

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**



**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

КАФЕДРА

“Технологические машины и оборудования”

УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине

**Технология машиностроения и
основы проектирования**

Область знания	300000	Инженерное дело
Область образования	320000	Технология производства
Направления образования	5320300	Технологические машины и оборудование (текстильной, легкой, хлопковой промышленности)

Namangan – 2021 yil

Учебно методический комплекс составлен на основе приказа №26
МВССО Р.Уз. 22 января 2021 года.

Составил:
Хусанов С.

Старший преподаватель кафедры “ТМО” , PhD

Рецензенты:

Бурханов А.
Ботиров А.

к.т.н., доцент кафедры “ТМО”

к.т.н., доцент кафедры “ТМ” , НамИСИ

Учебно методический комплекс рассмотрен и одобрен на
заседании учебно-методического Совета НамИТИ.
Протокол № 1 30 август 2021 года.

Зарегистрирован в учебном отделе с номером в Наманганском
инженерно-технологическом институте.

Начальник учебного отдела:

Б.Нигматов
2021 год.

ЛЕКЦИЯ №1

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

- 1.1 Место и роль машиностроения в народном хозяйстве
- 1.2 Основные положения и понятия в технологии машиностроения
- 1.3. Понятие о машине и ее служебное назначении
- 1.4. Качество и экономичность машины

1.1 Место и роль машиностроения в народном хозяйстве

Машиностроение — ведущая отрасль промышленности. Это обусловлено в первую очередь тем, что машиностроение:

- 1) создает машины и оборудование, используемое в других отраслях и, тем самым, создает условия для развития всех других отраслей промышленности;
- 2) является крупнейшим потребителем продукции черной и цветной металлургии, а также целого ряда других отраслей;
- 3) обеспечивает занятость довольно большой доли трудовых ресурсов;
- 4) выступает как районообразующий фактор;
- 5) является отражением степени развития производительных сил в регионе;
- 6) дает существенный толчок развитию прогрессивных технологий.

То есть, можно сказать, что экономика всей страны напрямую зависит от состояния данного промышленного комплекса. Например, как это будет отражено позже в моей работе, спад производства сельскохозяйственной техники даёт понять, что уменьшается роль и производство продукции сельского хозяйства в стране.

«Машиностроительный комплекс отличается широким развитием межотраслевых и внутриотраслевых связей, основанных в значительной мере на производственном кооперировании. Его связи с другими межотраслевыми комплексами служат одним из важнейших условий функционирования хозяйства страны в целом.

Выпуская орудия труда, он реализует достижения научно-технического прогресса, обеспечивает комплексную механизацию и автоматизацию производства. На него приходится более 1/4

стоимости промышленно-производственных основных фондов и около 1/5 объема выпускаемой промышленностью продукции.

Структура отечественного машиностроения — так, как она сложилась к настоящему времени, — характеризуется «утяжеленностью» (явным преобладанием производства средств производства для тяжелой индустрии) и высокой степенью милитаризации. Доля военной техники весьма значительна при заметном отставании выпуска потребительских товаров и оборудования для непромышленной сферы.

Спад производства в машиностроительном комплексе, происшедший при переходе к рыночной экономике охватил, прежде всего, те отрасли, которые дают преимущественно технологическое оборудование для хозяйства. В то же время машиностроительный комплекс обладает необходимым производственным потенциалом для выпуска автомобилей, строительно-дорожных и подъемно-транспортных машин, горнорудного и металлургического оборудования. Несмотря на кризисную ситуацию, относительную стабильность и рост показывает, например, автомобильная промышленность (см. приложение №2).

Машиностроение представляет собой самую сложную и дифференцированную отрасль промышленности. В зависимости от целевого назначения выпускаемой продукции оно делится на энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное, строительно-дорожное, производство технологического оборудования для промышленности и другие группы. Каждая из них, в свою очередь, состоит из нескольких отраслей. Особое место принадлежит станкостроению, а также производству кузнечно-прессовых машин, литейного оборудования и инструментов, обеспечивающих развитие самого машиностроения.

Машиностроительный комплекс может быть расчленен по стадиям технологического процесса на заготовку, механическую обработку и сборку. Заготовка во многом предопределяет металлоемкость выпускаемых изделий и одновременно — степень автоматизации механической обработки и сборки. Сейчас она представлена отчасти специализированными предприятиями типа «Центролит», в большинстве же своем — раздробленными цехами и

участками при машиностроительных заводах самого разного профиля.»^[1]

Также стоит отметить возрастающую долю предприятий машиностроения в промышленности (в 2004г. увеличилась на 10% по сравнению с 1970г.). Рост выпуска продукции и сокращение промышленно-производственного персонала даёт понять что развивается механизация и автоматизация производства, что влияет на общее развитие НТП в Узбекистане (Таблица №1.1).

Основные показатели развития Узбекского машиностроения и металлообработки к 2017 г.^[2]

	1970	1980	1990	1995	1998	2000	2001	2002	2003	2004
Число действующих организаций (на конец года):										
Промышленность тыс.	28,5	25,4	26,9	137	160	161	155	151	145	155
Машиностроение и металлообработка	...	5100	5252	47739	57818	54652	51751	47970	46818	50340
Процент от промышленности	...	20,1	19,5	34,8	36,1	33,9	33,4	31,8	32,3	32,5
Объем промышленной продукции:										
Промышленность млрд. руб. (до 1998 г. - трлн. руб.)	0,2	0,4	0,6	1108	1707	4763	5881	6868	8498	11209
Машиностроение и металлообработка млн. руб. (до 1998 г. - млрд. руб.)	44,7	112	168	177438	257137	780260	1014920	1191278	1482577	1835897
Процент от промышленности	22,3	28	28	16	15,1	16,3	17,2	17,3	17,4	16,4
Индекс промышленного производства, в процентах к предыдущему году	110,9	106,1	101,1	90,9	91,4	119,9	107,1	101,9	109,2	110,2
Среднегодовая численность промышленно-производственного персонала, тыс. человек:										
Промышленность	20206	22745	20998	16006	13173	13294	13282	12886	12384	11977
Машиностроение и металлообработка	8277	10287	9652	6190	4856	4745	4685	4510	4317	4262
Процент от промышленности	40,9	45,2	45,9	38,7	36,8	35,7	35,3	35	34,8	35,6
в том числе рабочие										
Промышленность	16979	18694	17007	13000	10395	10440	10344	9947	9485	9093
Машиностроение и металлообработка	6656	8117	7496	4747	3900	3524	3439	3265	3116	3059
Процент от промышленности	39,2	43,4	44,1	36,5	37,5	33,7	33,23	32,8	32,8	33,6

Так же мы видим что при существенном подъеме объема промышленной продукции виден рост и машиностроительной продукции как существенная её часть.

С точки зрения особенностей размещения производства и степени расчленения технологического процесса отрасли машиностроения классифицируются следующим образом: тяжелое машиностроение; общее машиностроение; среднее машиностроение; производство точных машин, механизмов, приборов и инструмента; производство металлических изделий и заготовок; ремонт машин и оборудования.

В своей работе я затрагиваю две из них: общее и среднее машиностроение.

Общее машиностроение характеризуется преобладанием сборки металлических конструкций, а также изготовлением относительно простых, но довольно крупных по размерам заготовок.

Общее машиностроение представлено такими отраслями, как:

- Железнодорожное машиностроение
- Авиационная промышленность
- Производство технологического оборудования по отраслям:
 - Строительное и коммунальное машиностроение
 - Сельскохозяйственное машиностроение
 - Химическое машиностроение

Общее машиностроение отличается широким развитием межотраслевых и внутриотраслевых связей, основанных в значительной мере на производственном кооперировании. Его связи с другими межотраслевыми комплексами служит одним из важнейших условий функционирования единого народнохозяйственного комплекса страны. Выпуская орудия труда для разных отраслей народного хозяйства, оно реализует достижения научно-технического прогресса, обеспечивает комплексную механизацию и автоматизацию производства.

Для развития транспорта, торговли и сельского хозяйства особую важность имеет именно группа отраслей общего машиностроения, т.к. она поставляет наибольшее количество техники (локомотивостроение, судостроение, сельскохозяйственное машиностроение и т.д.). Огромное влияние оказывает она и на другие отрасли народного хозяйства.

В среднее машиностроение входят многочисленные предприятия, специализированные по стадиям технологического процесса, с широким развитием кооперирования и разнообразными вариантами размещения производства.

В состав среднего машиностроения входят:

- Автомобильная промышленность
- Тракторостроение
- Станкостроение

- Робототехника
- Инструментальная промышленность
- Оборудование лёгкой промышленности
- Оборудование пищевой промышленности
- Промышленность бытовых приборов и машин^[5]

1.2 Основные положения и понятия в технологии машиностроения

В природе существует ничтожно малое количество предметов, которые может использовать человек непосредственно без преобразования. Поэтому человеку приходится приспособлять предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Современный человек стремится преобразования предметов природы выполнять с помощью машин.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при изготовлении освоенной продукции. Эти потребности могут быть удовлетворены с помощью новых технологических процессов и новых машин. Таким образом, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс.

Машина полезна лишь, если она обладает требуемым качеством и, т.о., способна удовлетворять потребность людей.

Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность.

Создавая машину, человек ставит перед собой две задачи:

- создать машину качественной
- затратить меньшее количество труда при создании машины

Замысел новой машины возникает при разработке технологического процесса изготовления продукции, в производстве которой возникла потребность. Этот замысел выражается в формулировке служебного назначения, которая является исходным документом для проектируемой машины.

Процесс создания машины состоит из двух этапов:

- проектирование
- изготовление

В результате проектирования появляются чертежи машины. В результате изготовления с помощью производственного процесса появляется машина.

Второй этап и составляет основную задачу технологии машиностроения. Создание машины можно представить в виде схемы

(рис.1.1). Изготовление машины связано с использованием различных способов обработки металлов.

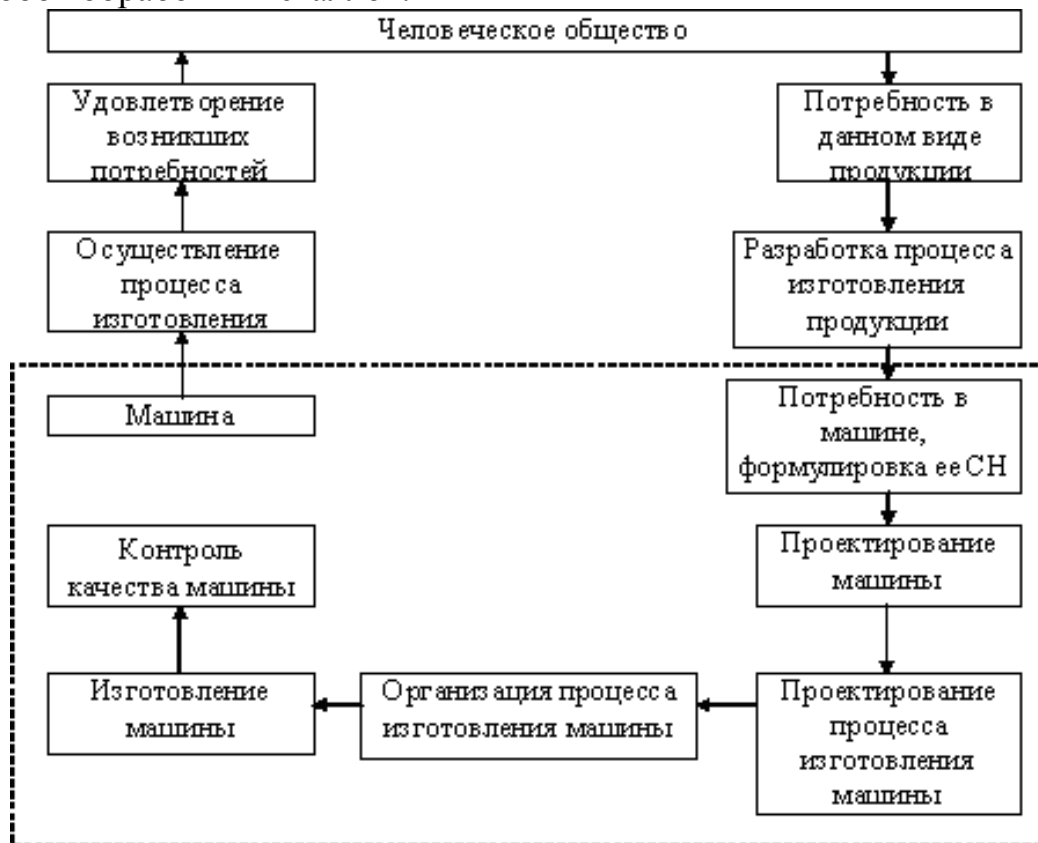


Рис. 1.1. Создание машины

Зарождение технологии машиностроения, как отрасли науки связывают появлением трудов, содержащих описание опыта производство процесса.

Впервые сформулировал положение о технологии и определил, что «технология – наука о ремеслах и заводах» в 1804 г. Академик В.М.Севергин. А в 1817 г. Впервые был изложен опыт производства профессором Московского университета И.А. Двигубским в книге «Начальные основания технологии или краткое описание работ, на заводах и фабриках производимых».

Современное представление технологии машиностроения – это отрасль технической науки, которая изучает связи и закономерности в производственных процессах изготовления машин.

Конструкция любой машины – сложная система двух видов сопряженных множеств связей:

- свойств материалов;
- размерных.

Для реализации такой системы связей должен быть создан и осуществлен производственный процесс, который представляет собой другую систему сопряженных множеств связей:

-свойств материалов (нужны для создания аналогичных связей в машине во время -производственного процесса);
 -размерных;
 -информационных (для управления производственным процессом);
 -временных и экономических (производственный процесс не может осуществляться вне времени и без затрат живого и овеществленного труда).

Таким образом, создание машины сведены к построению двух систем связей (рис.1.2):

-конструкции машины;
 -производственного процесса изготовления.

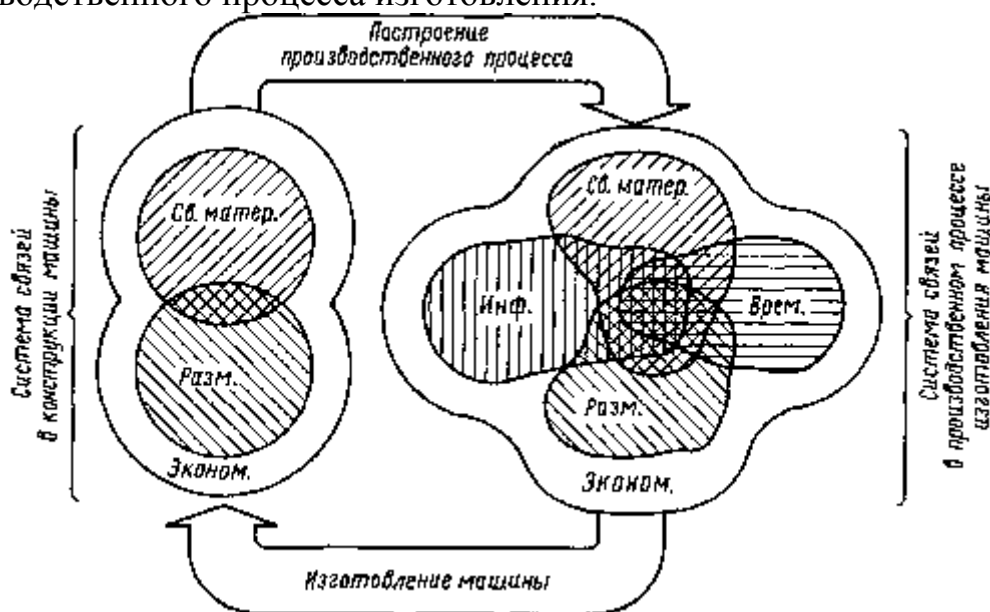


Рис.1.2. Системы связей в машине

1.3. Понятие о машине и ее служебное назначение

Машина- устройство, предназначенное для действия в нем сил природы сообразно потребностям человека.

В настоящее время понятие «машина» имеет ряд смыслов:

- машина — механизм или сочетание механизмов, выполняющих движение для преобразования энергии, материалов или производства – с точки зрения механики;
- машина – доменная печь (Менделеев Д.И.);
- машина (с появлением ЭВМ) – механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные движения для преобразования энергии, выполнения работы или же для сбора, передачи, хранения, обработки и использования информации.

И, наконец, с точки зрения технологии машиностроения: машина является либо объектом, либо средством производства. Поэтому машина – система, созданная трудом человека, для качественного преобразования исходного продукта в полезную для человека продукцию (рис.1.3).

Исходный продукт процесса – предметы природы, сырье или полуфабрикат.

Сырье – предмет труда, на добычу или производство которого, был затрачен труд.

Полуфабрикат – сырье, которое подвергалось обработке, но не может быть потреблено как готовый продукт.

Продукция – это результат производства в виде сырья, полуфабриката, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера (табл. 1.1).

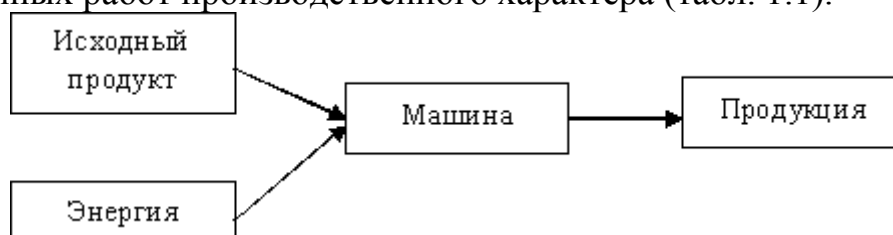


Рис. 1.3. Машина – средство производства

Таблица 1.1. Преобразования машинами исходного продукта в продукцию

Исходный продукт	Энергия	Машина	Продукция
Заготовка	Электроэнергия	Станок	Деталь
Груз	Механическая	Автомобиль	Перевезенный груз
Ткань, нить	Механическая	Швейная машина	Шов
Эл. магнитные волны	Электрическая	Телевизор	Изображение и звук
Задача	Электрическая	ЭВМ	Решенная задача
Энергия сгораемого топлива	Расширения газов	Двигатель внутреннего сгорания	Механическая энергия

Каждая машина создается для выполнения определенного процесса, т.е. имеет свое, строго определенное предназначение, иными словами — свое служебное назначение.

Под служебным назначением машины понимают четко сформулированную задачу, для решения которой предназначена машина.

Формулировка служебного назначения машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена. Например, автомобиль или обувь:

Автомобиль	Обувь
Сведений только о перевозке грузов недостаточно, чтобы представить нужный автомобиль. Необходимо знать:	Сведения о защите ног недостаточно, чтобы удовлетворить потребность в

характер грузов, их массу и объем, условия, расстояние и скорость перевозки, состояние дорог, климат, внешний вид и т.д.	обуви. Необходимо знать: размер, климат, время года, состояние дорог, внешний вид и т.д.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

Служебное назначение машины описывают не только словесно, но и системой количественных показателей, определяющих ее конкретные функции, условия работы и т.д. Формулировка служебного назначения машины является важнейшим документом в задании на ее проектирование.

1.4. Качество и экономичность машины

Машина (как рассматривали выше) либо средство производства, либо объект производства – продукция. Поэтому машина, являясь одной из разновидностей продукции, обладает качеством и экономичностью.

Под качеством машины понимают совокупность ее свойств, обуславливающих способность выполнять свое служебное назначение. К показателям качества машины относят те, которые характеризуют меру полезности машины, т.е. ее способность удовлетворять потребности людей в соответствии со своим назначением. К ним относятся:

- качество продукции производимой машиной;
- производительность;
- надежность;
- долговечность (физическая и моральная);
- безопасность работы;
- удобство управления;
- уровень шума;
- КПД;
- степень механизации и автоматизации;
- техническая эстетичность и т.п.

Проектирование машины, ее изготовление, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт связано с конкретными затратами труда и материалов, энергии, технических средств. Все затраты образуют стоимостное свойство машины – ее экономичность.

$$\Theta = \frac{Z_{\text{пр}} + Z_{\text{изг}} + Z_3 + Z_{\text{м.о}} + Z_{\text{рем}}}{N},$$

где: $Z_{\text{пр}}$ — затраты на проектирование;

$Z_{\text{изг}}$ — затраты на изготовление

Z_3 — затраты на эксплуатацию;

$Z_{\text{м.о}}$ — затраты на техническое обслуживание;

$Z_{рем}$ - затраты на ремонт;

N — количество продукции, произведенной машиной за ее срок службы.

Между качеством и экономичностью машины существуют связи, приводящие к влиянию одних на другие. Например:

□ повышение качества по любому показателю связано с увеличением ее стоимости;

□ в то же время повышение уровня надежности машины, сокращает затраты на устранение отказов, технического обслуживания и ремонт.

Потребление машиной энергии, топлива, материалов при эксплуатации, в известной мере, характеризующее экономичность машины, во многом зависит от качества ее изготовления и т.п. Показатели качества отражают степень пригодности, полезности, те блага, которые извлекает человек, используя свою машину. Экономичность – цена этих благ, их стоимость. Качество машин обеспечивается уровнем проектных решений, от которого зависит техническое совершенство конструкции машины и технологией, определяющей качество сборки и отделки машины.

Экономичность машины зависит от технического совершенства конструкции машины и технологии ее изготовления. Стоимость машины зависит от качества, количества и стоимости материалов, выбранных конструктором в процессе проектирования. Конечные затраты на материалы, входящие в себестоимость, можно определить лишь уровень после осуществления технического процесса ее изготовления.

Уровень унификации и технологичности машины определяет конструктор. Влияние этих факторов на себестоимость машины проявляется не прямым путем, а через технологию ее изготовления. Эти же факторы оказывают влияние на затраты по технологическому обслуживанию и ремонту.

Экономическими показателями являются потребление машиной энергии, потребление машиной топлива, потребление машиной материалов в процессе эксплуатации.

Но вместе с тем, на значение этих показателей влияет качество реализации технологического процесса и т.д. Таким образом, обеспечение качества и экономичность машины в процессе ее создания является общей задачей конструктора и технолога.

Проблема создания качественных и экономичных машин является важнейшей и наиболее сложной. Сложно не только создание конструкции машины, но и обеспечение ее качества и экономичности при конструировании и изготовлении, так как любая машина создается для выполнения процесса, наделенного вероятностными свойствами, а изготовление сопровождается явлениями случайного характера.

ЛЕКЦИЯ № 2, 3

Производство и технологические процессы в машиностроении. Виды производств.

План

2.1. Основные термины и положения. Техническая подготовка производства.

2.2. Типы машиностроительных производств и их краткая характеристика

2.3. Формы организации ТП. Принципы концентрации и дифференциации операций. Методы обеспечения точности.

2.1. Основные термины и положения. Техническая подготовка производства.

Объектом изучения дисциплины является технологический процесс (ТП) механической обработки или сборки.

Машина – это механизм или их сочетание, выполняющие целесообразное движение для преобразования энергии или выполнение работы.

Они подразделяются на:

Машины-двигатели, с помощью которых один вид энергии преобразуется в другой, удобный для использования

Машины-орудия (рабочие машины), с помощью которых производится изменение формы, свойств и положения объекта труда.

Машины и их составляющие в процессе производства на машиностроительном предприятии являются *изделиями*.

Изделие – это предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на данном предприятии. В зависимости от назначения их делят на изделия *основного* и *вспомогательного* производства.

Изделия основного производства, предназначены для поставки (реализации) потребителям. *Изделия вспомогательного производства* используются только для собственных нужд данного предприятия.

Изделием может быть: *машина*, *узел* или *деталь*.

Деталь – это изделие или его часть, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, валик из одного куска металла, литой корпус и т. П.).

Рабочее место – это участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

Технологическая операция- это часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте одним или несколькими рабочими над одной или несколькими деталями.

В условиях автоматизированного производства под операцией понимается законченная часть ТП, выполняемая непрерывно на автоматической линии, которая состоит из нескольких станков, связанных автоматически действующими транспортно-загрузочными устройствами.

В условиях гибкого автоматизированного производства непрерывность выполнения операции может нарушаться направлением обрабатываемых заготовок на промежуточный склад в периоды между отдельными позициями, выполняемыми на разных технологических модулях.

Рабочий ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. Понятие рабочего хода соответствует применявшемуся ранее в технологической практике понятию перехода.

Вспомогательный ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, качества поверхности или свойств заготовки, но необходимого для подготовки рабочего хода.

Прием — это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Технологический процесс- это часть производственного процесса, заключающийся в последовательном изменении форм, размеров, внешнего вида и внутренних свойств предмета производства, а так же контроль.

Производственный процесс представляет собой совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

В состав производственного процесса включаются все действия по изготовлению и сборке продукции, контролю ее качества, хранению и перемещению на всех стадиях изготовления, организации снабжения и обслуживания рабочих мест и участков, управления всеми звеньями производства, а также все работы по технической подготовке производства.

Детали, участвующие в производственном процессе имеют *сопрягаемые и несопрягаемые* поверхности.

Первые при сборке соприкасаются с поверхностями других деталей, образуя *сопряжения*. Одни из них служат для присоединения данной детали к другим деталям и называются *основными базами*.

Другие поверхности служат для присоединения к данной детали других деталей сборочного соединения и носят название *вспомогательных баз*. *Сопрягаемые поверхности*, выполняющие рабочие функции (поверхность шкива, соприкасающаяся с приводным ремнем) называются *функциональными* (исполнительными или рабочими).

Остальные поверхности детали являются *несопрягаемыми* (“свободными”) и служат для оформления требуемой конфигурации детали. Они не обрабатываются или обрабатываются с пониженной точностью для уравнивания и балансировки быстро вращающихся деталей.

Базовые детали — это детали с базовыми поверхностями, выполняющие в сборочном соединении (в узле) роль соединительного звена, обеспечивающего при сборке соответствующее относительное положение других деталей.

Сборочная единица (узел)- это часть изделия, которая *собирается отдельно* и в дальнейшем участвует в процессе сборки как одно целое.

Объектами производства машиностроительных предприятий могут быть также *комплексы* и *комплекты изделий*, кроме отдельных машин и их частей.

Комплекс – это два и более специфицированных (состоящих из двух и более составных частей) изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций; например: автоматическая линия, цех-автомат, станок с ЧПУ с управляющими панелями

Комплект – это два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера; например: комплекты запасных частей, инструмента и принадлежностей, измерительной аппаратуры, упаковочной тары.

Комплектуемое изделие – это изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем. Составными частями изделия могут быть детали и сборочные единицы.

Для построения эффективного технологического процесса сборки необходимо расчленить изделие на ряд сборочных единиц и деталей. Такое расчленение производится на стадиях конструкторской подготовки производства при разработке конструкции изделия.

Различают *конструктивные сборочные единицы* и *технологические сборочные единицы* или узлы.

Конструктивная сборочная единица — это узел, спроектированный лишь по функциональному принципу без учета условий независимой и самостоятельной сборки.

Технологическая сборочная единица— это узел, который может собираться отдельно от других составных частей изделия и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения *только совместно с другими составными частями*.

Конструктивно-технологическая сборочная единица – наилучший вариант конструкции, отвечает условию функционального назначения в изделии и условию самостоятельной независимой сборки.

Принцип конструирования изделий из таких единиц называется *агрегатным* или *блочным*. Из конструктивно-технологических сборочных единиц формируются агрегаты.

Агрегат – это сборочная единица, обладающая полной взаимозаменяемостью, возможностью сборки отдельно от других составных частей изделия (или изделия в целом) и способностью выполнять определенную функцию в изделии или самостоятельно.

Сборка изделия или его составной части из агрегатов называется *агрегатной* или *модульной*. Изделие, спроектированное по этому принципу имеет лучшие технико-экономические показатели.

Каждая *сборочная единица* включает определенные виды соединений деталей.

По возможности относительного перемещения составных частей соединения подразделяются на *подвижные* и *неподвижные*

По сохранению целостности при сборке соединения подразделяются на *разъемные* и *неразъемные*.

При этом соединения могут быть: *неподвижными разъемными* (резьбовые, плоскостные, конические), *неподвижными неразъемными* (соединения запрессовкой, развальцовкой, клепкой), *подвижными разъемными* (подшипники скольжения, плунжеры-втулки, зубья зубчатых колес, каретки-станины); *подвижными неразъемными* (подшипники качения).

Количество разъемных соединений в современных машинах и механизмах составляет 65—85 % от всех соединений.

По форме сопрягаемых поверхностей соединения подразделяются на: *цилиндрические* (до 35—40 % всех соединений), *плоские* (15—20 %), *резьбовые* (15—25 %), *конические* (6—7 %), *сферические* (2—3 %), и *профильные* (менее 1%).

Техническая подготовка производства

Рациональная организация производства невозможна без проведения тщательной технической подготовки. В связи с этим выполняют:

1. *Конструкторскую подготовку производства* (разработку конструкции изделия и создание чертежей общей сборки изделия, сборочных элементов и отдельных деталей изделий, запускаемых в производство с оформлением соответствующих спецификаций и других видов конструкторской документации).

2. *Технологическую подготовку производства*, т.е. совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятий (или предприятия) к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах.

К *технологической подготовке производства* относятся обеспечение технологичности конструкции изделия, разработка технологических процессов, проектирование и изготовления средств технологического оснащения, управление процессом технологической подготовки производства.

3. *Календарное планирование производственного процесса* изготовления изделия в установленные сроки, в необходимых объемах выпуска и затратах.

Трудоемкость *технологического проектирования* составляет **30—40 %** от общей трудоемкости технической подготовки в мелкосерийном производстве, **40—50 %** при серийном и **50—60 %** при массовом производстве.

Трудоемкость технологического проектирования в большинстве случаев значительно превосходит трудоемкость конструирования машин.

2.2. Типы машиностроительных производств и их краткая характеристика

В зависимости от производственной программы, характера продукции технических и экономических условий различают: *единичное, серийное и массовое* производство.

На одном предприятии бывают разные типы производства.

Единичное производство- когда изделие изготавливают единичными экземплярами, разнообразными по конструкции, конфигурации, размерам; повторяемость может отсутствовать.

Для единичного производства оборудование универсальное, т. Е. должно удовлетворять условиям гибкости.

Инструмент режущий и мерительный тоже универсальный, приспособление тоже переналаживаемое, квалификация рабочих высокая.

Виды заготовок для обработки – преобладают не точные заготовки.

Годовая программа выпуска для средних деталей- 10 шт.

Серийное производство – когда изделия (детали) изготавливаются партиями: различают: *среднесерийное, крупносерийное и мелкосерийное* производство.

В современном машиностроении 75-80% деталей изготавливают в условиях серийного производства.

Массовое производство – когда изделие изготавливают в больших количествах, обработка деталей ведется на одних и тех же рабочих местах, для деталей средних размеров годовая программа свыше 5000.

Оборудование специализированное, режущий, мерительный инструмент тоже специальные.

Квалификация рабочих допускается не очень высокая.

Заготовки – в основном точные.

Критерием установления типа производства является коэффициент закрепления операций.

Коэффициент закрепления операций – отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Коэффициент закрепления операций составляет: для мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного — свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного — свыше 1 до 10 включительно.

Производственная партия — это группа заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени.

Объем серии – это общее количество изделий определенных наименования, типоразмера и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых по неизменяемой конструкторской документации.

Для определения типа производства можно использовать коэффициент закрепления операций $k_{з.о.} = \frac{pot}{M}$, где pot — число различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению на участке или в цехе в течение месяца; M — число рабочих мест соответственно участка или цеха.

ГОСТ рекомендует следующие значения коэффициентов закрепления операций в зависимости от типов производства: для единичного производства — свыше 40; для мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного производства — свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного производства — свыше 1 до 10 включительно; для массового производства — 1.

Например, если на производственном участке находится 20 единиц металлорежущего оборудования, а количество операций различных технологических процессов, выполняемых на данном участке, — 60, то коэффициент закрепления операций $k_{з.о.} = \frac{60}{20} = 3$, что означает крупносерийный тип производства.

Таким образом, тип производства с организационной точки зрения характеризуется средним числом операций, выполняемых на одном рабочем месте, а это, в свою очередь, определяет степень специализации и особенности используемого оборудования.

Ориентировочно тип производства можно определить в зависимости от объема выпуска и массы изготавливаемых изделий по данным, приведенным в табл. 2.1.

2.1. Ориентировочные данные для определения типа производства

Производство	Число обрабатываемых деталей одного типоразмеров в год		
	Тяжелых (массой более 100 кг)	Средник (массой более 10 кг до 100 кг)	Легки» (массой до 10кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-3000	5000-50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000

2.3 Формы организации ТП. Принципы концентрации и дифференциации операций. Методы обеспечения точности.

Формы организации выполняемых технологических процессов: *поточная* и *непоточная*.

Поточная (станки установлены по ходу выполняемого процесса) и *непоточная* (станки расположены по участкам, т.е. группами).

1. Поточная форма (характерна для крупносерийного и массового производства) – имеет место, если весь ТП обработки или сборки расчленяется на операции, закрепленные за строго определенным оборудованием, расположенным в последовательности выполнения операций.

При этом,

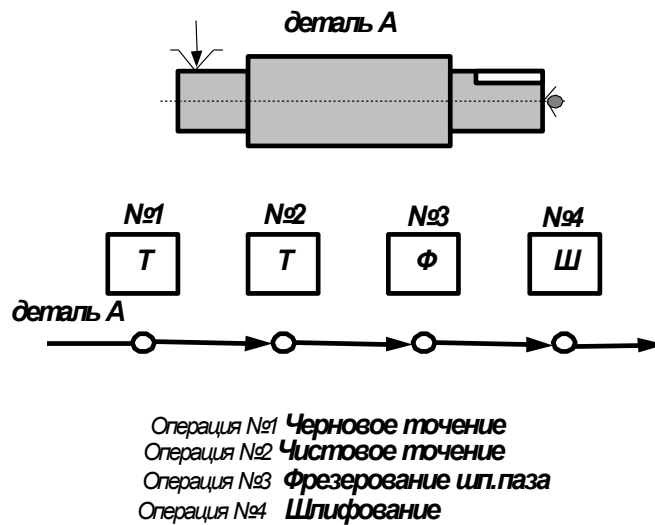
$$T_{ум1} \approx T_{ум2} \approx \dots$$

Штучное время (трудоемкость) каждой из выполняемых операций должна быть *примерно равна* или *кратна*.

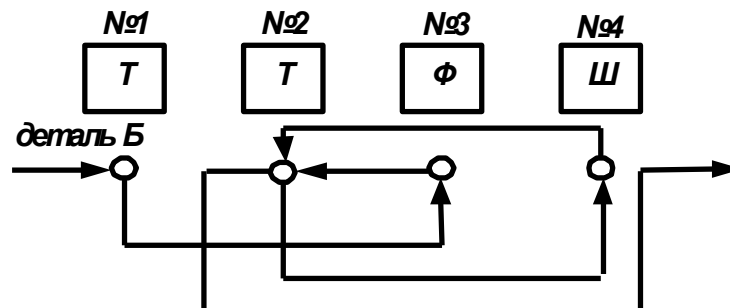
Преимущества:

1. Непрерывность и ритмичность.
2. Резкое сокращение длительности цикла обработки.
3. Значительное уменьшение незавершенного производства.
4. Возможность применения прогрессивной

ТЕХНОЛОГИИ.



2. Непоточная форма (характерна для единичного и мелкосерийного производства) – обработка заготовок по всем операциям ведется партиями с перерывами во времени, а оборудование расположено по однотипности (группами) независимо от хода ТП.



Недостатки – большие транспортные пути и увеличение трудоемкости обработки и сборки.

Принципы *концентрации* (усложнения) и *дифференциации* (раздробления на более простые элементы) операций соответственно используют при малых и больших объемах выпуска.

Контрольные вопросы:

- 1 Техническая подготовка производства.
2. Типы машиностроительных производств и их краткая характеристика
- 3 Формы организации ТП.

ЛЕКЦИЯ № 4 ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАН

3.1 Точность механической обработки.

3.2 Основные погрешности при механической обработке и сборке

3.2 Показатели точности

3.1 Точность механической обработки

Точность большинства изделий машиностроения является важнейшей характеристикой их качества. Современные мощные и высокоскоростные машины не могут функционировать при недостаточной точности их изготовления из-за возникновения дополнительных динамических нагрузок и вибраций, нарушающих нормальную работу машин и вызывающих их разрушение.

Повышение точности изготовления деталей и сборки узлов увеличивает значения показателей безотказности и долговечности механизмов и машин.

Например, при повышении точности деталей шарикоподшипника и уменьшении зазоров в нем от 20 до 10 мкм срок его службы увеличивается с 740 до 1200 ч.

Технолог должен обеспечить:

- требуемую конструктором *точность изготовления* деталей и сборки машины при одновременном достижении высокой *производительности и экономичности их изготовления;*
- необходимые средства измерения и контроля точности обработки и сборки;
- выбор технологических допусков на межоперационные размеры и размеры исходных заготовок и их выполнение в ходе технологического процесса.

Кроме того, технолог должен исследовать фактическую точность технологических процессов и проанализировать возможные причины возникновения погрешностей обработки и сборки.

Под точностью детали понимается степень приближения параметров детали к *идеальным*.

При проектировании деталей машин их геометрические параметры задаются размерами элементов, а также формой и расположением их поверхностей.

При изготовлении возникают отступления геометрических параметров реальных деталей от идеальных (запроектированных) значений. Их называют погрешностями. Допускаемые значения погрешностей ограничивают допусками.

Различают погрешности в форме поверхностей, в их размерах и погрешности взаимного расположения (координации) поверхностей.

Допустимые отклонения в форме, размерах и взаимном положении поверхностей конструкторы задают на чертежах определенными допусками на размеры и взаимное положение поверхностей (непараллельность, перпендикулярность, неконцентричность и т. п.).

Степень приближения формы, размеров и взаимного положения обработанных поверхностей к тем же параметрам поверхностей, заданным конструктором в рабочем чертеже, называют точностью обработки (точность формы, точность размеров, точность координации).

Точность координации поверхности деталей есть степень приближения ее положения относительно других поверхностей (или осей) к заданному по условиям работы детали в машине или по условиям обработки.

Положение поверхности может задаваться:

- а) расстоянием от нее до других поверхностей или осей;
- б) допустимым отклонением от правильного положения ее по отношению к другим поверхностям или осям (параллельность, перпендикулярность или концентричность по отношению к другим поверхностям или осям). Указания о допустимых отклонениях геометрической формы и расположении поверхностей деталей дают в чертежах в соответствии с ГОСТом 3457-46.

3.2 Понятие о достижимой и экономической точности изготовления деталей

Под достижимой точностью следует понимать ту точность, которая может быть получена при обработке деталей высококвалифицированными рабочими на станке, находящемся в безукоризненном состоянии, при неограниченной затрате труда и времени на эту обработку.

В машиностроении при разных масштабах производства степень точности различных методов обработки ограничивается экономической целесообразностью. Продолжительность обработки, требуемая квалификация рабочего, состояние станка и некоторые другие факторы, обуславливающие стоимость и производительность работы, весьма ограничивают точность отдельных методов обработки. Границы экономически целесообразной точности в первую очередь зависят от того, существуют ли применяемые для обработки данной детали другие, более точные способы и насколько они дороже.

Если, например, стоимость обтачивания валика в зависимости от точности обработки изменяется по кривой I (рис. 3.1), а стоимость шлифования - по кривой II, то, очевидно, точить валик выгоднее лишь при

величине допуска больше A ; при меньших значениях допуска валик выгоднее шлифовать, так как стоимость шлифования в этом случае будет ниже стоимости обтачивания.

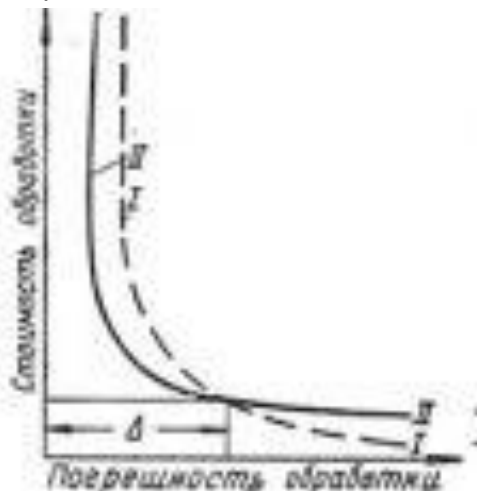


Рис 3.1 Экономическая точность обработки

В этом случае величина A соответствует предельной экономической точности обработки на токарном станке. Кроме того, величина A характеризует значение наибольшего допуска на обработку, при котором деталь целесообразно шлифовать, а не обтачивать.

Экономическая точность обработки - это та точность, для достижения которой затраты при применении данного способа обработки не превышают затрат при применении другого способа, пригодного для обработки той же поверхности.

Следовательно, понятие «экономическая точность обработки» относительно: оно применяется лишь при сопоставлении различных методов обработки одних и тех же поверхностей.

3.3 Общие технические требования к точности

Общие технические требования к точности могут относиться к точности механической обработки или к другому виду обработки деталей, к точности механизмов и машин, к точности систем автоматизированного управления, к точности измерений и т.д.

Точность в технике - это степень приближения значения параметра изделия, процесса и т.д. к его заданному значению.

Кроме термина «точность» часто используют термин «погрешность», поэтому необходимо дать некоторые пояснения по различению этих терминов и разграничению области их применения. Когда применяют термин «точность», то обычно имеют в виду качественный показатель, характеризующий отличие этого показателя от заданного значения. Так, говоря о точности, употребляют выражения «высокая точность», «низкая точность» и т.д. Однако такие понятия, как и

термин «точность», невозможно использовать для нормирования степени приближения значения параметра к заданному.

Термин «погрешность» применяют для количественной оценки точности. Погрешность - разность между приближенным значением некоторой величины и ее точным значением. Это определение относится к так называемой абсолютной погрешности, которая обычно нормируется для характеристики точности в машиностроении. Таким образом, строго говоря, погрешность является показателем точности. В случаях, когда считают, что точность «высокая» или «низкая», необходимо указывать значение погрешности. Нельзя говорить, например, о «высокой точности изготовления», если не указывать погрешность этого изготовления.

Общие технические требования к точности обработки элементов деталей в машиностроении.

Обращаем внимание на необходимость говорить не о точности изготовления детали, а о точности изготовления ее элементов. Любая деталь, даже простейшей формы, состоит из совокупности нескольких элементов. Так, простейший цилиндрический валик образован тремя элементами: одной цилиндрической поверхностью и двумя плоскими торцевыми поверхностями, требования к точности которых разные. Цилиндрический валик может быть ступенчатым, и требования к точности изготовления ступеней разных диаметров, как правило, разные, поскольку у каждого из элементов детали разные функциональные назначения.

В машиностроении чаще всего нормируют требования к точности элементов детали и, только иногда, механизма в целом.

Один из первых вопросов, который может возникнуть можно сформулировать так: зачем вообще надо нормировать (устанавливать, определять) требования к точности, разве нельзя изготовить детали строго по чертежу и совсем отказаться от рассмотрения вопросов точности?

Как это ни странно, но первое, что надо сказать, отвечая на такой вопрос, это то, что абсолютно точно изготавливать все элементы детали не надо, а потом добавить, да и невозможно. Общие технические требования к точности элементов детали должны быть разными в зависимости от их функционального назначения.

С другой стороны, невозможно, по целому ряду причин, изготовить абсолютно точно какой-либо элемент детали, даже самый простой. Чем точнее требуется выполнить элемент детали, тем дороже будет стоить это изготовление (стоимость изготовления растет по кривой второго порядка в зависимости от повышения требований к точности).

Таким образом, изготовить абсолютно точно элемент детали невозможно, не нужно, и чем точнее требуется изготовление, тем дороже обходится эта продукция. На последнее обстоятельство необходимо обратить Ваше внимание для того, чтобы в своей практике Вы не назначали требований к точности больше, чем требуется для заданного

режима работы этого элемента и Вы могли бы доказать обоснованность Ваших требований. Вопрос правильного назначения требований к точности элементов очень сложен и для его решения нужны не только знания, но и практический опыт.

Для элементов деталей в машиностроении можно и нужно нормировать точность, т.е. устанавливать степень приближения к заданным значениям, по нескольким параметрам (показателям), которые определяют функциональные или эксплуатационные свойства и устанавливают связь этих параметров с причинами появления неточностей.

Напомним, что речь идет о точности геометрических параметров элементов деталей. Таких параметров, которые характеризуют геометрическую точность элементов деталей, - четыре.

1. Точность размера. Размер каждого элемента детали должен находиться в определенных пределах и может отличаться от заданного не больше, чем на установленную величину. Нормирование точности размера заключается в указании возможных отклонений от заданного значения.

2. Точность формы поверхности. Элементы детали должны иметь заданную номинальную (идеальную) геометрическую форму (плоскость, цилиндр, конус, сферу и т.д.). В этом случае требования к точности формы определяют допустимые искажения формы по сравнению с идеальной правильной. Допустимые искажения формы должны находиться в заданных пределах. Нормирование точности формы заключается в указании допустимых значений такого отличия от идеальной формы, а иногда нормируется и допустимый вид искажений формы.

3. Точность относительного расположения элементов деталей. Любая деталь представляет собой совокупность поверхностей (элементов) определенной формы. Каждый элемент детали должен быть расположен относительно других в заданном положении. Выполнить это абсолютно точно невозможно, и поэтому необходимо определить степень возможных отклонений расположения одних поверхностей относительно других. При нормировании этих параметров следует указать пределы, внутри которых могут располагаться поверхности детали для должного выполнения возложенных на них функций. Например, в цилиндрическом валике торцевые поверхности должны быть расположены перпендикулярно оси цилиндра, но практически абсолютно точно это сделать невозможно, и поэтому необходимо установить требования к точности этого расположения в зависимости от характера функций, которые выполняет этот валик в изделии.

4. Точность по шероховатости поверхности. При любом виде обработки поверхности детали будут иметь следы обработки - неровности, которые окажут влияние на функциональные свойства поверхностей, особенно в сопряжениях. Поэтому необходимо нормировать точность по

шероховатости поверхностей детали, по степени отклонения реальной шероховатости поверхности от идеальной, прежде всего, по высоте поверхностных неровностей. Раньше требования к высоте поверхностных неровностей называли требованиями к «чистоте поверхности», а теперь - требования к «шероховатости» поверхности. Нормировать точность для шероховатости поверхности - это значит установить допускаемые значения микронеровностей на рассматриваемых поверхностях.

3.4 Основные погрешности при механической обработке и сборке

В инженерной практике используются понятия абсолютный и относительный технический уровень. Понятие абсолютный технический уровень служит для количественной характеристики полезного свойства изделия. Абсолютный технический уровень характеризует качество изделия с точки зрения его технических возможностей.

Понятие относительного технического уровня используется для сравнительной оценки абсолютного технического уровня изделия. Исходя из разной базы, можно получить для одного и того же изделия разное значение его относительного уровня.

Высокое качество изделия при его изготовлении обеспечивается такими производственными факторами, как качество оборудования и инструмента, физико-химические и механические свойства материалов и заготовок, совершенство технологического прогресса, а также качество обработки и контроля.

Качество полученной после обработки детали характеризуется точностью обработки. От того, насколько точно будет выдержан размер и форма детали при обработке, зависит правильность сопряжения деталей в изделии и, как следствие, надежность изделия в целом. Так как обеспечить абсолютное соответствие геометрических размеров детали после обработки требуемым значениям невозможно, вводят допуски на возможные отклонения. Допуски принимаются в зависимости от условий работы детали в изделии. Допуск на погрешность обработки позволяет выполнять размеры сопрягаемых деталей в заранее установленных пределах. Погрешность обработки - это отклонение полученного размера детали от заданного.

Погрешность обработки является результатом смещения одного или нескольких элементов технологической системы под влиянием тех или иных факторов.

Технологическую систему характеризуют следующие основные погрешности:

$\Delta\Sigma y$ – Установки заготовок в приспособлении с учетом колебания размеров баз, контактных деформаций установочных баз заготовки и приспособления, точности изготовления и износа приспособления;

Δy – Колебания упругих деформаций технологической системы под влиянием нестабильных нагрузок, действующих с системе переменной жесткости;

ΔH – наладки технологической системы на выдерживаемой размер;

Δi – Износа режущего инструмента;

$\Sigma\Delta_{ст}$ – износ станка;

$\Sigma\Delta t$ – Колебания упругих объемных и контактных деформаций элементов технологической системы вследствие их нагрева при резании, трения подвижных элементов системы, изменения температуры в цехе.

Погрешности измерения обычно рассматриваются в составе погрешностей наладки, однако, при значительном их влиянии на общую погрешность данные погрешности можно рассматривать отдельно.

Погрешность $\Delta\Sigma y$ – является одной из основных величин, составляющих общую погрешность детали, Она определяется суммой погрешностей базирования и закрепления

Погрешность Δy – возникает в результате смещения элементов технологической системы под действием сил резания и является результатом упругих деформаций заготовок, резца, инструмента, изменения величины стыковых зазоров, положения режущей кромки инструмента относительно детали.

Погрешность ΔH – при наладке приводится в рабочее состояние, Обеспечивается заданный режим обработки за счет применения сменных зубчатых колес. Зависит от погрешности регулирования положения инструмента и погрешности измерения размер.

Погрешность Δi – определяется величиной его удельного износа на 1000 м. пути резания: $i = \Delta i / L \cdot 1000$, где Δi – износ резца за некоторый промежуток времени, L – путь резца по обрабатываемой поверхности.

Погрешность $\Sigma\Delta_{ст}$ – отклонения размеров, формы и расположения обработанных поверхностей возникают также в связи с неточностями станка.

Погрешность $\Sigma\Delta t$ – нагрев станка, инструмента и детали в процессе резания, а также внешнее тепловое воздействие приводят к упругой деформации технологической системы и, как следствие, к появлению температурной погрешности.

Определение погрешностей

Определение погрешностей обработки методом математической статистики

В процессе изготовления деталей машин качество их изготовления зависит от технологических факторов, в большей или меньшей степени влияющих на точность обработки. Часть из этих факторов является

причиной систематических погрешностей, которые носят постоянный или переменный характер,

Другая часть факторов, влияющих на точность обработки является причиной случайных погрешностей, приводящих к рассеянию размеров деталей в пределах поля допуска. Случайные погрешности возникают вследствие колебания величин припусков в различных деталях, различных параметров.

3.5 Статистические методы оценки точности в машиностроении.

Если после измерения партию деталей разбить на группы с одинаковыми размерами, и отклонениями и построить графическую зависимость, то получим кривую распределения размеров, которая характеризует точность обработки деталей. Случайные погрешности в размерах обрабатываемых деталей подчиняются закону нормального распределения, который графически изображается кривой Гаусса.

Если разбить все детали партии на группы по интервалам размеров, то средний размер детали в партии L_{cp} равен среднему арифметическому из размеров всех деталей.

Закон нормального распределения в большинстве случаев оказывается справедлив при механической обработке заготовок с точностью 8,9 и 10 квалитетов и грубее, а при обработке по 7,8 и 6 квалитетам распределение их размеров подчиняется закону Симпсона, который графически выражается равнобедренным треугольником.

Если рассеивание размеров зависит только от переменных систематических погрешностей, то распределение действительных размеров партии обработанных заготовок подчиняется закону равной вероятности.

Закон равной вероятности распространяется на распределение размеров заготовок повышенной точности (5-6 квалитет и выше), при их обработке по методу пробных ходов. Из-за сложности получения размеров высокой точности вероятность попадания размера заготовки в узкие допуски становится одинаковой.

Распределение таких величин, как эксцентриситет, биение, разностенность, непараллельность, неперпендикулярность, овальность, конусообразность, и некоторых других, подчиняются закону распределения эксцентриситета (закон Релея).

Определение погрешностей в процессе обработки

При механической обработке заготовок на настроенных станках точность получаемых размеров одновременно зависит как от близких по величине и независимых друг от друга случайных причин, обуславливающих распределение размеров по закону Гаусса, так и от

систематических погрешностей возникающих со временем вследствие равномерного износа режущего инструмента.

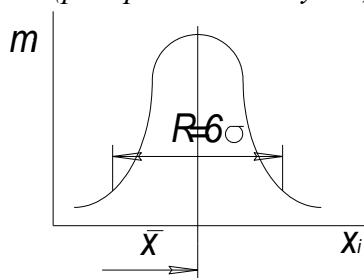
Все первичные погрешности, возникающие при механической обработке на станках можно представить как *случайные* и *систематические*.

Систематические погрешности (упругие отжатия, тепловые деформации, размерный износ и другие) возможно прогнозировать по соответствующим аналитическим и эмпирическим зависимостям.

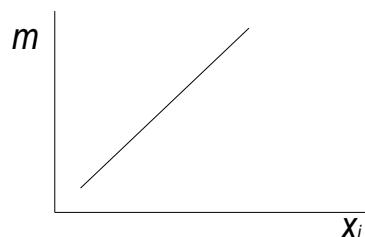
Случайные погрешности (неравномерность снимаемого припуска, разброс по твердости материала обрабатываемой партии и другие) возможно учитывать лишь на основе методов теории вероятности и математической статистики.

В технологии машиностроения нашли применение следующие законы распределения, учитывающие возникающие погрешности:

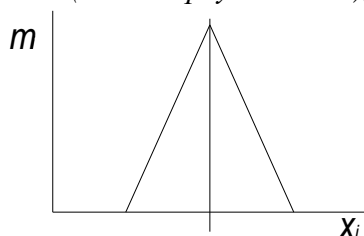
Закон нормального распределения (распределение Гаусса);



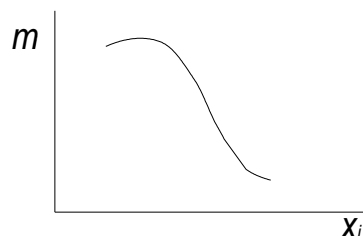
Закон равномерного возрастания,



Закон распределения Симпсона (закон треугольника);



Закон эксцентриситета



Закон равной вероятности

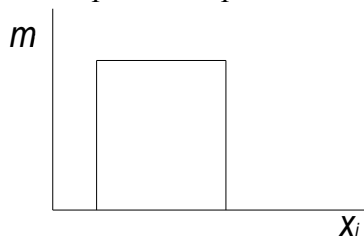


Рисунок 3.2. Примеры основных законов распределения

В практике может наблюдаться также и композиция (сочетание) различных законов распределения. Но чаще всего имеет место нормальный закон распределения.

Точечные и точностные диаграммы.

Если технологический процесс или операция являются достаточно *стабильными* и, влияние всех первичных погрешностей имеет *примерно один порядок* - для учета и анализа наилучшим образом подходит *нормальный закон* распределения (закон Гаусса), описывающий поведения различных случайных величин, к которым в совокупности может быть отнесен в том числе и размер детали после механической обработки.

Наиболее простым подходом к оценке точности обработки является подход основанный на использовании *точечных* или *точностных* диаграмм.

В этом случае, по оси абсцисс показываются № измерения (или № измеренной детали), а по оси ординат - значение контролируемого параметра (фактический размер соответствующей детали); также показываются верхнюю *ES* и нижнюю *EI* границы поля допуска.

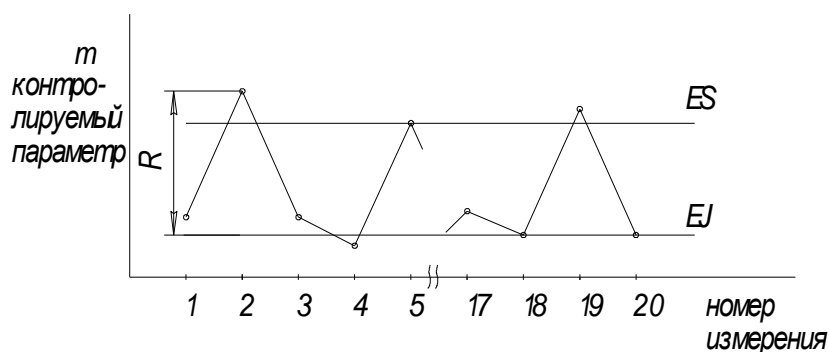


Рисунок 3.3. Точечная диаграмма

В том случае, если на одном графике приведены несколько точечных диаграмм, тогда ее называют *точностной*, так как она периодически (через определенные интервалы времени) дает информацию о фактической точности. Величина объема выборки для точечных диаграмм - не превышает 20 измерений (обычно до 7-10).

Закон Гаусса.

При анализе технологических процессов по точности изготовления деталей допуск по чертежу *Td* сравнивается с полем рассеяния ω . Величина же поля рассеивания зависит от вида закона распределения.

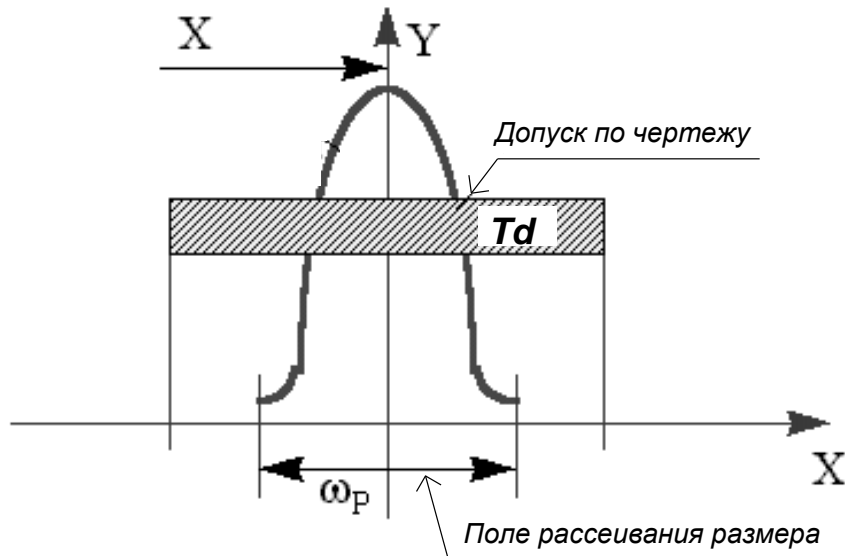


Рисунок 3.4 Схема нормального распределения и поле допуска на выдерживаемый размер

Законы распределения характеризуют *плотностью распределения вероятностей* $Z(t)$ и параметрами распределения: *средним значением* \bar{X} и *среднеквадратическим отклонением*, обозначаемым через S (или σ).

Плотность вероятностей для нормального распределения описывается уравнением Лапласа:

$$Z(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

$$t = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

где σ - параметр распределения;

X - переменная (случайная) величина;

\bar{X} - среднеарифметическое отклонение (центр группирования);

σ - среднеквадратичное отклонение случайной величины;

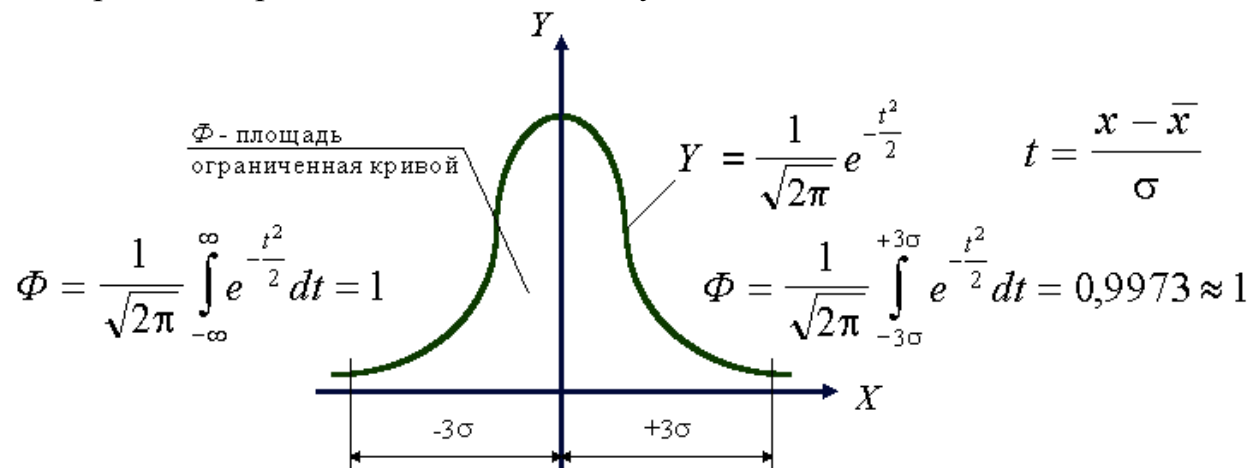


Рисунок 3.5 Параметры нормального закона распределения

Величину площади, ограниченной кривой нормального распределения и концами отрезка $\pm t$, можно определить по формуле:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

- интеграл (функция) Лапласа

Площадь, ограниченная кривой плотности распределения и осью абсцисс, равна:

$$\Phi(t = \infty) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1$$

Кривая нормального распределения асимптотически приближается к оси абсцисс. Однако на расстоянии $\pm 3\sigma$ от вершины кривой ее ветви так близко подходят к оси абсцисс, что в этих пределах находится 99,73% площади, ограниченной кривой и осью абсцисс:

$$\Phi(t = 3\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-3\sigma}^{+3\sigma} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,9973$$

При практическом использовании нормального распределения считают, что вся площадь сосредоточена на расстоянии $\pm 3\sigma$. При этом допускается погрешность равная 0,27%.

Тогда поле рассеивания будет равно $\omega = 6\sigma$, то есть $\Phi(t = 3\sigma) \approx 1,0$ (или 100%).

Порядок построения теоретической кривой.

Статистический метод с применением закона Гаусса позволяет на основе выборки (например, $N=20-50$ штук и более) прогнозировать точность обработки всей обрабатываемой партии деталей.

Графическая иллюстрация закона нормального распределения (закона Гаусса) представлено выше, а его математическое выражение характеризуется зависимостью

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(xi-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

где $\Phi(x)$ - плотность вероятности

x - переменная (случайная) величина;

\bar{x} - среднеарифметическое отклонение (центр группирования);

σ - среднеквадратичное отклонение случайной величины x_i от x ;

e - основание натурального логарифма;

Положение кривой относительно начала координат и ее форма определяются в основном двумя параметрами \bar{x} и σ , которые являются первыми из пяти статистических характеристик.

Среднее арифметическое

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N_d} x_i}{N_g}$$

среднее-квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_g} (x_i - \bar{x})^2} \cdot \frac{1}{N_g}$$

коэффициент вариации, характеризующий нестабильность исследуемого технологического процесса.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

коэффициент относительной асимметрии, характеризующий тенденцию к смещению центра группирования влево ($\alpha < 0$) или вправо ($\alpha > 0$),

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_g} (x_i - \bar{x})^3}{N_g \cdot \sigma^3}}$$

коэффициент эксцесса, характеризующий тенденцию кривой распределения к смещению вверх ($\tau > 0$) или вниз ($\tau < 0$) вдоль оси ординат

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} (x_i - \bar{x})^4}{N_g \cdot \sigma^4} - 3.$$

При анализе технологических процессов (ТП) или отдельных операций, указанные характеристики по данным выборки ($N_v=20...50$) принимают за истинные характеристики всей партии обрабатываемых заготовок или собираемых изделий (узлов). Если же одна из первичных погрешностей преобладает над остальными (удельный вес ее значительно больше остальных), тогда будет иметь место другой закон распределения случайных величин.

Порядок расчета следующий.

На основе выборки (N_g) из всей партии обрабатываемых заготовок (например, $N_g = 20$ шт. $x_1 = 8,02; 8,03; \dots; 8,14$) определяется диапазон рассеивания (размах).

$$R = X_{max} - X_{min},$$

$$R = 8,14 - 8,02 = 0,12$$

который разбивается на кассы (интервалы), а их число определяется по правилу Штюргерса

$$K = 1 + 3,32 \ln (N_e) \quad (\text{принимается } K=6 \dots 10).$$

Размер одного интервала

$$C = R/K,$$

$$C = 0,12/6 = 0,02. \quad (19)$$

В таблицу заносятся параметры интервалов, абсолютная частота (m_i) появления контролируемого параметра в каждом из них и другие сведения.

Таблица значений распределения

Интервалы размеров от и до (включительно)	Середина интервала, X_c	Абсолютная частота, m_i	Относительная частота, $p_i = m_i/N_e$
8,02 ... 8,04	8,03	1	0,05
8,04 ... 8,06	8,05	4	0,2
8,06 ... 8,08	8,07	7	0,35
8,08 ... 8,10	8,09	5	0,25
8,10 ... 8,12	8,11	2	0,1
8,12 ... 8,14	8,13	1	0,05

Данные таблицы представляются в виде гистограммы или фактического распределения, а затем определяются основные статистические характеристики нормального закона распределения.

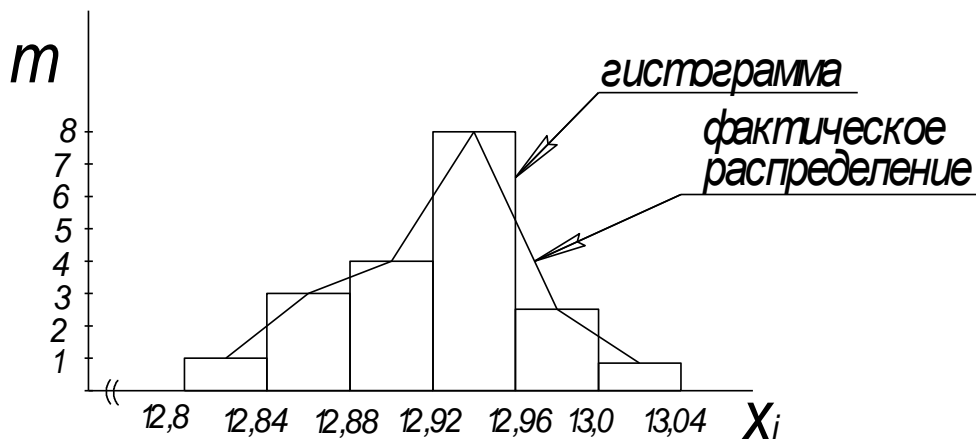


Рисунок 3.6 Гистограмма и фактическая кривая распределения

Для построения теоретической кривой распределения необходимо выделить «точки перегиба»:

максимальную ординату

$$Y_{\max} = 1/\sigma\sqrt{2\pi} \approx 0,4/\sigma,$$

ординаты точек перегиба при $X=+2\sigma$ и $X=-2\sigma$

$$Y\sigma = 1/\sigma \sqrt{2\pi} e \approx 0,242/\sigma ,$$

$$Y\sigma = 1/\sigma \sqrt{2\pi} e^2 \approx 0,054/\sigma ,$$

а также теоретическое поле рассеивания при $y=0$

$$X = \pm 3\sigma$$

Для приведения теоретической кривой к масштабу графика зависимости следует умножить на масштабный коэффициент sN_v , и затем и вычертить ее, совместив на одном графике фактическую кривую с теоретической.

После построения графиков необходимо в масштабе нанести на них верхнюю (ES) и нижнюю (EJ) границы поля допуска, что позволяет визуально оценить возможный процент брака для всей исследуемой партии.

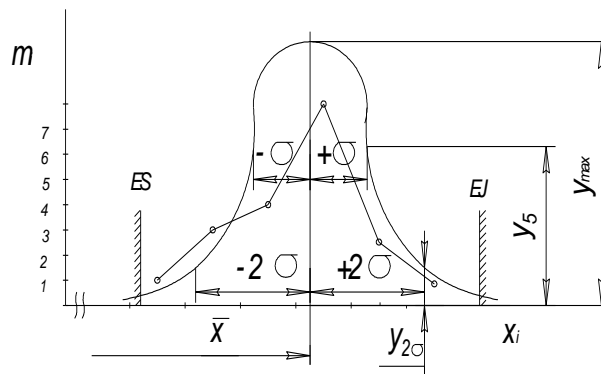


Рисунок 3.7 Теоретическая кривая распределения.

Далее необходимо выполнить проверку гипотезы о нормальности распределения, например, вычислением *среднего абсолютного отклонения (CAO)*.

$$CAO = X_{крит.} - \bar{x}/N_v ,$$

где $X_{крит.}$ - критическое (вызывающее сомнение) значение случайной величины X_i . В практических расчетах обычно ограничиваются проверкой максимального и минимального значений из выборки.

Условие нормального распределения

$$|CAO / \sigma - 0,7979| < 0,4 / \sqrt{N_v} \text{ в}$$

В этом случае, если условие нормальности не выполняется, следует исключить из выборки $X_{крит.}$ и вновь произвести расчеты всех статистических характеристик \bar{X} , σ , α , τ . Если и после второй проверки распределение не соответствует нормальному закону, необходимо дальнейшие расчеты прекратить.

Если условие нормальности подтверждается, необходимо перейти к вычислению процента возможного брака, если нет - ограничиться построением гистограммы.

Свойства нормального закона распределения.

Вероятность соблюдения заданного допуска определяется как отношение площади заключенной между кривой распределения и ординатами (ES , EJ) ко всей площади под кривой распределения.

1. Коэффициент точности

$$K_m = \frac{Td}{6 \cdot \sigma}$$

Td - допуск на контролируемый размер или параметр.

Если $K_m \geq 1$, тогда заданная точность (например по чертежу – обеспечивается, так как поле рассеивания случайных величин (например, размеров обрабатываемых деталей) не выходит за пределы регламентированных параметров.

2. Смещение центра группирования (систематическая погрешность) относительно середины поля допуска (Δ_H)

$$\Delta_H = \bar{X} - D + \frac{ES + EJ}{2}$$

где D - номинальное значение контролируемого параметра (например, номинальный размер по чертежу);

ES , EJ - соответственно верхняя и нижняя границы поля допуска.

3. Определение процента % ожидаемого брака.

Вероятность брака по верхнему Pe_s и нижнему Pe_j пределам

$$P_{es} = [0,5 - \Phi(Z_{es})] \cdot 100\%$$

$$P_{ei} = [0,5 - \Phi(Z_{ei})] \cdot 100\%$$

Для определения табулированных функций Лапласа $\Phi(Zes)$ и $\Phi(Zei)$ необходимо вычислить значения аргументов.

Значения аргументов Zes , Zej для определения вероятности брака по верхнему ES и нижнему EJ пределам:

$$Z_{es} = \frac{D + ES - \bar{X}}{\sigma},$$

$$Z_{ei} = \frac{D + EJ - \bar{X}}{\sigma}.$$

Затем по таблицам табулированных функций Лапласа находят значения самих функций $\Phi(Zes)$ и $\Phi(Zej)$, необходимых для подсчета ожидаемого брака.

В общем случае, применение статистического метода позволяет по данным выборки прогнозировать точность всей обрабатываемой партии

деталей, что способствует предсказуемости действующих и вновь проектируемых технологических процессов.

К распределению по закону Симпсона (закон треугольника) приводит сложение двух случайных величин, подчиненных закону равной вероятности при одинаковых параметрах рассеяния. Графически кривая рассеяния имеет вид равностороннего треугольника (рис.2.7).

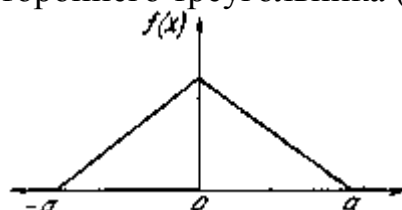


Рис.3.8. Распределение случайной величины по закону Симпсона

Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклонение соответственно равны:

$$m_x = 0;$$

$$D_x = \frac{a^2}{6};$$

$$\sigma_x = \frac{a}{\sqrt{6}}.$$

Если рассматривать распределение по законам Симпсона и равной вероятности как отклонение от закона нормального распределения, то можно отразить и количественную сторону этих отклонений с помощью коэффициента λ , который называется относительным средним квадратичным отклонением:

$$\lambda = \frac{2\sigma_x}{\sigma_x}.$$

Закон равной вероятности встречается, когда наряду со случайными факторами, вызывающими рассеяние, действует доминирующий систематический фактор непрерывно или равномерно изменяющийся во времени положение центра группирования $M(x)$. Графически такое распределение случайной величины отображается прямоугольником (рис.3.9).

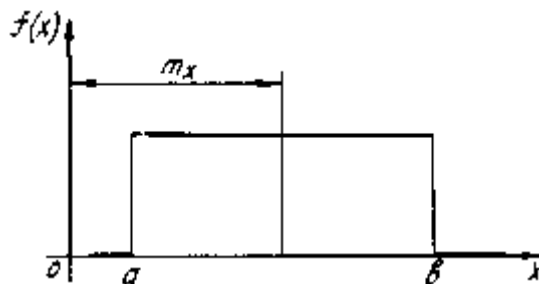


Рис.3.9. Распределение случайной величины по закону равной вероятности

Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклонение соответственно равны:

$$m_x = \frac{(b+2)}{2};$$

$$D_x = \frac{(b-2)^2}{12};$$

$$\sigma_x = \frac{(b-a)}{2\sqrt{3}}.$$

Значения коэффициента λ для рассмотренных законов распределения приведены в табл.3.2. На практике чаще пользуются значением коэффициента возведенного в квадрат.

Таблица 3.2. Значения относительного среднего квадратичного отклонения

Закон распределения	σ_x	ω_x	λ	$\lambda^2 (\lambda^2)$
Нормальный (Гаусса)	σ_x	$6\sigma_x$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$
Симпсона	$\frac{a}{\sqrt{6}}$	$2a$	$\frac{1}{\sqrt{6}}$	$\frac{1}{6}$
Равной вероятности	$\frac{b-a}{2\sqrt{3}}$	$b-a$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{3}$

Контрольные вопросы:

- 1 Точность механической обработки.
- 2 Основные погрешности при механической обработке и сборке
- 3 Показатели точности

ЛЕКЦИЯ №5

Погрешности от упругих деформаций технологической системы СПИД

План

- 5.1. Погрешности от упругих деформаций технологической системы
- 5.2. Производственные методы оценки жесткости
- 5.3. Погрешности от размерного износа инструмента
- 5.4. Погрешности от тепловых деформаций системы
- 5.5. Влияние геометрической точности станка на точность обработки
- 5.6. Погрешности от влияния вибраций и других факторов

Принято различать *три этапа выполнения технологических операций:*

подготовка, настройка и обработка.

На каждом этапе формируется некоторая часть погрешностей.

При механической обработке деталей *на предварительно настроенных станках* возможны погрешности от факторов, возникающих при обработке и снижающих точность.

Эти погрешности желательно предварительно рассчитывать и получить, таким образом, *суммарную погрешность*, которую необходимо сравнить с допуском на выдерживаемый размер.

4.1. Погрешности от упругих деформаций технологической системы

Технологическая система (станок, приспособление, инструмент, деталь) представляет собой упругую систему, в которой влияние сил резания и закрепления, инерционных и других сил приводит к образованию погрешностей форм и размеров обрабатываемых деталей.

На рисунке 4.1 представлены две схемы обработки цилиндрической детали: с закреплением *в центрах* («а») и *в трехкулачковом токарном патроне* («б»), которые иллюстрируют возникающие упругие деформации Δ_y , а также обусловленные ими погрешности формы детали (*бочкообразность* и *конусообразность*).

Упругие деформации Δ_y обусловлены отжатиями основных узлов и отдельных элементов технологической системы, а также контактными деформациями и в общем случае могут достигать 20...40% от суммарной погрешности обработки.

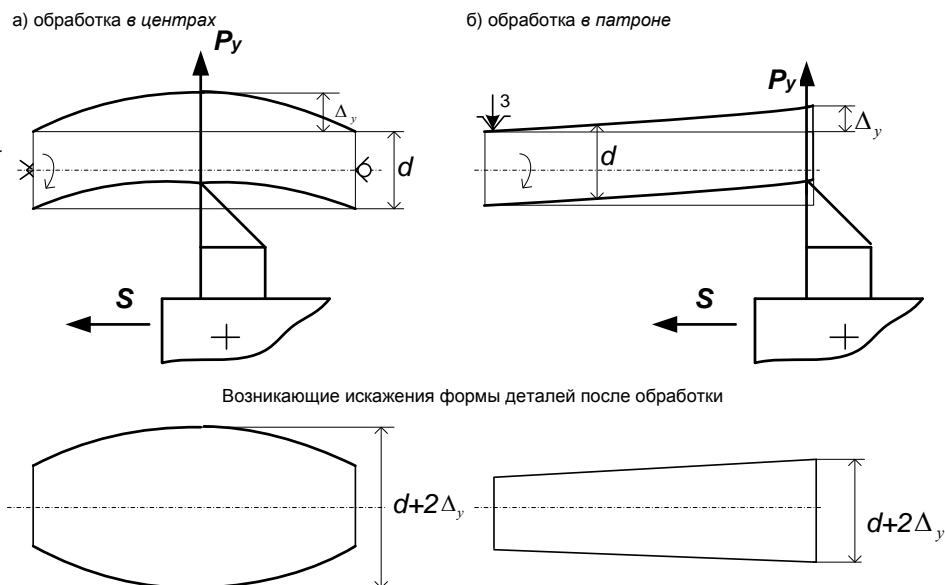


Рисунок 5.1 Схемы формирования погрешностей от упругих деформаций.

Нестабильность сил резания (из-за колебаний снимаемого припуска твердости материала даже в пределах обрабатываемой партии деталей), различная жесткость детали при обработке (в каждый из моментов времени обработки поверхности детали) - обуславливают и неравномерность упругих деформаций.

Для количественной оценки упругих деформаций технологической системы используют понятия *жесткость* и *податливость*.

Жесткостью системы называется способность системы оказывать сопротивление деформирующим силам.

По А.П. Соколовскому, *жесткость технологической системы* определяется как отношение составляющей силы резания, направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, к смещению режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

$$j_{\text{сист}} = \frac{P_y}{y},$$

где $j_{\text{сист}}$ - жесткость технологической системы, Н/мм;

P_y - радиальная составляющая силы резания, Н;

y - упругие деформации технологической системы (смещение режущей кромки инструмента), мм.

Для удобства расчетов часто используется величина обратная жесткости, которая называется *податливостью*.

Податливость технологической системы - способность этой системы упруго деформироваться под действием прикладываемых к ней внешних сил:

$$W_{\text{сист}} = \frac{y}{P_y} = \frac{1}{j_{\text{сист}}}.$$

Суммарная податливость системы равна сумме податливостей элементов технологической системы:

$$W_{\text{сист}} = W_{\text{ст}} + W_{\text{пр}} + W_{\text{инстр}} + W_{\text{дет.}}$$

Откуда жесткость системы будет равна:

$$\frac{1}{j_{\text{сист}}} = \frac{1}{j_{\text{ст}}} + \frac{1}{j_{\text{пр}}} + \frac{1}{j_{\text{инстр}}} + \frac{1}{j_{\text{дет}}}.$$

Жесткость- величина непостоянная $J \neq \text{const}$

P_y - рассчитывается по формулам теории резания, а величина y определяется экспериментально.

$J_{\text{ст}}$ - жесткость станка и т. д.

W – податливость (величина, обратная жесткости).

Жесткость новых станков токарной группы составляет $J_{\text{ст}}=20000-40000 \text{ Н/мм}$, для некоторых типов станков $J_{\text{ст}}=100000 \text{ Н/мм}$ (шлифовальные и координатно-расточные станки).

Таким образом, погрешности от упругих деформаций зависят и определяется жесткостью технологической системы СПИД.

В практических расчетах учитывают только *податливость* станка и обрабатываемой детали

$$W_{\text{сист}} = W_{\text{ст}} + W_{\text{дет}};$$

$$\frac{1}{j_{\text{сист}}} = \frac{1}{j_{\text{ст}}} + \frac{1}{j_{\text{дет}}}.$$

Величина *упругих деформаций* обрабатываемых деталей в значительной степени зависит от схемы обработки, ее можно рассчитать по известным зависимостям из курса сопротивления материалов. Так, для заготовки, закрепленной в патроне и поддерживаемой центром, максимальные упругие деформации определяют по формуле:

$$y_{\text{дет}} = \frac{P_y l^3}{100EJ},$$

где, l - длина заготовки, мм;

E - модуль упругости 1-го рода, Н/мм^2 ;

J - момент инерции поперечного сечения заготовки, мм^4 (для круглых заготовок $J = 0,05d^4$);

d - номинальный диаметр детали, мм.

Тогда жесткость заготовки будет равна:

$$j_{\text{заг}} = \frac{100EJ}{l^3}.$$

Величину радиальной составляющей силы резания рассчитывают по одной из формул курса “Теория резания” или находят по справочнику технолога-машиностроителя. Например, для токарных операций:

$$P_y = C_y S^x t^m HB^n,$$

где C_y - эмпирический коэффициент;

S - подача, мм/об;

t - глубина резания, мм;

HB - твердость материала заготовки;

x, m, n - показатели степени).

Жесткость всех составляющих элементов технологической системы, как правило, определяют экспериментально или по паспортным данным станка. Среднестатистическая жесткость новых станков составляет $j_{ст} = 2000-40000 \text{ Н/мм}$ (до 100000 Н/мм), а для выработавших свой ресурс - менее 10000 Н/мм .

4.2 Производственные методы оценки жесткости

Различают понятия “статическая жесткость” и “динамическая жесткость”.

Статическая жесткость оценивается на неработающем станке (в статике), а *динамическая жесткость* - при работающем станке (в динамике).

Оценка динамической жесткости технологической системы применяют три метода: *ступенчатого резания; прямой и обратной подачи; фактической глубины резания.*

1. *Метод ступенчатого резания (или уступа)* основан на имитации колебаний припуска в различных сечениях реальной заготовки посредством обработки на достаточно коротком участке максимального и минимального диаметров последней за один рабочий ход, что влечет за собой изменение силы резания и, следовательно, различных значений упругих деформаций технологической системы.

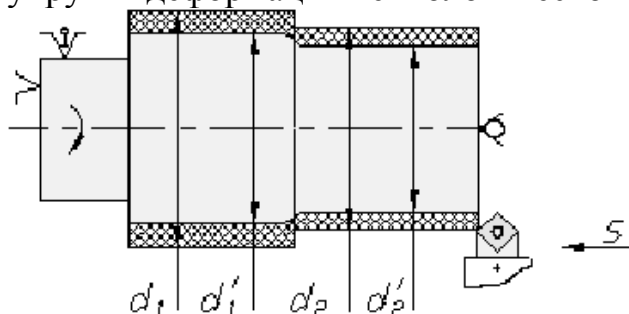


Рисунок 5.2 Схема определения жесткости методом *ступенчатого резания.*

Реализация метода заключается в предварительном измерении (до обработки) диаметров d_1 и d_2 , а затем повторном измерении этих диаметров в тех же сечениях заготовки после обработки d_1' и d_2' .

Разность диаметров ступеней заготовки и является *погрешностью исходной заготовки*, а разность диаметров ступеней после обработки - *погрешностью обработки детали*:

$$\Delta_{\text{зар}} = \frac{d_1 - d_2}{2}; \Delta_{\text{дет}} = \frac{d_1' - d_2'}{2}.$$

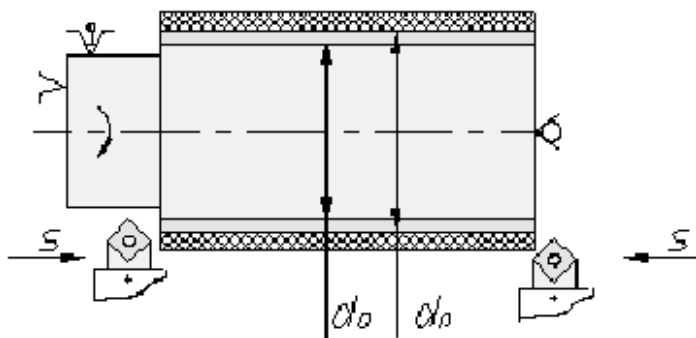
Отношение погрешности исходной заготовки к погрешности обработанной детали называют уточнением, показывающим, во сколько раз стала точнее обработанная деталь (заготовка):

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{\text{зар}}}{\Delta_{\text{дет}}} = \frac{d_1 - d_2}{d_1' - d_2'}.$$

Полученное значение *уточнения* используют затем для расчета динамической жесткости технологической системы:

$$j_{\text{сист}} = C_y S^x H B^n \varepsilon.$$

2. *Метод прямой и обратной подачи* заключается в измерении диаметров обработанной поверхности заготовки после прямого (d_n) и обратного ходов (d_o) применяемого инструмента.



Разность диаметров, обусловленная упругими деформациями из-за различных сил резания при прямом и обратном ходах инструмента, и есть упругие деформации системы:

$$y = \frac{d_n - d_o}{2}$$

Рисунок 4.3 Схема определения жесткости методом *прямой и обратной подачи*.

Отношение радиальной составляющей силы резания (P_y) к деформации есть жесткость системы:

$$j_{\text{сист}} = \frac{P_y}{y} = \frac{C_y S^x t^m H B^n}{y}.$$

3. *Метод фактической глубины резания* основан на выявлении фактической глубины резания.

Сущность метода заключается в предварительной обточке исходной заготовки в некоторый размер (d_1), после чего производится установка “на ноль” лимба станка. Далее по лимбу устанавливают заданную глубину резания:

$$t_{\text{зар}} = \frac{d_1 - d_{\text{зар}}}{2}.$$

и производят обработку поверхности заготовки за один рабочий ход.

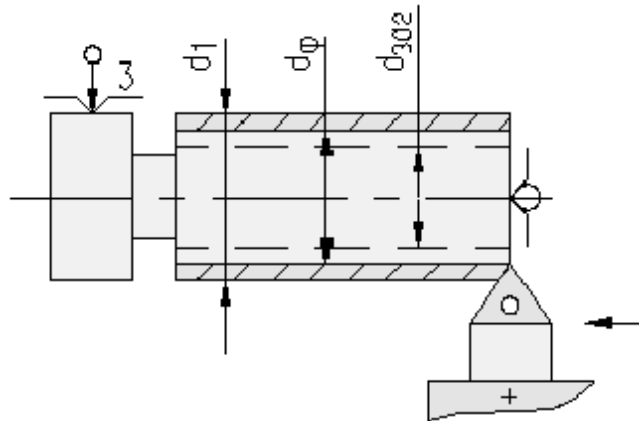


Рисунок 4.4 Схема определения жесткости по методу *фактической глубины резания*.

При измерении оказывается, что полученный диаметр заготовки (d_ϕ) отличается от заданного (из-за упругих деформаций системы), т.е. фактическая глубина резания будет составлять

$$t_\phi = \frac{d_1 - d_\phi}{2}.$$

Разность заданной (теоретической) и фактической глубины резания и будет характеризовать величину упругих деформаций технологической системы:

$$y = t_{zar} - t_\phi = \frac{d_{zar} - d_\phi}{2},$$

а динамическая жесткость системы определяется из отношения последней к радиальной составляющей силы резания

$$j_{сист} = \frac{P_y}{y} = \frac{C_y S^x t^m H B^n}{y}.$$

В реальных условиях производства возникает необходимость выявления отдельных составляющих жесткости (податливости) технологической системы (например, оценить жесткость конкретного станка).

Для уменьшения упругих отжатий в технологической системе следует:

- а) уменьшить число стыков в технологической системе,
- б) использовать «противоположные» схемы резания,
- в) применять оптимальные режимы обработки,
- г) использовать подвижные или неподвижные люнеты

4.3. Погрешности от размерного износа инструмента

Причинами размерного износа режущих инструментов является *трение стружки* о переднюю поверхность инструмента и *трение его задней поверхности* об обрабатываемую поверхность детали.

Изнашивание происходит и по задней и передней поверхности (реже). Это приводит к тому, что при обработке *партии деталей* выдерживаемый размер будет постепенно увеличиваться (размер первой детали будут меньше последней на величину размерного износа).

Износ определяет период стойкости режущего инструмента, а его величина зависит от характера технологической операции (черновой, получистовой или чистовой).

За критерий изнашивания принят *износ по задней поверхности* режущего инструмента u .

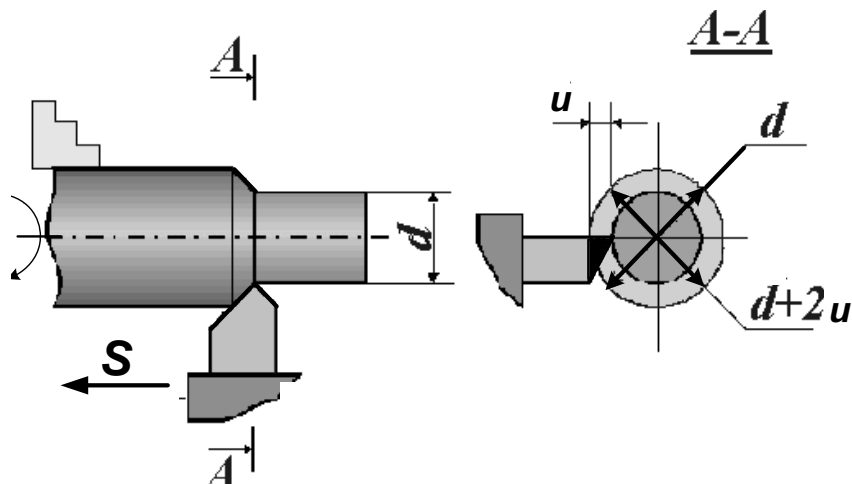


Рисунок 4.5 Схема формирования погрешности от размерного износа

На точность обработки влияет износ u лезвия инструмента в направлении перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, который и называют *размерным износом*.

Критические (предельные) значения размерного износа определяют период между переточками режущего инструмента или же его замены.

Оценку износа удобно характеризовать зависимостью размерного износа от пути резания $U = f(L)$.

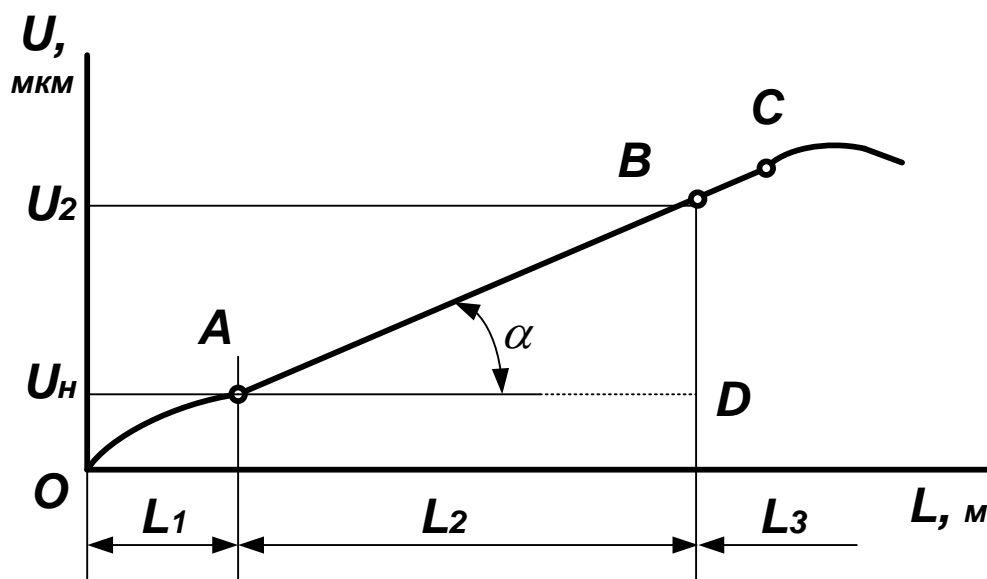


Рисунок 4.6 Зависимость износа от пути резания $U = f(L)$

На графике (рисунок 4.6) можно наблюдать три основных периода износа:

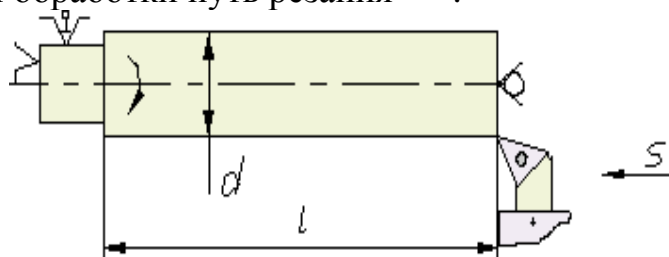
период *начального износа* U_H или *участок* OA (в этот промежуток времени происходит “приработка” режущего инструмента, его протяженность $L_1=800-1000$ м);

период *нормального износа* U_2 или *участок* AB в котором зависимость $U = f(L)$ близка к линейной ($L_2=30000-40000$ м);

период *интенсивного* (катастрофического) *износа* L_3 , появление которого свидетельствует о возможном появлении бракованных деталей и опасности разрушения режущего инструмента.

Для периода *нормального износа* путь резания L_p определяют по конкретной схеме обработки.

Для токарной обработки путь резания L_p :



$$L_p = \frac{\pi d l}{1000 S} \quad L_p = v T$$

где d - диаметр обрабатываемой заготовки, мм; l - длина обработанной поверхности, мм; S - подача, мм/об; v - скорость резания, м/мин; T - время работы резца, мин.

Рассмотрев треугольник ABD (рисунок 3.6) можно выразить, что $\operatorname{tg} \alpha = BD/AD$. Эту величину называют *интенсивностью износа*. Она характеризуется величиной *относительного износа* U_0 , т.е. размерным износом инструмента на 1000 м пути резания

$$U_0 = \operatorname{tg} \alpha = \frac{U_2}{L_2 \cdot 1000}$$

С учетом величин *относительного* U_0 и *начального износа* U_H , можно определить *полный размерный износ* U :

$$U = U_H + U_0 \frac{L_p}{10^6}$$

В таблице приведены значения относительного U_0 и начального U_H износа для чистового точения и растачивания, для которых влияние размерного износа имеет существенное значение.

Материал		Износ	
заготовки	инструмента	начальный U_H , мкм	относительный U_0 мкм/км
Сталь углеродистая и легированная	T15K6, T30K4	2...8	2...10
Серый чугун	BK4, BK8	3...10	3...12
Закалённый чугун (HB 400)	ЦМ332	10	8
Углеродистые и легированные стали	ЦМ332	1...3	0,5...1,0
Цветные сплавы	Алмаз	-	0,0005...0,001

При обработке деталей по методу *автоматического получения размеров* возможна корректировка настроечного размера (резцы, фрезы, шлифовальные круги и т.п.), что позволяет компенсировать влияние размерного износа на точность обработки.

Для жестких размерных и фасонных инструментов такая компенсация исключена.

При обработке заготовок методом *пробных рабочих ходов и промеров* разовая установка инструмента исключает влияние размерного износа на точность размера, однако, погрешности формы будут иметь место.

Своевременный контроль их размеров позволяет принимать решения по корректировке наладки станка.

Для снижения влияния *размерного износа* рекомендуется:

1. использование более износостойких инструментов;
2. применением различных СОЖ;
3. использованием инструмента с оптимальной геометрией ($\alpha = 8...15^\circ$);
- 4 - применять инструмент с доводкой по его задней поверхности).

4.4 Погрешности от тепловых деформаций системы

Источниками тепловыделения в технологической системе являются:

- трение стружки о переднюю поверхность режущего инструмента;
- трение задней поверхности режущего инструмента по обработанной поверхности детали;
- потери на трение в подвижных механизмах станка (подшипниках, зубчатых передачах и т.п.),
- тепловыделение из зоны резания.

Весь расчет чаще всего сводится к определению тепловых деформаций инструмента.

Выделяющееся в зоне резания тепло частично уносится с СОЖ, частично рассеивается в окружающем пространстве лучеиспусканием и конвективным теплообменом, а также передается заготовке и режущему инструменту, а также станку. Это приводит к разогреву станка, заготовки и режущего инструмента и нарушению взаимного положения заготовки и режущей кромки инструмента.

Наибольшее влияние на точность механической обработки оказывают тепловые деформации режущего инструмента и обрабатываемой заготовки; влиянием остальных составляющих, как правило, можно пренебречь.

Тепловые деформации обрабатываемой заготовки(детали) $\Delta_{тд}$ зависят от количества теплоты, поступающей в заготовку из зоны резания, массы и удельной теплоемкости материала заготовки. Количественно они могут быть определены по известной зависимости.

$$\Delta_{тд} = \alpha \cdot d \cdot (T_{i-1} - T_i)$$

где α - температурный коэффициент линейного расширения материала заготовки;

d - диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

T_{i-1} , T_i - соответственно исходная и текущая (в i -й момент времени) температура детали.

Тепловые деформации инструмента $\Delta_{ТИ}$, приводят к удлинению державки, а следовательно, к смещению режущих кромок и изменению размеров (уменьшению) обрабатываемых диаметров, т.е. образованию погрешности обработки.

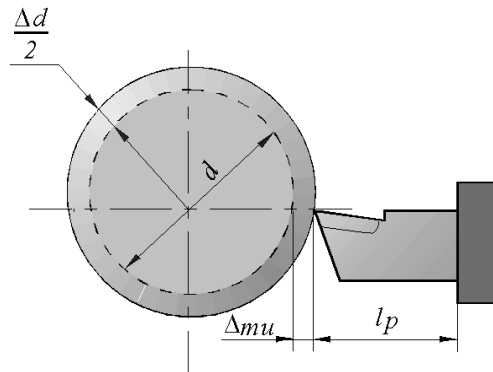


Рисунок 4.7 Схема уменьшения диаметра обрабатываемых деталей в партии из-за температурного удлинения резца.

Зависимость тепловых деформаций резцов от времени их работы, иллюстрирует процесс образования погрешности обработки от изменения размеров применяемого инструмента.

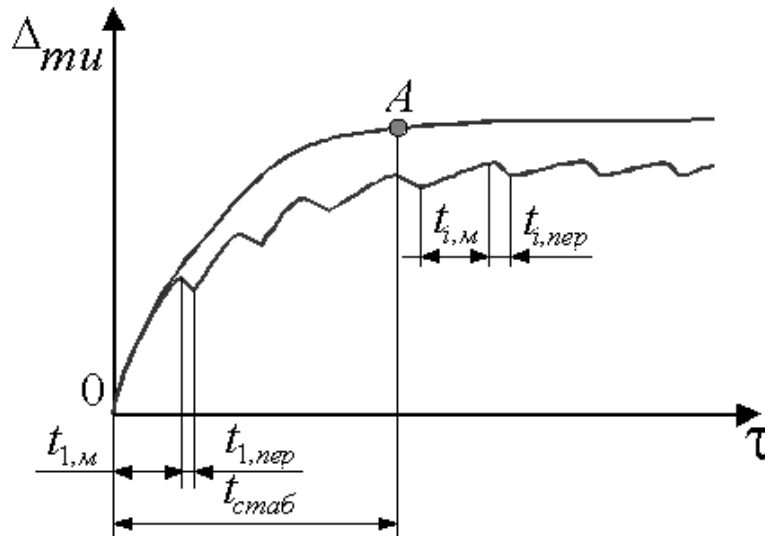


Рисунок 4.8 Зависимость тепловых деформаций инструмента от времени его работы.

Точка A на графике и соответствующее ей время $\tau_{cн}$ показывают момент установления *теплого равновесия системы*.

Участок OA , изменяющийся по экспоненциальному закону может быть описан зависимостью:

$$\Delta_{m_i} = C \cdot \frac{l_p}{F} \cdot \sigma_e(t \cdot S)^{0,75} \cdot \nu^{0,5} \cdot \left(1 - e^{-0,25 \cdot \tau_i} \right),$$

где C - эмпирический коэффициент ($C=4...4,5$);

l_p - вылет резца, мм;

F - площадь поперечного сечения тела резца, мм²;

σ_b - предел прочности обрабатываемого материала детали, кг/мм²;

v - скорость резания ($v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$), м/мин;

t, S - соответственно глубина резания и подача;

τ - время работы резца (до точки A), мин.

Тепловое равновесие (при котором прекращается удлинение резцов) наступает примерно через 12...24 минут непрерывной работы, а общее тепловое равновесие всей технологической системы наступает примерно через 2-3 часа работы.

Практически же в условиях производства неизбежны перерывы в работе, поэтому с учетом перерывов (станок и инструмент успевают охладиться):

$$\Delta_{\tau} = \Delta_{\tau и} \left(\frac{\tau_{\text{маш}}}{\tau_{\text{маш}} + \tau_{\text{пф}}} \right)$$
$$\Delta'_{\tau и} = \Delta_{\tau и} \frac{\tau_{\text{маш}}}{\tau_{\text{маш}} + \tau_{\text{пф}}}$$

где $\tau_{\text{маш}}$, $\tau_{\text{пф}}$ - соответственно продолжительность машинного времени и времени перерывов, мин.

Для снижения влияния тепловых деформаций инструмента ($\Delta_{\tau и}$) и обрабатываемой детали ($\Delta_{\tau д}$) на точность механической обработки применяют: различные смазочно-охлаждающие жидкости.

Погрешности обработки, вызванные тепловыми деформациями могут достигать 30...40% от суммарной погрешности обработки.

При обработке среднеуглеродистых сталей диаметром до 50 мм, их температурные деформации могут достигать 20-25 мкм.

4.5. Влияние геометрической точности станка на точность обработки

Каждый станок состоит из узлов, которые в совокупности образуют единую технологическую систему. При этом одна часть узлов связана с обрабатываемой заготовкой, другая с режущим инструментом.

Погрешности взаимного положения неподвижно закрепленных или перемещаемых узлов станка (геометрические погрешности) обусловлены либо неточностью изготовления соответствующих элементов станка (т.е. деталей, из которых состоит узел) либо износом контактирующих поверхностей деталей.

Погрешности изготовления металлорежущих станков приводят к нарушению взаимного расчетного положения режущего инструмента и заготовки. То есть появляется погрешность обработки, вызванная геометрической погрешностью станка.

Геометрические погрешности станков регламентированы: например, для станков нормальной точности установлены следующие нормы:

- Радиальное биение шпинделя, мм $0,01-0,015$
- Торцевое биение шпинделя, мм $0,01 - 0,02$
- Прямолинейность и параллельность направляющих на длине 1000мм $0,02$.

Погрешности от геометрической неточности станков полностью или частично переносятся на обрабатываемые детали.

Геометрические неточности станка можно определить, рассматривая геометрическую связь заготовки и соответствующего элемента станка.

Так например, при непараллельности направляющих станка и оси вращения шпинделя погрешность обработки заготовки в продольном направлении будет равна:

$$\Delta_{\text{ст.пр}} = C \frac{L_{\text{д}}}{L},$$

где C - допускаемая величина отклонения параллельности направляющих к оси вращения шпинделя; ($C=0,02...0,04$ для станков токарной группы),

$L_{\text{д}}$ - длина обрабатываемой поверхности детали;

L - длина направляющих станка.

Такие погрешности станка как овальность шеек шпинделя, овальность подшипников, радиальное биение шпинделя и т.д. искажают форму поперечного сечения обрабатываемой заготовки.

Погрешности обработки заготовки (детали) в продольном $\Delta_{\text{ст.пр}}$ и поперечном $\Delta_{\text{ст.поп}}$ направлениях, вызванные геометрическими погрешностями станка, $\Delta_{\text{ст}}$ суммируются как векторные величины

$$\Delta_{\text{ст}} = \sqrt{\Delta_{\text{ст.пр}}^2 + \Delta_{\text{ст.поп}}^2}$$

Таким образом, в расчетах точности обработки деталей следует учитывать влияние неточности изготовления станков.

В совокупности эти неточности приводят к формированию погрешностей формы: отклонениям *от цилиндричности* или *круглости* обрабатываемых деталей.

На рисунке показан пример неточности взаимного расположения переднего и заднего центров станка токарной группы. В случае обработки деталей на таком станке, форма последних будет представлять собой в

продольном сечении гиперолоид вращения. Это обусловлено тем, что в различных сечениях А-А и Б-Б изменяется положение резца по отношению к обрабатываемой заготовке.

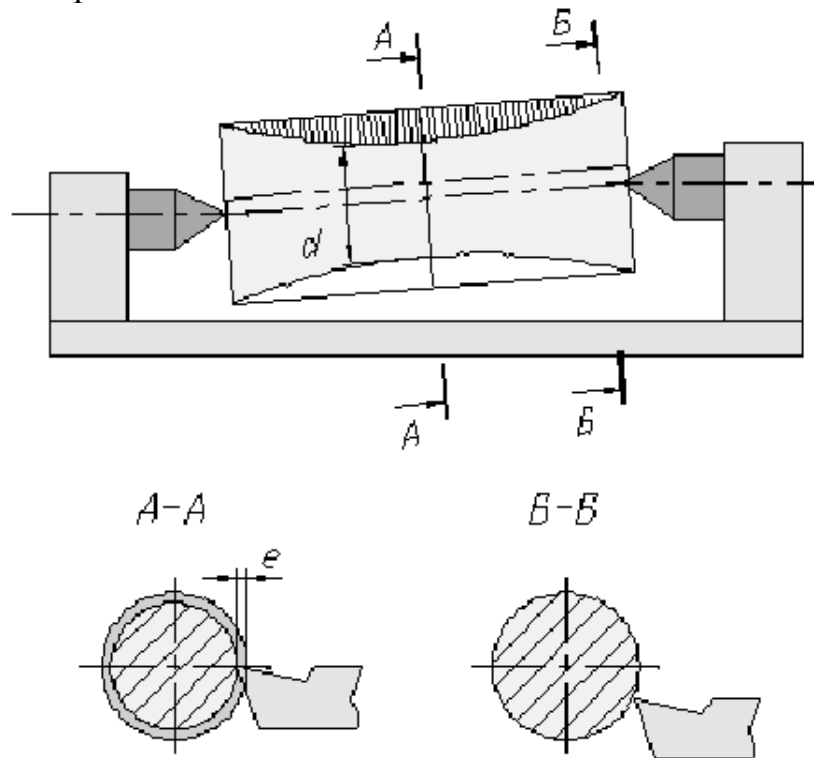


Рисунок 4.9 Схемы формирования погрешности от неточности изготовления элементов станка.

Эти отклонения приводят к искажению формы продольного сечения обрабатываемой детали (формируется гиперолоид вращения).

Отклонение от цилиндричности определится как:

$$\Delta_{\text{цил}} = 2\Delta_{\text{п}} \frac{L_{\text{д}}}{L},$$

$\Delta_{\text{п}}$ - допускаемая величина отклонения от параллельности направляющих и оси шпинделя (принимается по паспорту станка или справочным данным),

L - длина направляющих;

$L_{\text{д}}$ - длина обрабатываемой поверхности детали.

Радиальное биение шпинделя токарного станка приводит к искажению формы обработанной заготовки в поперечном сечении.

Могут иметь место и другие погрешности пространственных отклонений обрабатываемых заготовок из-за биений патрона, центров и другие. Поэтому в каждом конкретном случае следует анализировать схему взаимодействия заготовки и механизмов станка.

4.6.Погрешности от влияния вибраций и других факторов.

При выполнении технологических операций механической обработки в технологической системе неизбежно возникают нелинейные колебания и вибрации. Их основными характеристиками являются: амплитуда, частота и фаза колебаний.

Основными причинами (особенно на черновых операциях) принято считать неравномерность припуска, колебания твердости обрабатываемого материала и другие факторы.

В практических расчетах их влияние учитывается с помощью *коэффициентов динамичности*:

$K_d = 1,2-1,4$ –черновые операции;

$K_d = 1,0-1,2$ –чистовые операции.

Погрешности от влияния сил зажима учитывают только при обработке тонкостенных и маложестких деталей.

Погрешности от теоретической схемы обработки возникают в результате применения приближенной схемы обработки вместо теоретически точной, либо инструмента с приближенным профилем.

Применение методов, основанных на приближенной схеме обработки, может быть оправдано в тех случаях, когда сумма теоретических и производственных ошибок не превышает допуска, проставленного на чертеже, а замена точной схемы обработки приближенной позволяет упростить и удешевить процесс обработки.



Рисунок 4.10 Примеры образования погрешностей от теоретической схемы обработки

ЛЕКЦИЯ № 6,7

Погрешности от неточности изготовления и размерного износа инструмента. Погрешности от тепловых деформаций системы СПИД.

План

- 6.1. Расчет суммарной погрешности обработки
- 6.2. Методы настройки станков
- 6.3. Статическая настройка.
- 6.4. Динамическая настройка.
- 6.5. Диаграммы точности обработки

6.1. Расчет суммарной погрешности обработки

В общем случае наиболее значимыми погрешностями, возникающими в процессе механической обработки являются:

Δ_y - погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием силы резания, *мкм*;

Δ_n - погрешности, возникающие из-за неточной настройки станка, *мкм*;

Δ_u - погрешности, вызываемые размерным износом режущего инструмента, *мкм*;

Δ_T - погрешность обработки, вызываемая температурными деформациями технологической системы, *мкм*.

Δ_{cm} - погрешности, возникающие вследствие геометрических неточностей станка, *мкм*.

При обработке на станке ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления.

Расчет точности (определение суммарной погрешности обработки) целесообразен в основном для операций чистовой стадии обработки, т.е. при 6...11 квалитете точности.

Тогда суммарная погрешность обработки:

- для диаметральных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2 + \varepsilon_y^2} + \Delta_{\phi};$$

- для линейных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2 + \varepsilon_y^2} + \Delta_{\phi},$$

где ε_y - погрешности установки заготовки, $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{nz}$;

Δ_u - износ инструмента;

Δ_y - упругие деформации;

Δ_{ϕ} - погрешности формы детали (например кривизна) с предыдущей операции.

После определения суммарной погрешности проверяется возможность обработки без брака, для чего полученные значения сравнивают с допуском по чертежу.

В случае невозможности достижения требуемой точности - необходимо предложить конкретные мероприятия по снижению первичных погрешностей.

5.2. Методы настройки станков.

Для выполнения технологической операции необходимо провести предварительную наладку (настройку) оборудования.

Наладкой называется процесс подготовки технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению определенной технологической операции.

Наладка обеспечивает точность относительного движения инструмента и заготовки. В результате настройки режущий инструмент и заготовка должны занять требуемое исходное положение и воспроизводить заданный закон относительного движения.

Исходное положение режущего инструмента и заготовки обеспечивается настройкой размерных цепей, а закон относительного движения с помощью настройки кинематических цепей технологической системы

В результате воздействия на технологическую систему различных факторов фактическая траектория движения и положение режущего инструмента будут отличаться от заданных. Эти нарушения устраняются при динамической настройке.

В настоящее время применяются *статическая* и *динамическая* настройки оборудования.

5.3 .Статическая настройка.

Статическая настройка технологической системы заключается в установке режущих инструментов на заданный размер по калибрам и эталонам на неподвижном станке.

То есть настройка заключается в установке режущих инструментов на неработающем оборудовании (станок выключен) по детали-эталону или специальному калибру, которые располагаются на станке вместо обрабатываемой заготовки.

Настройка инструмента на заданный размер может выполняться как на станке , так и вне его.

Инструмент доводится до соприкосновения с поверхностью калибра и закрепляется. Одновременно, устанавливаются соответствующие упоры.

При настройке станка для обработки плоскостных заготовок в качестве установочного калибра часто используется набор мерных плиток.

В ряде случаев для установки инструментов применяются специальные установочные приспособления с индикаторными устройствами.

Из-за наличия деформаций в упругой технологической системе, зависящих от действия сил резания, температурного режима системы и других факторов, размер обработанного изделия оказывается больше (для охватываемых поверхностей) или меньше (для охватывающих поверхностей) требуемого.

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок установочные калибры или эталонные детали при статической настройке изготавливаются с отступлением от чертежа заготовки на величину некоторой поправки $\Delta_{\text{попр}}$.

Расчетный настроечный размер $L_{\text{н}}^{\text{расч}}$ установочного калибра определяется по формуле:

$$L_{\text{н}}^{\text{расч}} = L_{\text{н}}^{\text{заг}} \mp \Delta_{\text{попр}}$$

Здесь $L_{\text{н}}^{\text{заг}}$ - размер заготовки, который должен быть фактически получен после обработки, когда настройка станка ведется по середине поля допуска заготовки:

$$L_{\text{н}}^{\text{заг}} = \frac{(L_{\text{min}} + L_{\text{max}})}{2},$$

где L_{min} и L_{max} - соответственно наименьший и наибольший предельные размерные заготовок по чертежу);

$\Delta_{\text{попр}}$ - поправка, учитывающая упругие деформации технологической системы и шероховатость поверхности эталонной детали, по которой производится настройка.

$$\Delta_{\text{попр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - составляющие поправки, учитывающие соответственно действие сил резания, шероховатость обрабатываемых заготовок и величину зазора в подшипниках шпинделя.

В формуле знак минус принимается для случая обработки вала, а знак плюс - для отверстия.

При односторонней обработке

$$\Delta_1 = \frac{P_y}{j}$$

При двусторонней обработке (обработке цилиндрических поверхностей) значение Δ_1 , найденное по формуле, следует удвоить:

$$\Delta_1 = 2 \frac{P_y}{j}$$

В связи с тем, что установка резца по калибру осуществляется соприкосновением его вершины с точной поверхностью калибра и при обработке заготовки положение вершины резца определяет положение впадин неровностей, измеренный размер оказывается больше размера калибра на величину

$$\Delta_2 = R_z$$

где R_z - высота микронеровностей, мкм.

При двусторонней обработке значение Δ_2 также удваивается

$$\Delta_2 = 2 R_z$$

При односторонней обработке поправка Δ_3 равна половине диаметрального зазора (принимается, что шпиндель, нагружаемый усилием резания, смещается в горизонтальном направлении от рабочего на половину диаметрального зазора) и зависит от типа и марки станка.

При двусторонней обработке эта величина удваивается.

Пример статической настройки с использованием эталон-детали, приведен на рисунке:

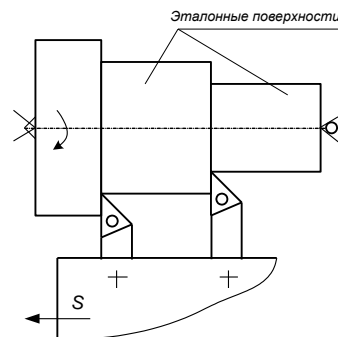


Рисунок 3.11 Схема многоинструментальной статической настройки.

Точность обработки заготовок при использовании статической настройки не превышает 8-9-го квалитетов. Это приводит к необходимости дополнять статическую настройку динамической, проводя добавочное регулирование положения инструментов и упоров при обработке первых заготовок партии.

Значительное сокращение трудоемкости настройки при установке инструментов по эталонам, особенно при многорезцовой обработке, предопределяет широкое распространение этого метода в крупносерийном и массовом производствах. К числу больших преимуществ этого метода следует отнести также возможность настройки инструментальных блоков по эталонам вне станка на специальных оптических устройствах, что

существенно повышает точность настройки и сокращает простои станков при настройке.

Этот способ настройки часто применяют при многоинструментальной обработке и он является основным методом для ОЦ (обрабатывающих центров) и других станков с ЧПУ.

5.4. Динамическая настройка.

Сущность динамической настройки заключается в отыскании и обеспечении величины смещения центра группирования (математического ожидания) Δ_n , относительно координаты середины поля допуска обрабатываемой детали по чертежу Td . Если Td совпадает с полем рассеивания деталей в обрабатываемой партии, т.е. с ω , тогда основной задачей динамической настройки является $\Delta_n = \min$.

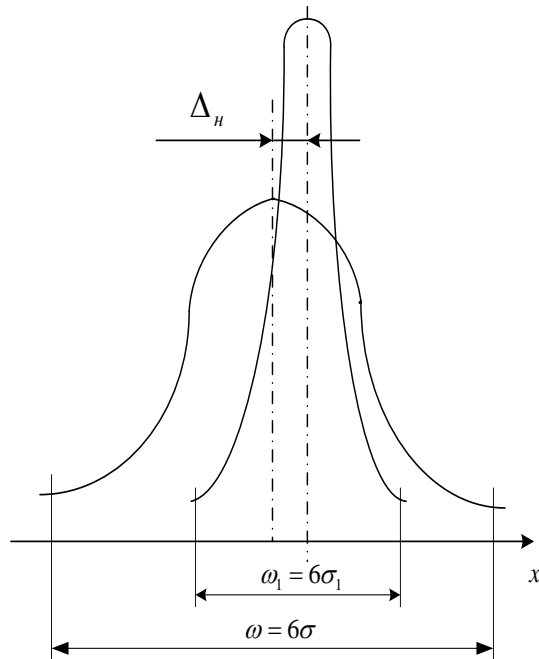


Рисунок 5.1 Схема динамической настройки.

Для этого выбирают некоторое количество пробных деталей $m = 2 - 8$ и строят для них теоретическую кривую распределения с полем рассеивания $\omega_1 = 6\sigma_1$.

Общая погрешность настройки определяется как

$$\Delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}^2 + \Delta_{см}^2} \text{ - для плоских поверхностей,}$$

$$\Delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{рег}^2 + \left[\frac{\Delta_{изм}}{2} \right]^2 + \Delta_{см}^2} \text{ - для поверхностей вращения,}$$

где, $\Delta_{рег}$ - погрешность регулирования инструмента,

$\Delta_{изм}$ - погрешность измерений,

$\Delta_{см}$ - смещение центра группирования после обработки пробных деталей.

В общем случае, динамические методы настройки могут быть реализованы:

- по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра,
- по пробным заготовкам с помощью универсального измерительного инструмента.

Их применение дает максимальную точность их всех известных методов.

5.5. Диаграммы точности обработки

Для обеспечения требуемой точности обработки партии заготовок недостаточно правильно рассчитать и осуществить настройку станка.

В общем случае настройка на требуемый размер по чертежу должна производиться на середину его поля допуска. Если технологический процесс достаточно стабилен, тогда изменение настроечного размера связано прежде всего влиянием размерного износа инструмента Δ_u и его тепловых деформаций Δ_m . Первые обуславливают постепенное увеличение размеров в обрабатываемой партии, а вторые – уменьшают получаемые размеры.

Поэтому для предотвращения появления брака необходимо своевременно установить момент требуемой поднастройки станка и продолжительность работы между поднастройками.

Подналадкой (поднастройкой) станка называется процесс восстановления первоначальной точности взаимного расположения режущего инструмента и обрабатываемой заготовки (детали). Рассмотрим два случая соотношений между размерным износом Δ_u и тепловыми деформациями Δ_m .

Если Δ_u больше Δ_m (рисунок «А»), тогда настройку станка целесообразнее выполнять не на середину поля допуска Td , а ближе его нижней границе EI .

Во втором случае, когда Δ_m больше Δ_u (тепловые деформации преобладают над размерным износом), настройку следует выполнять ближе к верхней границе поля допуска по чертежу ES . Так как тепловые деформации носят временный характер, то более предпочтительной является схема «А».

Поэтому момент поднастройки следует выявлять систематическими замерами.

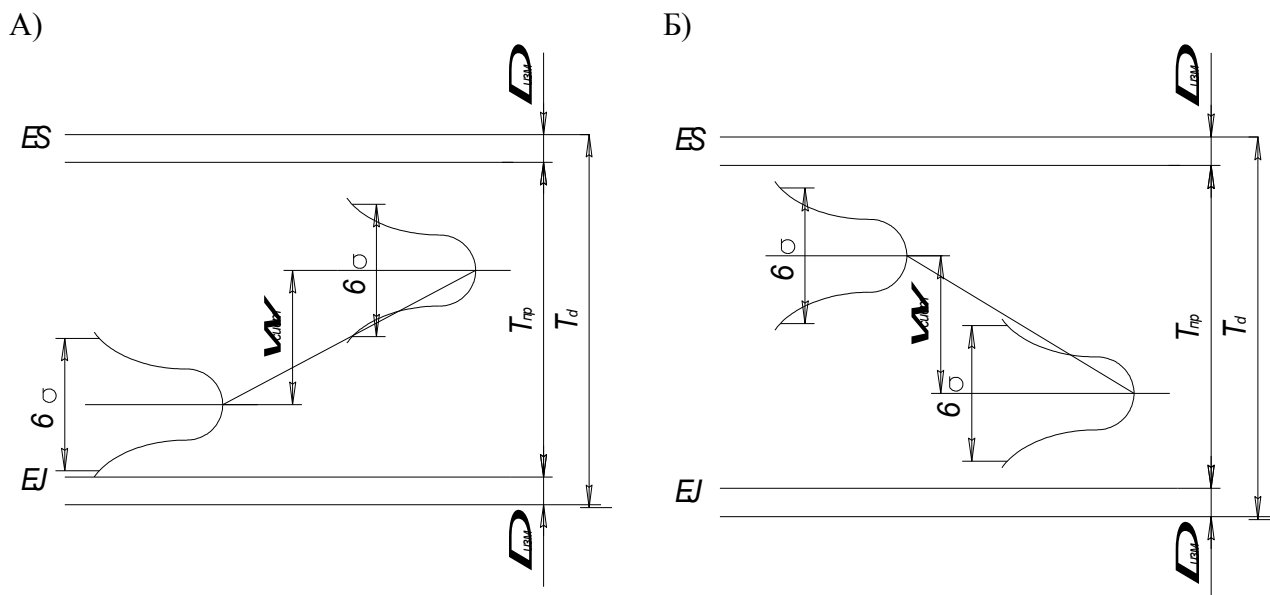


Рисунок 5.2 Диаграммы точности.

Определенное влияние на поле рассеяния ω размеров заготовок оказывают параметры заготовок: припуск и твердость материала (случайные факторы), колебания которых приводят к колебаниям усилий резания, а, следовательно, и упругих деформаций элементов технологической системы, что приводит к возрастанию рассеяния размеров. Кроме того, допуск по чертежу Td отличается от так называемого производственного допуска Td_{np} на величину погрешности измерений:

$$Td = Td_{np} + 2\Delta_{изм}.$$

Уменьшить рассеяние размеров можно путем предварительного измерения параметров заготовки и внесением корректив в размер статической настройки станка. Однако этот метод уменьшения рассеяния размеров трудоемок и сложен в организационном отношении.

Таким образом, для обеспечения возможности получения размеров в пределах заданного поля допуска в течение как можно большего промежутка времени необходимо выбирать предварительный настроечный размер несколько отличный от координаты середины поля допуска. Это позволит повысить продолжительность времени работы станка между подналадками и повысить эффективность производства в целом.

Контрольные вопросы:

1. Расчет суммарной погрешности обработки
2. Методы настройки станков
3. Статическая настройка.
4. Динамическая настройка.
5. Диаграммы точности обработки

ЛЕКЦИЯ № 8 БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

План

- 8.1.Элементы базирования: опорная точка, комплект баз, закрепление, установка. Правило «шести точек».
- 8.2.Типовые схемы базирования деталей при обработке
- 8.3.Классификация баз
- 8.4.Правила (принципы) базирования. Определенность и неопределенность базирования
- 8.5.Анализ типовых схем базирования
- 8.6.Погрешности от закрепления и положения деталей. Пути снижения влияния погрешностей установок на точность обработки

При эксплуатации машин и механизмов необходимо обеспечивать определенное положение их элементов (детали и узлы).

При изготовлении деталей на станках они так же должны быть определенным образом сориентированы в пространстве относительно элементов станка или положения режущего инструмента. Поэтому для обеспечения точности обработки и сборки используют определенные правила в соответствии с *теорией базирования*.

6.1.Элементы базирования: опорная точка, комплект баз, закрепление, установка. Правило «шести точек».

В соответствии с ГОСТ21495- под *базированием* понимают - придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Базами называют поверхности линии или точки используемые при базировании.

При механической обработке на станках *базированием* принято считать придание заготовки или детали требуемого положения относительно элементов станка, которые определяют траекторию движения подачи используемого инструмента.

При установке деталей на станках необходима не только правильная ориентация, но и *закрепление* - для обеспечения условия неподвижности.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его *шести степеней свободы*: трех поступательных перемещений вдоль осей координат и трех вращений вокруг указанных осей.

Поэтому многие задачи связанные с расчетом точности при базировании и установке возможно решать теоретически *посредством наложения «связей»*.

Под связями подразумеваются ограничения позиционного (геометрического) или кинематического характера, накладываемые на движение точек рассматриваемого тела (заготовки или детали).

В технологии машиностроения позиционные связи предполагаются двухсторонними, т. е. лишаящими тело возможности перемещения в обе стороны в направлении действия связи.

Эти *связи* не зависят от времени и поэтому их считают стационарными и позиционными.

При установке заготовки на опорные точки приспособлений каждая из них реализует только одну *одностороннюю связь*.

Под опорной точкой подразумевается идеальная точка контакта поверхностей заготовки и приспособления, лишаящая заготовку одной степени свободы, делая невозможным ее перемещение в направлении перпендикулярном опорной поверхности.

Правило шести точек.

Для полного базирования деталей (заготовок) приспособлений на металлорежущих станках необходимо и достаточно создать в нем 6 опорных точек расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовок или деталей.

В зависимости от числа опорных точек, с которыми база находится в контакте различают:

установочную базу А, находящуюся в контакте с тремя опорными точками и лишаящую тело трех степеней свободы (точки a_1, a_2, a_3);

направляющую базу В, находящуюся в контакте с двумя опорными точками и лишаящую тело двух степеней свободы (точки b_1, b_2);

опорную базу С, имеющую контакт с одной опорной точкой и лишаящую тело одной степени свободы.

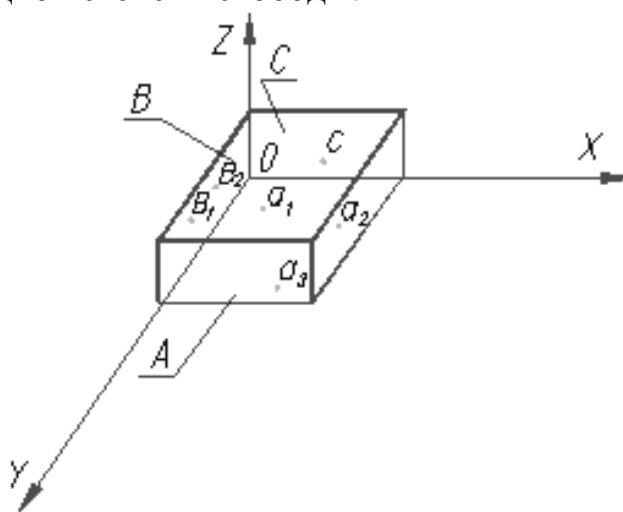


Рисунок 8.1 Схема расположения призматической заготовки в пространстве.

Каждая из названных баз определяет положение заготовки относительно одной из плоскостей системы координат в направлении перпендикулярном этой базе, т.е. в направлении одной из координатных осей.

Очевидно, что для полного ориентирования заготовки в приспособлении необходим комплект из трех баз.

В практике во многих случаях нет необходимости в полном ориентировании с использованием всего комплекта из трех баз («неполная схема базирования»).

Например, при обработке плоскости ориентирование заготовки на станке в направлении горизонтальных осей координат для получения требуемого размера a не имеет значения, поэтому боковые поверхности заготовки теряют значение баз (боковые поверхности используются только для закрепления и в процессе базирования не участвуют).

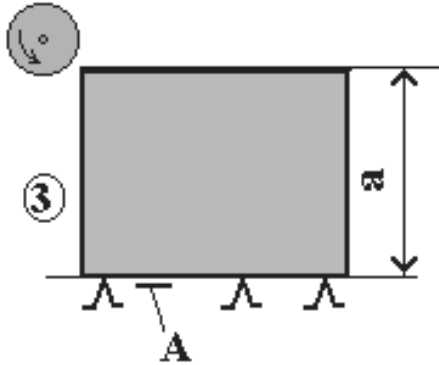
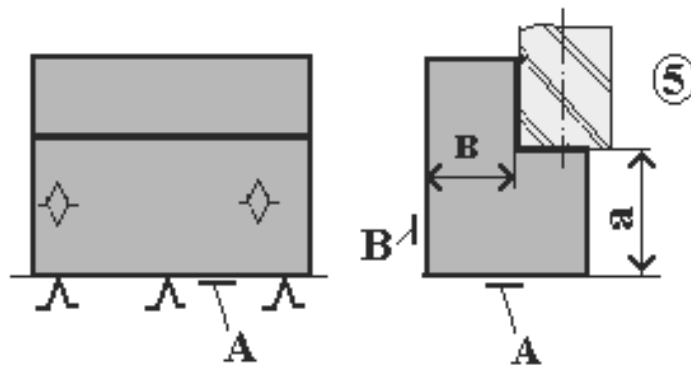


Рисунок 8.2 Пример неполной схемы базирования призматической заготовки.
 a – выдерживаемый размер

Для получения у заготовки двух размеров, например, a и b возникает необходимость ее ориентирования с помощью установочной базы – A и с помощью направляющей базы – B .



Рисунки 8.3 Пример неполной схемы базирования призматической заготовки.

a, b – выдерживаемые размеры

В случае, когда требуется обеспечить выполнение трех размеров a, b и c , для ориентирования заготовки необходимо использование всего комплекта из трех баз, т. е. поверхностей A, B, C .

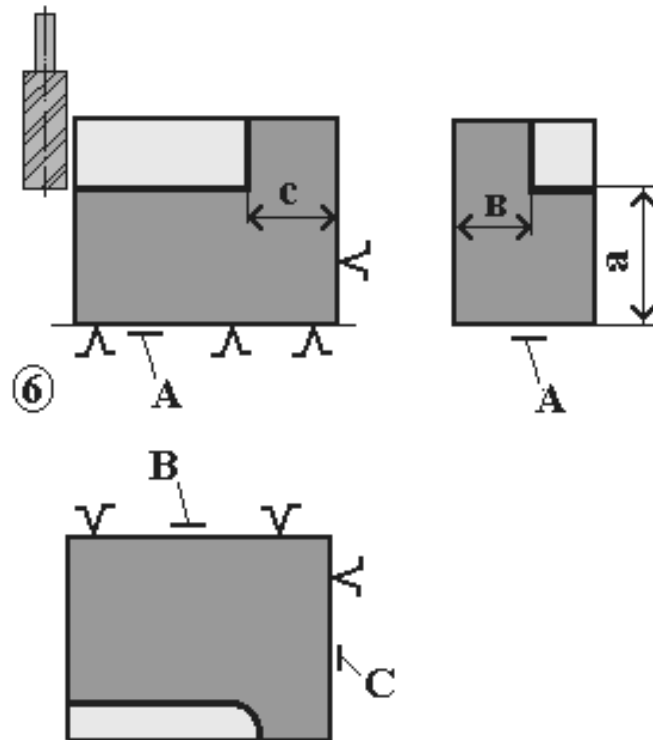


Рисунок 8.4 Пример *полной* схемы базирования.
a, b, c – выдерживаемые размеры

При обработке цилиндрических заготовок для их базирования во многих случаях тоже нет необходимости в использовании комплекта всех трех баз.

Так при установке валов в центрах (для обтачивания на токарных станках или наружного шлифования) они базируются *по конусам центровых отверстий* и лишаются пяти степеней свободы.

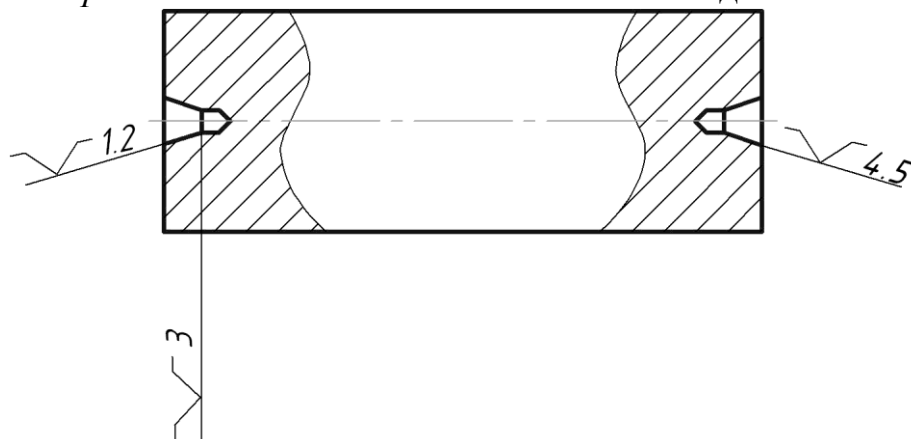


Рисунок 8.5 Схема базирования: «короткий конус» (центра).

Таким образом, в зависимости от технологической задачи, решаемой при обработке заготовки, при ее базировании в приспособлении или на станке могут быть использованы одна или все три базы, содержащие *три, четыре, пять или шесть опорных точек*.

Существует понятия:

главная базирующая поверхность - это поверхность при установке на которую деталь имеет наибольшую устойчивость. Она содержит 3 (или более) опорные точки, является наиболее протяженной в сравнении с другими поверхностями;

свободная (несопрягаемая) поверхность - не участвует ни в обработке, при сборке не контактирует с другими поверхностями;

исполнительная поверхность - которая в данный момент может обрабатываться.

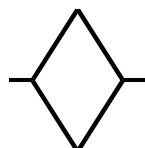
8.2. Типовые схемы базирования деталей при обработке.

Схема базирования – схема изображения детали с нанесенными на нее опорными точками.

Согласно ГОСТ 21495- идеальная опорная точка обозначается символами:



- для вида спереди или сбоку;



- для вида сверху.

Любую деталь при проектировании операций механообработки можно отобразить с помощью схемы базирования

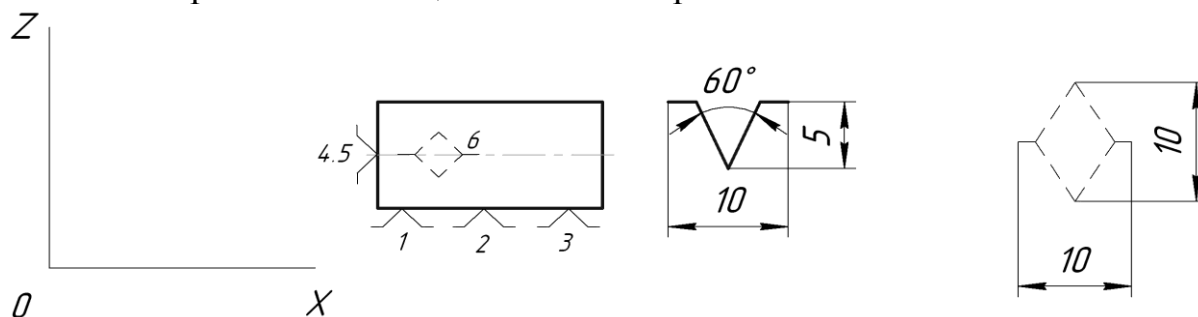


Рисунок 8.6 Схема базирования призматической заготовки



Рисунок 6.7 Схема базирования цилиндра на призме

Точки 1, 2, 3, 4 расположены на главной базирующей поверхности, которая называется *двойная направляющая база*; точка 5 – упорная база.

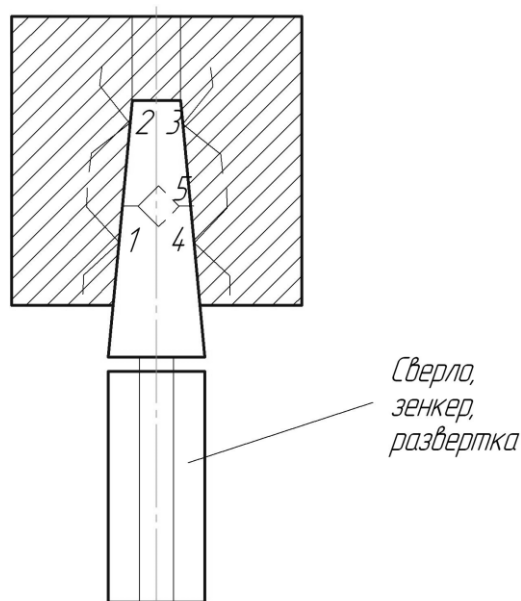


Рисунок 8.8 Схема базирования «длинный конус» (Конус Морзе)

8.3.Классификация баз

По назначению и области применения базы подразделяются на *сборочные, конструкторские, измерительные и технологические*.

По месторасположению в выполняемом технологическом процессе их условно разделяют на: *черновые, получистовые и чистовые*.



Рисунок 8.9 Классификация баз

КОНСТРУКТОРСКАЯ БАЗА - это база используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии (ГОСТ21495-76).

В практике *конструкторской базы* называется поверхность, линия или точка детали, по отношению к которой определяются на чертеже расчетные положения других деталей или сборочных единиц изделия, а также других поверхностей и геометрических элементов данной детали.

КОНСТРУКТОРСКИЕ БАЗЫ делят на *основные* и *вспомогательные*.

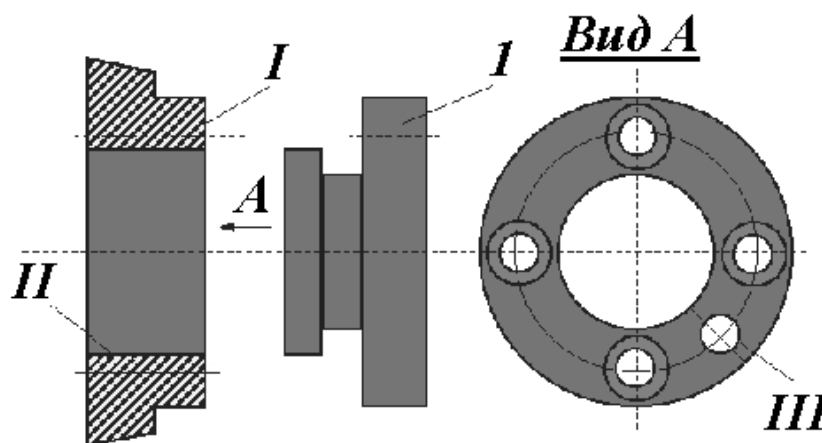


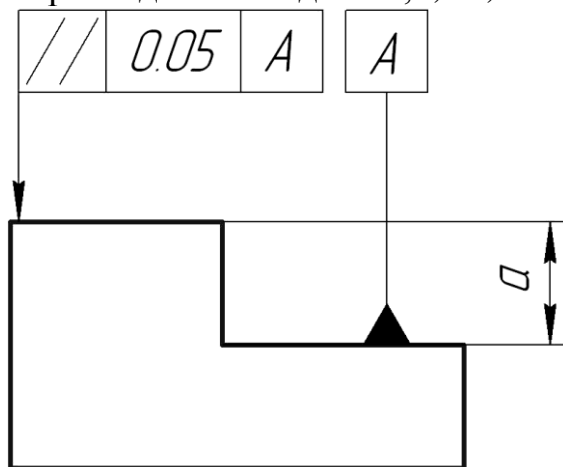
Рисунок 8.10 Пример основной и вспомогательной баз.

ОСНОВНАЯ конструкторская база принадлежит данной детали или сборочной единице и определяет ее положение в изделии.

Это поверхности – *I, II, III*.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ называется конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице, используемая для определения положения, *присоединяемых к ней* деталей или сборочных единиц.

1-присоединяемая деталь; *I, II, III* – вспомогательные базы..



ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ БАЗОЙ называется поверхность, линия или точка от которой производится отсчет выполняемых размеров при обработке или взаимного расположения поверхностей деталей или элементов изделия.

A – измерительная база

Рисунок 8.11 Пример измерительной базы.

При использовании в качестве измерительных баз материальных поверхностей изделия проверку производят обычными прямыми методами измерения; при использовании геометрических элементов (биссектрис углов, осевых линий и т. п.).

Измерительные базы материализуются с помощью вспомогательных деталей: штырей, пальцев, натянутых струн, отвесов, оптических установок (коллиматоров) и других устройств.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА - это база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта (ГОСТ 21495 -76).

Технологической базой, используемой при обработке заготовок на станках, называется поверхность, линия или точка заготовки, относительно которой ориентируются ее поверхности, обрабатываемые на данном установе. Обычно именно на эту поверхность деталь опирается при обработке.

Различают также *искусственные* и *естественные* технологические базы (например, центровые отверстия на валах изготавливают лишь для удобства изготовления валов, так как конфигурация последних не позволяет их устойчиво и надежно сориентировать и закрепить при достижении точности по чертежу).

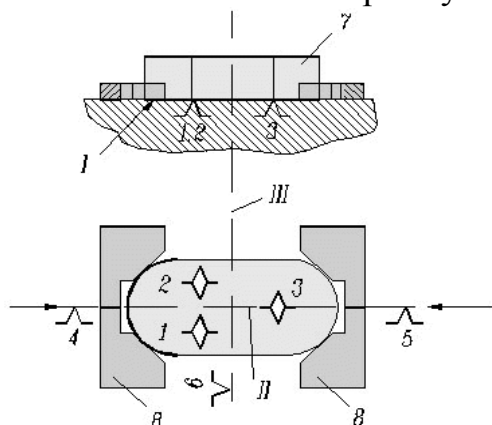


Рисунок 8.12 Пример технологической базы.

СКРЫТАЯ БАЗА - база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

ЯВНАЯ БАЗА - база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Например, поверхность 1 является *скрытой технологической базой*.

В этих случаях на схемах базирования изображается расположение опорных точек на скрытых базах (осях, плоскостях симметрии) символизирующих связи заготовки с выбранной системой координат.

УСТАНОВОЧНАЯ БАЗА - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

НАПРАВЛЯЮЩАЯ БАЗА - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы:

перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

ДВОЙНАЯ НАПРАВЛЯЮЩАЯ БАЗА - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей (поверхность 1).

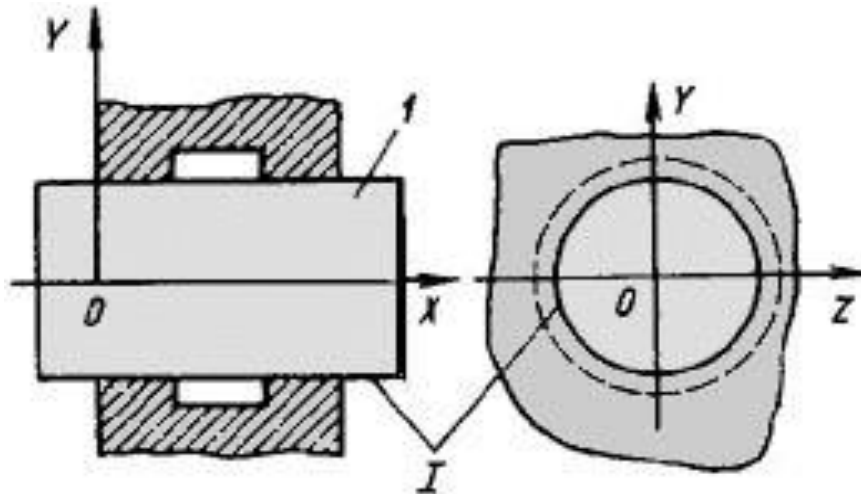
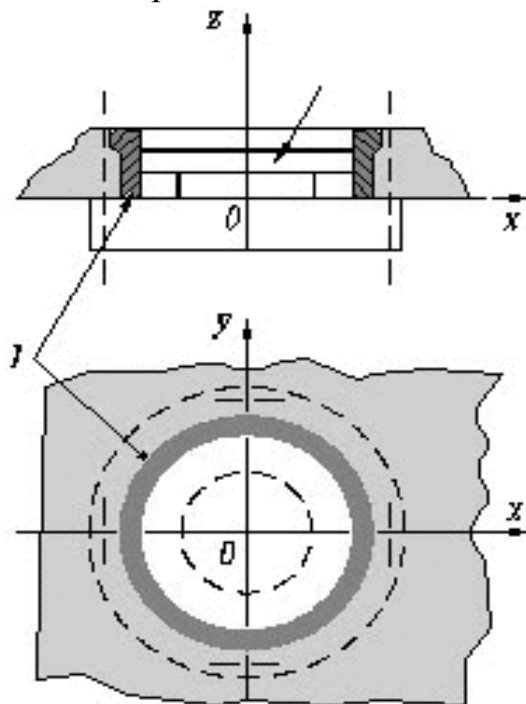


Рисунок 8.13 Пример двойной направляющей технологической базы.

ОПОРНАЯ БАЗА - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.



ДВОЙНАЯ ОПОРНАЯ БАЗА - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей.

Рисунок 8.14 Пример двойной опорной технологической базы.

8.4. Правила (принципы) базирования. Определенность и неопределенность базирования.

1. Принцип совмещения баз.

При назначении технологических баз для обеспечения более точной обработки *необходимо совмещать измерительные и технологические базы* в том числе использовать эти поверхности не только при обработки но и при сборки.

2. Принцип постоянства баз.

При разработке технологических процессов необходимо стремиться к тому, чтобы одна и также поверхность (по возможности) была использована в качестве базы.

Исключение составляют черновые базы (например, изготовление центровых отверстий).

3. Принцип последовательной смены баз.

Если не удастся разработать ТП (выполняемый при одной установке заготовки), тогда в качестве следующей базы необходимо использовать поверхность (ранее уже обработанную) точность которой должна быть выше.

Определенность и неопределенность базирования.

В практике достигнутое *правильное положение детали* может измениться, если возникнут силы или моменты сил, нарушающие контакт поверхности детали с опорными точками приспособлений.

Поэтому для сохранения полученного при базировании правильного положения детали необходимо обеспечить *непрерывность контакта* баз.

Другими словами необходимо обеспечивать *определенность базирования* деталей.

ОПРЕДЕЛЕННОСТЬ БАЗИРОВАНИЯ детали – «неизменность» ее положения относительно поверхностей другой детали или деталей, с которыми она соединена и которые определяют ее положение в процессе изготовления.

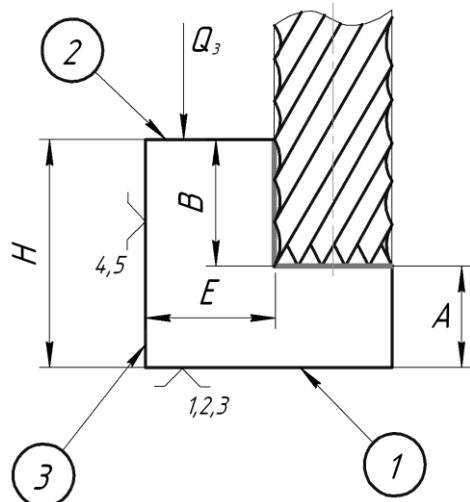
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ БАЗИРОВАНИЯ - единичное или многократное изменение требуемого положения детали относительно поверхностей сопряженных деталей (или детали), определяющих ее положение.

Неопределенность базирования всегда порождает дополнительные погрешности, и следовательно снижают точность обработки на предварительно настроенных станках.

8.5. Анализ типовых схем базирования

1. Установка плоскими поверхностями.

Заготовка прижата силой Q_3 , пальцевой фрезой фрезеруется уступ, выдерживая размеры A, B, E . Станок предварительно настроен.



Необходимо проанализировать погрешность базирования при получении размеров A, B, E .

H – высота детали,
 A – настроечный размер.

Рисунок 6.15 Пример схемы базирования плоскими поверхностями.

$\varepsilon_A = 0$ и $\varepsilon_E = 0$ - т. к. технологическая и измерительная базы совпадают,

$\varepsilon_B \neq 0$ - так как измерительной базой является поверхность 2, а технологической базой - поверхность 1.

Составляем размерную цепь

$$B = H - A$$

A - настроечный размер, значит $A = const$.

Таким образом, действительная погрешность базирования для размера B , будет зависеть от допуска на размер H :

$$\varepsilon_H = \delta H.$$

Чтобы получить $\varepsilon_B = 0$, необходимо совместить ТБ с ИБ (перевернуть заготовку), т.е. переустановить ее на поверхность 2.

Установка наружными цилиндрическими поверхностями.

Размеры валов в обрабатываемой партии всегда имеют некоторый разброс по диаметру. Так при фрезеровании лысок и шпоночных пазов на валах размеры последних могут быть заданы как h_1, h_2 или h_3 .

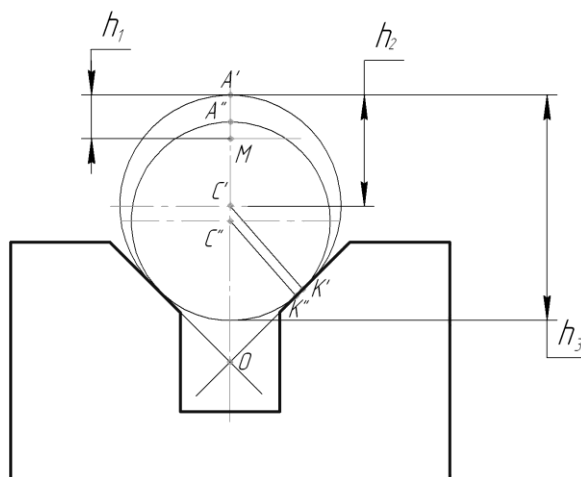


Рисунок 8.16 Пример базирования *наружными цилиндрическими* поверхностями.

Но так как диаметральные размеры обрабатываемых валов изменяются от некоторого минимального до максимального значений, положение из осей может быть расположено в точках C' или C'' . Соответственно положение верхней точки A также может изменяться.

Требуется проанализировать возникающие погрешности базирования когда размер задан одним их трех способов: как h_1 , h_2 или h_3 .

а) выдерживаемый размер задан как h_3 .

Составим размерную цепь

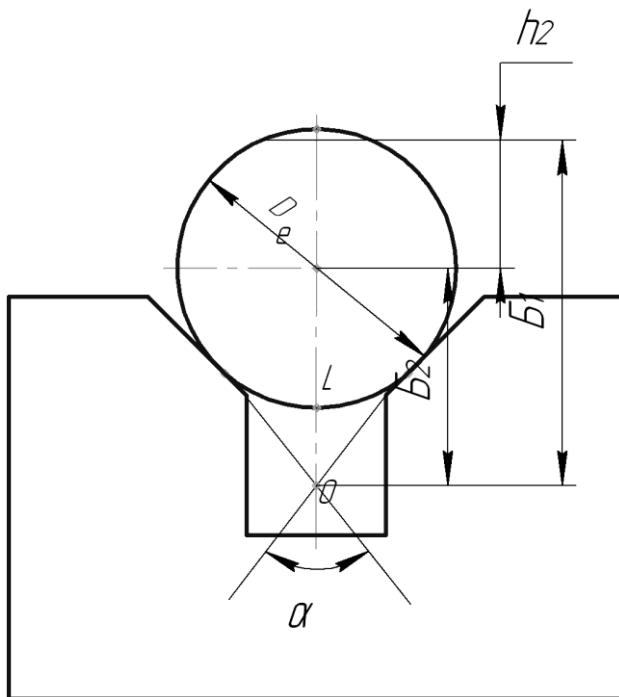
$$h = OA - OM$$

AO - настроечный размер (отрезок), $AO = const$ и на погрешность базирования не влияет.

После тригонометрических преобразований получим, что погрешность базирования будет определяться формулой

$$E_B = \frac{TD}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

б) выдерживаемый размер задан как h_2



Строим размерную цепь

$$H2 = B1 - B2$$

$B1$ – является настроечным размером, значит вся погрешность связана с размером $B2$.

$$E_B = \frac{TD}{2} \frac{1}{\sin \alpha / 2}$$

Рисунок 8.17 Пример базирования вала на призме.

в) размер задан как $h1$ (от верхней точки) и, проведя аналогичные рассуждения получим:

$$E_B = \frac{TD}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right)$$

Таким образом, рассмотрев три возможных варианта простановки размеров: h_1 , h_2 или как h_3 делаем вывод, что минимальная погрешность базирования будет иметь место, если выдерживаемый размер задан как h_3 .

В практике встречаются и другие подходы к снижению погрешности базирования:

А) за счет изменения положения призмы,

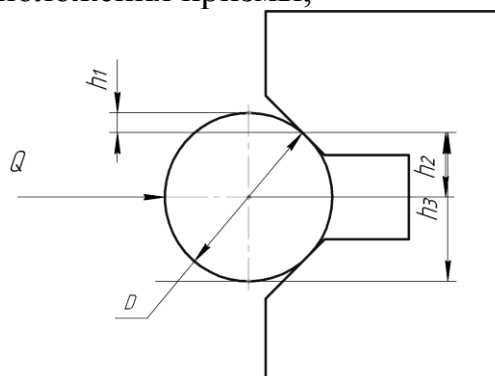


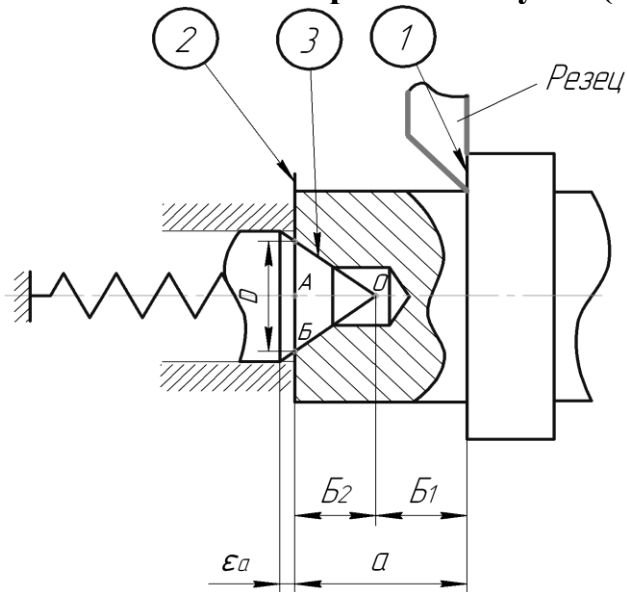
Рисунок 6.18 Пример изменения базирования вала с использованием призмы.

Б) за счет уменьшения допусков на диаметр D ,

В) за счет изменения (замены) схемы базирования.

Возможны и другие решения.

3. Установка на «короткие конуса» (в центрах)



- 1 - обрабатываемая поверхность,
 - 2- измерительная (конструкторская) база,
 - 3- технологическая (установочная) база,
 - a – выдерживаемый размер.
- $\delta D \neq 0$

Рисунок 8.19 Пример базирования по схеме «короткий конус».

Погрешность базирования E_a возникает из-за колебаний размеров конструкторской базы.

Составим размерную цепь $a = B1 + B2$

Будем искать E_a из треугольника AOB .

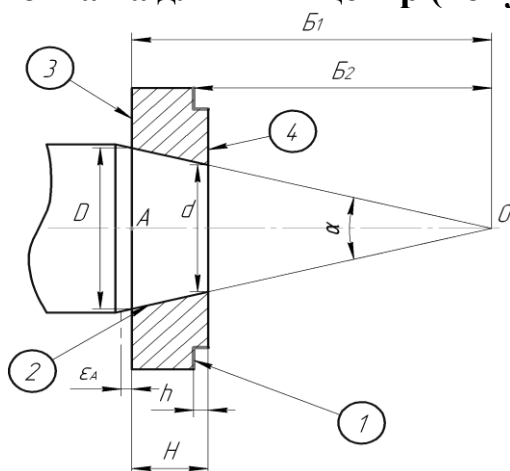
$B1 = const$, так как является настроечным размером, значит вся погрешность будет обусловлена размером $B2$.

$$B2 = OA = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

Тогда искомая погрешность базирования для размера a

$$E_a = \frac{TD}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}.$$

Установка на длинный центр (конус Морзе)



- H – высота втулки,
- h - выдерживаемый размер,
- 1- обрабатываемая поверхность,
- 2- установочная (технологическая) база,
- 3- измерительная база.

Составляем размерную цепь:
 $h = H - (B2 - B1)$

Рисунок 8.20 Пример базирования по схеме «длинный конус».

$B1 = const$, так как является настроечным размером, значит вся погрешность при получении размера h будет обусловлена колебаниями размеров $B2$ и H .

$$B2 = OA = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \alpha/2 \qquad \operatorname{ctg} \alpha/2 = \frac{D-d}{2H} \qquad B2 = D/K.$$

K -конусность.

Искомая погрешность базирования для размера h .

$$E_h = \sqrt{\delta H^2 + \left(\frac{TD}{K}\right)^2}.$$

В том случае, если установка детали будет выполнена на подпружиненную оправку - базирования для размера h может быть снижена: $E_h = \delta H$.

6.6. Погрешности от закрепления и положения деталей. Пути снижения влияния погрешностей установок на точность обработки

В общем случае понятие *погрешность установки*, включает:

$$E_y = \sqrt{E_B^2 + E_3^2 + E_{п.з.}^2}$$

E_B - погрешность базирования

E_3 - погрешность закрепления

$E_{п.з.}$ - погрешность положения заготовки

$$E_{п.з.} = \sqrt{E_{и}^2 + E_{y.э.}^2 + E_{y.ст.}^2}$$

$E_{y.э.}$ - погрешность установочных элементов

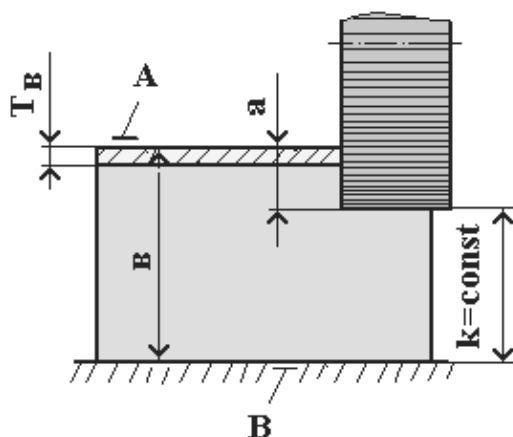
$E_{и}$ - погрешность от износа установочных элементов

$E_{y.ст.}$ - погрешность от установки приспособления на станке.

После каждой очередной переустановки детали при обработке, как правило, следует пересчитывать погрешность установки (базирования).

ПОГРЕШНОСТЬ БАЗИРОВАНИЯ возникает при несовпадении измерительной и технологической баз или из-за особенностями формы опорных поверхностей заготовки и установочных элементов приспособления.

Погрешность базирования можно определить как разность предельных расстояний от измерительной базы заготовки до установленного на размер инструмента.



A-измерительная база,
B-технологическая база,
a –выдеживаемый
размер,
k-настроечный размер

Рисунок 8.21 Пример возникновения погрешности базирования

Поле рассеяния размера *a*, связанное с погрешностью базирования, находится из уравнения:

$$\varepsilon_B = \omega_B = T_B$$

Погрешность базирования в каждом конкретном случае определяется из геометрических соотношений и при определенных условиях может быть сведена к нулю.

Погрешности от закрепления заготовок

При закреплении заготовки в приспособлениях может происходить ее смещение (выжимание) из приспособления, приводящее к появлению зазора *S* между базирующей поверхностью заготовки и установочной поверхностью приспособления по отношению к которой производится настройка станка.

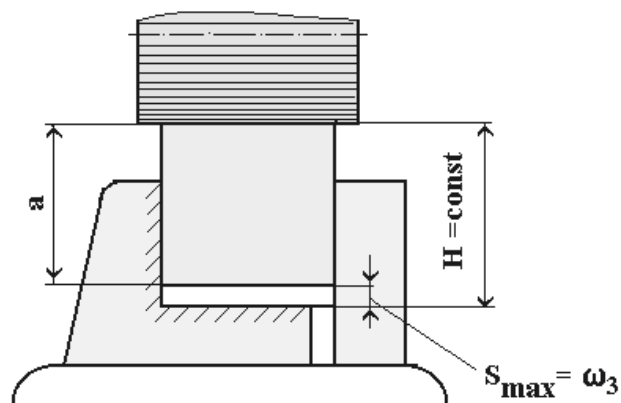


Рисунок 6.22 Пример возникновения погрешности закрепления.

Смещение заготовки в момент ее закрепления в приспособлении вызывает рассеяние размера *a* (см. рис) с полем рассеяния ω_3 , определяемым в большинстве случаев экспериментальным путем.

Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = \omega_3$ зависит от конструкции и состояния зажимного устройства приспособления и от направления усилия зажима.

Минимальная погрешность закрепления – если зажимное усилие направлено перпендикулярно технологической установочной базе.

Во всех случаях *погрешность закрепления* не равна нулю в связи с неточностью базирующих опорных поверхностей заготовок и наличием контактных деформаций поверхностей стыка.

Эти деформации в общем виде описываются нелинейным законом:

$$y = CR^n,$$

где C - коэффициент, характеризующий вид контакта, материал заготовки, шероховатость и состояние его поверхностного слоя;

R - сила, действующая на контактный элемент (опору);

n - показатель степени.

Контактные деформации поверхностей стыка сопровождаются перемещением технологической и измерительной баз заготовок относительно установленного на размер инструмента и поэтому также вызывают появление *погрешности закрепления*.

Погрешности положения заготовки (приспособления)

Эти погрешности возникают от неточности изготовления и сборки самого приспособления:

- погрешности изготовления установочных элементов приспособления, его делительных устройств;
- погрешности от износа элементов приспособления;
- неточности установки приспособления на станке.

Для различных приспособлений значения перечисленных погрешностей находятся в пределах $0,005...0,2\text{мм}$, и суммируясь как случайные величины, образуют общую погрешность положения заготовки:

Контрольные вопросы:

1. Элементы базирования: опорная точка, комплект баз, закрепление, установка. Правило «шести точек».
2. Типовые схемы базирования деталей при обработке
3. Классификация баз
4. Правила (принципы) базирования. Определенность и неопределенность базирования
5. Анализ типовых схем базирования
6. Погрешности от закрепления и положения деталей. Пути снижения влияния погрешностей установок на точность обработки

ЛЕКЦИЯ №15 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

План

- 15.1. Информация, необходимая для проектирования ТП
- 15.2. Последовательность проектирования единичного ТП механической обработки
- 15.3. Отработка конструкции на технологичность
- 15.4. Порядок определения типа производства
- 15.5. Выбор методов получения исходных заготовок
- 15.6. Выбор технологических баз для установки заготовок
- 15.7. Составление планов обработки отдельных поверхностей
- 15.8. Рекомендации к построению общего маршрута обработки
- 15.9. Технический контроль

15.1. Информация, необходимая для проектирования ТП

Различают два основных вида ТП: *единичный* и *унифицированный* (типовой или групповой).

Каждый из них разрабатывается после того, как конструкции отработаны на технологичность в соответствии с ГОСТ 14.301 - 83.

ТП разрабатывается: либо *для нового изделия*, либо в целях усовершенствования уже выпускаемого (например, в случае замены оборудования или изменении программы выпуска).

В основе проектирования ТП всегда лежат два принципа:

- 1) *технический* - обуславливающий безусловное выполнение всех требований рабочего чертежа и ТУ;
- 2) *экономический* - обуславливающий изготовление изделий с минимальными возможными затратами и издержками производства.

Разрабатываемый ТП должен предусматривать: повышение производительности труда и (или) качества изделий.

Исходные данные, необходимые для проектирования ТП:

1. Рабочий чертеж детали, определяющий материал, конструктивные формы и размеры детали.
2. Производственная программа. Сведения об объеме выпуска деталей (за год, за квартал).
3. Технические условия на изготовление детали, дополнительные данные, характеризующие точность и качество обработанных поверхностей.

Дополнительные данные:

Руководящие материалы по разработке технологического процесса (ЕСТД): общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках,

общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках, ГОСТы и нормали на режущий и мерительный инструмент, каталоги и паспорта оборудования и другие сведения.

15.2.Последовательность проектирования единичного ТП механической обработки

А) Стадия проектирования маршрутной технологии

1. Анализ исходных данных и технологичности.
2. Расчет типа производства и выбор организационной формы выполнения ТП
3. Выбор метода получения исходных заготовок.
4. Выбор технологических баз и составление планов обработки отдельных поверхностей.
5. Составление предварительного маршрута обработки (на основе типового ТП или базового варианта); определение предварительного состава и последовательности операций, а также оборудования и тех. оснастки.

Б) Стадия проектирования операций

6. Проектирование структуры и содержания каждой операции.
7. Расчеты припусков и межоперационных размеров.
8. Расчеты режимов резания и норм времени.
9. Разработка планировок оборудования и средств автоматизации.
10. Технико-экономическое обоснование ТП.
11. Оформление необходимой ТД.

15.3.Отработка конструкции на технологичность

Технологичным называется изделие, отвечающее современному уровню развития техники и технологии, а также требованиям экономичности и удобству эксплуатации. При этом, с позиций изготовления и сборки должны быть использованы наиболее экономичные и производительные методы, которые одновременно не нарушают требуемых показателей качества и точности.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ - трудоемкость, себестоимость, материалоемкость.

Дополнительными показателями является - степень унификации и стандартизации, взаимозаменяемость элементов конструкции и т.д.

Показатели технологичности (всего 11 шт.) и другие необходимые сведения приведены в ГОСТ 14.201-83.

Технологичность конструкции одного и того же изделия может быть различной для разных заводов и даже цехов в пределах одного

предприятия, так как последние имеют различные производственные возможности (например, парк станков и технологической оснастки, а также другие специфические показатели).

Поэтому, *ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ* следует рассматривать во взаимосвязи всех этапов изготовления изделий: проектирование, подготовка производства, изготовление, сборка и контроль.

Технологическим контролем называется инженерная проверка конструкторской документации на соответствие требованиям технологичности.

Взаимная увязка и согласование конструкторской и технологической документации необходимы и обязательны, так как *конструкторская документация* не регламентирует методы и способы изготовления. Это задача технологов.

Содержание конструкторской документации, в значительной степени обуславливает выбор и применение методов обработки, оборудования и т.д.

Разработчик должен учитывать технологические требования в конструкторской документации на всех стадиях проектирования изделия, т.е. до начала разработки ТП. Проверка учета конструктором этих требований в полном объеме и составляет главную задачу технологического контроля.

Сущность технологического контроля на всех этапах разработки рабочей КД сводится к сравнению (сопоставлению) контролируемого конструкторского решения с решением, принятым за эталон.

При технологическом контроле чертежей необходимо стремиться к следующему:

1) уменьшать размеры обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость изготовления; применять многоинструментальную обработку, многолезвийные инструменты и повышенные режимы резания;

3) обеспечить удобный подвод и отвод режущих инструментов для уменьшения вспомогательного времени;

4) унифицировать или свести к минимуму типоразмеры пазов, канавок, переходных поверхностей (например, галтелей, фасок на цилиндрических поверхностях) и отверстий для сокращения номенклатуры режущих инструментов;

5) обеспечить надежное и удобное базирование заготовки с возможностью совмещения технологических и измерительных баз.

Выполнение этих и многих других требований по обеспечению технологичности детали должен проверить технолог при технологическом контроле конструкторской документации.

В результате улучшения технологичности конструкции может быть получено снижение себестоимости и трудоемкости выполнения процессов механообработки.

В общем случае, *анализ детали на технологичность* проводится в следующем порядке:

1. Проверить достаточность проекций, правильность постановки размеров.

2. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, и шероховатостью, чтобы не допустить применения дополнительных технологических операций для получения высокой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

3. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки и ее конфигурации, допускающего возможность использования в конструкции детали необработанных поверхностей и минимальных припусков на обработку, что позволит уменьшить количество операций, переходов и используемого оборудования.

4. Определить, насколько правильно проставлены размеры, обеспечивающие возможность совмещения технологических и измерительных баз.

5. Установить возможность применения многоинструментальной обработки, применения многолезвийных инструментов и высокопроизводительных режимов резания, а также удобство осуществления многоместной обработки заготовок.

Примечание: При анализе технологичности желательно производить ее оценку как с точки зрения изделия в целом, так и с точки зрения например механической обработки.

А) для изделия в целом целесообразно, чтобы:

1. *Количество звеньев* (отдельных деталей) было наименьшим, так как в этом случае, как правило, снижается трудоемкость сборки.

2. *Исходные заготовки* были максимально приближены по форме и размерам к готовой детали, так как в этом случае уменьшается объем механообработки (например: литье под давлением, в кокиль, штамповка, ...).

3. Простановка размеров на чертежах должна быть выполнена с учетом особенностей механообработки и сборки (в зависимости от метода обеспечения точности, с учетом правил базирования и т.п.).

4. Конфигурация отдельных деталей должна быть максимально упрощена, поля допусков расширены и требования шероховатости максимально снижены (но без нарушения эксплуатационных характеристик изделия).

5. Конструкция деталей и изделия в целом должна быть такой, чтобы при ее механической обработке возможно было бы применять наиболее

совершенные и производительные методы (например: обработку многолезвьевым инструментом, фасонным, многолезвийным и т.д).

6. Изделие или его составные части (в т.ч. детали) должны быть нормализованы и унифицированы это создает *предпосылки типизации*, снижает потребность в режущем и мерительном инструменте, позволяет использовать *групповые методы* обработки и т.д.

7. Конструкция изделия должна удовлетворять принципам полной, неполной или групповой взаимозаменяемости (для снижения трудоемкости сборки).

Б) для стадии механической обработки целесообразно:

1. Сокращать объем механообработки, уменьшать протяженность обрабатываемых поверхностей (например, за счет использования двух резцов при обработке одной поверхности), а *жесткие* допуски назначать только на сопрягаемые поверхности.

2. Повышать точность исходных заготовок, и подбирать материалы с лучшей обрабатываемостью.

3. Предусматривать возможность быстрого, удобного и надежного базирования и закрепления, повышать жесткость технологической системы при обработке.

4. Предусматривать возможность удобного подвода инструмента, использовать многоместную обработку.

5. Использовать удобные базирующие поверхности.

Примечания:

Ступенчатые поверхности должны иметь (по возможности) минимальный перепад диаметров, не рекомендуется выполнять кольцевые канавки на торцах и выступы, не вписывающиеся в контур поперечного сечения детали.

Рекомендуется на переходах поверхностей предусматривать фаски, а в местах сопряжения точных поверхностей - канавки для выхода инструмента.

Отверстия – желательно выполнять сквозными. Конфигурация же глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого инструмента.

В *корпусных деталях* ось отверстия желательно располагать с учётом галтели между стенкой и плоскостью (или с учётом шайбы для крепёжных отверстий).

Расстояния между отверстиями назначаться с учётом применения многошпиндельного инструмента, ось отверстия должна быть перпендикулярна к поверхностям на входе и выходе сверла.

Для одновременной обработки нескольких отверстий, расположенных на одной оси, но в разных стенках, рекомендуется последовательно уменьшать размеры отверстий на величину, превышающую припуск на обработку предшествующего перехода.

Следует избегать отверстий расположенных неперпендикулярно, с непараллельными осями, пересекающихся с внутренними полостями.

15.4.Порядок определения типа производства

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 *тип производства* определяется исходя из программного задания, сроков его выполнения и средней трудоемкости основных технологических операций.

Тип производства необходимо определять по *коэффициенту закрепления операций*, который показывает отношение всех различных операций, выполняемых подразделением в течение месяца на данном оборудовании к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = \frac{P_o}{P_я}$$

P_о - суммарное число различных операций;

P_я - явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции.

Если $K_{з.о.} \leq 1$ - массовое производство;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ - крупносерийное производство;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ - среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ - мелкосерийное производство;

$K_{з.о.} > 40$ - единичное производство.

Порядок расчета (рекомендуемый).

1) *Уточнение исходных данных для расчёта:*

N_в - годовая программа выпуска изделий (предварительно заданная);

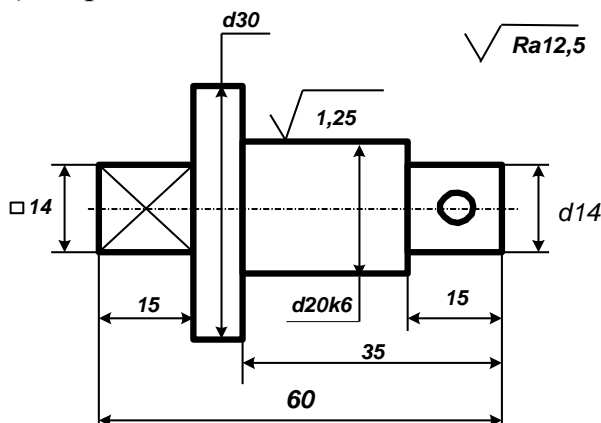
t - количество деталей данного наименования на одно изделие (необходимо знать и массу детали).

2) *Скорректированная годовая программа:*

$$N = N_в \cdot t \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100} \right)$$

β - коэффициент учёта брака и запаса на складе (принимать 2-8 %).

3) *Определение состава основных операций (ориентировочно).*



Например:

- 1.Токарно-винторезная операция;
- 2.Вертикально-фрезерная операция;
- 3.Вертикально-сверлильная операция

4) *Определение $T_{шт}$ (укрупнённым нормированием) по каждой из основных операций.*

Укрупненное нормирование основных операций необходимо для установления основного и штучно-калькуляционного времени:

1.Токарно-винторезная операция:

Черновая подрезка двух торцов $T_o \approx 0,74$ мин ;

черновое точение (7 проходов) $T_o = 0,78 \times 7 \approx 5,46$ мин ;

чистовое точение ступеней $T_o = 0,68 \times 4 \approx 2,72$ мин ;

чистовая подрезка торцов $T_o = 0,74$ мин ;

$\Sigma T_o = 0,74 + 5,46 + 2,72 + 0,74 \approx 9,66$ мин.

Штучно-калькуляционное время (суммарное): $\Sigma T_{шт} = 12,56$ мин .

2.Вертикально-фрезерная операция;

Фрезерование квадрата и паза $T_o = 2,77 \times 4 \approx 11,08$ мин ;

$T_{шт} = 14,68$ мин .

3.Вертикально-сверлильная операция:

Сверление 4 отверстий $T_o = 1,27 \times 4 = 5,08$ мин ; $T_{шт} = 6,6$ мин .

5) Расчетное число (количество) станков для выполнения каждой из основных операций:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{штi}}{60 \cdot F_{др} \cdot \eta_{зн}} ;$$

где $T_{штi}$ – штучное время обработки детали на данной операции, мин;

$F_{др}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования,

$F_{др} \approx 2000$ ч.

$\eta_{зн}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования ($\eta_{зн} = 0,8$).

	1 смена	2 смены
МРС 1-30 категорий ремонтной сложности	2030	4015
Свыше 30 категории ремонтной сложности	3904	
Автоматизированные линии	1870	3738
Поточные линии	1990	3987
Рабочие места без оборудования (верстаки)	2080	4154

$\eta_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования (зависит от типа производства) - (предварительно принимают 0,75 - 0,8).

б) Дробное количество станков округляют до большего (заносят в таблицу) и затем определяют фактический коэффициент загрузки оборудования:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} ,$$

P - принятое число рабочих мест.

7) Расчётные данные заносят в таблицу:

№ n/n	Наименование операции	Тшт., мин	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	Q
1	Токарно-винторезная					
2	Вертикально-фрезерная					
3	Вертикально-сверлильная					
				$\sum P =$		$\sum Q =$

Нормативные коэффициенты загрузки оборудования [

$\eta_{з.н.} = 0,8 \dots 0,9$ (мелкосерийное производство);

$\eta_{з.н.} = 0,75 \dots 0,85$ (серийное производство);

$\eta_{з.н.} = 0,65 \dots 0,75$ (крупносерийное и массовое).

8) Если $\eta_{з.ф.}$ выше нормативного, то следует увеличить количество станков;

если $\eta_{з.ф.}$ ниже нормативного, тогда - анализируют возможность дозагрузки.

В графу «Q» записать скорректированное значение:

$$Q = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.}$$

Отношение $\frac{\sum Q}{\sum P}$, взятое по таблице и есть коэффициент закрепления операций.

Далее принимается решение о форме организации ТП: *групповая или поточная*.

Целесообразность *поточного производства* устанавливают сравнением заданного суточного выпуска изделий и расчётной суточной производительности поточной линии при двухсменной работе и её загрузке не ниже 60%.

На этапе *предварительного анализа* исходных данных тип производства может быть *ориентировочно определен* с помощью таблиц.

Зависимость типа производства от объёма выпуска (*шт.*) и массы детали:

Таблица .

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичн.	Мелкосер.	Среднесер.	Крупносер.	Массовый
1,0	10	10-2000	1500-100000	75000-200000	Св.200000
1-2,5	10	10-1000	1000-50000	50000-100000	Св.100000
2,5-5	10	10-500	500-35000	35000-75000	Св.75000
5-10	10	10-300	300-25000	25000-50000	Св.50000
10	10	10-200	200-10000	10000-25000	Св.25000

Значения коэффициентов загрузки оборудования

Таблица

<i>Тип производства</i>	<i>Мех.обработка</i>	<i>Сборка</i>
Единичный	0,01	0,02
Мелкосерийный	0,06-0,01	0,06-0,02
Среднесерийный	0,2-0,06	0,3-0,07
Крупносерийный	0,8-0,2	0,85-0,3
массовое	0,85-0,96	0,90-0,98

Ориентировочная (годовая) программа выпуска деталей (шт.) при различных типах производства []

Таблица

<i>Макс .масса обраб .детали K₂</i>	<i>Среднемесячный выпуск изделий, шт.</i>				
	<i>Единичн.</i>	<i>Мелкосер.</i>	<i>Среднесер.</i>	<i>Крупносер.</i>	<i>Массовый</i>
До 200	До 1000	1000-5000	5000-10000	10000-100000	Св.100000
До 2000	До 20	20-500	500-1000	1000-5000	Св.5000
До 3000	До 5	5-100	100-300	300-1000	Св.1000
Св.3000	До 3	3-10	10-50	-	-

В серийном и массовом производстве возможно дополнительно установить такт τ_B или ритм R выпуска продукции.

Такт выпуска - интервал времени, через который периодически производится выпуск деталей (изделий) определенного наименования, типоразмера и исполнения.

$$\tau_B = \frac{F_d \cdot 60}{N_2}, \quad \text{мин/шт.}$$

где, F_d - действительный (годовой) фонд работы оборудования с учетом простоев (при односменной работе $\approx 2000\text{час}$),

N_2 – годовая программа выпуска, шт.

Ритм выпуска - количество деталей (изделий) определенного наименования, типоразмера и исполнения, выпускаемых в единицу времени.

$$R = \frac{1}{\tau_B} \quad \text{шт./мин}$$

В общем случае, при проектировании ТП желательно добиваться такого построения операций, чтобы их продолжительность была равна или кратна такту выпуска, так как в этом случае возможна поточная форма организации работ.

15.5.Выбор методов получения исходных заготовок

Критерии выбора метода получения исходных заготовок чаще всего определяются производственной программой:

При больших объемах выпуска – следует стремиться к максимальному приближению конфигурации и размеров исходной

заготовки к размерам готовой детали (коэффициент использования металла);

При малых объемах выпуска – рациональным выбором следует считать минимальные затраты.

Основными факторами влияющими на выбор исходных заготовок являются также (кроме производственной программы):

1. Вид обрабатываемого материала,
2. Конфигурация и размеры; масса,
3. Условия эксплуатации,
4. Экономичность самого метода получения исходных заготовок.

Основные методы получения исходных заготовок:

В машиностроении основную массу заготовок изготавливают в литейных цехах заливкой металла в формы, в кузнечно-прессовых цехах - обработкой на ковочных и штамповочных молотах и прессах.

Главными факторами влияющими на выбор метода получения исходных заготовок являются себестоимость и годовая производственная программа..

Производство заготовок литьем

Масса отливок - до 300 т, а длина - до 20 м.

Наиболее распространенными материалами литейных форм являются: песчано-глинистые и песчано-смоляные смеси, сталь, чугун, сплавы, керамика и др.

Серый и высокопрочный чугун имеет высокую жидкотекучесть, что позволяет получить толщину стенки 3...4 мм. Ковкий чугун обладает склонностью к образованию трещин и значительных внутренних напряжений. Легированные стали с увеличенным содержанием марганца имеют хорошую жидкотекучесть, что затрудняет получение отливок с тонкими стенками.

Литье в песчано-глинистые формы подразделяют на три группы:

- *Разовые*, изготавливаемые из песчано-глинистых смесей (для черных и цветных металлов любого размера и веса);
- *Полупостоянные* - из огнеупорных материалов (шамот, магнезит и др.) - для получения нескольких десятков отливок;
- *Постоянные*, изготавливаемые из металлов и сплавов.

Для отливок применяют чугун, сталь, сплавы меди, алюминий и др.

Литье в оболочковые формы - обеспечивает точность размеров 13...14 квалитета и величину параметра шероховатости $R_a = 6,3 \text{ мкм}$.

Литейной формой является оболочка, состоящая из формовочных смесей с термопластичными и терморезактивными связующими смолами, которые помещают в ящик с песком или дробью перед заливкой ее металлом.

Требуется дорогостоящая оснастка, а сама форма используется один раз, поэтому данный метод целесообразен в массовом, крупносерийном и среднесерийном производстве, массой до 100 кг.

Литье в кокиль. Отливки (из чугуна и стали) с толщиной стенки 5 мм, 12-14 качества точности, шероховатость $Ra=12,5...3,2$ мкм и массой до 200 кг. Применяют в серийном и массовом производстве, выше производительность в 2-5 раз меньше себестоимость. К недостаткам литья относится невысокая стойкость форм при литье чугуна и стали, образование отбела чугунных отливок, что вызывает необходимость проведения дополнительной операции (отжига); возможно образование трещин в сложных отливках.

Кокили изготавливают литыми из чугуна, стали, меди и алюминия; разъемными или вытряхными. Распространены многоместные кокили.

Литье по выплавляемым моделям. - отливки из сплавов цветных металлов, стали и чугуна массой от нескольких грамм до 300 кг. Применяют в массовом, крупно- и среднесерийном производстве при изготовлении мелких и сложной формы.

Сущность процесса литья по выплавляемым моделям заключается в использовании точной неразъемной разовой модели, по которой изготавливается неразъемная керамическая оболочковая форма, куда и заливается расплавленный металл после удаления модели из формы путем выжигания, испарения или растворения.

Этим способом можно изготавливать точные отливки из различных сплавов толщиной от 0,8 мм и более с небольшими припусками на обработку.

Точность размеров отливок соответствует 8-11 качествам, $Ra= 2,5$ мкм, припуски на обработку резанием для отливок размером до 50 мм составляют 1,4 мм, а размером до 500 мм — около 3,5 мм.

Коэффициент точности отливок по массе может достигать 0,85-0,95, что резко сокращает объемы обработки резанием и отходы металла в стружку.

Использование для изготовления моделей легко удаляемых материалов (на основе парафина, канифоли, полистирола, карбамида или полистирола), не прибегая к разборке формы, дает возможность нагреть расплавленный перед разливкой металл до высоких температур, что значительно улучшает заполнение формы и позволяет получать отливки очень сложной формы практически из любых сплавов.

К недостаткам можно отнести высокую трудоемкость и повышенный расход материала на литниковую систему при небольшом выходе продукции.

Литье под давлением. Расплав металла заполняет форму с большой скоростью (до 35 м/с), что обеспечивает высокую плотность материала, точность и качество поверхности.

Получают отливки из стали, цветных металлов и чугуна. Масса отливок может быть от нескольких граммов до 50 кг, толщина стенки 1,0...0,8 мм; 8-12 квалитет точности $Ra = 12,5...3,2$ мкм; применяют в массовом и крупносерийном производстве.

Высокая производительность и возможность получения заготовок сложной формы с мелкозернистой структурой, но высока стоимость пресс-форм и низка их стойкость. В основном применяют для цветных металлов и сплавов.

Литьем вакуумным всасыванием получают отливки в основном из цветных металлов и сплавов, в меньшей степени из стали и чугуна. Отливки имеют толщину стенки до 1 мм. Этот метод применяют в массовом и серийном производстве, обычно для получения отливок из дорогостоящих сплавов.

Центробежное и другие виды литья - отливки из чугуна, стали, цветных металлов и сплавов. Применяют - в массовом и серийном производстве для пустотелых и тонкостенных отливок (типа тел вращения) сложной конфигурации, например, гильз, втулок, вкладышей и т. д.

Процесс осуществляют путем заливки металла во вращающуюся металлическую форму. Под действием центробежных сил частицы расплавленного металла отбрасываются к поверхности формы и, затвердевая, принимают ее очертания.

Отливка охлаждается наружной стороной (от изложницы) и изнутри (со стороны свободной поверхности) за счет излучения и конвекции воздуха.

Затвердевание металла под давлением приводит к уплотнению металла и повышению механических свойств, в тоже время происходит отделение газов, неметаллических примесей и вытеснение их на внутреннюю поверхность отливки, что следует учитывать в расчете припусков для изделий, имеющих внутреннюю рабочую поверхность.

Применяют и другие методы литья: непрерывное, электрошлаковое, выжиганием, штамповкой из расплава и др.

Непрерывным и полунепрерывным литьем получают отливки из чугуна, стали, алюминиевых и магниевых сплавов; в массовом и серийном производстве для обеспечения поперечного сечения неограниченной длины (станины металлорежущих станков, корпуса гидро- и пневмоаппаратуры, трубы) и т. д.

Электрошлаковым литьем получают отливки из сталей и сплавов с повышенными механическими свойствами массой до 300 т; в серийном производстве для получения заготовок ответственных деталей судовых двигателей, прокатные валки, турбины и т. д.

Литьем выжиманием получают отливки из алюминиевых и магниевых сплавов; в массовом и серийном производстве для

тонкостенных (до 2 мм) и значительных по габаритам(1000×3000мм) заготовок.

Штамповкой из расплава получают отливки из цветных металлов и сплавов, стали и чугуна в массовом и серийном производстве. Для изготовления фасонных отливок с толщиной стенки до 8 мм несложной конфигурации с высокими механическими свойствами.

Производство исходных заготовок пластическим деформированием

Машинную ковку производят *на молотах и гидропрессах*. В единичном и мелкосерийном производстве - наиболее экономичный способ получения высококачественных заготовок; может оказаться единственно возможным способом для заготовки большой массы.

Возможности: заготовки массой до 250 т простой формы; на молотах в подкладных кольцах и штампах до 10 кг, при этом толщина стенок заготовки достигает 3...2,5 мм, точность 14-16 квалитет, а величина параметра шероховатости поверхности составляет $Ra = 25... 12,5$ мкм; для стали, иногда цветных металлов и сплавов.

Штамповка — в условиях массового и крупносерийного производства горячая объемная штамповка рентабельнеековки. Ограничения: до 100 кг, хотя возможно получать поковки до 3 т и выше, но чаще массой до 30 кг.

Применяют для получения поковок из стали, цветных металлов и сплавов. Обычно исходной заготовкой для штамповки является сортовой прокат. Горячую штамповку проводят на молотах, горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), кривошипных горяче-штамповочных прессах (КГШП) и винтовых прессах.

К операциям листовой формовки относят правку (рихтовку), фасонную (рельефную) штамповку, отбортовку, формовку, обжим, раздачу.

Листовая штамповка - размеры заготовок колеблются от нескольких сантиметров до 7 м с толщиной стенки 0,1... 100 мм; точность - 11-12 квалитет, а при дополнительной калибровке — 9-10 квалитет.

Фасонную {рельефную) штамповку применяют для получения на плоских заготовках различных углублений и выступов, ребер жесткости и т. п.

Штамповка перераспределяет объемы металла в локальной зоне. При отбортовке отверстия толщина материала у края бортов значительно уменьшается.

Высадка - частичное изменение формы детали типа прутка на специальных холодновысадочных автоматах, например, высадка головок болтов, винтов, заклепок и т. п.

Методами штамповки изготавливают металлические сплавы (сталь различных марок, сплавы цветных металлов, а также биметаллические) и неметаллические материалы (текстолит, прессшпан, резина, войлок). Металлические материалы по виду заготовок можно разделить на рулонный (шириной свыше 300 мм), ленты, листы, полосы, проволоку и круглый прокат (в бухтах), прутки и прокат различного сечения. Неметаллические материалы, как правило, поставляются в виде листов или полос.

Исходные заготовки из калиброванной стали

Изготавливают круглой, шестигранной, квадратной и прямоугольной толщиной (диаметром) *3...100 мм*. Возможно протягивать прокат со скоростью до 100 м/мин после дробеметной и иглофрезерной зачистки без смазочного слоя; кривизна - не более 0,5 мм на 1 метр длины. Прутки покрывают консервирующей смазкой.

Применяют стальные фасонные профили получаемые волочением; в качестве исходной заготовки используют горячекатаный прокат простой формы (круг, квадрат и т.д.).

Исходные заготовки из пластических масс.

Это - полимеры, в которые введены наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и другие добавки.

Распространены композиционные пластмассы, в состав которых, кроме полимеров, входят наполнители (порошковые, волокнистые, слоистые) для обеспечения требуемых механических, физических и эксплуатационных свойств.

Наполнители бывают минерального происхождения (слюда, кварц, асбест и др.) и органического (древесная мука, бумага, ткань и др.).

В машиностроении применяют фенопласты - сложные пластмассы, основу которых составляет термоактивная фенольно-формальдегидная смола и различные наполнители: пресспорошки, стекловолокниты и текстолиты.

Механическая обработка детали - минимальна или отсутствует.

Термопластичные материалы.

Полимеры, у которых при нагревании не образуется поперечных химических связей и которые при некоторой характерной для каждого полимера температуре могут многократно (повторно) размягчаться и переходить из твердого в пластическое состояние, называются термопластическими *полимерами* или *термопластами*.

Это:

полиамиды, работающие в диапазоне температур $-60+150^{\circ}\text{C}$ (кратковременно до $+180^{\circ}\text{C}$).

поликарбонаты, сочетающие прозрачность стекла и прочность металла (температура эксплуатации до 150 °С), размерную ультрафиолетовую стабильность и высокую сопротивляемость ползучести.

полифениленоксиды (арилоксы) с уникальным комплексом механических и диэлектрических свойств, хорошей термостойкостью, стойкостью к агрессивным средам и радиоактивному излучению, выдерживающие все виды холодной обработки: штамповку, резание, фрезеровку. Они склеивается с другими пластмассами и материалами.

полисульфоны, не изменяющие своих свойств в диапазоне температур от -100+150°С. Электроизоляционные свойства полисульфона сохраняются в широком диапазоне частот и температур, а также после пребывания в воде и в условиях повышенной влажности; отличается стойкостью к окислению и способностью к самозатуханию, при высокой температуре не выделяет токсичных продуктов; хорошо окрашивается с помощью красителей, добавляемых непосредственно в бункер литьевой машины.

полибутилентерефталаты, обладающие прекрасными тепловыми свойствами; меньшим влагопоглощением, по сравнению с поликарбонатом - высокой химической стойкостью, механическими и антифрикционными свойствами, теплостойкостью, низким влагопоглощением и, в результате этого, высокой стабильностью размеров, хорошими диэлектрическими свойствами, стойкостью к усталостному разрушению, к воздействию факторов окружающей среды и к действию химических веществ.

Детали из него имеют гладкую глянцевую поверхность и их можно длительно эксплуатировать при температуре 120... 140 °С.

полиэтилентерефталаты, термопластичные материалы, получаемые путем модификации полиэтилентерефталатной смолы полиэтиленом; применяется для изготовления деталей конструкционного назначения методом литья под давлением, устойчив к действию разбавленных кислот, растворов минеральных солей, органических растворителей; отличается низким коэффициентом трения, незначительным водопоглощением и стабильностью формы изделий; можно эксплуатировать в интервале температур -60...+ 150 °С.

Все перечисленные полимеры могут выдержать температуру выдерживать температуру 160...180°С, но с учетом срока службы: после выдержки в течение 20 000 ч при температуре 100... 150 °С они теряют половину своих свойств.

Терморезистивные полимеры (реактопласты) под действием теплоты и давления подвергаются коренным необратимым изменениям. Изделия, изготовленные из терморезистивных материалов, не могут быть вновь размягчены и переработаны заново.

Пресс-материалы представляют собой смеси терморезистивных смол с наполнителями и специальными добавками. Составные части пресс-

материалов находятся в тонкоизмельченном состоянии, поэтому такие смеси названы пресс-порошками.

Изделия, получаемые из пресс-материала, связующим веществом в котором является терморезактивный полимер, отверждаются в пресс-форме при нагревании и извлекаются из формы без охлаждения. Процесс переработки пресс-материалов на их основе необратим. Отходы переработки нельзя использовать. Терморезактивные смолы (полимеры) и пластмассы на их основе можно разделить на несколько групп. Наиболее распространены - фенопласты, эпоксипласты, эфиропласты.

Фенопласты обладают хорошими механическими свойствами, водостойкостью, стойкостью к растворителям, нефти, бензину, кислотам (но малостойки к действию щелочей) и хорошими диэлектрическими характеристиками.

Фенопласты представляют собой композиции на основе новолачных и резольных смол с органическими и неорганическими наполнителями. Из органических наполнителей в основном используют древесную муку, из неорганических - асбест, каолин, слюду, стекловолокно и т.д. Качество изготовленных из фенопластов изделий зависит от свойств смолы и наполнителя, от смачиваемости наполнителя смолой, адгезии между смолой и наполнителем.

Формообразование пластических масс

В процессе формования можно получить различные структуры формуемого материала, которым соответствуют разные эксплуатационные свойства изделий. Поэтому при оценке конструктивных свойств пластмасс необходимо учитывать их зависимость от технологии изготовления изделия.

Наиболее распространенным методом переработки термопластов является литье под давлением на литьевых машинах, называемых *термопластоавтоматами* (с объемом отливки от $8 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ с давлением литья до 0,18 МПа).

Предварительный отжиг пластмасс повышает их стойкость к растрескиванию. Вследствие образования множества мельчайших трещин, отражающих и рассеивающих свет, происходит помутнение и так называемое серебрение поверхности.

Особенности обработки изделий из пластических масс

Обработка заключается в снятии стружки тем или иным способом на станках для получения требуемой конфигурации изделия (невыполнимой по каким-либо причинам при формовании, например, в результате чрезмерной сложности формующего инструмента) и обеспечении определенной точности размеров обрабатываемых изделий, которая во многих случаях оказывается более высокой (второй и третий классы точности), чем при формовании.

Обработка изделий должна быть минимальной.

Зачистка - обязательная операция, которую можно совмещать с обработкой.

Механическая обработка изделий из пластмасс обусловлена свойствами пластмасс. Незначительное сопротивление сжатию и срезу облегчает механическую обработку пластмасс и для этого необходимы небольшие усилия резания. В режущем инструменте аккумулируется большое количество теплоты, выделяющейся при обработке (чем выше скорость обработки, тем больше теплоты), что способствует не только быстрому износу инструментов, но и быстрому размягчению пластической массы.

Все это служит причиной образования задиров и даже прижогов на обрабатываемых поверхностях изделия, т. е. термомеханической деструкции (разложение) пластической массы.

Установлено, что при повышенных требованиях к стойкости инструмента, качеству обрабатываемой поверхности и точности размеров изделий из пластмасс целесообразно применять инструмент, режущей частью которого является алмазная крошка. К недостаткам алмазного инструмента при зачистке пластмассовых изделий относят высокую первоначальную стоимость инструмента и возможность его повреждения вследствие небрежной работы. Угол заострения режущей части алмаза рекомендуется принимать равным 98 или 85° ; подача - не более $0,05$ мм/об., глубина резания — до 1 мм при скорости резания до 1300 м/мин.

Для зачистки изделий из пластмасс шлифовальными кругами рекомендуют следующие скорости резания: при черновой обработке — $25...30$ м/с, при чистовой — 35 м/с. При использовании шлифовальных шкур для зачистки изделий из пластмасс скорости шлифования равны: при черновой обработке — $20...25$ м/с; при чистовой — $25...30$ м/с; при особо чистой — $130...40$ м/с.

Исходные заготовки, получаемые методом порошковой металлургии

Основными исходными материалами являются порошки железных, никелевых кобальтовых, молибденовых, вольфрамовых и других металлов. Формирование изделий осуществляют холодным прессованием в закрытых пресс-формах с последующим спеканием. Например, спеченный из порошка распределительный вал двигателя длиной 447 мм и массой $2,5$ кг, позволяет не только экономить 75 % по массе по сравнению с чугуном, но и повысить износостойкость вала в 7 раз.

Металлокерамические материалы. Например, бронзографит ($85...88$ % меди, $8...10$ % олова, $3...5$ % графита) можно применять при изготовлении подшипников, в которых практически отсутствует дополнительный смазочный материал. Различают антифрикционные металлокерамические материалы на медной и железной основе.

Свойства готовых металлокерамических изделий в значительной степени зависят от плотности спрессованных из порошка брикетов и

распределения плотности по объему. Брикетты прессуют под давлением 2500...4000 Па для бронзографита и 4000...5000 Па для железосульфидного материала.

Спекание бронзографита проводят в течение 2...3 ч при температуре 760...780 °С, а железосульфидированного материала - 1... 1,5 ч при температуре 1130... 1150 °С.

От сложности формы деталей зависит возможность их прессования в конечном виде или необходимость проведения после спекания дополнительной механической обработки, что в значительной степени влияет на производительность и себестоимость.

В условиях массового и крупносерийного производства экономически целесообразно получение заготовок, наиболее близко приближающихся по форме и размерам к готовым деталям. В этом случае себестоимость заготовок увеличивается, но объем механической обработки значительно сокращается.

В условиях единичного и мелкосерийного производства заготовки далеки по размерам и форме от готовой детали, т. е. имеют значительные припуски для механической обработки. Из многих возможных способов получения заготовки необходимо выбрать экономически целесообразный.

Окончательный выбор метода устанавливают на основе расчетов:

А) себестоимости метода получения исходных заготовок;

Б) себестоимости самого процесса механообработки.

15.6. Выбор технологических баз для установки заготовок

Выбор технологических баз для установки обрабатываемых заготовок при выполнении операций производится в соответствии с правилами базирования (т.е. принципами *единства и постоянства баз, совмещения баз и последовательной смены баз*).

Возможны следующие случаи базирования:

1. На необработанные поверхности.

2. На предварительно обработанные, но несменяемые поверхности.

3. С повторной обработкой баз.

4. Базирование на различные последовательно сменяемые поверхности.

На первой операции во всех случаях планируется обработка *главных технологических* (установочных) баз; а если их несколько, то желательно всех сразу - без переустановов.

1. Корпусные и коробчатые детали.

а) базирование по плоскости и двум установочным отверстиям (один палец приспособления цилиндрический, второй - ромбический);

б) базирование по трем базовым поверхностям.

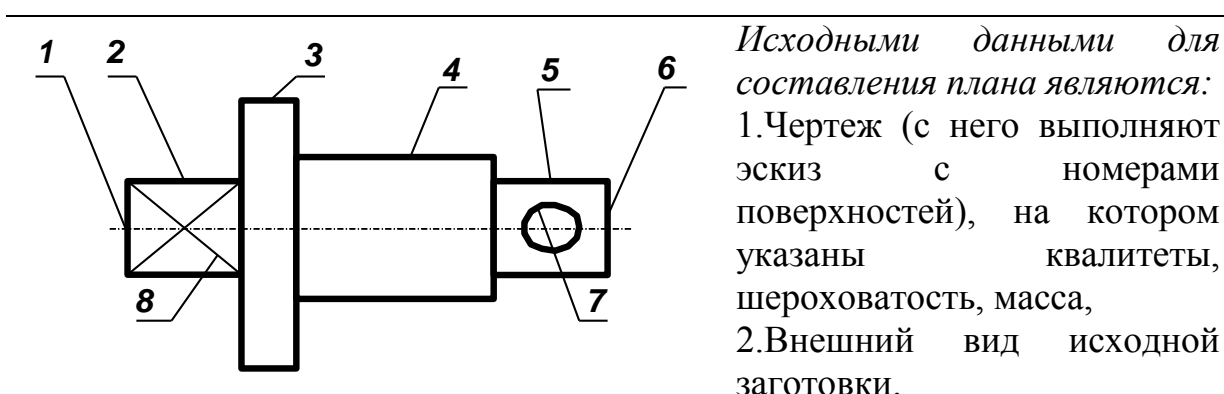
2. Диски, втулки, шестерни и фланцы.

Базирование преимущественно выполняется на *центральное отверстие с упором в один из торцев*.

3. Вали.

Главными технологическими базами являются - *центровые отверстия*.

7.7. Составление планов обработки отдельных поверхностей (определение состава технологических переходов)



1) Исходя из качества точности и шероховатости *конкретной* поверхности по таблицам точности составляют *примерный план* ее обработки (данные удобно представлять в виде таблицы).

1,6	2,8	3	4	5,7
Черновое точение h12	Черновое точение h12: и Черн.фрезеров	Черновое точение h12	<u>0.Заготовка (h14)</u> 1.Черновое точение h12 (5кл) 2.Чистовое точение h10 (4кл) 3.Предварит. шлифование h8 4.Чистовое шлифов. h6 (2кл)	Черновое точение h12 и сверление
			1.Черновое точение h12 2.Получистовое точ. h9 3.Чистовое точение h6	

Далее сравнивают ориентировочный вариант (составленный) с типовым ТП и вносятся необходимые коррективы.

2) Аналогичные действия выполняются при планировании обработки всех других поверхностей.

3) Расчленяют операции и переходы на черновые, получистовые и чистовые, а затем формируют примерный маршрут обработки.

4) Внедряют передовые методы механической обработки (ППД, РСО, ЭЭО и т.п.) и принципы *концентрации* и *дифференциации* операций.

Примечание:

1. Необходимо стремиться к построению самого короткого маршрута;
2. Учитывать тип производства, наличие инструментов и оснастки;
3. Желательна многолезвийная обработка (развертывание вместо растачивания).

При построении маршрута необходимо учитывать, что:

1. Каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько предварительных методов;

2. Каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего;

3. Выбор оптимального варианта маршрута обработки *отдельных поверхностей* производится по суммарному основному времени T_o обработки с использованием для расчета нормативных данных.

Зная метод получения исходной заготовки и ее вид, подбирают начальный метод обработки. Если точность невысокая, то вначале назначают черновую обработку. Если точность высокая, тогда возможно сразу назначить чистовые и даже отделочные методы обработки. При этом, необходимо помнить, что отделочной обработке предшествует один или несколько предварительных (т.е. менее точных) методов.

Например:

1. Чистовому шлифованию - предшествуют черновое шлифования и, как правило, (черновое + чистовое) точение.

2. Развертыванию отверстий - сверление и зенкерование.

При построении маршрута обработки поверхностей исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Число возможных вариантов - может быть весьма разнообразным, но требуется выбрать оптимальный для конкретных условий производства.

Показателем оптимальности как правило является наименьшее суммарное штучное время.

При выборе маршрутов обработки *отдельных поверхностей* заготовок необходимо:

1. Стремиться к использованию самого краткого маршрута.

2. Учитывать тип производства.

3. Иметь информацию о наличии и возможности использования различных инструментов и оснастки.

4. Желательно применять многолезвийную обработку (развертывание и зенкерование вместо растачивания).

5. Предусматривать возможность совмещения обработки нескольких поверхностей (при одинаковых способах их обработки: два резца на одном суппорте - вместо одного).

6. Во всех случаях учитывать обеспечение заданной точности взаимного расположения поверхностей и допускаемую погрешность формы, а также шероховатость.

В общем случае, маршруты обработки отдельных поверхностей выбираются приближенно, оценивая варианты по трудоемкости (т.е. по затратам времени *T_{шт}*).

Более точно маршрут подбирают при сравнении суммарных себестоимостей обработки основных поверхностей.

7.8. Рекомендации к построению общего маршрута обработки

Составление общего маршрута обработки заготовки многовариантная задача, целью которой является построение общего плана обработки заготовок (т.е. определение последовательности операций).

При этом, необходимо *наметить* и содержание операций ТП, подобрать тип оборудования, а также оснастку.

Задача значительно упрощается при использовании типовых маршрутов обработки аналогичных заводских деталей (т.е. подбором *базового варианта* ТП).

Во внимание целесообразно принимать следующее:

1. При определении общей последовательности обработки, вначале (т.е. на первых операциях) необходимо планировать обработку установочных технологических баз: как правило поверхность, относительно которой скоординировано наибольшее число размеров.

2. Затем обрабатывать остальные поверхности в последовательности, обратной точности (т.е. чем точнее поверхность, тем позже обрабатывается).

3. Последней обрабатывается наиболее точная поверхность, т.е. имеющая наибольшее влияние на работоспособность узла или изделия, в которое входит обрабатываемая заготовка.

4. В конец маршрута необходимо выносить легкоповреждаемые поверхности: например, наружную резьбу.

5. Для своевременного выявления внутренних дефектов (раковины, закалочные трещины и т.п.), после черновых операций (при необходимости) необходимо предусматривать контрольные операции для отбраковки и недопущения дефектов на чистовые операции.

При производстве *ответственных изделий* маршрут обработки делят на стадии: черновую, чистовую и отделочную. При этом на первой снимаются большие припуски (напуски), вторая - промежуточная, а на третьей достигается требуемая точность и шероховатость.

Группируя обработку по стадиям (т.е. увеличивая разрыв по времени) появляется возможность проявления *скрытых дефектов*, а внесение отделочной обработки в конец маршрута способствует уменьшению вероятности повреждения при межоперационном транспортировании.

Кроме того, черновую обработку могут выполнять менее квалифицированные рабочие и на менее точном оборудовании.

Изложенные положения не являются обязательными при достаточной жесткости системы и малых размерах обрабатываемых поверхностей, когда возможно совмещение черновых и чистовых операций (переходов).

Например, при использовании автоматов для изготовления заготовок из прутка.

При наличии термообработки ТП расчленяют на две части с возможностью, при необходимости, правки от коробления или же повторной обработки отдельных поверхностей (в частности базовых).

Термообработка усложняет ТП, особенно как цементация отдельных поверхностей, которые не должны упрочняться (*неснятый припуск* или защитное омеднение). Тогда необходимо вводить гальванические операции и дополнительные операции по снятию оставленного защитного припуска после цементации, но до закалки.

Обработка вторичных поверхностей (поверхностей положения) таких как: радиальные и торцевые отверстия, шпоночных пазов, лысок - производится обычно после чистовой обработки основных поверхностей в

последовательности, удобной для существующей расстановки оборудования, чтобы транспортные пути были кратчайшими и неперекрестными или петлеобразными).

Обработка точных пазов, лысок и других элементов (если базами являются наружные поверхности) производится после отделочной обработки баз.

Точение канавок, фасок, галтелей и т.п. производят на чистовой стадии обработки.

После сверлильных, фрезерных, строгальных операций часто назначают слесарные операции или галтовку (например, вибро) для снятия заусенцев.

Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке.

Устанавливают тип станка и техническое оснащение. В дальнейшем, при разработке операционной технологии, «наметки маршрута» уточняются и корректируются (при необходимости).

15.9. Технический контроль

Технический контроль при механической обработке можно выполнять на рабочих местах (рабочие, наладчики, мастера) в составе выполнения технологических операций, а также на стационарных местах (стол ОТК).

Контрольные операции (для службы ОТК) вставляют между обрабатываемых операций (чаще всего после ответственных).

Различают *сплошной* и *выборочный* контроль.

Первый - после технологических операций, где велика вероятность брака, *второй* - при высокой устойчивости ТП, больших объемах и после второстепенных операций.

Задача проектирования ТП связана с выбором *объективно необходимой* формы контроля и его средств: *активный* или *пассивный*.

В единичном производстве - выполняют *пооперационный пассивный контроль* с использованием универсальных измерительных средств.

При изготовлении сложных деталей делают тщательную выверку положения детали, тщательные измерения при обработке (в присутствии ОТК) и другие мероприятия.

В серийном производстве - контроль осуществляют после нескольких операций и при окончательной приемке обработанных заготовок (используют: универсальные средства и специальные контрольные приспособления, калибры, шаблоны и т.п.).

В массовом производстве - применяют контрольно - измерительные приборы, контрольные многопараметрические устройства, устройства активного контроля.

Пассивный контроль (выборочный) применяют при устойчивых ТП, а при малоустойчивых ТП - активные методы контроля (точечные диаграммы и встраиваемые подналадчики, в том числе блокировочные устройства).

Средства контроля выбирают с учетом их метрологических характеристик (пределы измерения, цены деления и точности измерения), конструктивных особенностей деталей (габариты, масса, жесткость, шероховатость), экономических соображений и других факторов.

Допустимая погрешность контроля - не более 20 % допуска на размер.

Технолог должен устанавливать объект, метод и средства контроля.

Он формирует техническое задание на их конструирование, выбирает схему контроля, устанавливает периодичность выборок при предупредительном контроле (статистический метод), разрабатывает план регулировки ТП.

Перед контрольными операциями необходимо предусмотреть (при необходимости) очистку и промывку, удаление заусенцев.

Актуальность и важность контроля ТП подтверждается наличием на предприятиях служб приемки, необходимость введения которой была обусловлена длительной недооценкой значения контрольных операций.

После определения маршрута обработки отдельных поверхностей, составления общего маршрута и средств контроля, уточняется тип оборудования и оснастки (затем корректируется).

Контрольные вопросы:

1. Информация, необходимая для проектирования ТП
2. Последовательность проектирования единичного ТП механической обработки
3. Отработка конструкции на технологичность
4. Порядок определения типа производства
5. Выбор методов получения исходных заготовок
6. Выбор технологических баз для установки заготовок
7. Составление планов обработки отдельных поверхностей
8. Рекомендации к построению общего маршрута обработки
9. Технический контроль

\

ЛЕКЦИЯ №16

Виды технологических процессов и методы их составления.

План

- 16.1. Виды структур технологических операций
- 16.2. Определение припусков и межоперационных размеров
- 16.3. Расчеты режимов резания
- 16.4. Штучное время и его элементы. Основы технического нормирования.
- 16.4. Оформление технологической документации

При разработке операций механической обработки заготовок решают следующие задачи:

- 1) определяют рациональную структуру операции, что позволяет составить или уточнить содержание, последовательность выполнения и возможность совмещения во времени переходов операции;
- 2) выбирают СТО;
- 3) выбирают средства механизации и автоматизации выполнения операции (например, определяют модель оборудования), включая и транспортные устройства для перемещения заготовок;
- 4) назначают и рассчитывают припуски, а затем режимы резания;
- 5) определяют нормы времени;
- 6) устанавливают настроечные размеры и составляют схемы наладки.

Возможные варианты оценивают по производительности и себестоимости.

Разрабатывая операцию, как правило стремятся *уменьшить время* выполнения технологической *операции* (нормы времени).

При поточном методе работы время изготовления единицы продукции увязывают с заданной производительностью поточной линии - тактом выпуска.

16.1. Виды структур технологических операций

Структуру операции механической обработки зависит от числа и последовательности технологических и вспомогательных переходов. Число объединяемых в операцию переходов зависит от серийности производства, такта выпуска и характеризует степень концентрации или дифференциации переходов.

В единичном и мелкосерийном производствах операции, планируют по принципу концентрации переходов. По этому же принципу строят ТП в крупном и тяжелом машиностроении с использованием переносных станков.

В крупносерийном и массовом производстве операции и ТП составляют по принципу дифференциации операций для конвейерных автоматических линий, состоящих из простых узкоспециализированных станков; а принцип концентрации операций применяют для линий, содержащих сложные многошпиндельные автоматы.

В среднесерийном производстве принцип концентрации операций применяют для построения операций обработки на станках с ЧПУ и быстропереналаживаемых агрегатных станках автоматах, а принцип дифференциации — для переменного-поточных линий групповой обработки заготовок.

Степень концентрации или дифференциации технологических операций выбирают при назначении схемы построения операции.

Кроме количества переходов операции отличаются по совмещению переходов во времени. Возможно одновременное выполнение технологических (обработка нескольких поверхностей), вспомогательных (подвод режущих инструментов к нескольким поверхностям), а также технологических и вспомогательных переходов (во время установки заготовки на других позициях многошпиндельного станка идет обработка).

Технологические операции различают по следующим признакам:

- а) по числу одновременно устанавливаемых для обработки заготовок (*одноместные* и *многоместные* схемы);
- б) по числу участвующих в обработке инструментов (*одноинструментальные* и *многоинструментальные* схемы);
- в) по последовательности работы инструментов при выполнении операции (*последовательная*, *параллельная* и *параллельно-последовательная* схемы обработки).

16.2. Определение припусков и межоперационных размеров

Припуск - это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции (ГОСТ 3.1109-82).

Припуск может быть удален с заготовок резанием (при лезвийной обработке) или абразивом (при абразивном инструменте) с целью достижения требуемого качества и точности.

При обработке ППД *понятие припуск* отсутствует, а существует - *натяг* (величина вдавливания деформирующего инструмента).

При лезвийной обработке потери в стружку могут достигать 50 %, на автомобильных заводах в стружку уходит 20 % для литых и 30 % для кованных заготовок.

Общий припуск - слой металла, удаляемый с исходной заготовки до получения готовой детали.

Припуск, удаляемый на переходе, называется *промежуточным*. *Операционный припуск* равняется сумме промежуточных

припусков, т.е. припусков на отдельные переходы, входящие в данную операцию. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к:

- непроизводительным потерям материала, превращаемого в стружку;
- увеличению трудоемкости механической обработки;
- повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии;
- увеличению потребности в оборудовании и в рабочей силе.

Назначение недостаточных припусков:

- не обеспечивает удаления дефектных слоев материала, достижения требуемой точности и шероховатости поверхности;
- вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию;
- затрудняет разметку и выверку положения заготовок при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака.

Существуют два метода определения припусков:

1. *Опытно-статистический (табличный)* применяется при проектировании и учитывает структуры конкретных операций, а включает в себя лишь допуски на предшествующие операции (базируется на предыдущем опыте).

При этом методе *общие* и *операционные* припуски выбирают по таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных.

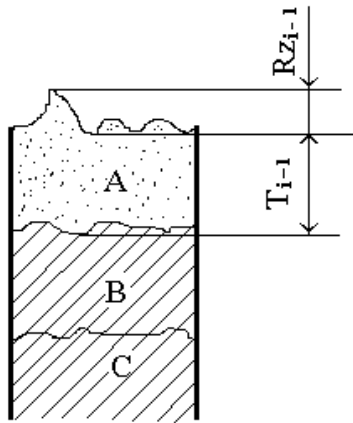
Недостаток метода в том, что припуски назначают без учета конкретных условий построения ТП. Так, *общие припуски* назначают без учета маршрута обработки данной поверхности, а *операционные и промежуточные* - без учета схемы установки заготовки и погрешности предшествующей обработки.

Опытно-статистические припуски во многих случаях *завышены*, так как они ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть большим во избежание появления брака.

Методика построения нормативных таблиц, заставляет технолога назначать припуск догматически, отвлекая от анализа условий выполнения операции и изыскания путей уменьшения величины припусков.

2. *Расчетно-аналитический*, разработанный профессором В.М.Кованом в 1948 году, учитывает элементы конкретного ТП по технологическим переходам.

Согласно этому методу величина *промежуточного припуска* должна быть такой, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих технологических переходах, а также погрешности установки заготовки, возникающие на выполняемом переходе.



А- удаляемая часть поверхностного слоя;
 В- неудаляемая часть поверхностного слоя;
 С- основная структура металла;
 $R_{z,i-1}$ - высота микронеровностей;
 T_{i-1} - глубина дефектного поверхностного слоя.

Рисунок 16.1 Схема поверхностного слоя обрабатываемых деталей

Величину минимального промежуточного припуска определяют с учетом факторов:

Высоты неровностей $R_{z,i-1}$ на предшествующем переходе обработки данной поверхности. Для первой операции эта величина берется по исходной заготовке.

Глубины T_{i-1} дефектного поверхностного слоя на предшествующем технологическом переходе.

Пространственного отклонения ρ_{i-1} в расположении обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки.

К пространственным отклонениям относятся:

- отклонения от *соосности* наружной (базовой) поверхности и растачиваемого отверстия у заготовок типа втулок, дисков и гильз;
- отклонения от *соосности* обтачиваемых ступеней базовым шейкам или линии центровых гнезд у заготовок ступенчатых валов;
- отклонения от *неперпендикулярности* торцевой плоскости оси базовой цилиндрической поверхности и другие погрешности взаимного положения обрабатываемых и базовых элементов детали.

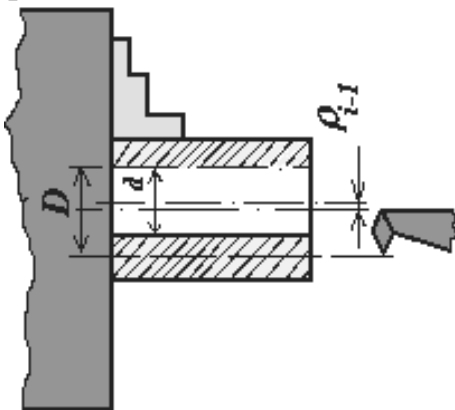


Рисунок 16.2 Схема, иллюстрирующая влияние отклонения от соосности ρ_{i-1} наружной и внутренней поверхностей втулки на припуск под растачивание отверстия.

Наружной (базовой) поверхностью втулка закрепляется в трехкулачковом патроне. Штриховая линия характеризует заданное отверстие диаметром D .

Из схемы видно, что составляющая промежуточного припуска (на диаметр), компенсирующая отклонения от соосности поверхностей втулки, равна $2\rho_{i-1}$. Диаметр отверстия заготовки с учетом этой составляющей $d=D-2\rho_{i-1}$.

4. Погрешности установки ε_i , возникающей на выполняемом переходе.

При каждой переустановке детали обрабатываемая поверхность занимает различное положение при обработке на предварительно настроенном станке.

Нестабильность положения обрабатываемой поверхности должна быть компенсирована дополнительной составляющей припуска.

Общая величина минимального промежуточного припуска определяется суммированием $R_{Z,i-1}$, T_{i-1} , ρ_{i-1} и ε_i .

Пространственные отклонения и погрешности установки - векторные величины и поэтому их суммирование выполняется по правилу сложения векторов. При обработке плоскостей имеем коллинеарные векторы ρ_{i-1} и ε_i .

В этом случае

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = (\rho_{i-1} + \varepsilon_i),$$

т. е. векторная сумма определяется арифметической суммой значений модулей векторов.

При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения векторы ρ_{i-1} и ε_i могут принимать любое угловое взаимное положение. Поэтому принято как наиболее вероятное значение этих углов равное 90^0 . Тогда их сумма будет равна:

$$|\bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_i| = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

Таким образом, формулы для определения минимального промежуточного припуска на обработку можно записать:

Припуск на сторону при последовательной обработке плоскостей:

$$Z_{i,\min} = (R_{Z,i-1} + T_{i-1}) + (\rho_{i-1} + \varepsilon_i),$$

Припуск на две стороны при параллельной обработке противоположащих плоскостей:

$$2Z_{i,\min} = 2[(R_{Z,i-1} + T_{i-1}) + (\rho_{i-1} + \varepsilon_i)],$$

Припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$2Z_{i,\min} = 2[(R_{Z,i-1} + T_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}].$$

Индекс i означает, что этот припуск снимается на выполняемом технологическом переходе обработки данной операции.

Расчет межоперационных размеров.

На основе расчета промежуточных припусков определяют предельные (*операционные*) размеры заготовки по всем технологическим переходам.

При построении схемы исходными являются заданные чертежом предельные размеры $d_{3,\min}$ и $d_{3,\max}$ готовой детали, которые получают на последней операции обработки поверхности

К наименьшему предельному размеру готовой детали прибавляем минимальный припуск на операцию тонкого точения $Z_{3,\min}$ и получаем наименьший предельный размер заготовки после чистового точения $d_{2,\min}$.

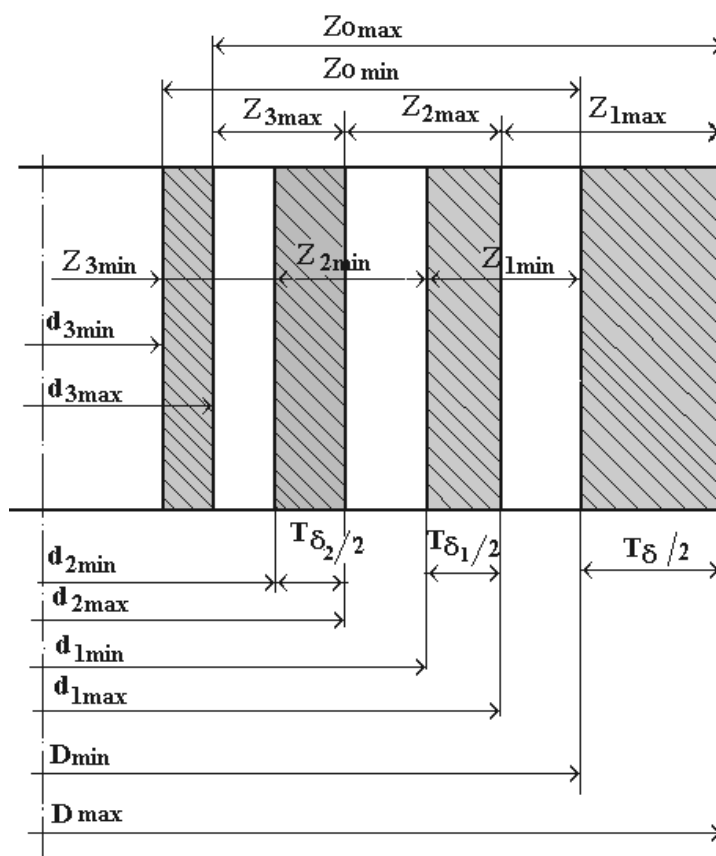


Рисунок 16.3 Графическая схема расположения припусков и допусков

Для получения наименьшего предельного размера $d_{1,\min}$ заготовки после чернового точения к размеру $d_{2,\min}$ прибавляем минимальный припуск $Z_{2,\min}$ на чистовое обтачивание.

Наименьший предельный размер D_{\min} исходной заготовки получается прибавлением к размеру $d_{1,\min}$ минимального припуска на черновое точение $Z_{1,\min}$.

Наибольшие предельные размеры $d_{1,max}$, $d_{2,max}$, D_{max} заготовки по технологическим переходам получаются прибавлением к соответствующим наименьшим предельным размерам технологических допусков

$$T_{\delta 1}, T_{\delta 2} \text{ и } T_{\delta}.$$

Из приведенной схемы легко получить минимальный общий припуск на обработку $Z_{0,min}$ суммированием промежуточных минимальных припусков по всему технологическому маршруту, и максимальный общий припуск $Z_{0,max}$.

Из схемы видно, что промежуточный максимальный припуск для выполнения какого-либо перехода равен разности между наибольшими предельными размерами заготовки на предшествующем и выполняемом переходах.

Рассмотренная схема расположения припусков и допусков характерна для тех случаев, когда обработку производят на предварительно настроенных станках, и припуск снимают за один ход. Необходимые для расчета промежуточных размеров заготовки допуски на выполнение технологических переходов принимают по нормативам средней экономической точности. Полученные *наименьшие предельные размеры заготовки* по технологическим переходам необходимо округлять до расчетного (принятого) размера.

Округление производят в сторону увеличения для наружных и в сторону уменьшения для внутренних поверхностей. Его следует выполнять до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Рассмотренный расчетно-аналитический метод определения припусков и межоперационных размеров заготовки применяется в массовом и серийном производствах. Во всех случаях метод дает значительный эффект в части экономии металла и снижения трудоемкости и себестоимости обработки.

8.3. Расчеты режимов резания.

Режимы резания определяются глубиной резания t , подачей S и скоростью резания V . Значения t , S , V влияют на точность и качество получаемой поверхности, производительность и себестоимость обработки.

В порядке возрастания влияния на стойкость инструментов вставляющие режимов резания располагаются следующим образом: $t \rightarrow S \rightarrow V$. Поэтому для одноинструментальной схемы обработки вначале устанавливают глубину резания, а затем подачу и скорость резания.

При обработке поверхности на предварительно настроенном станке глубина резания равна припуску на заданный размер этой поверхности по выполняемому технологическому переходу.

Подача должна быть установлена максимально допустимой. При черновой обработке она ограничивается прочностью и жесткостью элементов технологической системы станка, а при чистовой и отделочной - точностью размеров и шероховатостью обрабатываемой поверхности. Определенная расчетом или по нормативам подача должна соответствовать паспортным данным станка.

Скорость резания зависит от выбранной глубины резания, подачи, качества и марки обрабатываемого материала, геометрических параметров режущей части инструмента и ряда других факторов.

Скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам теории резания или устанавливают по нормативным данным. Скорость резания в общем виде определяют так:

$$V = \frac{A}{T_u^m}$$

где A — постоянная, характеризующая условия обработки, материал заготовки, глубину резания и подачу;

T_u — стойкость режущего инструмента; m — показатель стойкости.

Обычно при расчете скорости резания используют минимально допустимую стойкость режущего инструмента T_{min} . Зная стойкость инструмента по таблицам находят значение V , по которому определяют расчетное значение частоты вращения шпинделя. Далее по паспорту станка подбирают ближайшее меньшее значение n .

Рассмотренная методика справедлива для одноинструментальной схемы обработки.

При обработке на станках с многоинструментальными наладками методика установления режимов резания изменяется.

На практике встречается пять вариантов *многоинструментальной* схемы обработки:

1. Обработку заготовок ведут последовательно рядом инструментов, которые работают независимо один от другого; при смене инструмента изменяют и режимы резания.

2. Обработку производят параллельно действующими комплексами инструментов, каждый из которых работает независимо от других с различными режимами резания (многошпиндельные сверлильные агрегатные головки).

3. Обработку заготовок осуществляют комплексом инструментов, закрепленных в одном или нескольких блоках (например, державках или оправках). Инструменты блока имеют единую подачу, но разные скорости резания в зависимости от размера обрабатываемой поверхности; длительность работы каждого инструмента различна. Это характерно для многолезцовых токарных полуавтоматов, токарно-револьверных станков.

4. Комплекс инструментов в блоке имеет единую минимальную подачу, но работает с разными скоростями резания. Случай характерен для многошпиндельных сверлильных, расточных и продольно-фрезерных станков.

5. Комплекс инструментов работает с одинаковой скоростью резания, но с разной подачей (продольно-строгальные станки).

В первых двух случаях режимы резания устанавливают по приведенной выше методике. Если подача и скорость резания для первого случая оказываются близкими, то для экономии времени на останов и пуск станка можно использовать средние значения этих составляющих режимов резания.

В третьем случае глубину резания и подачу устанавливают для каждого инструмента по методике для одноинструментальной схемы обработки. По каждому блоку находят наименьшую лимитирующую технологически допустимую подачу. Далее выбирают лимитирующий по скорости резания инструмент, чаще всего тот, который обрабатывает участки заготовки с наибольшим диаметром и наибольшей длиной. Для этого инструмента рассчитывают условную стойкость $T_y = T_{\min}^{\lambda}$, $\lambda = l_u / l_k$, l_u – путь подачи лимитирующего инструмента; $l_{\text{бл}}$ — путь подачи инструментального блока.

Значение T_{\min} выбирают по нормативам в зависимости от количества и типа режущих инструментов, материала обрабатываемой заготовки.

По стойкости T_y находят соответствующую скорость резания по формуле или по нормативам и рассчитывают частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка. По найденным режимам определяют суммарный момент и мощность резания, которые сравнивают с паспортными данными. При необходимости режимы резания корректируют, изменяя подачу и скорость резания.

В четвертом случае для каждого инструмента наладки назначают глубину резания и подачу S_0 на один оборот шпинделя (по нормативам). Аналогично третьему случаю определяют лимитирующие по скорости резания инструменты и рассчитывают условную экономическую стойкость. По значению T_y вычисляют или находят по нормативам значения скорости резания V_u и частоты вращения n_u для каждого инструмента. Минутную подачу инструмента определяют по формуле $S = S_0 n_u$. Минутную подачу всей многошпиндельной головки принимают по наименьшей S . Корректируют значения $V_{\text{ш}}$ и $n_{\text{ш}}$ для различных шпинделей по формуле $n_{\text{ш}} = (S/S_{\text{ш}})n_u$. По найденным режимам резания шпинделей рассчитывают суммарный момент и мощность резания, сравнивают их с паспортными данными и при необходимости корректируют режимы резания.

Режимы резания для пятого случая устанавливают в аналогичной последовательности. Для каждого инструментального блока (суппорта) выбирают минимальную подачу и по наибольшему пути резания лимитирующие инструменты. Для всех блоков по лимитирующим

инструментам рассчитывают скорость резания. Режимы резания согласовывают с паспортными данными станка.

Таким образом, общая схема расчетов режимов резания следующая :

1. *Определяют глубину резания t мм.*

$$t = (D - d) / 2$$

при обработке внутренних цилиндрических поверхностей (расточивание, рассверливание);

D, d - диаметры до и после обработки.

$$t = D/2 - \text{при сверлении};$$

$$t = H - h - \text{при плоском шлифовании, фрезеровании.}$$

H, h - размер до и после обработки.

2. *Определяют подачу S (исходя из условий обработки)*

$$S_{\text{мин}} = S_0 \times n - \text{минутная [мм/мин]}$$

$$S_z = S_{\text{мин}} / (n \times z) - \text{подача на зуб (для многолезвийной), [мм /зуб]}$$

3. *Скорость резания V_p (расчетную) :*

$$V_p = V_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

K_1 – коэффициент качества поверхности; K_2 - коэффициент состояния заготовки; K_3 – коэффициент качества инструмента.

Расчетное число оборотов шпинделя

$$n_p = 1000 \times V_p / (\pi \times D)$$

Фактическую скорость резания

$$V_{\text{факт}} = \pi \times D \times n_{\text{ст}} / 1000, \quad (\text{м/мин})$$

4. Период стойкости инструмента T (по справочнику)

5. *Мощность станка (необходимую):*

$$N_{\text{необх}} = N_z / \eta,$$

N_z - по формулам теории резания.

6. *Определяют норму основного времени :*

$$T_0 = L \times i / S_{\text{мин}}$$

L - расчетная длина перемещения инструмента;

i - число рабочих ходов;

$S_{\text{мин}}$ - минутная подача.

Оптимизация режимов резания может производиться исходя из критериев себестоимости и производительности.

Затем приступают к проектированию карт наладок.

Требования к проектированию карт наладок:

1) полуконструктивное изображение патронов, цанг, оправок и т.п. ;

- 2) указываются все размеры (с отклонениями), шероховатость и погрешность формы после данного технологического перехода (операции);
- 3) режущий инструмент (кроме *мерного*) показывают *в конечном положении*;
- 4) обрабатываемые поверхности выделяют контурной линией в два раза толще, чем основные линии;
- 5) не допускается цветное оформление наладок (штамп в правом верхнем углу).

16.4. Штучное время и его элементы. Основы технического нормирования.

Техническое нормирование это установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов (ГОСТ 3.1109-82).

Норма времени - это регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации (ГОСТ 3.1109-82)

При техническом нормировании выявляются резервы рабочего времени, улучшается организация труда на предприятии, устанавливается обоснованная мера труда (т.е. регламентируется норма времени).

При техническом нормировании труда технологическая операция разлагается на элементы: машинные, машинно-ручные, переходы, рабочие ходы, приемы и движения.

Каждый элемент подвергают анализу как в отдельности, так и в сочетании со смежными элементами.

Перед расчетом нормы времени производится анализ структуры нормируемой операции с целью ее улучшения путем:

- исключения излишних приемов и движений;
- сокращения пути всех движений;
- замены утомительных приемов работы более легкими;
- обеспечения выполнения ручных приемов во время автоматической подачи;
- применения многоместных приспособлений;
- назначения рациональных режимов резания;
- использования опыта передовиков по сокращению затрат времени.

Применяются два метода определения нормы времени:

- опытно-статистический;
- расчетно-аналитический.

Техническая норма времени - это время, необходимое для выполнения единицы работы, исходя из рационального использования в данных условиях производства труда рабочего и орудий труда с учетом передового производственного опыта.

Технические нормы служат основой для определения требуемого количества оборудования и его загрузки, производственной мощности участков и цехов, расчета основных показателей по труду и заработной плате, а также являются основой оперативного (календарного) планирования.

Опытно-статистический метод нормирования, применяемый в условиях единичного и мелкосерийного производства предполагает установление нормы времени на всю операцию в целом путем сравнения выполняемой работы с нормами выполнения в прошлом аналогичной работы.

Эти нормы, как правило, являются заниженными и не отвечают задачам вскрытия резервов производства и повышения производительности труда.

Технические норм :

- 1) предусматривают использование передового опыта;
- 2) обеспечивают полное использование имеющихся средств производства и рабочего времени;
- 3) обеспечивают однородность норм по «жесткости», что исключает появление неоправданно высокой или чрезмерно низкой оплаты труда, приводящих к дезорганизации производства;
- 4) устраняют конфликты и споры о правильности норм, имеющие место при опытно-статистическом нормировании.

В условиях единичного и мелкосерийного производств определение норм времени производится по укрупненным нормативам или по типовым нормам, составленным аналитическим методам для типовых технологических процессов.

Затраты рабочего времени подразделяют на *нормируемые* и *ненормируемые*.

Нормируемые затраты времени включают:

- оперативное время;
- время обслуживания рабочего места;
- время перерывов;
- подготовительно-заключительное время.

Норма подготовительно-заключительного времени ТПЗ включает в себя затраты времени на подготовку к заданной работе и выполнение действий, связанных с ее окончанием:

- а) получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации и наряда на работу;

- б) ознакомление с работой, изучение технологической документации, чертежа, получение необходимого инструктажа;
- в) установка инструментов, приспособлений, наладка оборудования;
- г) снятие приспособлений и инструментов со станка и сдача их на склад;
- д) сдача готовой продукции, остатков материала, документации и наряда.

Подготовительно- заключительное время затрачивается один раз на всю обрабатываемую партию, изготавливаемых без перерыва по данному наряду и не зависит от числа деталей в партии.

Норма оперативного времени Т_{ОП} - это норма времени на выполнение технологической операции, состоящая из суммы норм основного времени - Т_О и неперекрываемого вспомогательного времени - Т_В :

$$T_{OP} = T_O + T_B.$$

Основное время Т_о представляет собой время, в течение которого осуществляется формообразование детали, то есть, изменение размеров и формы заготовки, внешнего вида и шероховатости поверхностей, состояния поверхностного слоя или взаимного расположения отдельных частей сборочной единицы и т.п.

При всех станочных работах *основное время* определяется отношением расчетной величины пути, пройденного обрабатывающим инструментом, к его минутной подаче.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{\text{МИН}}} = \frac{L \cdot i}{nS}$$

где **L** - расчетная длина пути инструмента, мм;

$$L = l + l_1 + l_2 + \Delta$$

где:

l - длина обрабатываемой поверхности;

l₁ - величина врезания инструмента, мм;

l₂ - величина перебега инструмента, мм;

i - число рабочих ходов;

S_{МИН} - минутная подача , мм/мин;

n - частота вращения шпинделя или фрезы, мин⁻¹;

S - подача на один оборот шпинделя или фрезы, мм/об;

Δ - поправка на безударный подход режущего инструмента.

Принимается равной **Δ**=0,5...3 мм.

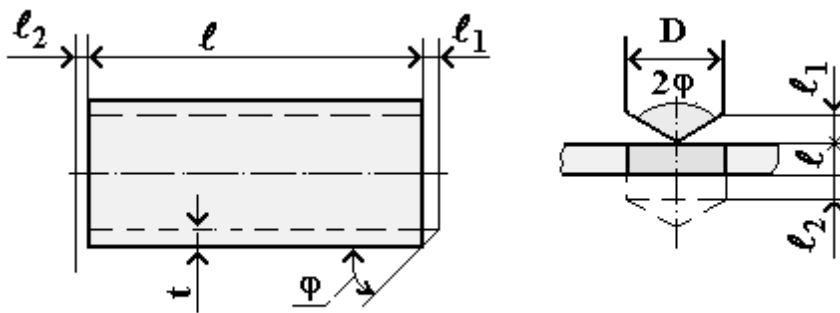


Рисунок 16.4 Определение величины рабочего хода инструмента.

а) для токарной обработки; б) для сверления

Величину l_1 определяют из геометрических соображений (см. рисунок).

Величину l_2 принимают равной порядка $l_2=0,5-1\text{мм}$.

Норма вспомогательного времени T_B - время действий, необходимых для выполнения основной работы, и повторяющихся с каждым изделием или через определенное их число (установка и снятие изделия, пуск и выключение станка, подвод и отвод инструмента, перемещение стола или суппорта, промеры изделия, смена инструмента или его переустановка, если это производится на каждое изделие или через определенное их число).

Вспомогательное время определяется суммированием его составляющих элементов, приведенных в таблицах нормативов по техническому нормированию.

Время обслуживания рабочего места $T_{об}$ представляет собой часть штучного времени, затрачиваемую исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии, уход за ними и за рабочим местом.

В условиях массового производства время обслуживания рабочего места подразделяется на *время технического* и *время организационного обслуживания*.

Время технического обслуживания $T_{тех}$ - это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом (оборудованием) (смена затупившихся инструментов, регулировка положения инструментов, подналадка оборудования в процессе работы, удаление стружки и т. п.). Время технического обслуживания определяют в процентах от оперативного времени (1-7)% .

Время организационного обслуживания $T_{орг}$ - это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение рабочей смены (время на раскладку и уборку инструмента в начале и в конце смены, время на осмотр и опробование оборудования, время на его смазку и чистку и т. п.).

Время организационного обслуживания определяется в процентах от оперативного времени (1-4)%.

Время перерывов $T_{пер}$ (2-4)% - это часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и отдых.

В машиностроении норма времени обычно устанавливается на технологическую операцию.

Таким образом, *норма времени* (штучное время) включает:

$$T_{штг} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отд} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд}$$

или

$$T_{штг} = T_{оп} \left(1 + \frac{K}{100} \right)$$

где **K** - процент оперативного времени на обслуживание рабочего места (техническое и организационное), отдых и личные потребности рабочего.

В норму штучного времени не включаются затраты времени на работы, которые могут быть выполнены в течение автоматической работы оборудования, т.е. могут быть перекрыты машинным временем.

Штучно-калькуляционное время $T_{шт.к.}$ - состоит из нормы подготовительно-заключительного времени на партию обрабатываемых изделий $T_{пз}$ и нормы штучного времени $T_{шт}$. Используется в единичном и серийном производстве

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + T_{пз} / n$$

где **n** - количество деталей в обрабатываемой партии.

Значения коэффициента **K** принимается согласно нормативам.

Определение величины вспомогательного времени $T_{всп.}$.

Вспомогательное время подразделяют на :

- время, связанное с установкой заготовок;
- время, связанное с переходом (на управление станком, смену режущего инструмента, установкой его на размер);
- - время, связанное с измерением.

При определении $T_{всп.}$ учитывают: применяемое оборудование, способ его установки и закрепления, габариты и масса заготовки, точность размеров.

При проектировании необходимо учитывать, что $T_v < T_o$.

Коэффициент основного времени :

$$K_o = T_o / T_{штг}$$

$K_o > 0,7$ - для массового и крупносерийного производства;

$K_o = 0,5$ - для мелкосерийного.

Для уменьшения $T_{всп.}$ применяют быстродействующие приспособления,

совмещают вспомогательное время с основным и т.д.

Понятие о хронометраже и ФРД.

Хронометраж - способ изучения технических операций и *Топ.*, путем наблюдений и измерений циклически повторяющихся элементов непосредственно на рабочем месте. Его применяют для: разработки нормативов, изучения состава оперативного времени по элементам, выявления причин невыполнения норм, для обобщения и внедрения передового опыта.

ФРД (фотография рабочего дня)- способ изучения затрат времени, путем измерений всех элементов рабочего времени и его потерь, на протяжении всей смены или ее отдельной части.

Ее применяют для: выявления причин потерь рабочего времени с целью повышения производительности, разработки нормативов и т.д.

Норма выработки- количество продукции в единицу времени (смена, час).

$$N_e = T_{см.}/T_{шт}$$

8.4. Оформление технологической документации

Требования по оформлению технологической документации зависят от типа производства, стадии разработки ТП и регламентированы ГОСТ 3.1102-81, 3.1404-86, 3.1118-82 и др.

В соответствии с ГОСТ 3.1102-81 основные технологические документы бывают: *общего и специального* назначения.

Документы общего назначения: карта эскизов (КЭ) - содержащая эскизы, схемы, таблицы для пояснения ТП, операции или перехода, включая контроль и перемещения; технологическая инструкция (ТИ) - для описания ТП методов и приемов, повторяющихся при изготовлении изделий; правил эксплуатации средств технического оснащения (применяют для сокращения объема разрабатываемой технологической документации).

Документы *специального назначения* описывают ТП.

1. *Маршрутная карта (МК)* является основным и обязательным документом комплектов на единичные, типовые (групповые) ТП, в котором описывают весь ТП в последовательности выполнения операций.

Информацию записывают в технологической последовательности с возможностью переноса (кроме А и Б) на последующие строки.

А Наименование операции

Б Наименование оборудования

О Содержание операции по переходам

Т Применяемая технологическая оснастка (приспособление, вспомогательный инструмент, режущий инструмент, слесарно - монтажный инструмент, специальный инструмент, средства измерений).

P Режимы обработки ($I=1$, $t=0,5\text{мм}$; $S=0,1\text{ мм/об}$; $V=80\text{ мм/мин}$; $n=800\text{ мин}^{-1}$)

В МК указывают число одновременно применяемых единиц технологической оснастки, коды (операций, оборудования), объем партии (ОП), подготовительно - заключительное и штучное время, массу заготовки и детали, норму расхода, материал.

Для типовых и групповых ТП в МК указывают только постоянную информацию, относящуюся ко всей группе заготовок.

Для записи применяют специальные бланки по ГОСТ3.1118-82 (формы 1 и 2), записи должны делаться чертежным шрифтом, высота букв 5-8 мм. Возможны два случая использования МК: для маршрутного и маршрутно-операционного описания.

Вместо МК допускается использовать соответствующие карты технологического процесса (КТП), которые предназначены для операционного описания ТП по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, режимов, средств технического оснащения, материальных и трудовых затрат.

(КТТП) - карта типового технологического процесса предназначена для описания типовых или групповых ТП.

ТЛ - титульный лист оформляют на отдельные ТП или группы ТП.

2.Операционная карта (ОК) - применяется для описания технологических операций с указанием последовательности переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудозатратах.

ОК оформляют на форматах МК2 и 16 (ГОСТ3.1118-82), условное обозначение такого документа МК/ОК. Их применяют при разработке единичных ТП, в них указывают данные по технологическим режимам. Объем данных должен быть настолько полным, чтобы их было достаточно для выполнения операций с заданным качеством.

3.Карты типовой (групповой) операции (КТО) - используют для описания типовой (групповой) операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о технологической оснастке и режимах. КТО оформляют на формах МК ф.2 и 16 (ГОСТ3.1118-82), их условное обозначение МК/КТО.

В МК/КТО восстановления типовой поверхности дополнительно приводят инструктивные указания в текстовой форме (при необходимости с рисунками).

4.Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому ТП (операции) ВТП предназначена для указания состава деталей или типоразмеров поверхностей, восстанавливаемых по типовому ТП (операции) и переменных данных, о материале, средствах технического оснащения, режимах и трудозатратах. ВТП (ВТО) оформляют также на

формах МК 1б и 2 ГОСТ3.1118-82 с условным обозначением МК/ВТП (МК/ВТО).

При разработке типовых ТП в МК/ВТО дают полную запись необходимых данных по технологическим режимам (последние указывают в табличной форме), указывают (при необходимости) достигаемые размеры и качественные показатели (после обработки), приводят также и промежуточные размеры и их точность.

5. *Ведомость технологических документов* (ВТД) определяет состав технологических документов, применяемых при изготовлении или восстановлении деталей, и предназначена для их комплектования.

ВТД является обязательной, если в документации даны ссылки на типовой ТП.

ВТД можно оформлять на формах МК2 и 1б ГОСТ3.1118-82, тогда его условное обозначение МК/ВТД; запись выполняется в строгом порядке следования ссылок.

6. *Ведомость оснастки* (ВО) составляется на конкретный ТП и оформляется также на формах МК 2 и 1б, с условным обозначением МК/ВО.

7. *Карты эскизов* (КЭ) – кроме бланков специальной формы, допускаются оформлять на бланках МК2 и 1б ГОСТ3.1118-82, с условным обозначением МК/КЭ.

В зависимости от типа производства (соответственно и программы выпуска), сложности и точности заготовок применяют следующие *формы описания ТП*.

а) *маршрутное* - когда приводится сокращенное описание всех технологических операций в МК в последовательности их выполнения без указания переходов и режимов. Его применяют для единичного, мелкосерийного и опытного производства.

б) *операционное* - когда полностью раскрываются содержание операции с указанием всех переходов и режимов. Его применяют для массового и серийного производства, а также для особо сложных деталей мелкосерийного и даже единичного производства.

в) *маршрутно-операционное* - когда приводится сокращенное описание технологических операций в МК в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах (рекомендуется для серийного, мелкосерийного и опытного производства со сложными и точными заготовками).

Контрольные вопросы

1. Виды структур технологических операций
2. Определение припусков и межоперационных размеров

ЛЕКЦИЯ №17 РАСЧЕТ НОРМ ВРЕМЕНИ В МАШИНОСТРОЕНИИ .

1. Общие понятия.

2. Расчет норм времени в машиностроении

1. Общие понятия.

Трудоёмкость и себестоимость выполнения технологических операций является критериями эффективности технологического процесса. Трудоёмкость определяется на основе технологических норм.

Норма времени – время, необходимое для выполнения операции в определённых организационно-технологических условиях, наиболее рациональных для данного производства. Технически обоснованная норма времени – время, необходимое для выполнения операции в определённых организационно-технических условиях наиболее рациональных для данного производства.

Техническая норма выработки – величина, обратная норме времени, выражающая количество изделий, выпускаемых в единицу времени.

Имеется три метода установления норм:

- 1) на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением;
- 2) по нормативам (на отдельные элементы операции);
- 3) сравнением и расчётом по типовым нормам.

Методы 1 и 2 – используются при серийном и массовом производстве, 3 – в мелкосерийном и единичном производстве.

Штучное время $t_{ш}$ – норма времени на выполнение операций по обработке одной детали или сборочной единицы.

$$t_{ш} = t_o + t_v + t_t + t_{орг} + t_p,$$

t_o – основное (технологическое) время;

t_v – вспомогательное время;

t_t – время технического обслуживания рабочего места;

$t_{орг}$ – время организационного обслуживания рабочего места; t_p – время перерывов.

2. Расчет норм времени в машиностроении

Время t_o – затрачивается непосредственно на изменение размеров, формы и т.д. детали или присоединение при сборке.

$$t_o = \frac{l_p i}{S_m},$$

где l_p – расчётная длина, мм (длина хода в направление подачи); i – число рабочих ходов инструмента; S_m – минутная подача инструмента мм/мин.

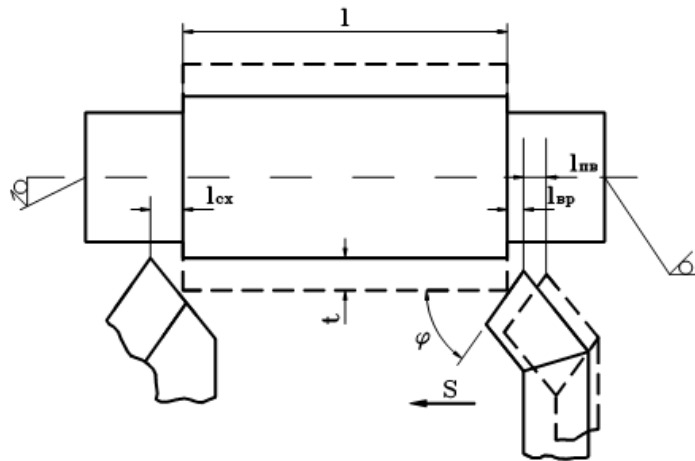


Схема определения расчётной длины

Пр и м е р:

а) при ручном подводе

$$l'_p = l + l_{вр} + l_{сх},$$

где l – длина обработки; $l_{вр}$ – путь врезания; $l_{сх}$ – путь схода.

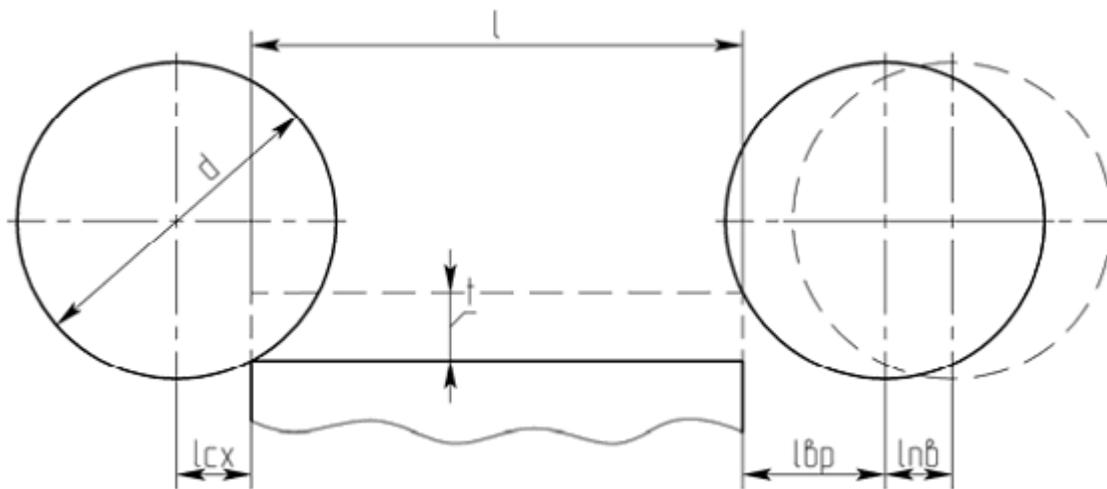


Схема определения расчётной длины при фрезеровании

б) при автоматическом цикле обработки (рис. 11)

$$l_p = l'_p + l_{пв},$$

Где $l_{пв}$ – путь подвода инструмента, для предупреждения удара в начале резания.

Значение $l_{вр}$, $l_{сх}$, $l_{пв}$ – определяют по справочным данным ($l_{сх}$ и $l_{пв} \approx 1$ мм).

вр

l определяется из геометрических соображений.

Пр и м е р.

1) при продольном сечении

$$l_{вр} = t \cdot ctg \varphi ;$$

2) при фрезеровании паза

$$l_{вр} = \sqrt{t(d-t)} ,$$

где t – глубина резания; d – диаметр резьбы.

Время t_v – затрачивается на действие, сопровождающее выполнение основной работы (закрепление, снятие заготовки или собираемого узла, пуск и остановку станка, переключение режимов обработки и т.д.); $t_v < 5\%t_o$.

Сумма основного и вспомогательного времени – оперативное время:

$$t_{оп} = t_o + t_v ,$$

где t_t – время технического обслуживания, затрачивается на смену инструмента, его правку, регулировку и подналадку станка и другие действия, связанные с уходом за рабочим местом при выполнении заданной работы;

$t_{орг}$ – время организационного обслуживания, включает: затраты на уход за рабочим местом в течении смены (смазка и чистка механизмов, раскладка и уборка инструмента, уборка рабочего места); t_t и $t_{орг}$ – определяют по нормативам $\approx (4..8\%) t_{оп}$; t_p – время перерывов (на отдых, личные надобности), $t_p \approx 2,5\% t_{оп}$.

При изготовлении изделий партиями (серийное производство) учитывают также подготовительное и заключительное время $t_{п. з}$.

В него входят: получение задания, ознакомление с работой, наладка оборудования, сдача работы, установка и снятие специальных приспособлений (их наладка) и не зависит от размера партии.

В единичном производстве $t_{п. з}$ учитывается при расчёте штучного времени, а в массовом не учитывается вообще.

Штучное и подготовительно-заключительное время образуют норму штучно-калькуляционного времени

$$t_{ш. к} = t_{п. з}/n + t_{ш} ,$$

где n – число деталей в партии.

На основе норм времени определяют расценки операций, количество оборудования, осуществляют планирование производственного процесса. Технологическая себестоимость операции механической обработки S_o является основным критерием для установления наиболее экономичного технологического процесса обработки изделия

$$C_o = \frac{C_{п.з} T_{ш.к} (\text{шт. т.})}{60 K_v},$$

где $T_{ш. т}$ (шт.) – штучно-калькуляционное или штучное время на операцию (мин.); K_v

– коэффициент выполнения норм (обычно $K_v = 1,3$); $C_{п. з}$

– часовые приведённые затраты (р./ч).

$$C_{п. з} = C_з + C_{ч. з} + E_n (K_c + K_з),$$

где $C_з$ – основные и дополнительные затраты с начислениями, р./ч;

$C_{ч. з}$ – часовые затраты на эксплуатацию рабочего места, р./ч;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности (в машиностроении $E_n = 0,15$);

K_c , $K_з$ – удельные часовые капитальные вложения, соответственно в станок и здание, р./ч.

Полная себестоимость изготовления в изделие включает в себя также: стоимость материала заготовки, затраты на её подготовку к механической обработке, накладные расходы, объём партии и т.д.

Контрольные вопросы:

1. Трудоёмкость и себестоимость выполнения технологических операций.
2. Норма времени.
3. Техническая норма выработки.

ЛЕКЦИЯ №18

СОСТАВЛЕНИЕ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ.

1. Составление оценки технологичности деталей

2. Выбор заготовки

1. Составление оценки технологичности деталей

В производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа — выявление недостатков конструкции «о сведениях, содержащихся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное* представление о детали, т. е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию, и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и др. Таким образом, технологический контроль — важная стадия проектирования технологических процессов, он способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ к о н с т р у к ц и и обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ — один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности.

1. На основании изучения условий работы узла изделия, а также учитывая заданную годовую программу, проанализировать возможность упрощения

конструкции детали, замены сварной, армированной или сборной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала.

2. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.

3. Проанализировать конструктивные элементы детали в технологическом отношении, используя при этом рекомендации по технологичности конструкций, приведенные в справочной литературе.

4. Выявить труднодоступные для обработки места.

5. Определить возможность совмещения технологических и измерительных баз при выдерживании размеров, оговоренных допусками, необходимость дополнительных технологических операций для получения заданной точности и шероховатости обработанных поверхностей.

6. Увязать указанные на чертежах допускаемые отклонения размеров, шероховатости и пространственные отклонения геометрической формы и взаимного расположения поверхностей с геометрическими погрешностями станков.

7. Определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже _____ размеров.

8. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании, возможность введения искусственных баз.

9. Определить необходимость дополнительных технологических операций, вызванных специфическими требованиями (например, допустимыми отклонениями в массе детали), и возможность изменения этих требований.

10. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы.

11. Предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбраны материалы с учетом термической обработки.

С целью упрощения анализа технологичности можно дать частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей определяют:

а) допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает _____ такому _____ виду _____ обработки?

б) можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между осями этих отверстий?

в) позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или _____ _____ сторон?

г) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

д) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли _____ _____ ее _____ устранить?

е) есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными?

ж) имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу?

з) имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и, возможно ли изменение этих элементов?

и) достаточна ли жесткость детали, не ограничит ли она режимы резания?

к) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы?

л) нет ли в конструкции внутренней резьбы большого диаметра и возможно ли заменить ее другими конструктивными элементами?

м) насколько прост способ получения заготовки (отливки), правильно ли выбраны элементы конструкции, обуславливающие получение заготовки?

Для валов указывают:

а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?

б) убывают ли к концам диаметральный размеры шеек вала?

в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла?

г) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами?

д) имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках?

е) допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6...9-го квалитетов соотношение его длины l к диаметру d свыше 10...12 для валов, изготавливаемых по более низким квалитетам, это отношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это отношение следует уменьшить до 10)

Следует помнить, что технология обработки гладких валов в значительной мере отличается от технологии изготовления ступенчатых валов простотой и экономичностью, поэтому необходимо проанализировать возможность замены ступенчатого вала гладким.

Зубчатые колеса — массовые детали машиностроения, поэтому вопросы технологичности приобретают для них особенно важное значение. При анализе технологичности конструкции зубчатых колес следует определить возможность высокопроизводительных методов формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии. Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

а) простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку, вызывая необходимость применения револьверных станков и полуавтоматов;

- б) простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (так как наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);
- в) расположенными с одной стороны ступицами, так как в противном случае обработка по одной детали на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25...30 %;
- г) симметричным расположением перемычки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к венцу, так и по отношению к ступице. Нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;
- д) правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;
- е) возможностью многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Подобным образом проводится анализ технологичности и для других деталей, имеющих

Аналогичные элементы конструкции.

3. Выбор заготовки

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технические условия на изготовление. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения напусков и припусков, повышения точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования материала. Заготовки простой конфигурации дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки, однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала.

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки связан с конкретным технико-экономическим расчетом себестоимости готовой детали, выполняемым для заданного объема годового выпуска с учетом других условий производства (см. т. 2). При проектировании технологического процесса механической обработки для конструктивно сложных деталей важно иметь данные о конфигурации и

размерах заготовки и, в частности, — о наличии в заготовке отверстий, полостей, углублений, выступов.

Технологические процессы получения заготовок определяются технологическими свойствами материала, конструктивными формами и размерами детали и программой выпуска.

В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов (наличие соответствующего оборудования); оказывают влияние плановые сроки подготовки производства (проектные работы, изготовление штампов, моделей, пресс-форм).

При выборе технологических методов и процессов получения заготовок учитываются прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения. Решение задачи формообразования деталей целесообразно перенести на заготовительную стадию и тем самым снизить расход материала, уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали.

Для этого необходимо в конструкции заготовки и технологии ее изготовления предусмотреть возможность экономии труда и материалов путем применения штампованных, штампованных, штампованных заготовок, а также применения автоматизированных технологических процессов.

Легче всего поддаются автоматизации непрерывные процессы производства заготовок — литье профилей, проката заготовок, сварка.

Прогрессивными являются сварно-литые заготовки (рис. 1). Применять их наиболее целесообразно, когда при изготовлении цельнолитой заготовки наблюдается большой литейный брак из-за нетехнологичности конструкции, когда лишь отдельные части заготовки, работающие в особо трудных условиях, требуют применения более дорогих металлов или сложной обработки. Сварные заготовки следует использовать при конструкции детали с выступающими частями, когда для ее изготовления требуются крупногабаритная форма, много формовочных материалов и большие затраты рабочего времени в литейном цехе.

При больших массах и габаритах для транспортирования заготовку делят на несколько частей.

Особенно важно правильно выбрать заготовку и назначить оптимальные условия ее изготовления в автоматизированном производстве, когда обработка ведется на автоматах, автоматизированных гибких и автоматических линиях, управляемых ЧПУ, микропроцессорами. Поступающие на обработку заготовки должны соответствовать утвержденным техническим условиям. Поэтому заготовки подвергаются техническому контролю по соответствующей инструкции, устанавливающей метод контроля, периодичность, количество проверяемых заготовок в процентах к выпуску и т. д. Проверке подвергаются

химический состав и механические свойства материала, структуру, наличие внутренних дефектов, размеры, массу заготовки.

У заготовок сложной конфигурации с отверстиями и внутренними полостями (типа корпусных деталей) в заготовительном цехе проверяют размеры и расположение поверхностей. Для этого заготовку устанавливают на станке, используя ее технологические базы, имитируя схему установки, принятую для первой операции обработки. Отклонения размеров и формы поверхностей заготовки должны соответствовать требованиям чертежа заготовки. Заготовки должны быть выполнены из материала, указанного на чертеже, обладать соответствующими ему механическими свойствами, не должны иметь внутренних дефектов (для отливок — рыхлоты, раковины, посторонние включения; для поковок — пористость и расслоения, трещины по шлаковым включениям, «шиферный» излом, крупнозернистость, шлаковые включения; для сварных конструкций — непровар, пористость металла шва, шлаковые включения).

Дефекты, влияющие на прочность и товарный вид заготовки, подлежат исправлению. В технических условиях должны быть указаны вид дефекта, его количественная характеристика и способы исправления (вырубка, заварка, пропитка составами, правка).

Поверхности отливок должны быть чистыми и не должны иметь пригаров, спаев, ужимин, плен, намывов и механических повреждений. Заготовка должна быть очищена или обрублена, места подвода литниковой системы, заливы, заусенцы и другие дефекты должны быть зачищены, удалена окалина. Особо тщательной очистке должны подвергаться полости отливок. Необрабатываемые наружные поверхности заготовок при проверке по линейке не должны иметь отклонения от прямолинейности больше заданного (не более 0,5 мм на 1 мм длины). Заготовки, у которых отклонение от прямолинейности оси (кривизна) влияет на качество и точность работы машины, подлежат обязательному естественному или искусственному старению по технологическому процессу, обеспечивающему снятие внутренних напряжений, и правке.

Отмеченные на чертеже заготовки базы для механической обработки должны служить исходными базами при изготовлении и проверке технологической оснастки (моделей, стержней). Они должны быть чистыми и гладкими, без заусенцев, остатков литников, прибылей, выпоров и литейных и штамповочных уклонов. Базы должны образовываться по возможности моделью и находиться в одной опоке, чтобы исключить влияние смещения и перекоса опок и стержней. Если за базу принимают отверстие, получаемое с помощью стержня, то должны быть приняты дополнительные меры для обеспечения точности расположения оси отверстия.

Перед отправкой потребителю отливки грунтуют с целью защиты их поверхности от коррозии. Продолжительность защитного действия грунтовки зависит от условий хранения отливок и колеблется от 25—30 дней (хранение в помещении склада) до 5—15 дней (хранение на открытых площадках). Заготовки должны иметь клеймо ОТК, номер плавки и марку материала. Заготовки ответственных деталей сопровождаются сертификатом, удостоверяющим соответствие.

Контрольные вопросы:

1. Штучно-калькуляционное время.
2. Вспомогательное время
3. Крупногабаритные заготовки
4. Что такое оценка технологичности детали?

ЛЕКЦИЯ №19

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

1. Расчет и выбор приспособления.
2. Унификация и стандартизация деталей приспособлений.
3. Основы базирование заготовок.

1. Расчет и выбор приспособления.

В качестве исходных данных конструктор приспособления должен иметь: чертеж заготовки и детали с техническими требованиями их приемки; операционные чертежи на предшествующую и выполняемую операции; операционные карты технологического процесса обработки данной детали.

В результате анализа исходных данных выявляют: последовательность и содержание операций; принятое базирование; используемое оборудование и инструмент; режимы резания; запроектированную производительность с учетом времени на установку, закрепление и снятие обработанной детали; размеры, допуски, шероховатость обрабатываемых поверхностей деталей; марку и вид термической обработки материала.

Служебное назначение приспособления – это максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой оно предназначено. При формулировании служебного назначения необходимо учитывать данные о закрепляемой детали (количество, форма, размеры, качество поверхностей, материал, вид термообработки), точности изготовления, производительности, характеристике привода, окружающей среде (температуре, влажности, запыленности, виде энергии и т.д.), о внешнем виде, технике безопасности, степени автоматизации и т.д.

Классификация технологической оснастки

По степени специализации станочные приспособления делят на следующие группы: универсально-безналадочные (УБП), универсально-наладочные (УНП), универсально-сборные (УСП), сборно-разборные (СРП), неразборные специальные (НСП), специализированные наладочные (СНП).

К группе УБП относятся универсальные приспособления общего назначения: центры, поводковые устройства, оправки, токарные патроны, цанговые приспособления, плиты магнитные и электромагнитные, столы и т.д. Они изготавливаются как принадлежность к станку заводом изготовителем станков или специализированными предприятиями. УБН применяют в единичном и мелкосерийном производстве; на станках с ЧПУ – в мелкосерийном производстве.

Группа УНП включает приспособления, состоящие из постоянной части и сменных наладок. Постоянная часть во всех случаях остается неизменной, а сменная наладка заменяется в зависимости от конкретной обрабатываемой детали. Постоянная часть включает в себя корпус и зажимное устройство с приводом (чаще пневматическим). Иногда в нее встраивают делительное устройство и другие элементы, кроме опорных и направляющих. Постоянная часть изготавливается заранее и применяется многократно. Перед очередным использованием УНП требуется произвести лишь смену наладки или некоторую дополнительную обработку. Наладка представляет собой сменные опорные и направляющие элементы. Каждый комплект наладки предназначен только для данной детали и конкретной операции ее обработки и в этом случае является специальным. С помощью УНП заготовка устанавливается с такой же точностью и быстротой, как и при использовании дорогостоящего специального приспособления. Универсальность УНП несколько ограничена определенными размерами постоянной части, которая обычно нормализуется в пределах предприятия или отрасли. К числу нормализованных приспособлений, на базе которых собирают УНП, относятся машинные тиски, скальчатые кондукторы, пневматические патроны со сменным кулачками, планшайбы с переставными угольниками для растачивания на токарном станке деталей сложной формы и т.д. УНП применяют в серийном производстве; на станках с ЧПУ – в мелкосерийном производстве.

УСП включают приспособления, komponуемые из нормализованных деталей и узлов. Каждая компоновка УСП обладает всеми основными свойствами специального приспособления: предназначена для обработки конкретной детали на определенной операции и обеспечивает базирование заготовки без выверки и требуемую точность. По истечении надобности в таком приспособлении оно разбирается на составные детали и узлы, которые могут быть многократно использованы для компоновки других приспособлений

УСП применяют в единичном и мелкосерийном производстве. При использовании вместо ручных зажимов гидро- или пневмозажимов УСП можно применять и в крупносерийном производстве. На станках с ЧПУ УСП применяются в единичном и мелкосерийном производстве.

Система СРП является разновидностью системы УСП. В компоновках СРП в отличие от УСП количество сборочных единиц преобладает над деталями. Приспособления переналаживаются посредством перекомпоновки, регулирования положения базирующих и зажимных элементов или замены сменных наладок. СРП обычно собирают на период выпуска определенного изделия. После обработки партии деталей приспособление снимают со станка и хранят до запуска в обработку новой партии. Разбирают СРП только при смене объекта производства. СРП

применяются в единичном и мелкосерийном производстве, а на станках с ЧПУ – в мелкосерийном производстве.

Приспособления группы НСП служат для обработки только определенной детали на одной конкретной операции. Специальные приспособления обладают большими преимуществами – позволяют без выверки придать заготовке требуемое положение относительно станка и режущего инструмента и благодаря этому при одной настройке обработать всю партию заготовок. К НСП относятся патроны для токарных автоматов и полуавтоматов, мембранные патроны, гидропластмассовые приспособления и др. НСП применяются в крупносерийном и массовом производствах. На станках с ЧПУ такие приспособления можно применять лишь как исключение, если нельзя применить ни одну из переналаживаемых систем.

К группе СНП относятся специальные приспособления, обладающие определенной универсальностью вследствие введения в их конструкцию элементов, допускающих наладку приспособления путем регулировки. Благодаря этому, одно и то же приспособление можно применять для обработки ряда деталей одной конструкторско-технологической группы. К СНП относятся переналаживаемые планшайбы, патроны, оправки, кондукторы, и т.д. СНП применяют в серийном и крупносерийном производствах; на станках с ЧПУ – в серийном производстве.

Кроме вышеперечисленных групп приспособлений на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах используются и другие группы приспособлений: механизированные универсально-сборные (УСПМ) и универсально-сборные переналаживаемые (УСПО).

Составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета зажимного усилия R_z

Величину необходимого зажимного усилия определяют на основе решения задачи статики, рассматривая равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил. Для этого необходимо составить расчетную схему, то есть изобразить на схеме базирования заготовки все действующие на нее силы: силы и моменты резания, зажимные усилия, реакции опор и силы трения в местах контакта заготовки с опорными и зажимными элементами.

Расчетную схему следует составлять для наиболее неблагоприятного местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности.

По расчетной схеме необходимо установить направления возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания, определить величину проекций всех сил на направление перемещения и составить уравнения сил и моментов:

$$\begin{aligned}\Sigma x &= 0; \Sigma Mx = 0 \\ \Sigma y &= 0; \Sigma My = 0 \\ \Sigma z &= 0; \Sigma Mz = 0\end{aligned}$$

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путем введения коэффициента надежности (запаса) закрепления K и умножения на него сил и моментов, входящих в составленные уравнения статики.

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

K_0 – гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках;

$K_1 = 1,2$ – для черновой обработки;

$K_1 = 1,0$ – для чистовой обработки;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента (табл. 10);

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, $K_3 = 1,2$;

K_4 – учитывает непостоянство зажимного усилия;

$K_4 = 1,3$ – для ручных зажимов;

$K_4 = 1,0$ – для пневматических и гидравлических зажимов;

K_5 – учитывает степень удобства расположения рукояток в ручных зажимах;

- $K_5 = 1,2$ – при диапазоне угла отклонения рукоятки 90° ;

- $K_5 = 1,0$ – при удобном расположении и малой длине рукоятки;

K_6 – учитывает неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами, имеющими большую опорную поверхность (учитывается только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку);

- $K_6 = 1,0$ – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой;

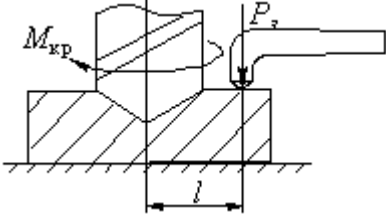
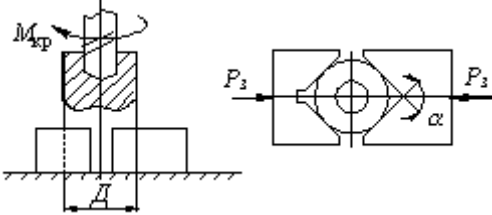
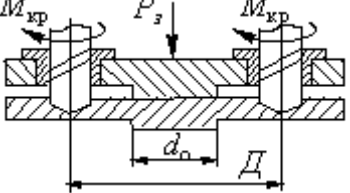
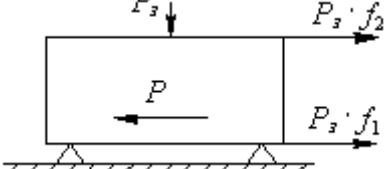
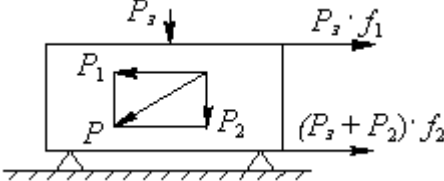
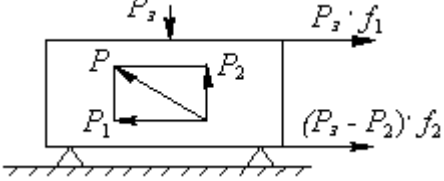
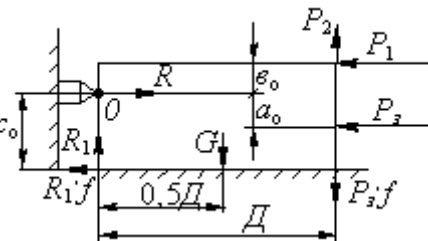
- $K_6 = 1,5$ – для опорного элемента с большой площадью контакта.

Величина K может колебаться в пределах $1,5 \dots 8,0$. Если $K < 2,5$, то при расчете надежности закрепления ее следует принять равной $K = 2,5$ (согласно ГОСТ 12.2.029-77).

Ниже приведены схемы для определения силы зажима P_3 заготовок для различных видов механической обработки.

Схемы для определения зажимного усилия P_3

Таблица 11

	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{f_1 \cdot l}$
	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f_1 \cdot D}$
	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{3} f_1 \cdot \left(\frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} \right)}$
	$P_3 = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}$
	$P_3 = \frac{K \cdot (P_1 - P_2 f_2)}{f_1 + f_2}$
	$P_3 = \frac{K \cdot (P_1 + P_2 f_2)}{f_1 + f_2}$
	$P_3 = \frac{K \cdot [P_2 (f_1 \cdot l_0 + D) + P_1 \varepsilon_0]}{f_1 + f_2} - \frac{G (f_1 \cdot c_0 + 0,5 D)}{f_1 + f_2}$

		$P_3 = \frac{K}{f_1 \cdot n_1} \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$
		$P_3 = \left(\frac{K}{f_1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}$
0		$P_3 = \frac{2K \cdot M_{sp}}{n_1 \cdot D \cdot f_1}$
1		$P_3 = \frac{K \cdot P_1 \cdot l_0}{0,75 \cdot D \cdot f_1}$
2		$P_3 = \frac{K \cdot P_1 \cdot l_0}{1,42 \cdot D \cdot f_1}$
3		$P_3 = \frac{2K \cdot M \cdot \sin \alpha_1}{d_0 \cdot f_1}$
4		$P_3 = \frac{K \cdot M}{\pi \cdot d_0 \cdot f_1 \cdot n_1}$
5		$P_3 = \frac{2K \cdot M}{3f_1 \cdot D}$
6		$P_3 = \frac{2K \cdot M}{3f_1 \cdot D} + \frac{K \cdot P_2}{3f_1}$

7		$P_z = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot D}{2} + \frac{f_2 \cdot D}{2 \sin \alpha / 2}}$
8		$P_z = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot D}{2} + \frac{f_2 \cdot D}{2 \sin \alpha / 2}} + \frac{K \cdot P_2}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha / 2}}$
9		$P_z = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot D}{2} + \frac{f_2 \cdot D}{2 \sin \alpha / 2}}$
0		$P_z = K \sqrt{\frac{P_1 + \left(P_2 - \frac{P_3 \cdot D}{2l_0} \right)^2 \times}{1 - \frac{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot 3x/y}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_1)}}}$
1		$P_z = K \frac{\pm P_1 \cdot e_0 \pm P_2 \cdot l}{l_1}$
2		$P_z = P_1 + P_2 = 0,375 \frac{E_0 \cdot D_3^3 \cdot s \cdot n_1 \cdot \delta}{\times} \times \left(0,0174 \frac{\alpha_2}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 - 229,88 \frac{\sin^2 \alpha_2}{\alpha_2} \right) + \frac{1}{\delta} \sqrt{\frac{4M^2}{D_3^2} + KR^2}$ $E_0 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2$
3		$P_z = \frac{12K \cdot M}{\pi \cdot f_1 \cdot (D_m^3 - d_0^3)}$

Определение направления действия сил и моментов резания при механической обработке деталей

При обработке заготовки на нее действуют силы резания. Их величина, направление и место приложения могут изменяться в процессе обработки одной поверхности, влияя на положение заготовки в приспособлении.

Кроме сил резания на заготовку действуют объемные силы (силы тяжести, центробежные, инерционные) и второстепенные.

Сила тяжести заготовки учитывается при установке на вертикальные или наклонные поверхности установочных элементов.

Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения.

Инерционные силы имеют значение, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большим угловым ускорением.

К второстепенным силам относятся силы, возникающие при отводе режущего инструмента (сверла, метчика, зенкера).

Приспособление для обработки заготовок является звеном системы СПИД. От точности его изготовления и установки на станке, износостойкости установочных элементов и жесткости зависит точность обработки заготовок.

Требуемую точность приспособления можно определить решением размерной цепи системы: заготовка – приспособление – станок – инструмент. При этом выявляется роль приспособления в достижении заданной точности выполняемого на заготовке размера, то есть замыкающего звена размерной цепи. Для этого производят деление допуска, ограничивающего отклонения от выполняемого размера, на части, одна из которых выделяется для приспособления. Однако специальные приспособления проектируются чаще всего до запуска новых изделий в производстве, когда нет возможности уточнения целого ряда вопросов: обрабатываемости примененных в изделии материалов, вида используемого оборудования и т.д. Поэтому параметры точности приспособлений чаще всего определяются по справочникам.

Цель расчета на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному параметру и заданий допусков размеров деталей и элементов приспособления.

Расчеты включают следующие этапы:

- выбор одного или нескольких параметров приспособления, которые оказывают влияние на положение и точность обработки заготовки;
- принятие порядка расчета и выбор расчетных факторов;
- определение требуемой точности изготовления приспособления по выбранным параметрам;
- распределение допусков изготовления приспособления на допуски размеров деталей, являющихся звеньями размерных цепей;
- внесение в ТУ сборочного чертежа приспособления пункта об обеспечении точности приспособления.

Выбор расчетных параметров осуществляется в результате анализа принятых схем базирования и закрепления заготовки и приспособления, а также точности обеспечиваемых обработкой размеров.

Приспособление рассчитывается на точность по одному параметру в случае, если при обработке заготовки размеры выполняются в одном направлении; по нескольким параметрам, если на заготовке выполняются размеры в нескольких направлениях.

Направление расчетного параметра приспособления должно совпадать с направлением выполняемого размера при обработке заготовки. При получении на обрабатываемой заготовке размеров в нескольких направлениях приспособление можно рассчитывать только по одному параметру в направлении наиболее точного по допуску и наиболее ответственного по чертежу.

В зависимости от конкретных условий в качестве расчетных параметров приспособления могут выступать:

- допуск параллельности и перпендикулярности рабочей поверхности установочных элементов к поверхности корпуса приспособления, контактирующей со станком;
- допуск угловых и линейных размеров;
- допуск соосности (эксцентриситет);
- допуск перпендикулярности осей цилиндрических поверхностей и т.д.

При расчете кондукторов для сверления заготовок в виде плит, корпусов, кронштейнов с заданием расстояния от боковых поверхностей до отверстий и между отверстиями за расчетные параметры можно принимать:

- допуск расположения втулок относительно установочных поверхностей приспособления;
- допуск межцентровых расстояний между кондукторами и втулками;
- допуск перпендикулярности или параллельности осей втулок относительно рабочей поверхности установочных элементов и опорной поверхности корпуса приспособления.

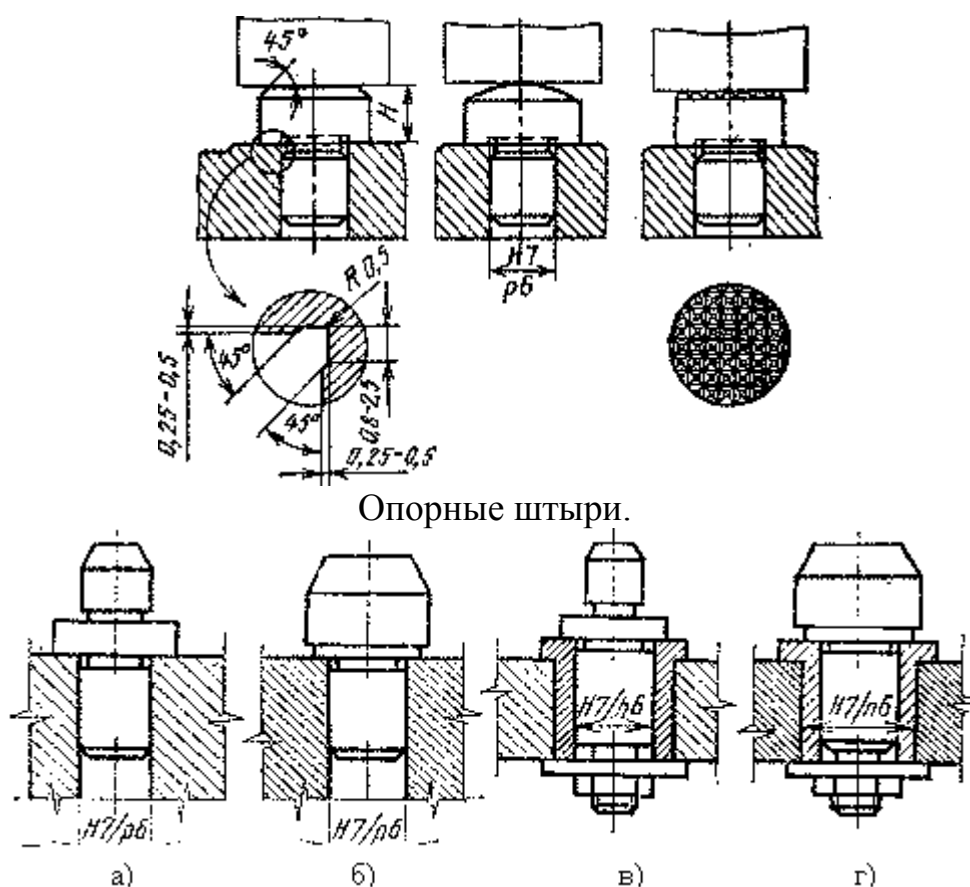
Унификация и стандартизация деталей приспособлений.

Унификация в процессе конструирования изделия — это многократное применение в конструкции одних и тех же деталей, узлов, форм поверхностей. Унификация в технологическом процессе — это сокращение номенклатуры используемого при изготовлении изделия инструмента и оборудования (например, все отверстия одного или ограниченного значений диаметров, всё обрабатывается только на токарном станке, применение одной марки материала).

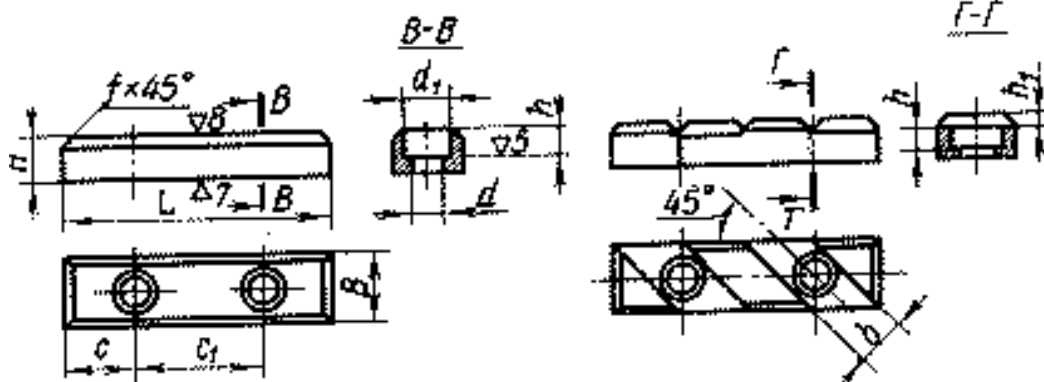
Унификация позволяет повысить серийность операций и выпуска изделий и, как следствие, удешевить производство, сократить время на его подготовку. С другой стороны, унификация ведет к увеличению габаритов, массы, снижению КПД и т. п. вследствие не всегда оптимальных значений используемых параметров и изделий. Поэтому целесообразность повышения степени унификации должна подтверждаться, например, на основе сравнения разных вариантов технических решений и соответствующего им соотношения затрат и выгод.

Унификация в опорных элементах приспособлений. Опорные элементы имеют разнообразную конструкцию, которая зависит от формы базы и числа лишаемых степеней свободы. Они разделяются на основные и вспомогательные опоры. Кроме того, опоры бывают неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемыми.

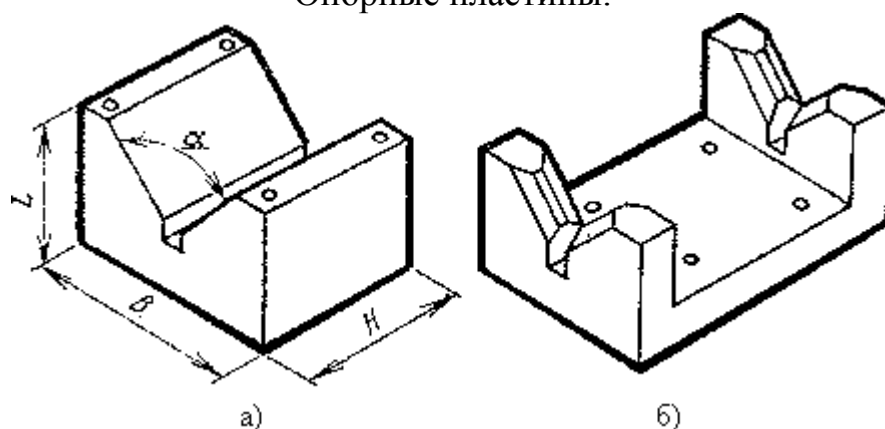
Основные опорные элементы характеризуются тем, что каждый из них реализует одну или несколько опорных точек для базирования заготовки. Будучи соответствующим образом размещенными в приспособлении, они образуют необходимую при выбранном способе базирования совокупность опорных точек. К основным опорам относятся: опорные штыри, пальцы, пластины, центры, призмы (ГОСТ 12193-12197, 12209-12216, 13440-13442, 4743), представленные на рис. 21 – 25.



Элементы для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям: а, б, в, г – пальцы постоянные соответственно с буртом, без бурта и сменные с буртом и без бурта.

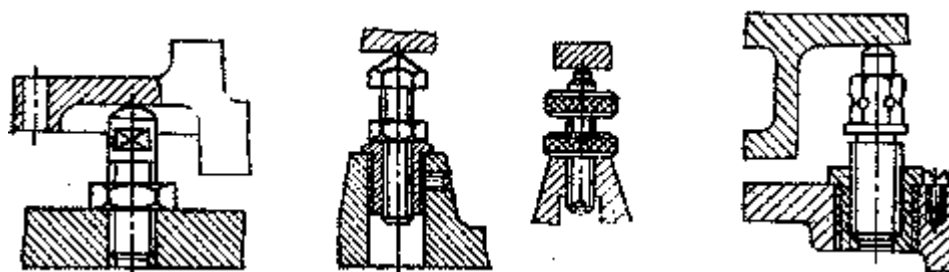


Опорные пластины.



Элементы для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям: а, б – призмы широкая и узкая сдвоенная.

Вспомогательные опорные элементы отличаются тем, что они подводятся к заготовке после того, как она получила необходимое базирование с помощью основных элементов. Такие опоры используются для увеличения числа точек контакта заготовки с приспособлением с целью повышения жесткости системы. К вспомогательным опорам относятся регулируемые и плавающие одиночные опоры, люнеты (ГОСТ 4084-4086, 4740).



Регулируемые винтовые опоры.

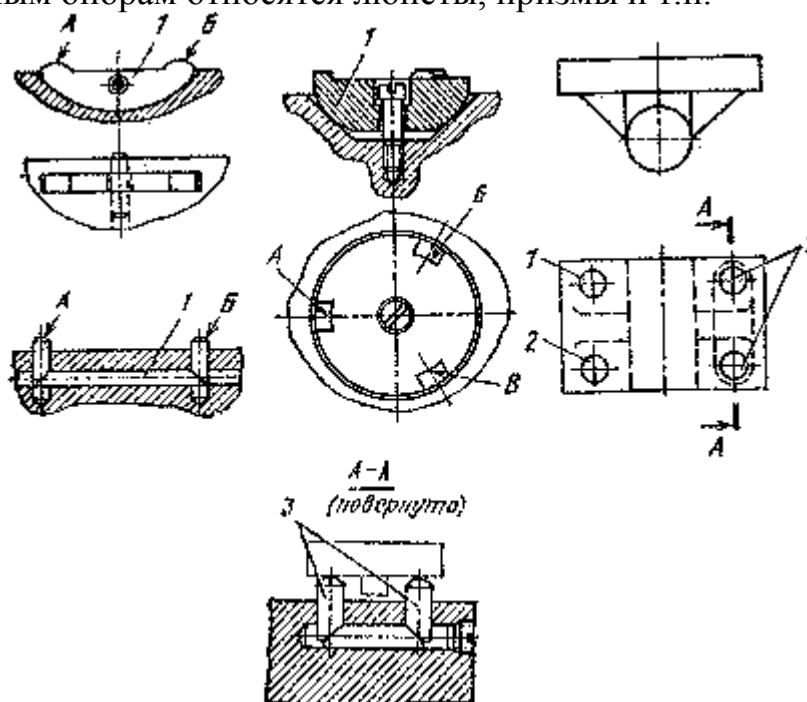
Неподвижные опоры используют только в качестве основных. К ним относятся опорные штыри, пластины, призмы, центры.

Регулируемые опоры применяются в качестве основных и вспомогательных опор. Как основные они служат для установки заготовок

необработанными поверхностями при больших изменениях припуска на механическую обработку, а также при выверке заготовок по разметочным рискам.

Плавающие опоры обычно применяют в качестве вспомогательных, но если заготовка имеет сложную форму и установить ее только на постоянные опоры трудно, то плавающие опоры можно применять в качестве основных.

К подвижным опорам относятся люнеты, призмы и т.п.



Сблокированные и плавающие опоры.

3. Основы базирование заготовок.

Каждое приспособление должно обеспечивать выполнение всех функций, обусловленных операциями. Среди них главной является базирование заготовки, то есть придание ей требуемого положения в приспособлении. После базирования заготовку необходимо закрепить, чтобы она сохранила при обработке неподвижность относительно приспособления.

Базирование и закрепление – это два разных элемента установки заготовки. Они выполняются последовательно. Базирование нельзя заменить закреплением. Если из шести опорных точек отсутствует одна или несколько, то у заготовки остается одна или несколько степеней свободы. Это значит, что в направлении отсутствующих опорных точек положение заготовки не определено и заменить отсутствующие опорные точки закреплением с целью базирования нельзя. В табл. 13 приведены

схемы базирования заготовок для различных случаев механической обработки.

Схемы базирования и закрепления заготовок

Таблица 13

В табл. 14 показано графическое обозначение опор в технологической документации согласно ГОСТ 3.1107-81.

При установке заготовки на опорные элементы необходимо правильно выбрать форму рабочей поверхности опоры в зависимости от вида базовой плоскости заготовки и метода ее обработки.

Графическое обозначение опор

Таблица 14

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	Спереди, сзади	Сверху	Снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			
4. Регулируемая			

Для выполнения базирования заготовки плоской базой в приспособлении необходимо иметь три опорные точки, расположенные в одной заданной плоскости, но не на одной прямой. Это достигается с помощью различных сочетаний основных опорных элементов: трех опорных штырей, двух опорных пластин, плоскостью опорного элемента.

Базирование с помощью трех опорных штырей применяется в основном, когда плоская главная база заготовки не обработана. В данном случае используют штыри с насеченной и сферической головками. Для установки заготовок с обработанными базами используют штыри с плоской головкой.

Базирование с помощью двух опорных пластин – наиболее распространенный способ ориентирования заготовок с обработанными базами. Две опорные пластины реализуют три опорные точки, поэтому базирование на две пластины полностью отвечает требованиям теоретической механики.

Базирование на плоскость опорного элемента используется только для ориентирования чисто и точно обработанных баз. Примером такого базирования является установка заготовок на плоскость магнитной плиты.

Для базирования заготовок, имеющих основную базу в виде обработанной цилиндрической поверхности, используют широкие опорные призмы, самоцентрирующие патроны, оправки, центры, цанги, гидропластные патроны, конуса.

Для базирования необработанных цилиндрических баз используют узкие призмы, трехкулачковые патроны.

В табл.1.4 приведено графическое обозначение основных форм рабочей поверхности опорных элементов.

Обозначение установочных устройств

Таблица 16

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
Центр неподвижный		без обознач.	Без обознач.
Центр вращающийся		— * —	— * —
Центр плавающий		— * —	— * —
Оправка цилиндрическая			
Оправка шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			
Патрон 3-х кулачковый			
Оправка цанговая			

4. Проектирование приспособления.

Разработку общего вида приспособления начинают с нанесения на лист контуров заготовки. В зависимости от сложности приспособления вычерчивают несколько проекций заготовки. Последнюю целесообразно показывать условными линиями (тонкими, штрих-пунктирными или цветными).

Разработку общего вида ведут методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контуров заготовки. Сначала вычерчивают установочные детали, затем зажимные устройства, детали для направления инструмента и вспомогательные устройства. Более этого вычерчивают корпус приспособления, который объединяет все перечисленные выше элементы.

На общем виде указывают габаритные размеры приспособления и размеры, которые нужно выдержать при его сборке и отладке, дается нумерация деталей.

В графической части чертеж, кроме изображения общего вида приспособления с размерами и предельными отклонениями, может содержать текстовую часть, состоящую из технических требований и технической характеристики. Текстовую часть включают в чертеж в тех случаях, когда содержащееся в этих данных невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

В надписях не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текст на поле чертежа располагают параллельно основной надписи (угловому штампу) и над ней, а при недостатке места - левее. Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т.п.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе близкие по характеру требования в следующей последовательности:

- требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термообработке
- размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;
- требования к качеству поверхности, указания об их отделке, покрытии;
- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- требования, предъявляемые к настройке и регулировке приспособления;
- другие требования к качеству приспособления, например: бесшумность, виброустойчивость и т.д.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки. Заголовок "Технические требования" не пишут.

Если на чертеже необходимо привести техническую характеристику приспособления, то размещают отдельно от технических требований с самостоятельной нумерацией пунктов на свободном поле чертежа над техническими требованиями. При этом над техническими характеристиками ставится заголовок "Техническая характеристика", а над техническими требованиями помещают заголовок "Технические требования". Оба заголовка не подчеркивают. К технической характеристике относятся сведения о приводе, силе зажима, производительности и т.д.

Вспомогательные элементы и устройства приспособлений

Поворотные и делительные устройства

Эти устройства применяют в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно инструмента.

Делительное устройство состоит из диска, закрепляемого на поворотной части приспособления, и фиксатора.

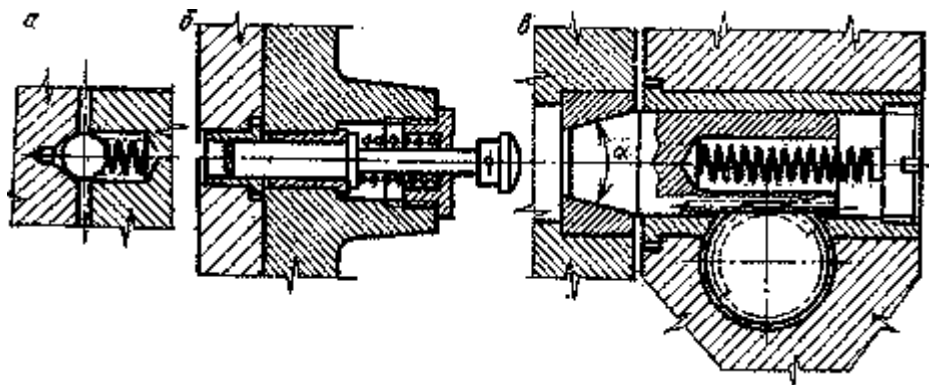
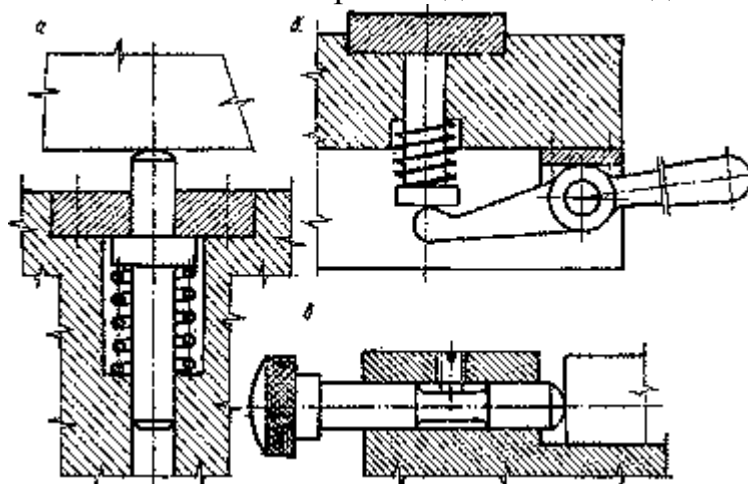


Рис. 27. Фиксаторы: *а*- шариковый; *б, в* – с вытяжными цилиндрическим и коническим пальцами соответственно кнопочного и реечного типа.

Шариковый фиксатор (рис. 27 *а*) наиболее прост в изготовлении, но не обеспечивает точное деление и не воспринимает момент сил обработки.

Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем (рис. 27 *б*) может воспринимать момент сил обработки, но не обеспечивает высокую точность деления из-за наличия зазора в подвижных соединениях.



Выталкиватели: *а* – пружинный; *б* – рычажный; *в* – кнопочный.

Здесь суммарная погрешность (шага, получаемая при делении и переносимая на обрабатываемую деталь зависит от допуска δ_1 на расстояние между осями двух соседних фиксирующих втулок, от зазоров S_1 и S_2 и возможного эксцентриситета (втулок

$$\varepsilon = S_1 + S_2 + \delta_1 + e$$

где: $\delta_1 \leq 0,003$ мм; S_1 и $S_2 \leq 0,015$ мм.

Фиксатор с конической частью вытяжного пальца обеспечивает большую точность, так как $S_1=0$ (рис. 4.1 *в*).

Поворотные устройства выполняют механическими, пневмомеханическими, гидравлическими, пневмогидравлическими.

Выталкиватели ручного и автоматического типа применяют для быстрого удаления небольших деталей из приспособлений. Выталкиватели повышают производительность и создают удобство в работе.

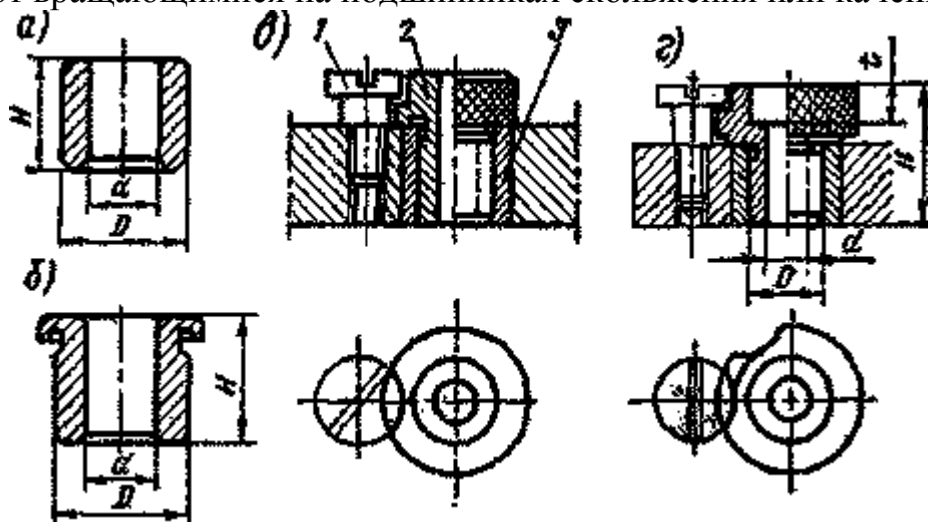
Устройства для координирования и направления инструмента

Для выполнения отдельных операций механической обработки жесткость режущего инструмента бывает недостаточной. Для устранения упругих отжатию инструмента и придания ему определенного положения в процессе обработки относительно заготовки применяют направляющие детали: кондукторные и направляющие втулки и копиры.

Втулки, в которых режущий инструмент направляется ее рабочей частью, называют *кондукторными*.

Они применяются при обработке отверстий стандартными сверлами, зенкерами и развертками. Поэтому отверстия в кондукторных втулках изготавливаются в системе вала по подвижной посадке. Оснащенные кондукторными втулками приспособления для обработки отверстий на станках сверлильной группы называют *кондукторами*

Направляющие втулки отличаются от кондукторных тем, что в них режущий инструмент направляется своей специально предусмотренной направляющей частью. Инструмент может иметь одну, либо две направляющие части (переднюю и заднюю). Так оформляются специальные зенкеры и развертки. Обычно направляющие втулки выполняют вращающимися на подшипниках скольжения или качения.



a – постоянная без бурта; *б* – постоянная с буртом; *в* – сменная; *г* – быстросменная.

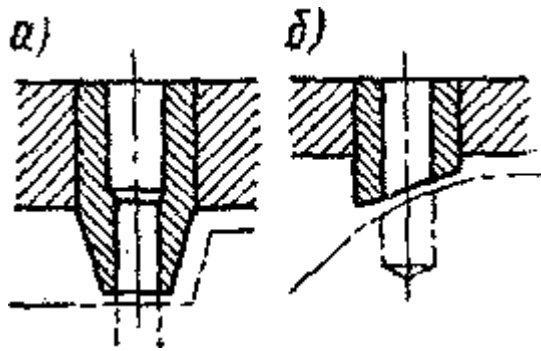
Стандартные кондукторные втулки:

Постоянные втулки (рис. 29 а, б) применяются в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстий одним инструментом.

Сменные втулки (рис. 29 в, г) применяют в приспособлениях для массового и крупносерийного производства.

Втулки изготавливают из стали У10А, У12А, 9ХС, сталь 20, сталь 20Х.

Специальные втулки:



a – на уступе; *б* – на криволинейной поверхности.

Специальные кондукторные втулки для сверления:

Накладные сверлильные кондуктора ориентируются по базовому отверстию или контуру обрабатываемой заготовки.

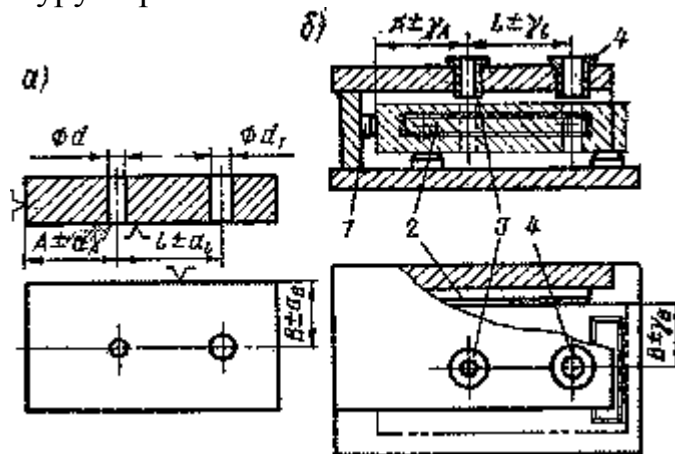
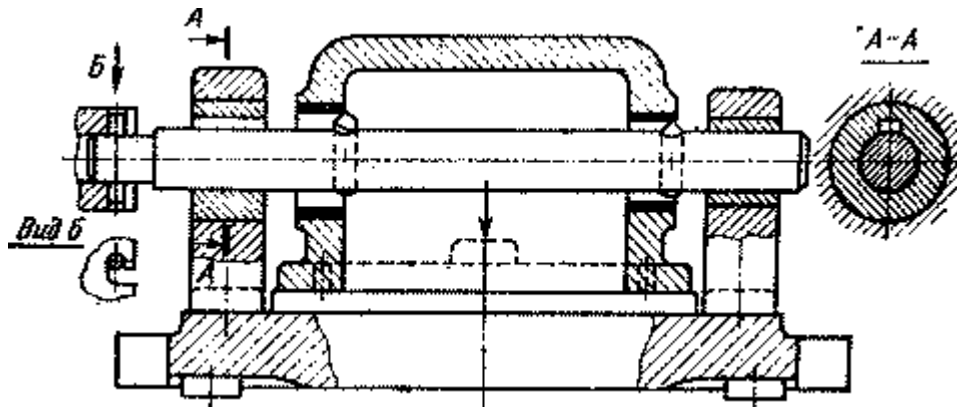


Схема простановки размеров и допусков на сборочном чертеже кондуктора.

На практике допуски δ_2 на расстояние между осями двух втулок или назначают в 2 – 3 раза меньшими соответствующих допусков δ_1 на чертеже детали, или выбирают, пользуясь следующими рекомендациями:

- в кондукторах для обработки проходных отверстий под болты и неточных отверстий под резьбу допуски δ_2 берут в пределах от $\pm 0,05$ до $\pm 0,1$ мм;
- в кондукторах, где требуется обработка отверстий высокой точности, например под подшипники валов, а также для обработки отверстий многошпиндельными головками, допуски δ_1 уменьшают до $\pm 0,02$ мм.



Направляющая втулка для борштанги (схема расточного приспособления).

На внутренней поверхности втулки имеется шпоночный паз для принудительного вращения втулки. Для облегчения попадания шпонки борштанги в паз втулки ее выполняют со скошенными краями.

Копиры применяются при обработке фасонных и сложнопрофильных поверхностей. Роль копиров – направлять режущий инструмент для получения заданной траектории его движения относительно заготовки. Обработку с копирами производят на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках.

Корпусы приспособлений

Корпус является базовой деталью, объединяющей все элементы приспособления. На корпусе монтируют установочные элементы, зажимные устройства, детали для направления инструмента, а также вспомогательные детали и механизмы. Корпус воспринимает силы обработки и закрепления заготовки.

Требования, предъявляемые к корпусам приспособлений:

- корпус должен быть жестким и прочным при минимальной массе;
- удобным для очистки от стружки и отвода СОЖ;
- обеспечивать быструю и удобную установку и съем заготовок;
- обеспечивать установку и закрепление приспособления на станке без выверки (для этого предусматривают направляющие элементы - пазовые шпонки и центрирующие бурты);
 - прост в изготовлении, обеспечивать безопасность работы (недопустимы острые углы, малые просветы между рукоятками и корпусом);
 - корпуса передвижных или кантуемых приспособлений для сверления должны быть устойчивыми при разных положениях на столе станка, также корпуса выполняют с литыми или вставными ножками, ограничивающими контакт со столом станка.

Корпус на столе станка крепят с помощью болтов, заводимых в Т-образные пазы стола, или при помощи прихватов.

Для изготовления корпусов применяют серый чугун СЧ12 или сталь Ст. 3. В отдельных случаях (для корпусов поворотных приспособлений) – легкие сплавы на алюминиевой основе.

Корпусы приспособлений изготавливают литьем, сваркой, ковкой, резкой, сборкой из нормализованных узлов.

Литьем выполняют преимущественно корпусы сложной конфигурации (сроки их изготовления длительны).

Сваркой также можно получить корпусы сложной конфигурации, но сроки изготовления здесь ниже.

Ковкой и резкой сортового проката получают корпусы простых конфигураций и небольших размеров.

В корпусах сборного типа объем механической обработки несколько возрастает, а жесткость снижается.

Корпусы станочных приспособлений с небольшими силами резания можно выполнять из эпоксидных смол литьем в разовые формы из гипса, картона, пластилина.

Выбор варианта изготовления корпуса определяется условиями эксплуатации приспособления, сроками, себестоимостью и технологией изготовления.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируется технологическая оснастка по целевому назначению?

2. На какие группы делятся станочные приспособления по степени специализации?

3. Какие силы действуют на заготовку во время ее обработки?

4. Как классифицируются опорные элементы?

5. Графическое обозначение опор, установочных устройств и основной формы рабочей поверхности опорных элементов.

ЛЕКЦИЯ №20

ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.

- 1.Обработка деталей типа тел вращения.
- 2.Приспособление и инструмент применяемые для заготовок на токарном станке обработки.
- 3.Выбор режимов резания при точении.
- 4.Технологическая точность при точении.
- 5.Сверление, зенкерования, развертывания. .Выбор станков.
- 6.Расчет режимов резания при сверлении

1.Обработка деталей типа тел вращения.

Точение является основным способом обработки поверхностей тел вращения.

Процесс резания осуществляется на токарных станках при вращении обрабатываемой заготовки (главное движение) и перемещении резца (движение подачи).

Токарные станки составляют наиболее многочисленную группу металлорежущих станков и являются весьма разнообразными по размерам и по типам.

Основными размерными характеристиками токарных станков являются: наибольший допустимый диаметр обрабатываемой детали над станиной; более часто этот размер выражают высотой центров над станиной, что характеризует наибольший допустимый радиус (полудиаметр) обрабатываемой детали над станиной; расстояние между центрами, т. е. расстояние, равное наибольшей длине детали, которая может быть установлена на данном станке при смещении задней бабки в крайнее правое положение (без свешивания) при выдвинутой до отказа пиноли.

Все токарные станки по высоте центров могут быть разделены на три группы:

- 1) мелкие станки — с высотой центров до 150 мм;
- 2) средние станки — с высотой центров 150 — 300 мм;
- 3) крупные станки — с высотой центров свыше 300 мм.

Мелкие станки имеют расстояние между центрами не свыше 750 мм, средние — 750, 1000 и 1500 мм, крупные — от 1500 мм и выше.

Наибольшее распространение на машиностроительных заводах имеют средние токарные станки.

По типам различают: Токарно-винторезные станки, предназначенные для выполнения всех основных токарных работ, включая нарезание резьб

резцом при помощи ходового винта; эти станки имеют самое широкое распространение.

Токарные станки, не имеющие ходового винта, применяемые для выполнения разнообразных токарных работ, за исключением нарезания резьбы резцом.

К станкам токарной группы относятся также лобовые и карусельные станки.

Лобовые станки, снабженные планшайбой большого диаметра (до 2 м и более), служат для обтачивания крупных деталей малой длины - шкивов, маховиков, больших колец и т. д.

Карусельные станки имеют вертикальную ось вращения и, следовательно, горизонтальную поверхность планшайбы (стола). Применяются они для обработки деталей большого диаметра и малой длины. Строят их с диаметром стола до 25 м. При обработке больших партий деталей, которые по конструкции допускают одновременную обработку несколькими резцами, применяют так называемые многорезцовые токарные станки.

При изготовлении больших партий деталей, имеющих в большинстве случаев осевые отверстия, токарная обработка производится обычно на револьверных станках.

В условиях крупносерийного и массового производства револьверные станки вытесняются более производительными токарными автоматами и полуавтоматами.

Кроме того, в машиностроении применяют различные специальные токарные станки, предназначенные для обработки какого-нибудь определенного рода деталей — коленчатых валов, прокатных валиков, паровозных и вагонных осей, бандажей и колес, кулачковых валиков и т. д.

Токарные станки каждого типа в зависимости от размеров обрабатываемых деталей и особенностей конструкции отдельных узлов и элементов различаются по моделям. Каждой модели станка присвоен определенный шифр, например 1616, 1А62, 1К62 и т. п.

В настоящее время отечественные станкостроительные заводы выпускают большое количество различных токарно-винторезных станков.

Основные виды работ выполняемые на токарном станке следующие:

Обтачивание гладких цилиндрических поверхностей .Существует две последовательные стадии обработки гладких цилиндрических поверхностей. Первоначально осуществляют черновое обтачивание (или обдирку), в результате которого срезают лишний слой материала. Для обдирки используют отогнутые режущие инструменты. Для чистовой обработки используют нормальные резцы, которые применяют при

точении с небольшой глубиной резания и малой подачей. С их помощью поверхность обрабатываемой детали становится чистой и гладкой.

Подрезание торцов и уступов. Обработка торцевых поверхностей и уступов на токарном станке осуществляется подрезными режущими инструментами. В большинстве случаев их используют для точения заготовок в центрах. В процессе подрезания вершина инструмента должна находиться на уровне центров для предупреждения появления необработанного выступа на середине сплошного торца. При обработке вершиной касаются заготовки, а затем отводят резец на себя. Для выбора глубины реза рабочий инструмент передвигают влево.

Вытачивание канавок Вытачивание канавок осуществляется с помощью прорезных инструментов. Кромка резца образует форму канавки. Из-за ломкости режущей кромки выбирают узкие инструменты. Канавки образуются за одно прохождение резца.

Протачивание канавок большой ширины осуществляется при помощи мерительного инструмента. Им намечают границы и после установки резца протачивают до нужной глубины, оставляя при этом несколько миллиметров для проведения чистовой обработки.

Обработка конусов Для вытачивания конусов используют специальные широкие инструменты. При обработке конусов детали, которая закреплена в патроне, устанавливают верхнюю часть суппорта на угол, который равен половине угла конуса при его вершине. Обработка детали сопровождается перемещением резца на верхних салазках суппорта. При вытачивании длинных и пологих конусов задний центр изменяют положение заднего центра и передвигают заднюю бабку на определенное расстояние.

Сверление и рассверливание отверстий. При помощи различных режущих инструментов выполняют обработку отверстий в деталях. При этом форма отверстий может быть ступенчатой, цилиндрической, сквозной и т.д. Деталь, подвергаемую обработке, устанавливают в шпинделе и придают ей вращательное движение. Резцы крепят в пиноли задней бабки и сообщают им движение подачи. Сверление отверстий в сплошном металле осуществляется при помощи спирального сверла, который устанавливают в трехкулачковом сверлильном патроне, находящемся в конической отверсти пиноли задней бабки. Сверление отверстий может быть предварительным и окончательным. В первом случае просверливают меньший диаметр и оставляют миллиметры припуска для окончательной обработки. Затем выполняют операцию рассверливания до нужного диаметра. Существует несколько способов обработки центровых отверстий:

1) Первоначально следует определить размеры и форму отверстия в соответствии с диаметром заготовки. Затем необходимо установить деталь в патрон и обработать торцы отогнутым резцом. После этого нужно

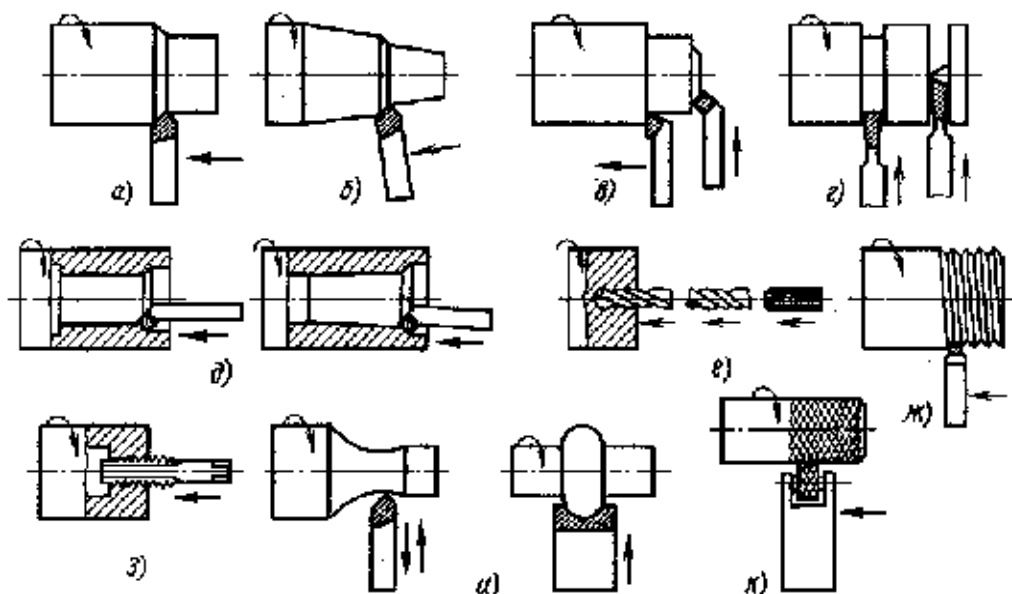
просверлить отверстие сверлом, который установлен в пиноли задней бабки, и зенкеровать его до нужного диаметра.

2) Следует предварительно определить форму и размеры центровочного отверстия и подрезать торцы обрабатываемой детали. Обрабатывать отверстие необходимо при помощи комбинированного центровочного сверла.

Растачивание отверстий. При необходимости увеличения диаметра отверстия в детали используют расточные резцы. Инструмент крепят на резцедержателе суппорта. Данный тип резцов должен иметь консольную часть, которая выступает на длину, большую, чем длина отверстия заготовки. Операцию растачивания выполняют для обработки отверстий с уступами, гладких цилиндрических отверстий, глухих цилиндрических отверстий, сквозных отверстий с уступами и др.

Фасонные поверхности обтачивают призматическими и дисковыми фасонными резцами или с применением механических, электрических или гидравлических копировальных устройств.

Нарезание резьбы резцом позволяет получать все типы резьб: метрическую, дюймовую, модульную и питчевую с любым профилем – треугольным, прямоугольным, трапециевидным, полукруглым и т. п. Производительность нарезания резьбы резцом невысока. Резьбовые резцы должны иметь профиль, соответствующий профилю впадин нарезаемой резьбы.



Основные виды токарных работ:

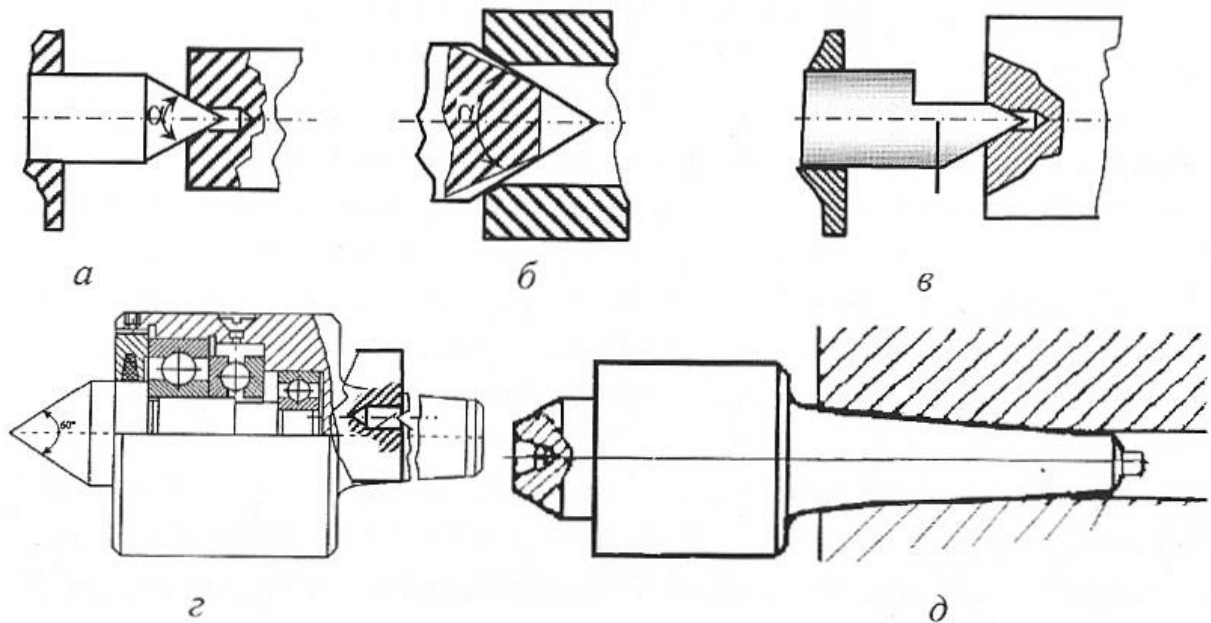
- а)- обработка наружных цилиндрических поверхностей, б) - обработка наружных конических поверхностей, в) - обработка торцов и уступов, г) - вытачивание пазов и канавок, отрезка заготовки, д) - обработка внутренних цилиндрических и конических поверхностей, е) -

сверление, зенкерование и развертывание отверстий, ж) - нарезание наружной резьбы, з) - нарезание внутренней резьбы, и) - обработка фасонных поверхностей, к) - накатывание рифлений.

Установка деталей в центрах.

При обработке заготовок длиной более трех диаметров, валов и некоторых других заготовок, имеющих базовые поверхности в виде центровых отверстий, в качестве установочных элементов используют центры, устанавливаемые в конические отверстия шпинделя пиноли передней и задней бабок. Неподвижные (рис. 40, *а-в*) и вращающиеся (рис. 40, *г, д*) центры устанавливают в задней бабке, а неподвижные в шпинделе. Для обычных работ конус переднего центра изготавливают с углом $\alpha=60^\circ$, для тяжелых работ $\alpha=90^\circ$. Для получения цилиндрической поверхности оси центров передней и задней бабок токарного станка должны совпадать. Центры изготавливают из инструментальной стали; твердость поверхности конуса HRC 55-58.

При обработке пустотелых деталей напроход используют рифленные центры (рис. 40, *б*), для подрезки торца - центры с выточкой (рис.40, *в*).



Конструктивные схемы различных центров: *а* - обыкновенный; *б* - рифленный; *в* - с выточкой, *г* - вращающийся для заготовок с центровыми углублениями; *д* - вращающийся для заготовок с коническими концами.

Для точной фиксации заготовок по торцу, в частности на станках с ЧПУ, используются «плавающие» (подпружиненные) центры.

При больших усилиях резания и высоких скоростях необходимо жесткое крепление заготовок. При этом обыкновенные центры быстро

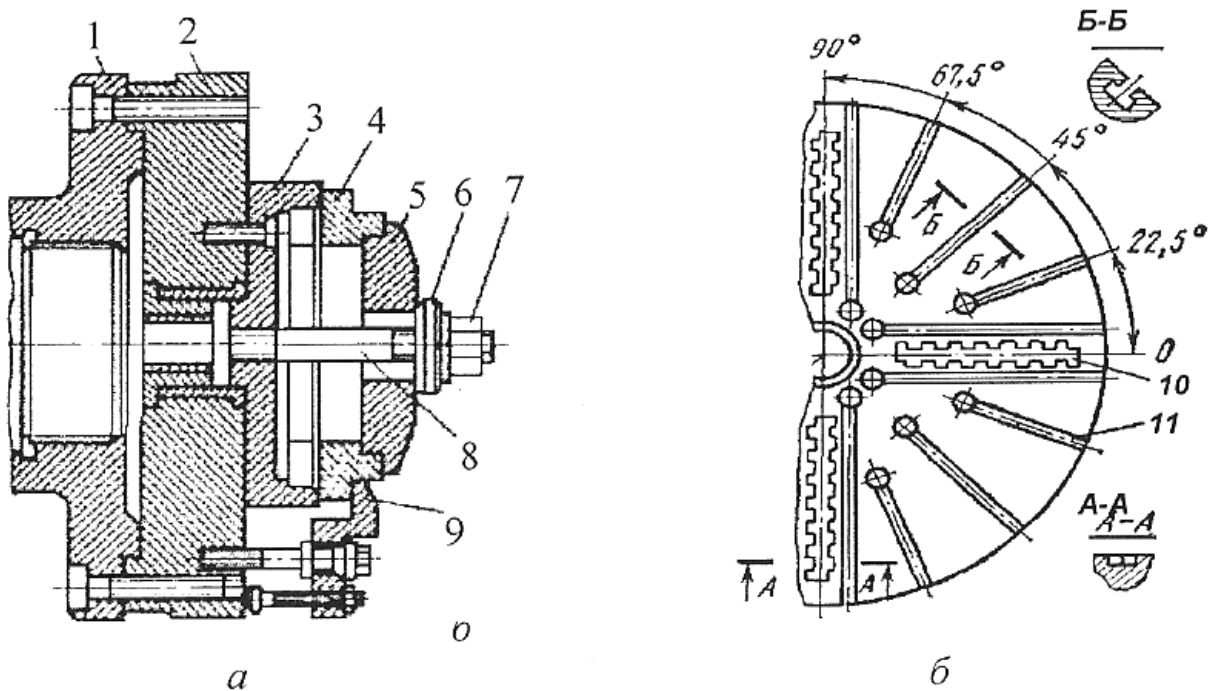
изнашиваются из-за больших сил трения между поверхностью вращающейся заготовки и неподвижной поверхностью центра.

Установка деталей на планшайбе.

В тех случаях, когда заготовки не могут быть установлены и закреплены в патронах, например, из-за своей неправильной геометрической формы, применяют планшайбы (рис. 41).

Планшайба представляет собой плоский диск 2, который крепится к фланцу 1, устанавливаемому на шпинделе станка. Рабочая поверхность планшайбы может быть выполнена с радиальными или концентрическими пазами. Поперечное сечение паза может быть фигурной или Т-образной формы. Т-образные пазы 11 (рис. 41, б) создают удобства при монтаже приспособлении: центрирующих устройств, кулачков, прижимных и опорных планок, прихватов, комплектов зажимных бортов, упоров, домкратов, подставок.

Обрабатываемые заготовки центрируют и закрепляют на планшайбе с помощью сменных наладок и прихватов. На рис. 41, а показано закрепление заготовки типа кольца 4, которую устанавливают на опорную втулку 3 и при обработке наружной поверхности закрепляют шайбами 5 и 6 и винтом 8 с гайкой 7, а при обработке внутренних поверхностей - прихватами 9.



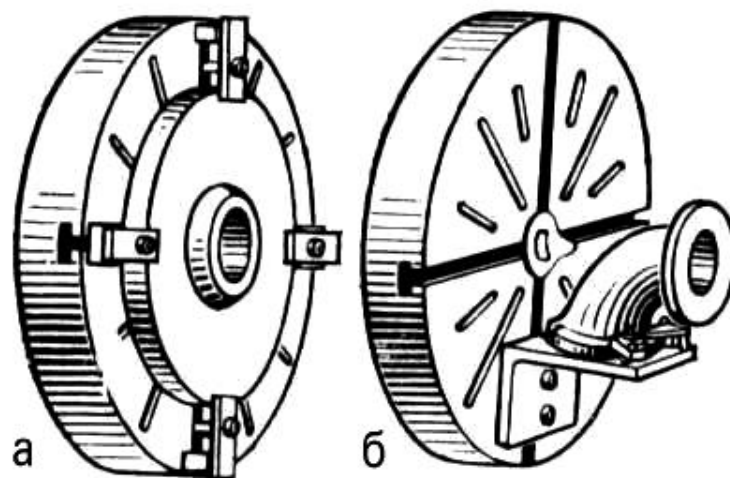
Конструкция планшайбы.

а – поперечное сечение; б – вид в плане.

Установку прямоугольной заготовки выполняют следующим образом. В Т-образных пазах планшайбы закрепляют с помощью крепежных болтов три кулачка с регулируемыми болтами. Предварительно сориентированную заготовку крепят прижимной планкой с помощью болтов. Устанавливают противовес и стопорят его упором, расположенным в Т-образном пазу планшайбы (масса противовеса и его расположение должны обеспечивать равномерное, без резкой остановки вращение планшайбы от рук при отключенном шпинделе). Затем окончательно выверяют заготовку индикатором часового типа и регулировочными болтами; окончательно закрепляют заготовку и приступают к обработке отверстия.

Для снятия заготовки освобождают прижимную планку и ослабляют только один регулировочный болт кулачка. Следующую заготовку устанавливают уже без выверки, зажав регулировочный болт кулачка и установив прижимную планку.

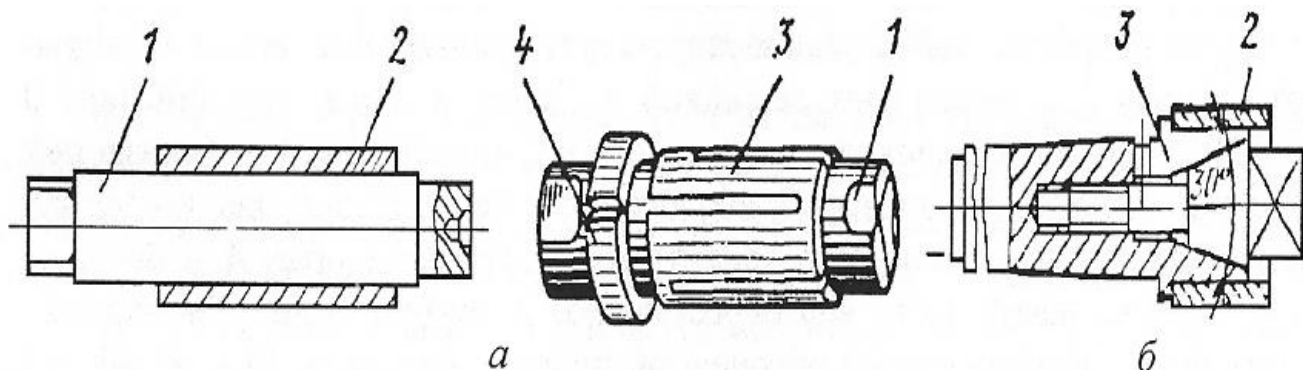
Точную выверку заготовки по оси центров (по горизонтали и вертикали) производят индикатором часового типа или рейсмасом. Затем уравнивают планшайбу противовесом, стопорят его упором и приступают к растачиванию отверстия в заготовке.



Крепления детали на планшайбе: а – при помощи прихватов, б – при помощи угольника:

Установка деталей на оправки.

Некоторые заготовки могут быть обработаны с установкой их в оправках. На рис. 43.а показаны цельная и разжимная центровые оправки.



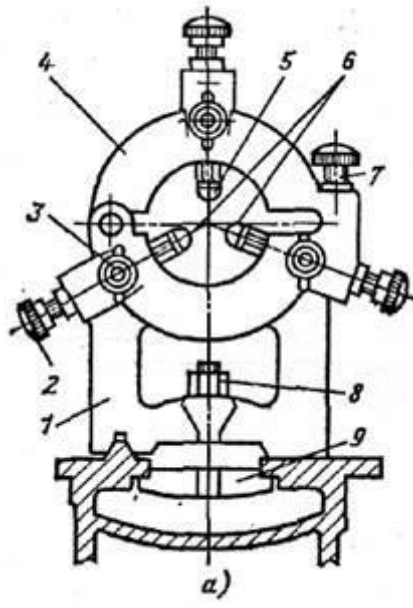
Оправка для установки заготовок с отверстием:
 а – центровые; б – шпиндельная; 1 – стержень; 2 – заготовка; 3 – разрезной элемент; 4 – гайка.

Установка деталей в люнетах.

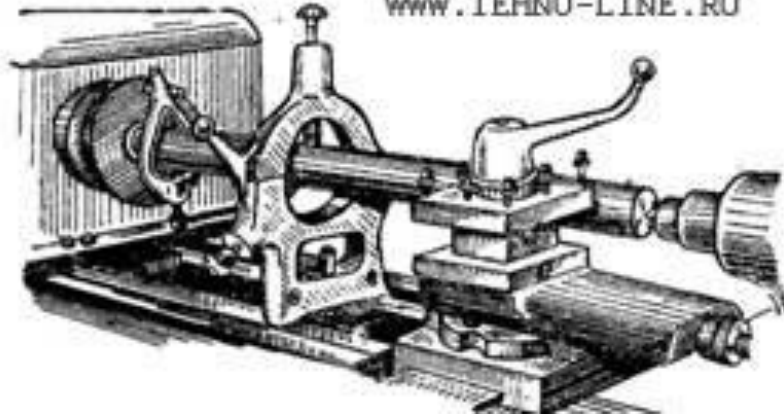
При обработке на токарных станках заготовок значительной длины и небольшого диаметра в качестве дополнительных опор применяют специальные приспособления - люнеты, позволяющие увеличивать жесткость обрабатываемых заготовок.

Люнеты бывают: подвижные и неподвижные обычной конструкции; модернизированные (с вращающейся втулкой, самоустанавливающейся муфтой); самоцентрирующие (с встроенными в кулачки шариковыми и роликовыми подшипниками) и др.

Неподвижные люнеты используют при обработке валов, длина которых $l > (10+12)d$, где d - диаметр вала. Перед установкой люнета заготовку крепят в центрах станка и протачивают шейку-под кулачки люнета на расстоянии равном $(0,5-0,5)l$ от передней бабки. Затем устанавливают люнет на направляющие станины станка следующим образом.



WWW.TEHO-LINE.RU



Неподвижный люнет

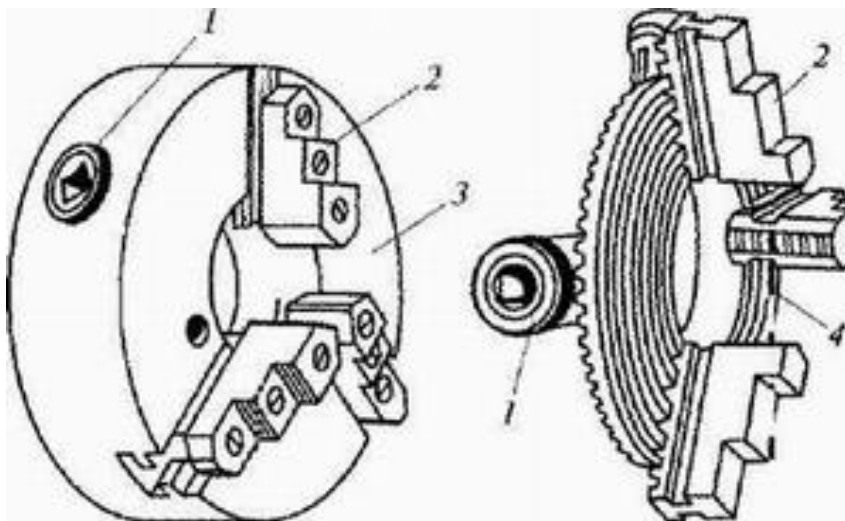
Состоит из чугунного корпуса 1, на котором болтом 7 крепится откидная крышка 4, что облегчает установку заготовки. Основание корпуса имеет форму соответствующую направляющим станины, на которых люнет закрепляется планкой 9 и болтом 8. В корпусе с помощью регулировочных болтов 2 и винтов 3 перемещаются два кулачка 6, а в крышке — один кулачок 5. Для закрепления кулачков в требуемом положении служат винты 3. Такое устройство позволяет устанавливать в люнет валы различных диаметров. Кулачки иногда заменяют роликами для уменьшения трения.

При нарезании резьбы на нежестких валах постоянного сечения. Предварительно выверяют (с высокой точностью) относительное положение центров, задней и передней бабок.

При обработке весьма длинных заготовок (торсионные валы, тяги, штоки и др.) применяют несколько люнетов (один - два неподвижных и один подвижный), устанавливаемых на определенном расстоянии.

Установка деталей в кулачковых патронах.

Для закрепления на токарных станках деталей небольшой длины используются универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны (рис. 45). В самоцентрирующем патроне кулачки перемещаются одновременно, благодаря чему устанавливаемая на кулачки внутренняя или наружная поверхность заготовки закрепляется соосно шпинделю. Кроме цилиндрических в таком патроне удобно устанавливать и другие заготовки, например, шестигранные.



Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:

а — общий вид; б — детали патрона, 1— коническое зубчатое колесо, 2 — кулачки, 3 — корпус, 4 — диск, с одной стороны которого спиральная нарезка, с другой — зубья..

При обработке широкой номенклатуры заготовок в единичном производстве заготовку устанавливают в трехкулачковый патрон без предварительной ее выверки в осевом направлении; необходимый размер по длине измеряют либо от торца детали, либо от торца корпуса патрона, в котором закреплена деталь.

При обработке партии деталей в условиях крупносерийного и массового производства для установки заготовок в осевом направлении используют расточенные кулачки, благодаря чему отпадает необходимость в измерении при установке следующей заготовки. Для обработки прутковых материалов применяют цанговые патроны.

В станках для крепления заготовок широко применяют пневматические, гидравлические, центробежные и другие патроны. В единичном производстве при обработке заготовок сложной формы применяют трехкулачковые патроны с индивидуальным и независимыми приводами. Для установки тонких дисков при обработке торцовых поверхностей применяют электромагнитные патроны и патроны с постоянными магнитами.

3.Методика расчета режимов резания при токарных работах

Наружное продольное точение

Подачи при черновой и чистовой обработке выбирать по таб.1; большие назначать при обработки малых диаметров, меньшие – при обработке больших диаметров. Поддачи заведомо снижены, учитывая недостаточную жесткость системы и высокую вероятность возникновения вибраций при резании. При чистовой обработке радиус при вершине резца выбирать не меньше 2 мм, вылет резца минимальный.

Таблица

14

Черновая обработка	Чистовая обработка
s=0.8 мм/об	s=0.30 мм/об (Ra=6.3)
s=0.6 мм/об	s=0.23 мм/об (Ra=3.2)
s=0.4 мм/об	s=0.11 мм/об (Ra=1.6)

При прерывистом точении снижать подачу на 25%. Подачу корректировать коэффициентом K_{fs} в зависимости от вылета

резца l (таблица 15) и коэффициентом $K_{\phi s}$ в зависимости от главного угла в плане (таблица 16).

Таблица 15

l:H до (l-вылет H-высота державки)	1.5	2	2.5	3
K_{ls}	1	0,7	0,5	0,4

Таблица 16

ϕ - главный угол в плане, град	45	60	75	90
$K_{\phi s}$	1	0,9	0,8	0,7

Максимальная глубина резания при черновой обработке – 3 мм, при чистовой – 1 мм.

После расчета скорости резания необходимо рассчитать частоту вращения шпинделя и сопоставить с паспортными характеристиками. Частоту вращения фактическую следует выбирать наиболее близкую по величине.

Частота вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}$$

Разница расчетной и фактической частоты вращения отражается на стойкости инструмента: если расчетная величина больше фактической, то стойкость резца увеличивается относительно расчетной, если меньше - уменьшается.

Растачивание

При растачивании скорости резания вычисляются аналогичным способом, как и при наружном продольном точении, но с учетом коэффициента $K_{\text{раст}}$ (таблица 24).

$$v_{\text{раст}} = v \cdot K_{\text{раст}}$$

Таблица 24

Диаметр растачиваемого отверстия в мм до	50	75	150	250	>250
$K_{\text{раст}}$	0,6	0,75	0,8	0,9	1,0

Прорезание пазов

Поперечные подачи выбираются по таблице 10. Скорости резания при прорезании пазов рассчитываются аналогично наружному точению, но с коэффициентами C_p , x , y , n согласно таблице 25.

Таблица 25

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
<20	3	0.07	0.12
20<D<40	3-4	0.11	0.17
40<D<60	4-5	0.14	0.22
60<D<100	5-8	0.20	0.28
100<D<150	6-10	0.22	0.35
D>150	10-15	0.31	0.47

Таблица 26

Материал обрабатываемый	C_p	x	y	n
Сталь $\sigma_{sp} = 750 \text{ МПа}$	408	0.72	0.8	0
Чугун серый 190 НВ (P18)	158	1.0	1.0	0
Алюминиевые сплавы (P18)	75	1.0	1.0	0
Медные сплавы (P18)	50	1.0	1.0	0

Отрезание

При отрезании подачи выбираются по таблице 26 в зависимости от ширины режущей части отрезного резца. Частота вращения шпинделя токарного станка назначается 80-100 об/мин, в целях безопасности.

Поперечное точение

При поперечном точении подачи назначать по таблице 1. Расчет проводить аналогично продольному точению

Глубину резания вычислять по формулам:
Для черновой обработки:

$$t_{\text{черн}} = \frac{2(D-d)}{4i_{\text{черн}} + 2i_{\text{получист}} + i_{\text{чист}}}$$

Для получистой обработки:

$$i_{\text{получист}} = \frac{t_{\text{черн}}}{2}$$

Для чистовой обработки:

$$i_{\text{чист}} = \frac{t_{\text{черн}}}{4}$$

D - наружный диаметр резьбы

d - внутренний диаметр резьбы

Длина нарезки резьбы по всей номенклатуре валов незначительна (до 50 мм). При больших скоростях резания скорость перемещения суппорта будет до 6 м/сек. Рекомендуется применять частоту вращения шпинделя при нарезании резьбы до 80 об/мин

Рекомендации к расчетам:

1. При черновой обработке не использовать частоты вращения шпинделя, превышающие значение 630 об/мин.
2. При чистовой обработке не использовать частоты вращения шпинделя, превышающие значение 900 об/мин.
3. При понижении скорости резания исходя из безопасности работ учесть понижение силы резания, что в результате повышает стойкость резца.
4. При чистовой обработке использовать инструмент с максимально возможным радиусом при вершине резца
5. При чистовой обработке обеспечить минимальный вылет резца при установке в резцедержателе
6. При введении в технологические процессы импортного инструмента пересчитать коэффициенты C_p , x , y , $K_{\text{инстр}}$.

Последовательность и пример расчета

При расчете режимов резания, последовательность вычисления рекомендуется следующая:

1. Выбор подачи на черновую обработку по таблице 14
2. Назначение глубины резания
3. Выбор геометрических характеристик инструмента, определение вылета резца l и назначение поправочных коэффициентов на подачу по таблицам 16 и 17
4. Выбор оборудования
5. Сверить значения назначенной подачи с паспортными характеристиками станка
6. Назначение расчетной стойкости резца
7. Выбор коэффициентов C_p , x , y , n в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и вида обработки

8. Расчет скорости резания с учетом всех поправочных коэффициентов
9. Пересчет скорости резания на частоту вращения шпинделя (в случае превышения частоты вращения значения 630 об/мин, назначить инструмент с понижающими поправочными коэффициентами или повысить расчетную стойкость резца)
10. Сверить расчетную частоту вращения с паспортными характеристиками станка и выбрать ближайшее значение
11. Выбор подачи на чистовую обработку по таблице 14
12. Сверить значения назначенной подачи с паспортными характеристиками станка
13. Назначение глубины резания
14. Выбор геометрических характеристик инструмента, определение вылета резца l и назначение поправочных коэффициентов на подачу по таблицам 16 и 17 (рекомендуется использовать инструмент с максимально возможным радиусом при вершине)
15. Расчет скорости резания с учетом всех поправочных коэффициентов
16. Пересчет скорости резания на частоту вращения шпинделя (в случае превышения частоты вращения значения 900 об/мин, назначить инструмент с понижающими поправочными коэффициентами или повысить расчетную стойкость резца)
17. Сверить расчетную частоту вращения с паспортными характеристиками станка и выбрать ближайшее значение

5.Сверление, зенкерования, развертывания. .Выбор станков.

Сверление является основным способом получения глухих и сквозных цилиндрических отверстий в сплошном материале заготовки.

В качестве инструмента при сверлении используется сверло, имеющее две главные режущие кромки.

Для сверления используются сверлильные и токарные станки.

На сверлильных станках сверло совершает вращательное (главное) движение и продольное (движение подачи) вдоль оси отверстия, заготовка неподвижна (рис51.а).

При работе на токарных станках вращательное (главное движение) совершает обрабатываемая деталь, а поступательное движение вдоль оси отверстия (движение подачи) совершает сверло (рис.51.б).

Диаметр просверленного отверстия можно увеличить сверлом большего диаметра. Такие операции называются *рассверливанием* (рис.51.в).

При сверлении обеспечиваются сравнительно невысокая точность и качество поверхности.

Для получения отверстий более высокой точности и чистоты поверхности после сверления на том же станке выполняются зенкерование и развертывание.

Сверление, зенкерование и развертывание применяют для получения круглых отверстий диаметром от 0,1 до 80 мм. Пользуясь сверлами специальных типов, можно изготовить отверстия диаметром до 200 мм. Сверление обеспечивает точность отверстия по 5 классу; чистоту обработки — V3 — V4.

В качестве инструмента при сверлении используется сверло, имеющее две главные режущие кромки. Режущие кромки сверла срезают тонкие слои металла с неподвижно укрепленной детали, образуя стружку, которая, скользя по спиральным канавкам сверла, выходит из обрабатываемого отверстия. Сверло является многолезвийным режущим инструментом. В резании участвуют не только два главных лезвия, но и лезвие перемычки, также два вспомогательных, находящихся на направляющих ленточках сверла, что очень усложняет процесс образования стружки. При рассмотрении схемы образования стружки при сверлении хорошо видно, что условия работы режущей кромки сверла в разных точках лезвия различны.

Для сверления используются сверлильные и токарные станки.

На сверлильных станках сверло совершает вращательное (главное) движение и продольное (движение подачи) вдоль оси отверстия, заготовка неподвижна. При работе на токарных станках вращательное (главное движение) совершает обрабатываемая деталь, а поступательное движение вдоль оси отверстия (движение подачи) совершает сверло.

Диаметр просверленного отверстия можно увеличить сверлом большего диаметра. Такие операции называются рассверливанием.

При сверлении обеспечиваются сравнительно невысокая точность и качество поверхности. Для получения отверстий более высокой точности и чистоты поверхности после сверления на том же станке выполняются зенкерование и развертывание.

Зенкерование – обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости. Многолезвийный режущим инструментом – зенкером, который имеет более жесткую рабочую часть, отсутствует! число зубьев не менее трех (рис.51.г).

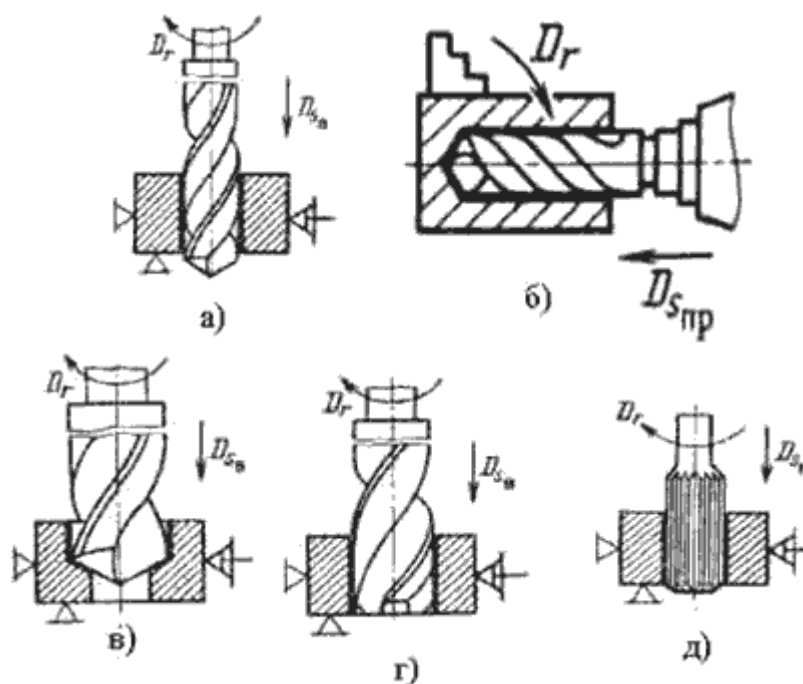
Зенкерование применяется после сверления, а также для обработки литых и штампованных отверстий. Обеспечивает точность отверстия по 4 классу и чистоту поверхности V3—V5.

Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой в целях получения высокой точности и

низкой шероховатости. Развертки – многолезвийный инструмент, срезающий очень тонкие слои с обрабатываемой поверхности (рис.51.д).

Развертывание производится после сверления или зенкерования. С помощью развертывания можно получить отверстия до 2 класса точности включительно с чистой поверхностью V6—V7.

Схемы сверления, зенкерования и развертывания представлены на рисунке 51.



Схемы сверления, зенкерования и развертывания

Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой в целях получения высокой точности и низкой шероховатости. Процесс развертывания является чистовой операцией для получения точных отверстий. Резание осуществляется разверткой. Развертка во многом напоминает зенкер, основное ее отличие от зенкера в том, что она снимает значительно меньший припуск и имеет большое число зубьев — от 6 до 12. Развертки – многолезвийный инструмент, срезающий очень тонкие слои с обрабатываемой поверхности.

Припуск под чистовое развертывание принимается 0,05—0,25 мм на сторону. Припуск под предварительно развертывание может быть увеличен в 2—3 раза. Средние значения глубин резания (припуска) при чистовом развертывании представлены в таблице 1 [1].

Средние значения глубин резания при чистовом развертывании

Таблица 28

Диаметр развертки, мм	Припуск на сторону (глубина резания),
--------------------------	------------------------------------------

До 5	0,05
6 – 10	0,075
11 – 15	0,1
16 – 30	0,125
31 – 50	0,15
51 – 60	0,2
61 – 80	0,25

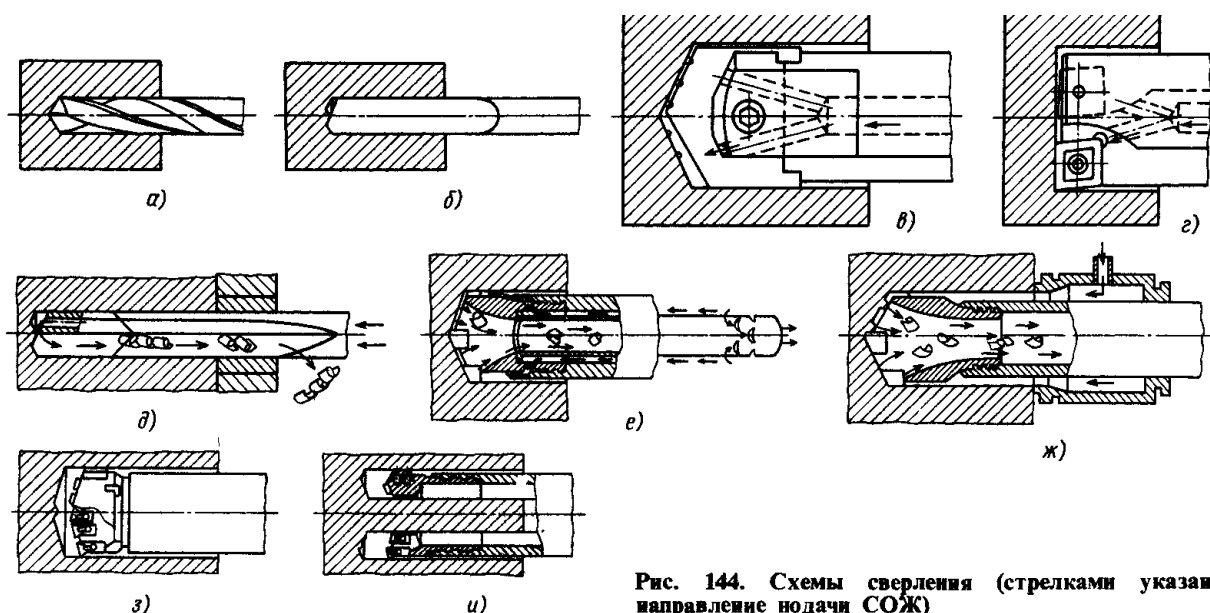


Рис. 144. Схемы сверления (стрелками указано направление подачи СОЖ)

Сверлильные станки

Основными параметрами сверлильного станка являются наибольший условный диаметр сверления отверстия (по стали), вылет и максимальный ход шпинделя и т.д.

В зависимости от области применения различают следующие сверлильные станки:

1. Вертикально- сверлильные станки применяют преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера (рис.52, а). Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента на этих станках предусмотрено перемещение стола станка вместе с заготовкой относительно инструмента.

2. Радиально- сверлильные станки (рис.52, б) используют для сверления отверстий в деталях больших размеров. На этих станках совмещение осей отверстий и оси шпинделя с инструментом достигается перемещением шпиндельной бабки по направляющим поворотной траверсы относительно неподвижной детали.

Вертикально- сверлильный станок 2Н135

3. Горизонтально-расточной станок (рис.52, в) предназначен для растачивания и сверления отверстий, фрезерования и обтачивания вертикальных плоских поверхностей набором фрез или резцом, нарезания резьб и других операций при обработке заготовок корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производстве.

4. Координатно-расточные станки предназначены для обработки отверстий (рис.52, г) с высокой точностью и их взаимным расположением относительно базовых поверхностей в корпусных деталях, кондукторных плитах, штампах в единичном и мелкосерийном производстве.

6.Расчет режимов резания при сверлении

Скорость резания при сверлении, м/мин

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v,$$

а при рассверливании, зенкерования и развёртывании

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v}} \cdot k_v,$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в табл.Общий поправочный коэффициент на скорость резания

$$k_v = K_{M_v} \cdot K_{I_v} \cdot K_{l_v},$$

где:

K_{M_v} – коэффициент, приведённый в табл. ;

K_{I_v} – коэффициент, приведённый в ;

K_{l_v} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

При рассверливании и зенкерования литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент K_{P_v} , см. .

По расчётной скорости резания определяют частоту вращения режущего инструмента - . Затем, по принятой паспортной частоте вращения корректируется фактическая скорость резания, , которая и участвует в дальнейших расчётах.

Крутящий момент $M_{кр}$, Н· м, и осевую силу P_0 , Н, рассчитывают по формулам (18) -(21):

при сверлении

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot k_p,$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot k_p,$$

при рассверливании и зенкерования

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot t^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot k_p,$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_P} \cdot S^{y_P} \cdot k_p$$

Значения коэффициентов $C_{ри}$ C_M , а также показателей степени приведены в [табл.](#) .

Коэффициент k_p в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением

$$k_p = K_{Mр}$$

Значения коэффициента $K_{Mр}$ выбираются из таблиц.

При развёртывании крутящий момент, Н м, определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^{x_P} \cdot S_z^{y_P} \cdot D \cdot Z}{2 \cdot 100},$$

где:

C_p ; x_p ; y_p - коэффициент и показатели степени, выбираются из таблиц для растачивания (точения);

S_z - подача на один зуб, мм; ___

D - диаметр развёртки, мм

Z - число зубьев развёртки, см. выбираются из таблиц.

Мощность резания, кВт, определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

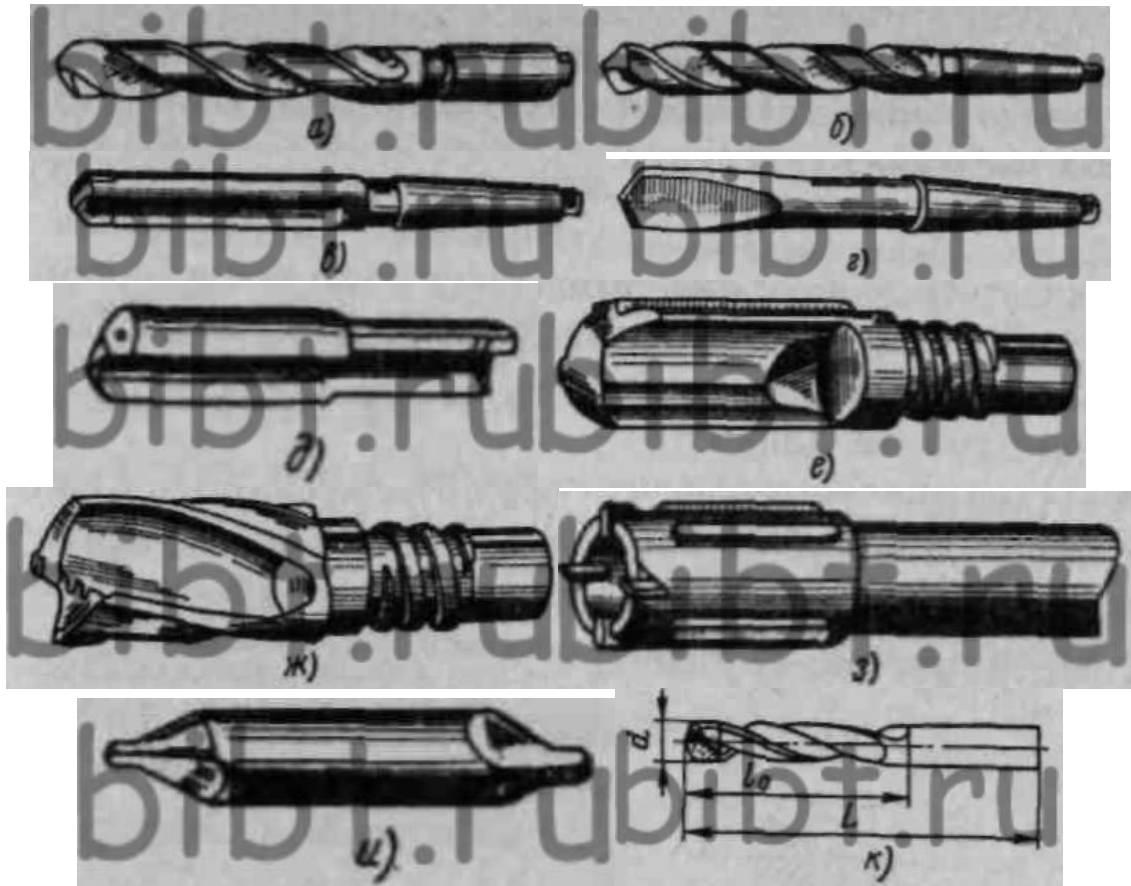
где:

n - частота вращения осевого режущего инструмента, мин⁻¹ .

Требуемая мощность привода станка определится по формуле .

3. Приспособления и инструменты при сверлении, зенкерования и развёртывании

Сверла делятся на спиральные, с прямыми канавками, перовые, для глубокого, кольцевого сверления и центровочные.

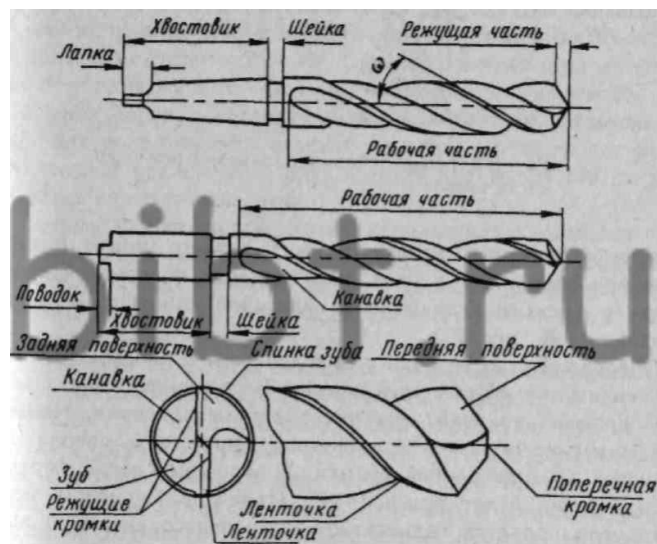


Разновидности сверл:

а, б — спиральное, в — с прямыми канавками, г — перовое, д — ружейное, е — однокромочное с внутренним отводом стружки для глубокого сверления, ж-двухкромочное для глубокого сверления, з - для кольцевого сверления, и — центровочное, к — с твердосплавными пластинками

Сверла изготовляют из быстрорежущих, легированных и углеродистых сталей, а также их оснащают пластинками из твердых сплавов.

Наибольшее распространение в промышленности получили спиральные сверла. Спиральные сверла (рис. 55) изготовляют диаметром от 0,1 до 80 мм. Они состоят из рабочей части, хвостовика (конусного или цилиндрического), служащего для крепления сверла в шпинделе станка или в патроне, и лапки, являющейся упором при удалении сверла из шпинделя.



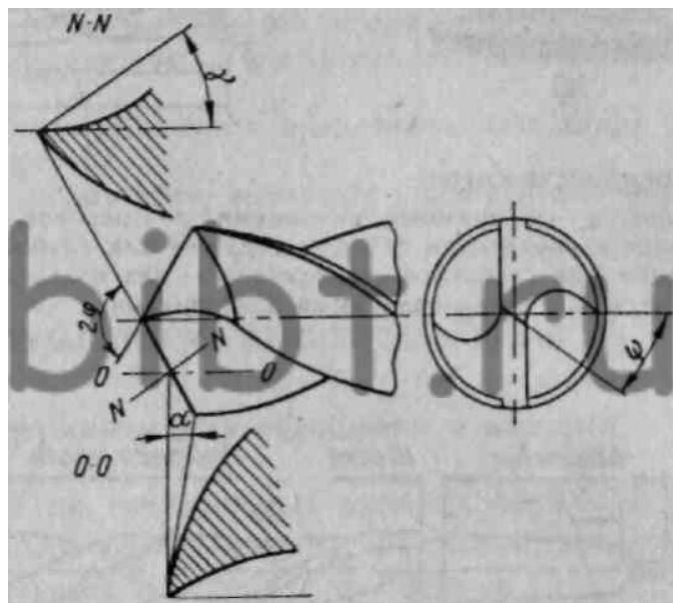
Части и элементы спиральных сверл

Рабочая часть сверла представляет собой цилиндрический стержень с двумя спиральными канавками, по которым стружка из просверливаемого отверстия выходит наружу.

Режущая часть сверла заточена по двум коническим поверхностям, имеет переднюю и заднюю поверхности и две режущие кромки, соединенные перемычкой под углом 55°C .

На цилиндрической части по винтовой линии проходят две узкие ленточки, которые центрируют и направляют сверло в отверстие. Ленточки значительно снижают трение сверла о стенки отверстия. Кроме того, для уменьшения трения на рабочей части сверла по направлению к хвостовику сделан обратный конус (диаметр сверла уменьшается от 0,03 до 0,1 мм на каждые 100 мм длины).

Эксплуатационные качества любого режущего инструмента, в том числе и сверла, зависят от материала инструмента, его термообработки, а также от углов заточки режущей части.



Геометрические параметры режущей части сверла

Геометрические параметры режущей части сверла (рис. 56) состоят из переднего угла γ (гамма), заднего угла α (альфа), угла при вершине 2φ (фи), угла наклона поперечной кромки сверла ψ (пси) и угла наклона винтовой канавки ω (омега), указанного на рис. 55.

Передний угол заточки γ определяется в плоскости $N - N$, перпендикулярной режущей кромке. В различных точках режущей кромки передний угол имеет равные значения. Наибольшее значение он имеет у наружной поверхности сверла, наименьшее — у поперечной кромки. У вершины сверла передний угол заточки будет равен $1-4^\circ$. Изменение значения переднего угла является недостатком спирального сверла и вызывает неравномерный и быстрый износ его.

Задний угол заточки α измеряется в плоскости $O - O$, параллельной оси сверла. Его значения так же, как и переднего угла, изменяются. У наружной окружности сверла задний угол равен $8-12^\circ$, а у оси — $20-25^\circ$. Задний угол сверла уменьшает трение его задней поверхности о поверхность резания.

Угол при вершине сверла 2φ измеряется между главными режущими кромками и имеет различные значения в зависимости от обрабатываемого материала.

Значения угла 2φ (град) спиральных сверл из различных материалов указаны ниже:

Сталь, чугун 116—118; Красная медь 125 ; Мягкая бронза 130; Алюминий 130—140

Целлулоид, эбонит 85—90; Мрамор и другие хрупкие материалы 80; Гетинакс, винипласт 90—100; Органическое стекло 70

Угол наклона поперечной кромки ψ стандартных сверл равен 50—55°.

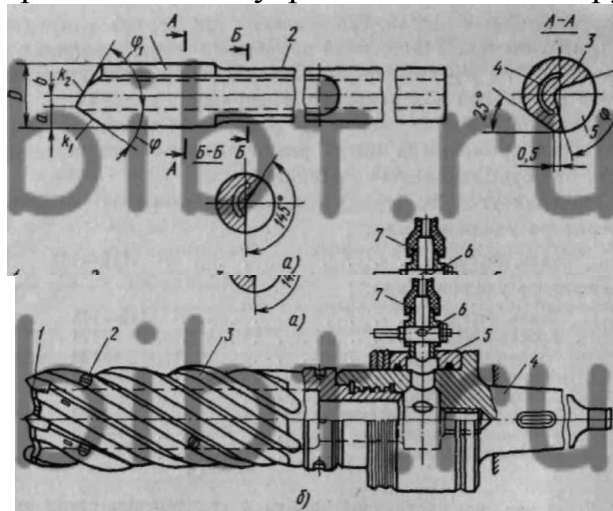
Угол наклона винтовой канавки ω определяет значение переднего угла: чем больше угол ω , тем больше передний угол γ . Это облегчает процесс резания и улучшает выход стружки.

Угол наклона канавки выбирается в зависимости от диаметра сверла и свойств обрабатываемого материала. Для цветных металлов (медь, алюминий и др.) его принимают равным 35—45°, а для обработки стали — 25—30°. Среднее значение угла ω независимо от обрабатываемого материала принимают равным 25—30°.

Сверла перовые представляют собой круглый стержень, на конце которого оттянута плоская лопатка, имеющая две режущие кромки, наклоненные друг к другу под углом 120°, и применяются сравнительно редко.

Сверла глубокого сверления используют в основном при сверлении сквозных и глухих отверстий в валах, шпинделях и других деталях большой длины. Обладая довольно низкой производительностью, они обеспечивают, однако, прямолинейные, точные и чистые отверстия.

К сверлам этого типа относятся: ружейные, однокромочные и двухкромочные с внутренним отводом стружки.



Сверла:

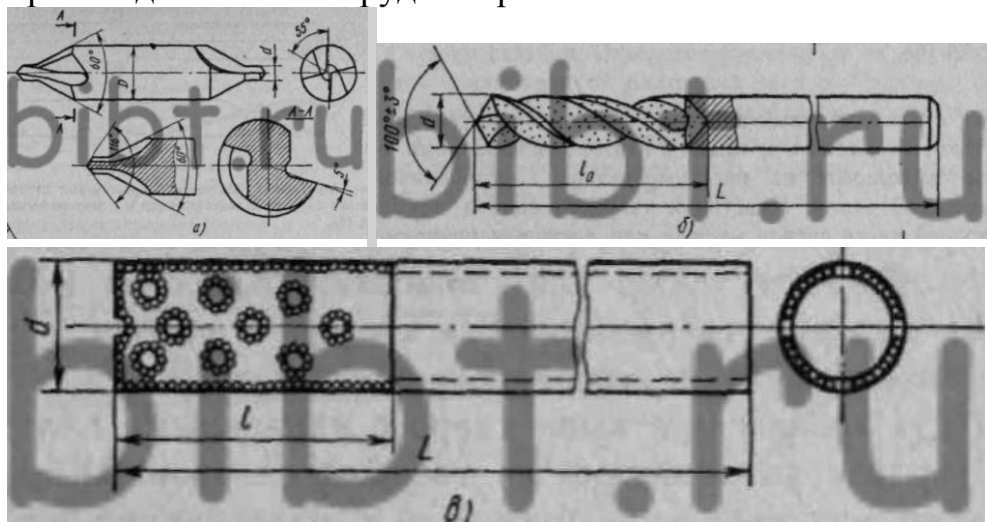
а — ружейное: 1 — режущий зуб, 2 — коническая резьба, 3 — направляющая планка, 4 — паз для зуба; б — для кольцевого сверления

На рис. 57. показано сверло для обработки глубоких отверстий с двумя режущими кромками (K1 и K2), расположенными с левой стороны от оси сверла. Такой тип сверла относится к группе ружейных сверл. Эти сверла применяются для сверления точных отверстий диаметром от 3 мм и более с прямолинейной осью.

Вершина сверла смещена влево относительно оси инструмента на величину b , равную 0,201 мм, и поэтому при вращении сверла в процессе резания на дне отверстия образуется кольцевая поверхность. Сверло имеет

полость для подвода под давлением СОЖ и канавку для отвода стружки. На рис. 57, б показано сверло для кольцевого сверления, которое предназначено для высверливания отверстий в сплошном материале диаметром от 60 до 200 мм и глубиной отверстий до 500 мм. Данная конструкция кольцевого сверла дает возможность осуществить экономию металла при обработке отверстий.

Режущие пластинки 1 закрепляются в корпусе сверла 3. В стенках корпуса между винтовыми канавками под винтами 2 смонтированы шарики. Они обеспечивают сверлу постоянное направление в работе до тех пор, пока высверливаемый сердечник может направлять сверло в обрабатываемой заготовке. Корпус 3 соединен с оправкой 4 резьбой. При сверлении стальных заготовок предусмотрено устройство для подачи СОЖ в зону резания, состоящее из кольца 5 со штуцером 6 и резиновым шлангом 7. Кольцевые сверла могут оснащаться ножами из быстрорежущей стали и твердых сплавов. Применение кольцевых сверл данной конструкции наряду с экономией металла дает повышение производительности труда в 4 раза.



Сверла:

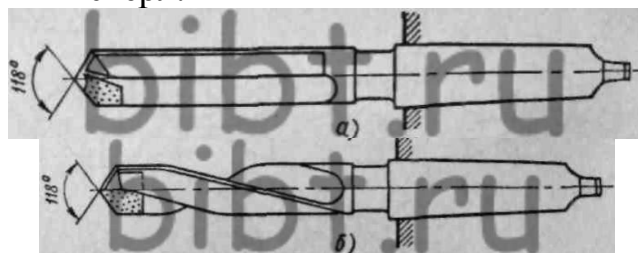
а — центровочное для сверления отверстий в платах печатного монтажа; б — твердосплавное, в — алмазное трубчатое

Центровочными сверлами (рис. 58, а) обрабатывают центровые отверстия в различных заготовках. Они изготавливаются комбинированными — без предохранительного конуса и с предохранительным конусом.

Для сверления отверстий диаметром 0,4—2 мм в многослойных платах из стеклопластика и гетинакса применяются цельнотвердосплавные спиральные сверла с цилиндрическим хвостовиком (рис. 58, б).

Для тех же целей применяются алмазные трубчатые перфорированные сверла (рис. 58, в), которые изготавливают образованием мелких отверстий на рабочей части сверла с помощью лазерной установки и последующим нанесением гальваническим способом слоя алмазного

синтетического шлифпорошка. Алмазные сверла имеют диаметр 0,5—6,0 мм. Стойкость таких сверл и чистота обработки ими во много раз выше, чем у твердосплавных сверл.



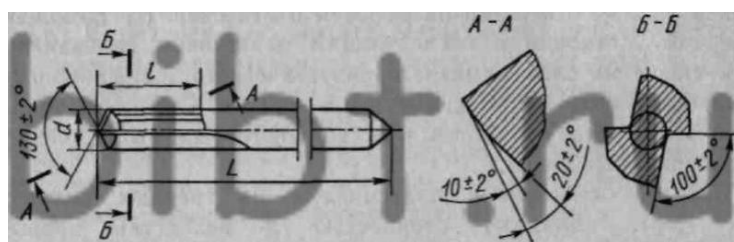
Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава с прямыми канавками (а) и с винтовыми канавками (б)

Сверла, оснащенные пластинками из твердых сплавов (рис. 59), обладают стойкостью и вследствие повышенных скоростей резания обеспечивают высокую производительность труда. Ими можно обрабатывать отверстия в закаленных сталях, чугунах, пластмассе, стекле и других материалах. Их изготавливают с прямыми и винтовыми канавками. Корпус сверла выполняют из инструментальной легированной или углеродистой стали. Пластинки твердого сплава припаивают к режущей части сверла медным или латунным припоем.

Изготавливают также для обработки отверстий малых диаметров цельные твердосплавные сверла и сверла с припаянным хвостовиком к твердосплавной спирали. Жесткость и стойкость таких сверл выше сверл с напаянными пластинками.

Сверла с пластинками из твердых сплавов ВК6, ВК8 используют при сверлении чугуна, а с пластинками из твердых сплавов Т15К6, Т5К10 — при сверлении сталей.

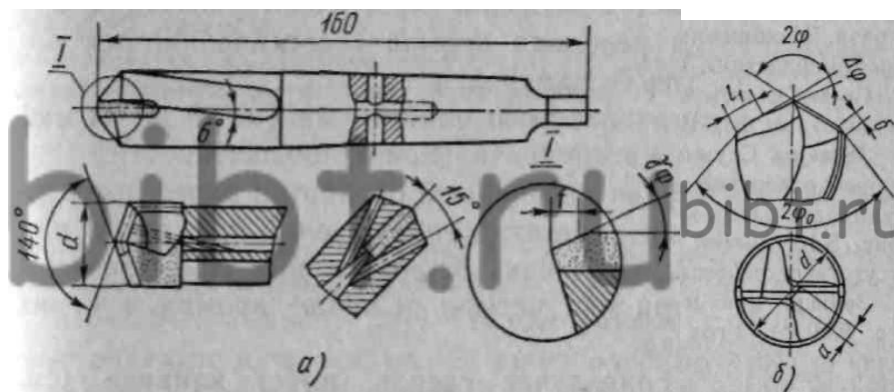
Сверла с прямыми канавками обычно применяют для сверления чугуна и других хрупких материалов, а сверла с винтовыми канавками — для сверления вязких материалов.



Сверло для обработки закаленных сталей

Сверла для обработки закаленных сталей (рис. 60) изготавливают цельными из твердых сплавов ВК6М, ВК8 или с твердосплавной рабочей частью, припаянной к стальному хвостовику. Профиль канавок выполняется методом вышлифовывания цельных твердосплавных заготовок. Сверла отличаются повышенной жесткостью, что позволяет обработать отверстия в закаленных сталях с твердостью HRC 50.

Для обработки высокомарганцевых сталей, которые особо трудно обрабатываются, так как во время обработки они имеют склонность к наклепу, обладают низкой теплопроводностью, значительным абразивным воздействием на режущий инструмент, используют сверла, показанные на рис. 61.

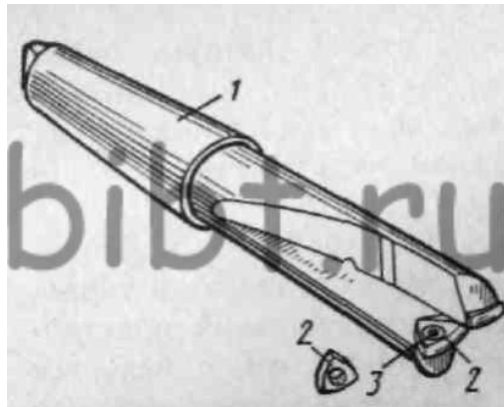


Сверла для обработки высокомарганцевых сталей:

а — конструкция сверла ЛПИ, б — форма заточки рабочей части сверла, разработанного А. А. Виноградовым и Ю. А. Аносовым

На рис. 61, а представлено сверло, разработанное в Ленинградском политехническом институте. Сверло отличается укороченной рабочей частью, оснащенной твердосплавной пластинкой и имеющей упрочняющие фаски $f=1$ -:-2 мм, с большим отрицательным углом (γ до — 15°). В корпусе сверла имеются отверстия для подвода смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зону резания. Отверстия размещены на минимально возможном расстоянии от пластинки твердого сплава. Через отверстия в сверле к зоне резания подводится сжатый воздух. Обработку отверстия в высокомарганцевых сталях можно производить таким инструментом при скорости резания 40— 45 м/мин и с подачей $S = 0,22$ мм/об.

На рис. 61,б показана форма заточки режущей части сверла, разработанная кандидатами технических наук Ю. А. Аносовым и А. А. Виноградовым. Сверло оснащено твердым сплавом, как и обычные сверла, но форма заточки режущих кромок отличается тем, что поперечная кромка смещена относительно оси сверла для создания постоянного радиального усилия при работе инструмента. Смещение, так же как и другие параметры, зависит от обрабатываемого материала и условий обработки. Сверла рекомендуются для обработки различных труднообрабатываемых материалов, в том числе высокомарганцевых сталей.

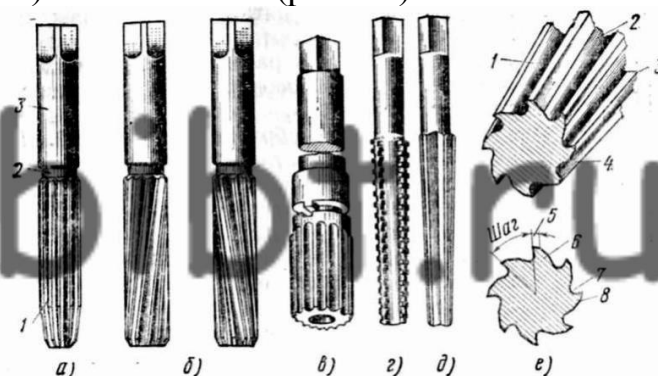


Сверло, оснащенное твердосплавными сменными пластинками

Сверла, оснащенные многогранными неперетачиваемыми пластинками (рис. 62), предназначены для обработки отверстий до двух диаметров в деталях из конструкционных сталей и чугунов. В точных базовых гнездах корпуса сверла 1 расположены две специальные сменные многогранные твердосплавные пластины 2, закрепляемые через центральное отверстие специальным винтом 3 с конической головкой. В корпусе сверла выполнены два отверстия для подвода СОЖ в зону резания.

Применение сверл с многогранными неперетачиваемыми пластинами по сравнению с быстрорежущими спиральными сверлами обеспечивает повышение производительности в 2—4 раза. Изношенная режущая кромка восстанавливается поворотом пластины или ее заменой.

Для развертывания отверстий применяют ручные и машинные развертки, которые подразделяются на цилиндрические (с прямым и спиральным зубом) и конические (рис. 63).



Виды разверток:

а - цилиндрическая: 1 - рабочая часть, 2 - шейка, 3 - хвостовик, б - спиральные; в - цилиндрическая насадная, г, д - конические, е - элементы рабочей части развертки: 1 - задняя поверхность, 2 - канавка, 3 - режущая кромка, 4--передняя поверхность, 5 - ленточка, 6- режущее перо, 7 - канавка, 8 - зуб

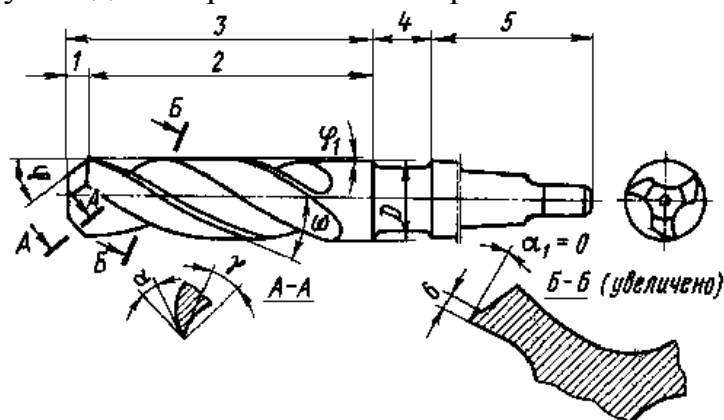
Развертывают отверстия вручную при помощи воротков, а также на станках, которые применяют при сверлении. Развертка (рис. 63, а) состоит из рабочей части 1, шейки 2 и хвостовика 3 с квадратной головкой.

При развертывании отверстий диаметром до 6 мм припуск на развертывание оставляют 0,1 мм, при развертывании отверстий диаметром от 6 до 12 мм - 0,15 мм, а при развертывании отверстий диаметром от 12 мм и более - 0,3 мм.

Конусные отверстия обрабатывают коническими развертками. В отличие от цилиндрических, конические развертки имеют коническую рабочую часть. Такие развертки изготовляют комплектно из двух или трех штук. В комплекте первая развертка черновая - обдирочная, вторая - переходная и третья - чистовая, которая придает отверстию окончательный размер и требуемую чистоту поверхности. Конусные отверстия диаметром до 10-12 мм можно развертывать одной конусной разверткой.

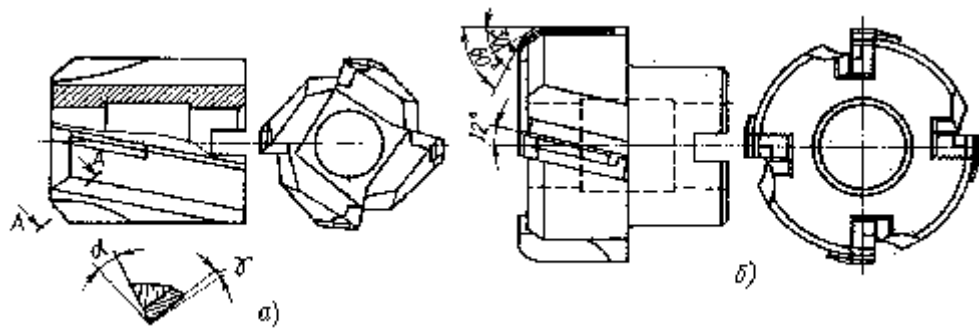
Чтобы получить в результате развертывания чистую поверхность в отверстии, необходимо применять смазочно-охлаждающие жидкости. При развертывании отверстия вручную следует направлять развертку точно по оси отверстия, без перекосов и вращать плавно, без толчков.

Зенкер, режущий инструмент для обработки отверстий. Зенкеры по конструктивным особенностям и способу закрепления делятся на хвостовые и насадные, цельные и сборные; они предназначены для окончательной обработки отверстий или предварительной обработки отверстий под последующее развертывание. Зенкеры с наружным диаметром до 32 мм изготовляются цельными и внешне напоминают спиральные сверла, но в отличие от последних имеют три винтовые канавки и, следовательно, три режущие кромки, что увеличивает их производительность. Режущая, или заборная, часть 1 (смотри рисунок) выполняет основную работу резания. Калибрующая часть 2 предназначена для калибрования отверстий и придания правильного направления зенкеру. Хвостовик 5 служит для закрепления зенкера в станке.



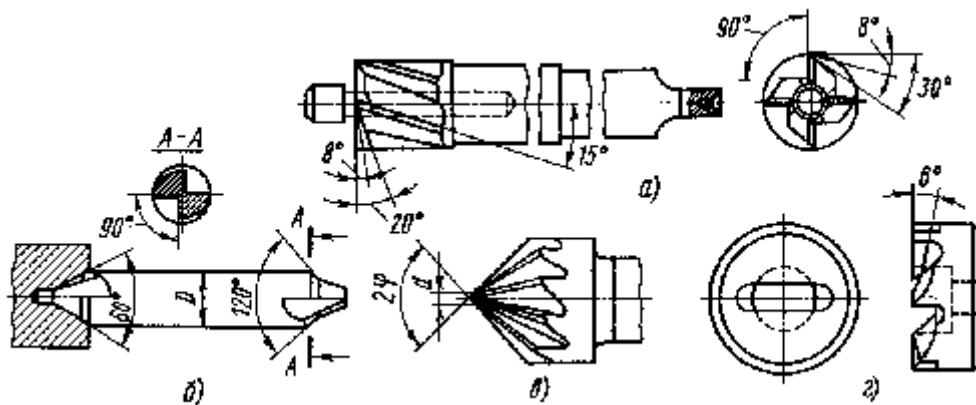
Зенкер

Главный угол в плане λ для зенкеров из быстрорежущей стали равен 45-60 градусам, а для зенкеров твердосплавных - 60-75 градусов. У зенкеров из быстрорежущей стали передний угол $\gamma=8-15$ градусам при обработке стальных деталей; $\gamma=6-8$ градусов при обработке чугуна; $\gamma=25-30$ градусов при обработке цветных металлов и их сплавов. У твердосплавного зенкера $\gamma=5$ градусов при обработке чугуна и $\gamma=0-5$ градусов при обработке стали. Задний угол $\alpha=8-10$ градусам; угол наклона винтовой канавки $\nu=10-25$ градусам. Для лучшего направления инструмента зубья зенкера имеют цилиндрическую фаску шириной 1,2-2,8 мм. Насадные зенкеры (смотри рисунок) применяются для обработки отверстий диаметром до 100 мм, имеют четыре винтовые канавки (и, следовательно, четыре режущие кромки), не имеют хвостовика и крепятся с помощью оправки.



Насадные зенкеры

а) - с напаянными пластинами из твердого сплава, б) - с механическим креплением ножей, оснащенных пластинами из твердого сплава



Конструкции зенкеров

а) - зенкер для цилиндрических углублений (цековка), б) - зенковка, в) - коническая зенковка, г) - зенкер для зачистки торцевых поверхностей

Контрольные вопросы:

1. Приспособление и инструмент применяемые при токарной обработке.
2. Расчет режимов резания при токарной обработке.
3. Технологическая точность при токарной обработке.

Лекция №21 ОБРАБОТКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.

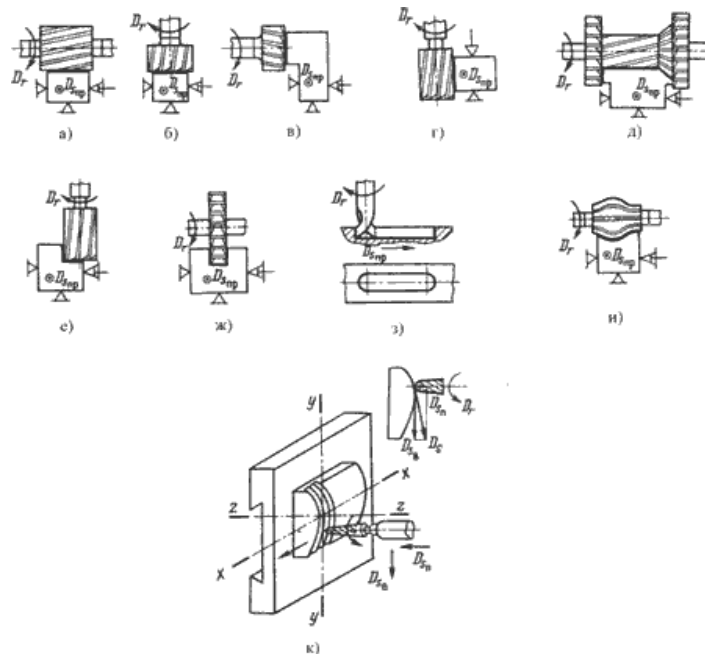
1. Фрезерование. Выбор станков. Инструмент.
2. Расчет режимов резания при фрезеровании.
3. Приспособления, применяемые при фрезеровании.
4. Протягивание, строгание

Фрезерование – высокопроизводительный и распространенный метод обработки поверхностей заготовок: многолезвийным режущим инструментом – фрезой.

Главным движением при фрезеровании является вращение фрезы, а вспомогательным – поступательное перемещение заготовки. Движение подачи может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола или барабана (карусельно-фрезерные, и барабанно-фрезерные станки). Каждый режущий зуб при вращении фрезы врезается в заготовку и осуществляет резание только в пределах определенного угла поворота фрезы, а затем вращается в холостую до следующего врезания. Таким образом, особенностью процесса фрезерования является периодичность и прерывистость процесса резания каждым зубом фрезы, при чем процесс врезания зуба сопровождается ударами.

По исполнению фрезы делятся на цилиндрические, когда зубья располагаются только на цилиндрической поверхности фрезы и торцевые, у которых режущие зубья располагаются на торцевой и цилиндрической поверхности фрезы.

Схемы обработки заготовок на станках фрезерной группы представлены на рис. 67.



Схемы обработки заготовок на станках фрезерной группы.

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис. 11.2.1.а) и на вертикально-фрезерных станках торцевыми фрезами (рис. 67.б).

Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 67.в) и торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках – концевыми фрезами (рис. 67.г).

Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 67.д) на горизонтально- фрезерных станках.

Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют концевыми (рис. 67.е) и дисковыми (рис. 67.ж) фрезами.

Шпоночные пазы фрезеруют концевыми или шпоночными фрезами на вертикально- фрезерных станках (рис. 67.з).

Фасонные поверхности незамкнутого контура с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей фрезеруют фасонными фрезами соответствующего профиля (рис. 67.и).

Пространственно- сложные поверхности обрабатывают на копировально-фрезерных автоматах (рис. 67.к). Обработку производят специальной концевой фрезой. Фрезерование ведут по трем координатам: x , y , z (объемное фрезерование).

Заготовку устанавливают на столе или закрепляют в приспособлении, которое крепится к столу станка. Стол станка имеет Т-образную форму – образуются пазы, в которые заводится головка крепежного болта приспособления. Крепежный паз обычно служит для точной установки приспособления по шпонкам направляющих. В качестве приспособлений на фрезерных станках используют тиски, отдельные прихваты или специальные приспособления. Вертикально-фрезерные станки применяют для обработки плоскостей, пазов с применением торцовых или концевых фрез. Заготовка закрепленная на столе или в приспособлении может перемещаться вертикально вместе со столом и консолью по направляющим станины. Типы фрез. Фреза представляет собой тело вращения на образующих поверхностях или торцевой поверхности имеются зубья. Зубья могут быть одновременно и на обеих поверхностях. При вращении и одновременной подаче зубья один за другим вступают в работу и снимают стружку. Каждый зуб можно рассматривать как отдельный резец, вращающийся относительно оси. Различают следующие типы фрез: концевые, торцовые, дисковые, угловые, пилы. Концевые фрезы предназначены для фрезерования плоских поверхностей, пазов, уступов. Эти фрезы могут работать как торцевой, так и боковой поверхностью. Части фрезы

Рабочая часть снабжена зубьями и режущими кромками. Хвостовик – часть фрезы, предназначенная для крепления фрезы в шпинделе станка (или сначала в переходной втулке, а затем в шпинделе). Шейка – промежуточная часть между рабочей частью и хвостовиком. Концевые фрезы часто изготавливают из быстрорежущей стали (Р6М5, Р9К5, Р3Ф2, Р18, Р9) или твердых сплавов (ВК6, ВК8 – для обработки чугуна; Т5К10, Т15К6 – для обработки стали; КНТ16, ТН20 – универсальные сплавы). Для леворежущих концевых фрез направление вращения по часовой стрелке. При выборе фрезы в обязательном порядке указывают диаметр фрезы и число зубьев.

При расчете режимов резания указывают: глубину резания t , мм; подачу на зуб фрезы S_z , мм/зуб; скорость резания, V , м/мин; частоту вращения фрезы n , мин⁻¹.

-корректируют n по паспорту станка, принимают ближайшее значение по паспорту: $n_{пасп}$; рассчитывают фактическую скорость резания $V_{факт}$, м/мин; рассчитывают минутную подачу $s_m = s_z \times z \times n_{пасп}$, где z – число зубьев фрезы; корректируют минутную подачу по паспорту станка; определяют фактическую подачу на зуб; определяют силы резания, мощность резания. В технологическом процессе указываются режимы резания, скорректированные по паспорту станка.

Цилиндрические фрезы имеют зубья только на образующей поверхности. Такие

фрезы предназначены только для обработки плоскостей. Они закрепляются на оправке горизонтально-фрезерного станка и работают боковой поверхностью. Цилиндрические фрезы могут иметь зубья как параллельные, так и наклонные относительно оси фрезы. При выборе диаметра и числа зубьев фрезы обращают внимание на посадочный диаметр для выбора диаметра оправки. Цилиндрические фрезы могут быть цельными из быстрорежущей стали или со вставными ножами (зубьями) со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Тогда корпус фрезы делают из углеродистой стали.

Фрезы с механическим креплением сменных многогранных пластин широко применяются для обработки различных материалов. Их преимущество по сравнению с фрезами с напайными ножами состоит в повышении стойкости в 2 раза, сокращение расхода применяемых фрез до 3 раз. Исключается операция напайки ножей и их заточка. Широкое применение получают торцовые фрезы с механическим креплением пятигранных неперетачиваемых пластин.

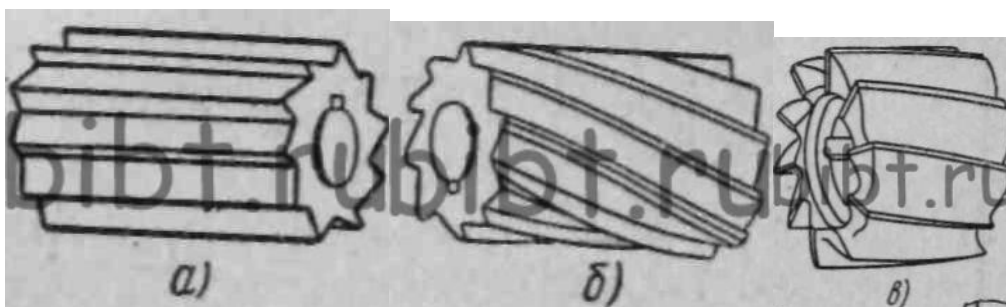
Конструкция фрез разнообразна: Фрезы с коническим креплением пластин работают на горизонтально-вертикально-продольно-фрезерных станках, где их применяют для обработки плоскостей. Получили применение фрезы со ступенчатым расположением зубьев, что позволяет за один поход снимать большой припуск. На фрезерно-центровальных станках применяются фрезы указанного типа (5-тигранный пластина). Фрезы могут иметь остро заточенный и затылованный зуб. У фрез с затылованными зубьями переточка производится только по передней поверхности, причем профиль зуба все время сохраняется. Фрезы с острыми зубьями применяются наиболее часто

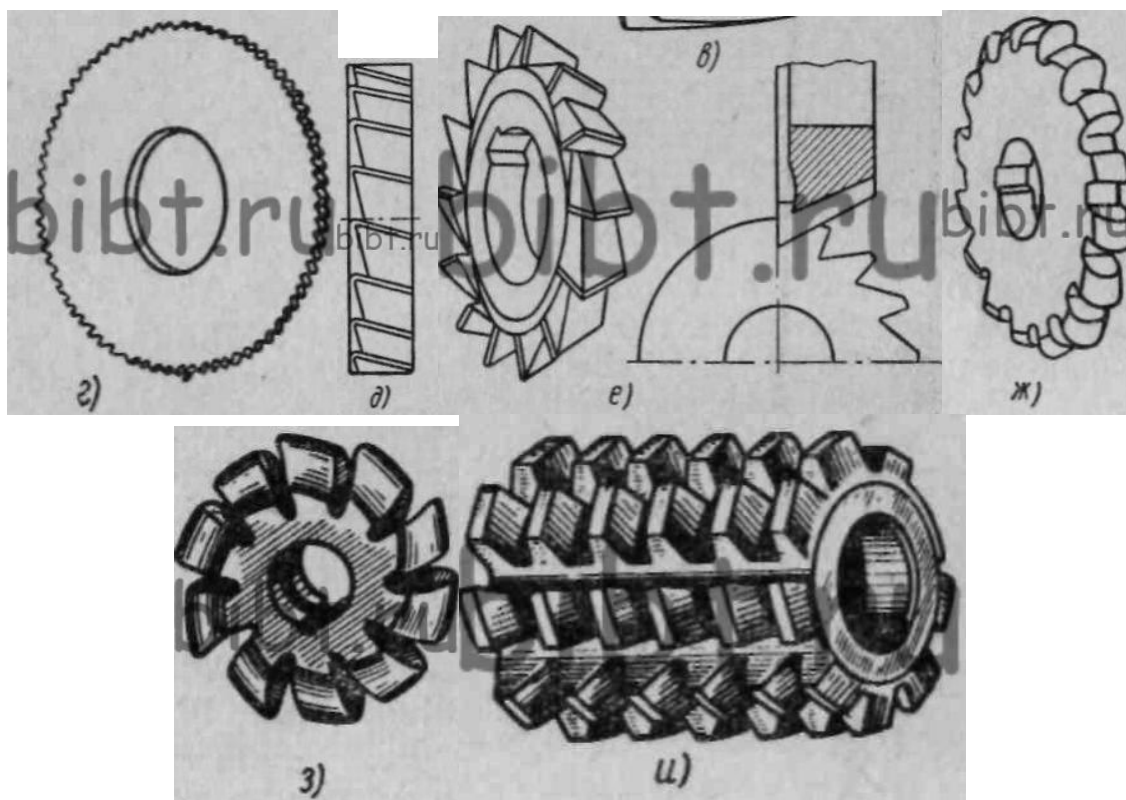
Преимущества остrokонечных зубьев: высокая стойкость простота изготовления
Недостаток: сложная заточка
Шпоночные фрезы работают на шпоночно-фрезерных станках. Шпоночные фрезы с цилиндрическим хвостовиком крепятся в цанговых патронах. Обработка производится методом маятниковой подачи. Таким образом обрабатывают канавки на валиках, в ступицах и т.д. т.е. на наружных поверхностях. Шпоночные фрезы обычно изготавливают из быстрорежущих сталей (P6M5), но применяют и твердосплавные фрезы, но реже.

Фрезерование поверхностей заключается в снятии стружки вращающимися многолезвийными инструментами — фрезами, режущие кромки зубьев которых находятся в прерывистом контакте с обрабатываемым материалом.

Различают следующие основные виды фрезерования:

- 1) осевое цилиндрическое фрезерование цилиндрическими, дисковыми и концевыми фрезами;
- 2) торцовое фрезерование торцовыми, дисковыми и концевыми фрезами;
- 3) двустороннее фрезерование дисковыми, концевыми и торцовыми фрезами;
- 4) трехстороннее фрезерование концевыми и шпоночными фрезами;
- 5) комбинированное фрезерование наборами фрез;
- 6) фасонное фрезерование фасонными цилиндрическими и концевыми фрезами.





Виды фрез

Фрезерование применяют для обработки поверхностей различных форм (плоскостей, фасонных поверхностей и др.).

Чаще всего фрезерованием обрабатывают плоскости. Для этой цели применяют цилиндрические или торцовые фрезы.

Первые бывают с прямыми или с винтовыми зубьями.

При применении фрез последнего вида фрезерование протекает более плавно и спокойно вследствие постепенного врезания зубьев в металл.

Торцовые фрезы подразделяются на хвостовые и насадные. Последние при их значительных размерах делают с вставными зубьями, что позволяет расходовать меньше дорогих инструментальных сталей и заменять, в случае надобности, отдельные зубья фрезы, корпус которой делается из относительно дешевой стали (например, стали 45).

Для фрезерования пазов применяют дисковые, а также концевые цилиндрические фрезы. Дисковые фрезы подразделяются на следующие виды: двусторонние, трехсторонние и пазовые. Первые имеют зубья на периферии и на одном из торцов; вторые, кроме того, и на втором торце.

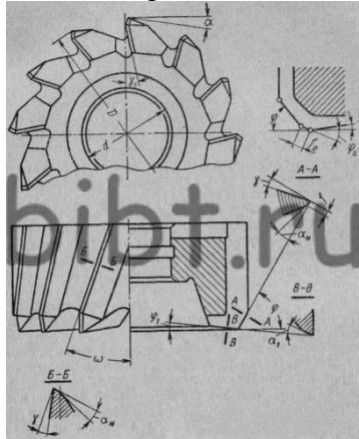
Регулируемые трехсторонние фрезы состоят из двух половин, между которыми помещают прокладки для регулировки толщины фрезы, уменьшающейся после ее заточки.

Пазовые фрезы имеют зубья только на периферии. Концевые «пальцевые» цилиндрические фрезы применяют в тех случаях, когда по каким-либо причинам дисковыми фрезами нельзя обрабатывать: фрезерование пазов дисковыми, более жесткими, фрезами производительнее, чем концевыми.

Для фрезерования углублений, канавок, фасонных поверхностей применяют угловые фасонные фрезы, которые могут быть насадными и хвостовыми.

Существуют также особые фрезы для нарезания зубчатых профилей, нарезания резьб и др.

Геометрическая форма каждого зуба фрезы в принципе сходна с геометрической формой токарного резца, однако условия работы зубьев фрез хуже, чем токарных резцов, вследствие прерывистого контакта зубьев фрезы с обрабатываемой поверхностью. Резание металла при фрезеровании протекает менее спокойно, чем при постоянном контакте режущей кромки резца с обрабатываемой поверхностью, что имеет место при точении. Вместе с тем условия воздействия тепла, возникающего при резании фрезой, на ее зубья меньше, чем при точении, так как каждый зуб несколько охлаждается при выходе из контакта с обрабатываемым металлом.



Геометрические параметры зуба фрезы

Геометрические параметры зуба фрезы показаны на рис. здесь передний угол $\gamma = 5 \div 15^\circ$, задний угол $\alpha = 10 \div 30^\circ$ и угол заострения β . У фрез, оснащенных пластинками из твердых сплавов, часто передние углы имеют отрицательное значение, а угол заострения β получается до 90° . Чем больше этот угол, тем прочнее зуб фрезы и лучше условия теплоотвода в тело инструмента. Скорость резания v при фрезеровании равна окружной скорости вращения инструмента. Глубина резания t — это слой металла, снимаемый за один проход (рис. 71).

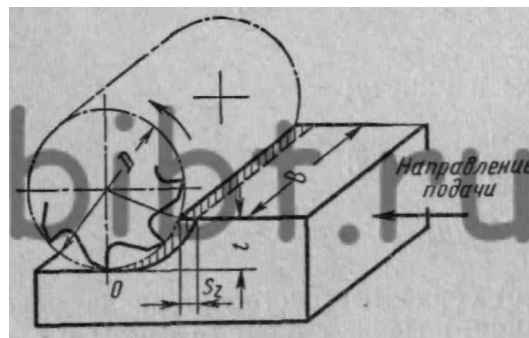


Схема фрезерования

Шириной фрезерования B называют длину части поверхности, находящуюся в контакте с режущими элементами фрезы и измеряемую в направлении, перпендикулярном подаче.

Подача — это перемещение обрабатываемой заготовки относительно инструмента или, наоборот, фрезы относительно заготовки. Различают подачу на один зуб фрезы (sz), подачу на один оборот фрезы (sob) и подачу в минуту ($смин$):

$$смин = sob * n = sz * z * n \text{ мм/мин,}$$

где z — число зубьев фрезы;

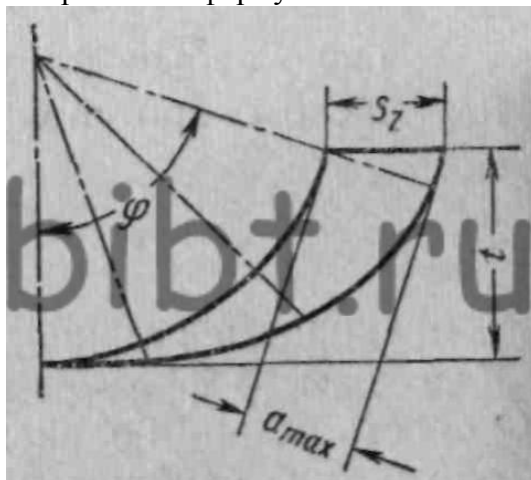
n — число оборотов фрезы в минуту;

$$n = (1000 * v) / \pi * d \text{ об/мин;}$$

где v — скорость резания в м/мин;

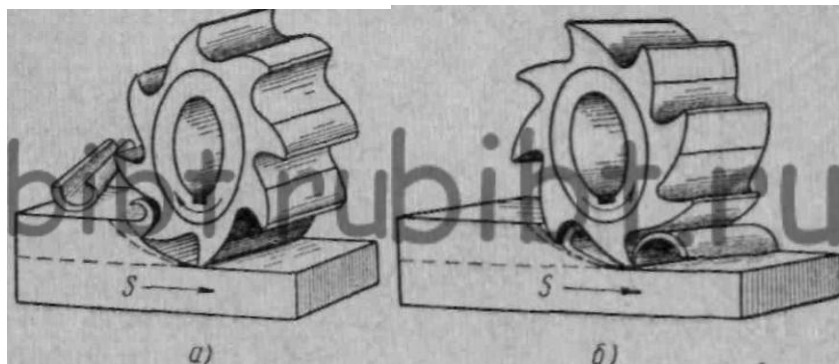
d — диаметр фрезы в мм.

Скорость резания зависит от обрабатываемого материала, условий обработки, глубины резания, подачи, стойкости фрезы и т. д. и назначается по нормативам режима резания или подсчитывается по эмпирическим формулам.



Форма стружки при фрезеровании

При фрезеровании инструментами с периферическими зубьями стружка имеет вид запятой. Ее толщина не равномерна и изменяется по мере поворота зуба относительно обрабатываемой поверхности.



Попутное (а) и встречное (б) фрезерование

Различают попутное (по подаче) и встречное (против подачи) фрезерование. В первом случае направление подачи и вращения фрезы совпадают, во втором они направлены противоположно.

Чаще применяют второй способ, при котором толщина стружки постепенно увеличивается и достигает наибольшего значения при выходе зуба фрезы из контакта с обрабатываемой поверхностью.

Площадь поперечного сечения стружки в каждый момент резания — величина переменная.

Силы резания, действующие на зубья фрезы, имеют различные направления и разную величину в зависимости от направления подачи по отношению к направлению вращения фрезы, т. е. от способа фрезерования (встречное или попутное), а также от рода фрезерования (торцовыми фрезами или фрезами с периферическими зубьями). При встречном фрезеровании цилиндрическими фрезами сила резания P , действующая на каждый зуб фрезы, может быть разложена на две составляющих: касательную к

фрезе P_z и радиальную P_r , направленную к центру фрезы. Касательная сила создает крутящий момент

$$M = (P_z * d) / 2 \text{ кГмм},$$

где d — диаметр фрезы в мм.

2.Расчета режимов резания при фрезерных работах

Материал инструмента для обработки сталей назначать Т15К6; для обработки чугуна - ВК6; для обработки медных и алюминиевых сплавов – Р6М5.

При расчетах следует задаваться подачей инструмента, глубиной резания и шириной фрезерования. Поддачи выбирать согласно таблицам 28, 29 и 30.

Таблица 27

Ra	Подача, мм/об							
	Торцовые и дисковые фрезы		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали, при диаметре фрезы					
			Сталь			Чугун, медные и алюминиевые сплавы		
Твердоспл	Быстрорез	40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200	
3.2	0,5-1,0	0,5-1,2	1,0-2,7	1,7-3,8	2,3-5,0	1,0-2,3	1,4-3,0	1,9-3,7
1.6	0,4-0,6	0,2-0,5	0,6-1,5	1,0-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1

Таблица 28

Диаметр фрезы, мм	Подача на зуб при фрезеровании концевыми фрезами, при глубине фрезерования, мм					
	Сталь			Чугун		
	1-3	5	8	1-3	5	8
10-12	0,01-0,03	-	-	0,01-0,04	-	-
14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	-	0,03-0,07	0,02-0,05	-
18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	0,05-0,09	0,04-0,06	0,03-0,05

Таблица 29

Диаметр фрезы, мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза		Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход	
	Глубина фрезерования	Подача на зуб, мм	Осевое врезание на глубину шпоночного паза	Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8	0,3	0,12	0,007	0,022
10	0,3	0,16	0,008	0,024
12	0,3	0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028

18	0,4	0,28	0,011	0,030
20	0,4	0,31	0,011	0,032

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле для всех видов

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u} K_v$$

обработки:

T- стойкость фрезы (см таблицу 30)

B- ширина фрезерования

s_z- подача на зуб

t- глубина фрезерования

D- диаметр фрезы

C_v,x,y,q,m,u- коэффициенты, зависящие от условий обработки (см таблицу 31)

Таблица 30

Диаметр фрезы, мм	до 60	60-150	150-250	более 250
Стойкость фрезы, мин	120	180	240	300

Таблица 31

Тип фрезы, материал	C _v	q	x	y	u	m
Обработка стали						
Торцовые T15K6	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2
Цилиндрические T15K6	616	0,17	0,2	0,3	0,08	0,33
Цилиндрические P6M5	36	0,45	0,3	0,4	0,1	0,33
Дисковые T15K6	1300	0,2	0,4	0,12	0	0,35
Дисковые P6M5	69	0,25	0,3	0,2	0,1	0,2
Концевые напайные T15K6	150	0,44	0,24	0,26	0,1	0,37
Концевые цельные P6M5	48	0,45	0,5	0,5	0,1	0,33
Прорезные и отрезные P6M5	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,2
Обработка чугуна						
Торцовые BK6	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0,3
Цилиндрические BK6	1180	0,37	0,4	0,2	0,23	0,42
Цилиндрические P6M5	58	0,7	0,5	0,2	0,3	0,25
Дисковые P6M5	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,15
Концевые цельные P6M5	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,25
Прорезные и отрезные P6M5	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,15
Обработка алюминиевых сплавов						
Торцовые P6M5	155	0,25	0,1	0,4	0,15	0,2
Цилиндрические P6M5	134	0,45	0,3	0,4	0,1	0,2
Дисковые P6M5	183	0,25	0,3	0,4	0,1	0,2
Концевые цельные P6M5	186	0,45	0,3	0,2	0,1	0,33
Прорезные и отрезные P6M5	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,2

K_v- поправочный коэффициент

$$K_v = K_{фв} \cdot K_{заг} \cdot K_{инст} \cdot K_{матл}$$

$K_{\varphi v}$ – поправочный коэффициент на скорость, зависящий от главного угла в плане (таблица 32)

$K_{заг}$ - поправочный коэффициент на скорость, зависящий от качества заготовки (таблица 33)

$K_{инст}$ - поправочный коэффициент на скорость, зависящий от материала режущего инструмента (таблица 34)

$K_{матV}$ - поправочный коэффициент на скорость, зависящий от отклонений механических свойств обрабатываемого материала (таблица 35)

Таблица 32

Главный угол в плане φ	15	30	45	60	75	90
$K_{\varphi v}$	1,6	1,25	1,1	1,0	0,93	0,87

Таблица 33

Заготовка	Покал	Поковка, литье под давлением	Отливка (чугун)	Отливка (медные и алюмин. сплавы)
$K_{заг}$	0,9	0,8	0,8	0,9

Таблица 34

Материал обрабатываемый						
Сталь $\sigma_{ср} = 750 МПа$	T5K12M 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,0	T30K4 1,4	BK8 0,4
Чугун серый 190 НВ	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15		
Алюминиевые и медные сплавы	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	У12А 0,5	

Таблица 35

Обрабатываемый материал	$K_{матV}$	Показатель n			
		при обработке резцами из быстрореж. стали		при обработке резцами из тверд. сплава	
Сталь	$K_{матV} = \left(\frac{750}{\sigma_{ср}}\right)^n$	C ≤ 0.6%	$\sigma_{ср} < 450 МПа$	-1,0	1
			$\sigma_{ср} = 450...550 МПа$	1,75	
			$\sigma_{ср} > 550 МПа$	1,75	
		хромистая сталь		1,75	
		C > 0.6%			1,75
Чугун серый	$K_{матV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^n$	1,7			1,25
Медные сплавы	1	---			---

Алюминиевые сплавы	1	---	---
--------------------	---	-----	-----

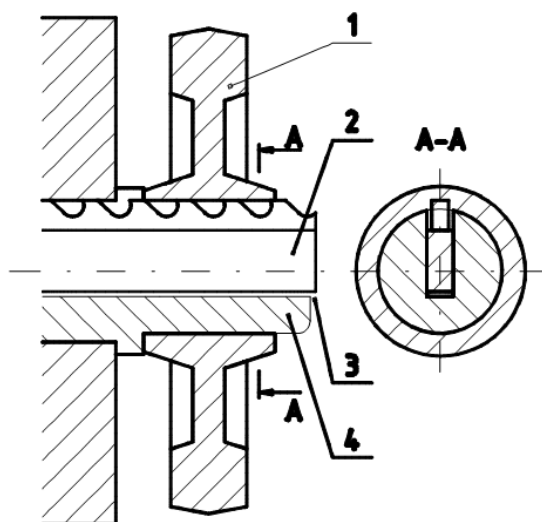
Методика применима к использованию в системе ТехноПро для расчетов режимов резания. Коэффициенты из таблицы 5 необходимо внести в информационную базу режущего инструмента и использовать в условии расчета при фрезеровании. Величину подачи необходимо вводить вручную.

3. Приспособления к фрезерным станкам.

Для закрепления деталей на станке применяются разнообразные устройства с ручным (винтовым), пневматическим, гидравлическим, электромагнитным, магнитным видом зажима. Самое широкое применение в машиностроительном производстве нашли специальные прихваты, зажимы, а также станочные тиски. Приспособления применяют на одну деталь (одноместные) или на несколько деталей (многоместные). Для механизмов зажимов применяют клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные, рычажно-шарнирные. При фрезеровании граней деталей, для деления на n частей часто применяют универсальные делительные головки. Приспособление для закрепления детали корпус на вертикально-фрезерном станке: Усовершенствованные Г-образные прихваты часто имеют на боковой цилиндрической поверхности байонетную канавку для одновременного поворота прихвата и отжима. Сдвигающийся прихват используется для закрепления деталей. Такие прихваты (зажимы) часто применяют в приспособлениях с механизированным зажимом в многоместных приспособлениях. Для установки детали цилиндрической формы часто применяют призмы. Базирование в призмах используется при конструировании фрезерных приспособлений (пазов, лысок), кондукторов для сверления отверстий и др. приспособлений. В качестве устанавливаемых устройств используются опорные штыри или опорные пластины.

Протягивание

Шпоночные пазы в отверстиях втулок зубчатых колес, шкивов и других деталей, надевающихся на вал со шпонкой, обрабатываются в единичном и мелкосерийном производствах на долбежных станках, а в крупносерийном и массовом – на протяжных станках. На рис. показано протягивание шпоночного паза в заготовке зубчатого колеса на горизонтально-протяжном станке. Заготовка (1) насаживается на направляющий палец (4), внутри которого имеется паз для направления протяжки (2). Когда канавка протягивается за 2 – 3 рабочих хода, то под протяжку помещают подкладку (3).

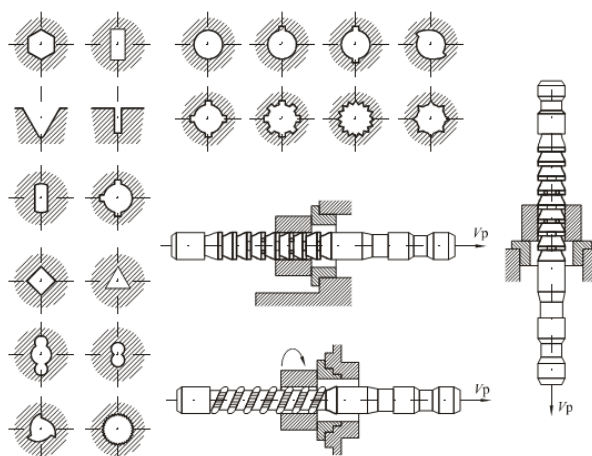


Протягивание шпоночного паза в отверстии

Схемы протягивания отверстий: а – горизонтальная; б – вертикальная;
 1 – жесткая опора; 2 – шаровая опора; 3 – обрабатываемая заготовка; 4 – протяжка

Горизонтальные протяжные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания. Вертикальные полуавтоматы используют как для внутреннего, так и наружного протягивания; они занимают в 2 – 3 раза меньше площади, чем горизонтальные.

Припуск под протягивание при обработке цилиндрических отверстий составляет 0,5...1,5 мм на диаметр отверстия. Прошиванием называют аналогичную протягиванию обработку более коротким инструментом – прошивкой. При прошивании инструмент испытывает напряжения сжатия, а при протягивании – растяжения, поэтому прошивку выполняют относительно небольшой длины (250...400 мм).

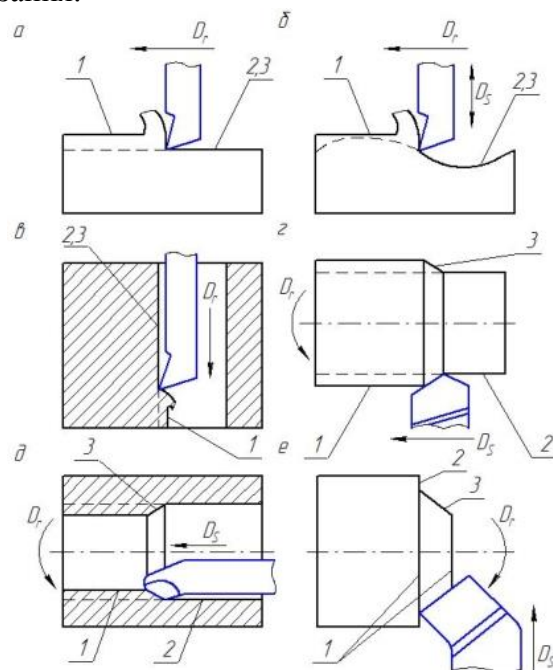


Виды работ, выполняемые на протяжных станках

Строгание

Одним из частных видов обработки металлов резанием, являются строгание и долбление.

Они относятся к поступательным видам обработки. Стругание и долбление - обработка резанием, осуществляемая однолезвийным инструментом с возвратно-поступательным главным движением резания.



Схемы видов лезвийной обработки:

а - строгание; б - строгание по копиру; в - долбление; г - обтачивание; д - растачивание; е - подрезание;

1 - обрабатываемая поверхность; 2 - обработанная поверхность; 3 - поверхность резания;

D_r - главное движение; D_s - движение подачи.

Стругальные и долбежные виды обработки обычно применяются при обработке несложных профильных поверхностей с прямолинейными образующими, а также для обработки вертикальных и горизонтальных плоскостей в единичном и массовом производствах. Для этого процесса характерно действие на инструмент ударных нагрузок, небольшие скорости резания (1...1,5 м/с) и низкая производительность обработки вследствие инерционности движущихся частей станков и наличия холостого хода стола или инструмента.

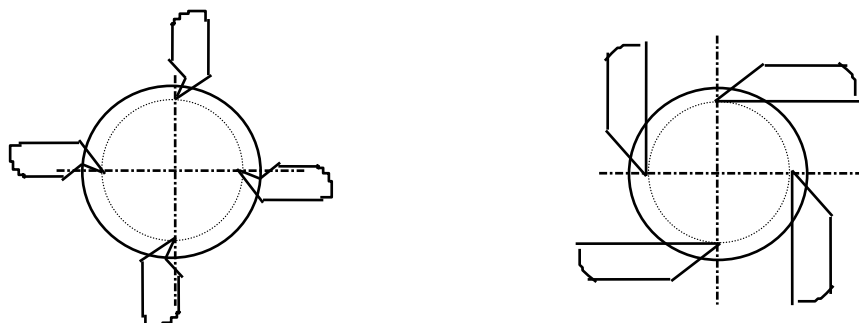
Несмотря на то, что в последнее время всё чаще можно наблюдать переход от строгальных работ к обработке, в связи с высокой универсальностью и эффективностью, строгание и долбежка остаются одним из ключевых видов обработки, для изготовления различных видов деталей.

Лекция №22 СПОСОБЫ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБ

1. Нарезание резьбы на токарном станке.
2. Резьбофрезерование.
3. Резьбошлифование
4. Нарезание внутренних резьб..

1. Нарезание резьбы на токарном станке.

При нарезании резьбы метчиками или плашками вручную или в специальном патроне с плавающей втулкой, следует назначать минимальное число оборотов на шпинделе станка. Расчетная скорость резания 10-14 м/мин.



При нарезании резьбы резьбовыми резцами или резьбовыми гребенками, подачу назначать равной шагу резьбы. Материал режущей части рекомендуется Р18. Число проходов i выбирать по таблице 27.

Таблица 27

	Вид прохода	Шаг резьбы S в мм		
		до 1,75	2-3	3,5-4,5
Резьба метрическая наружная и внутренняя	Черновой	5	7	9
	Получистовой	1	1	1
	Чистовой	1	1	1

Глубину резания вычислять по формулам:

Для черновой обработки:

$$t_{\text{черн}} = \frac{2(D-d)}{4i_{\text{черн}} + 2i_{\text{получист}} + i_{\text{чист}}}$$

Для получистовой обработки:

$$t_{\text{получист}} = \frac{t_{\text{черн}}}{2}$$

Для чистовой обработки:

$$t_{\text{чист}} = \frac{t_{\text{черн}}}{4}$$

D - наружный диаметр резьбы

d -внутренний диаметр резьбы

Длина нарезки резьбы по всей номенклатуре валов незначительна (до 50 мм).

При больших скоростях резания скорость перемещения суппорта будет до 6 м/сек.

Рекомендуется применять частоту вращения шпинделя при нарезании резьбы до 80 об/мин

Рекомендации к расчетам:

1. При черновой обработке не использовать частоты вращения шпинделя, превышающие значение 630 об/мин.
2. При чистовой обработке не использовать частоты вращения шпинделя, превышающие значение 900 об/мин.
3. При понижении скорости резания исходя из безопасности работ учесть понижение силы резания, что в результате повышает стойкость резца.
4. При чистовой обработке использовать инструмент с максимально возможным радиусом при вершине резца
5. При чистовой обработке обеспечить минимальный вылет резца при установке в резцедержателе
6. При введении в технологические процессы импортного инструмента пересчитать коэффициенты C_p , x , y , $K_{инстр}$.

Лекция №23

Способы обработки зубчатых колес.

1 **Зубофрезерование, зубодолбление, зубострогание.**

2 **Расчет режимов резания при зубофрезеровании.**

1. Зубофрезерование, зубодолбление.

В зависимости от способа образования зубьев различают два метода зубонарезания: копирование и обкатку. Оба метода используют на различных зубообрабатывающих станках.

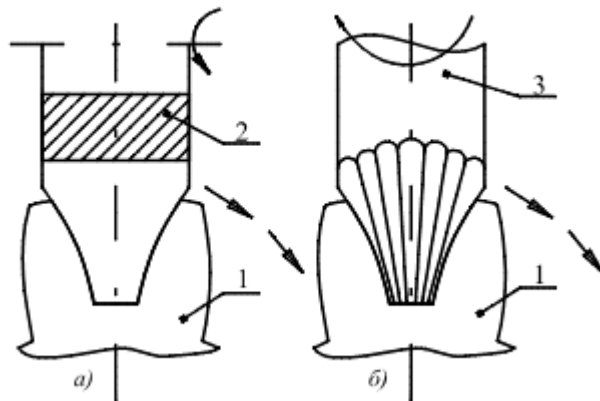
Нарезание зубчатых колес методом копирования. Распространенной разновидностью метода копирования является зубофрезерование. Зубофрезерование осуществляется на зубофрезерных вертикальных и горизонтальных станках-полуавтоматах. На зубофрезерных станках

Производят нарезание цилиндрических зубчатых колес по методу обкатки или копирования.

Нарезание зубьев по методу копирования осуществляют модульной дисковой или модульной концевой фрезой. Нарезание, по существу, представляет собой разновидность фасонного фрезерования.

Режущие кромки зубьев дисковой или концевой фрезы изготавливают по форме впадины между зубьями колеса, и при фрезеровании они копируют форму впадины, создавая, таким образом, две половины профилей двух соседних зубьев. После нарезания одной впадины заготовка поворачивается на один зуб с помощью делительного механизма, и фреза снова проходит по новой впадине между зубьями, и т.д. (рис. 77).

В массовом производстве применяют зубодолбежные резцовые головки, работа которых основана на методе копирования. Производительность такого метода очень высокая, точность зависит от точности резцовой головки.



Схемы фрезерования цилиндрических колес методом копирования:
а – дисковой фрезой; б – концевой фрезой; 1 – заготовка; 2 – дисковая фреза; 3 – концевая фреза

Другой разновидностью нарезания зубчатых колес методом копирования является протягивание как наружных, так и внутренних зубчатых поверхностей, характеризующееся высокой производительностью.

Зубонарезание червячными фрезами

Для нарезания зубьев этим методом требуются универсальные зубофрезерные станки и специальный режущий инструмент – червячные фрезы. Станки выпускают с вертикальной или горизонтальной осями вращения фрезы. Метод является высокопроизводительным.

Фрезу на станке устанавливают таким образом, чтобы ее ось была повернута под углом α к подъему винтовой линии витков фрезы (рис. 78).

Червячная фреза, кроме вращения, совершает поступательное движение подачи вдоль образующей цилиндра нарезаемого колеса, в результате чего колесо обрабатывается по всей его ширине.

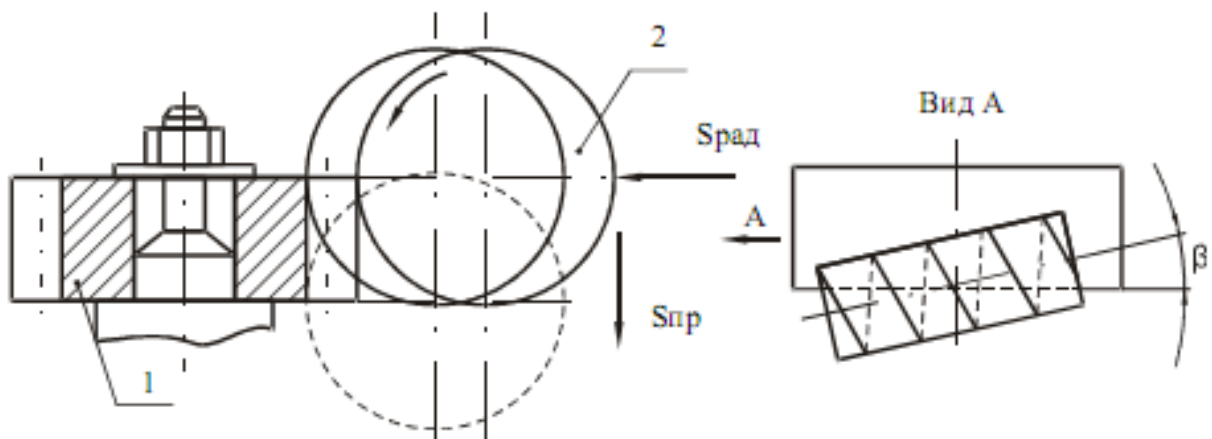


Схема фрезерования зубьев червячной фрезой

В зависимости от модуля устанавливают число рабочих ходов фрезы: для $t = 2 \dots 2,5$ мм – один рабочий ход, для $t > 2,5$ мм – два рабочих хода и более.

Повышения производительности при зубофрезеровании достигают путем увеличения диаметра фрезы (повышается стойкость инструмента), жесткости ее установки, использования специальных инструментальных материалов, в том числе твердосплавных, композиционных, применения многозаходных червячных фрез и увеличения числа одновременно нарезаемых колес.

Зубодолбление

Режущим инструментом является долбяк, представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев. В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо находятся в относительном движении зацепления (без зазора), т.е. их окружные скорости на начальных окружностях равны, а частота вращения и число зубьев связаны передаточным отношением

$$i = n_и/n_з = z_з/z_и$$

, где $n_и$, $n_з$ – соответственно частота вращения инструмента и заготовки колеса; $z_з$, $z_и$ – соответственно число зубьев заготовки колеса и инструмента.

Нарезание зубьев долблением осуществляется на зубодолбежных станках. Обработка за один рабочий ход применяется для зубчатых колес с $t = 1 \dots 2$ мм; с $2 < t < 4$ – за два рабочих хода; с $t > 4$ мм – за три рабочих хода.

Кроме отмеченных обстоятельств, зубодолбление является единственным методом для нарезания колес с внутренним зацеплением (при средних и малых диаметрах), а также при обработке зубчатых венцов в блочных шестернях.

Зубострогание

Этот метод основан на зацеплении колеса и рейки, воспроизводимом инструментом – гребенкой. Обработка колес осуществляется на станках двух типов: с вертикальной и горизонтальной осью заготовки. Станки последнего типа применяют также для обработки колес с неразрывным шевронным зубом.

У зубострогания производительность меньше, чем у зубофрезерования червячной фрезой и зубодолбления.

Накатывание зубчатых поверхностей имеет большие преимущества перед способом и обработки резанием: повышает производительность в 5 – 30 раз; увеличивает износостойкость и прочность зубьев; значительно уменьшает отходы металла и др. Различают горячее и холодное накатывание. Горячее накатывание применяют для профилей с модулем больше 2 мм; холодное накатывание рекомендуется для мелко модульных колес с модулем до 1,5...2 мм.

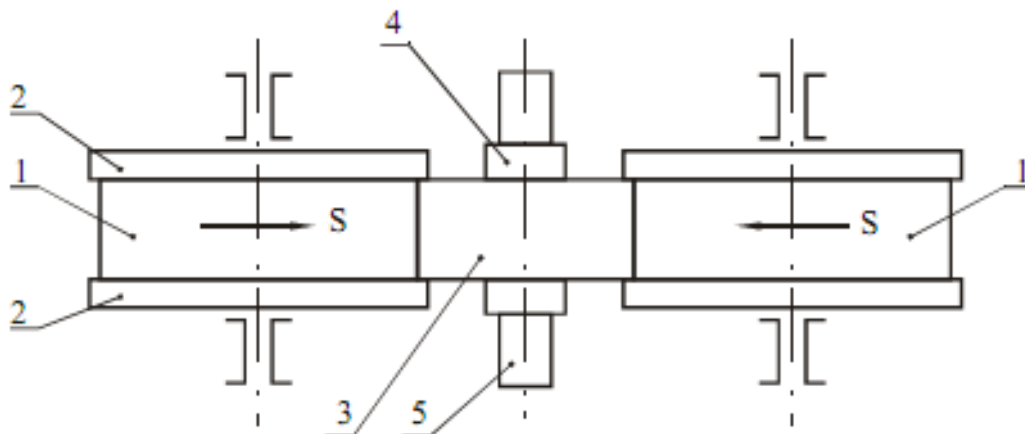


Схема горячего накатывания зубьев колес: 1 – накатники; 2 – реборды; 3 – заготовка; 4 – переходная втулка; 5 – оправка

Может применяться и комбинированное накатывание для средних и крупных модулей (основная пластическая деформация проводится в горячем состоянии, а окончательное профилирование – в холодном). Горячее накатывание производится как с радиальной, так и с продольной подачей.

Схема накатки с продольной подачей аналогична холодному накатыванию. Схема накатывания с радиальным движением подачи показана на рис. 17.5. Перед накатыванием заготовку нагревают до 1000...1200 °С за 20...30 секунд до накатывания, затем устанавливают на оправку специального станка и производят накатывание.

2. Расчет режимов резания

При зубофрезеровании скорость резания (при аналитическом методе) зависит от стойкости инструмента, подачи и, в меньшей мере, от модуля. Номенклатура червячных колес имеет максимум по модулю 8, поэтому согласно расчетным таблицам, имеет смысл назначать режимы одинаковые для всего ряда (в таблицах режимы незначительно отличаются, по мере изменения параметров детали).

Подача при зубофрезеровании назначается:
 -при черновой обработке, в зависимости от жесткости СПИД
 -при чистовой, в зависимости от требуемой шероховатости
 Рекомендуется сразу применять чистовую радиальную подачу, чтобы избежать перегрузки системы СПИД. Рекомендованные величины подач в таблице 37.

Таблица 37

Шероховатость	Подача, мм/об при значении модуля	
	до 6	свыше 6
3,2	1,4	2,0
1,6	0,8	0,9

Фактическое значение подачи должно учитывать влияние коэффициента

$$K1: \quad S = S_{\text{норм}} \cdot K_1$$

K1 –коэффициент, зависящий от числа заходов фрезы (см таблицу 38)

Таблица 38

Число заходов фрезы	1	2	3
K1	1,0	0,75	0,65

Скорость резания определяется по таблице 39.

Таблица 39

Модуль	до 4	5, 6	8
Скорость резания	50	44	35

Так же как и подача, скорость резания корректируется

$$\text{коэффициентами: } v = v_{\text{норм}} \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3}$$

Kv1- коэффициент, зависящий от назначенной стойкости фрезы

Нормативные периоды стойкости фрез при чистовой обработке равны 240 мин для всех модулей. Коэффициент Kv1 отражает разницу между назначенной стойкостью и нормативной (см таблицу 40)

Таблица 40

Отношение принятой стойкости к нормативной	1	2,0	3,0
Kv1	1,0	0,8	0,7

Kv2- коэффициент, зависящий от числа заходов фрезы (см таблицу 41)

Таблица 41

Число заходов фрезы	1	2	3
Kv2	1,0	0,75	0,65

Kv3- коэффициент, зависящий от характера обработки (см таблицу 42)

Таблица 42

Характер обработки	Черновая	Получистовая	Чистовая
Kv3	1,0	1,2	1,4

Контрольные вопросы

1. Перечислить основные методы формообразования зубьев зубчатых колес
2. Сущность метода обкатки при нарезании зубчатых колес.
3. Особенности зубонарезания червячными фрезами.
4. Сущность процессов зубодолбления и зубострогания.

Лекция №24 ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ АБРАЗИВНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ.

1. Шлифование. Выбор станков.
2. Расчет режимов резания при шлифовании.
3. Приспособления и инструменты, применяемые для обработки деталей при шлифовании
4. Способы повышения эффективности процесса шлифования.

1. Обработка заготовок на шлифовальных станках

Шлифование наружных поверхностей деталей типа тел вращения производят на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных станках, бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах как высокой, так и особо высокой точности.

Разновидности шлифования

Шлифование основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Шейки валов шлифуют в две операции: предварительное и чистовое шлифование.

После чистового шлифования точность размера IT6, а шероховатость $Ra = 1,6...0,4$ мкм. Как правило, все наружные цилиндрические поверхности с точностью выше IT8 и шероховатостью $Ra = 1,6...0,4$ мкм подвергают после чистового точения шлифованию. При обработке на круглошлифовальных и торцекруглошлифовальных станках заготовки устанавливают в центрах, патроне, цанге или в специальном приспособлении. Заготовке сообщается вращение с окружной скоростью $v_{зг}$ = 10...50 м/мин; она зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость резания) $v_{кр} = 30...60$ м/с. Подача S и глубина резания t варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования: продольное (с продольным движением подачи) и врезное (с поперечным движением подачи).

Схемы обработки продольным и врезным шлифованием приведены на рис. 80. Шлифование с продольным движением подачи (рис. 80а) осуществляется за четыре этапа: врезание, чистовое шлифование, выхаживание и отвод.

В этом случае продольная подача является функцией ширины шлифовального круга:

$$S_{пр} = K \cdot B \cdot k,$$

где $k = 0,6...0,85$ – для черного шлифования и $k = 0,2...0,4$ – для чистового.

Поперечная подача на глубину шлифования осуществляется шлифовальным кругом в конце каждого двойного хода заготовки или круга и принимается в зависимости от материала заготовки, круга и вида обработки $S = 0,005...0,05$ мм/об. В конце обработки последние продольные проходы выполняют без поперечной подачи, так называемое выхаживание.

Шлифование с продольной подачей применяют при обработке цилиндрических заготовок значительной длины.

Врезное шлифование применяют для обработки поверхностей, длина которых не превышает ширину шлифовального круга. Его преимущество – большая производительность

-сть

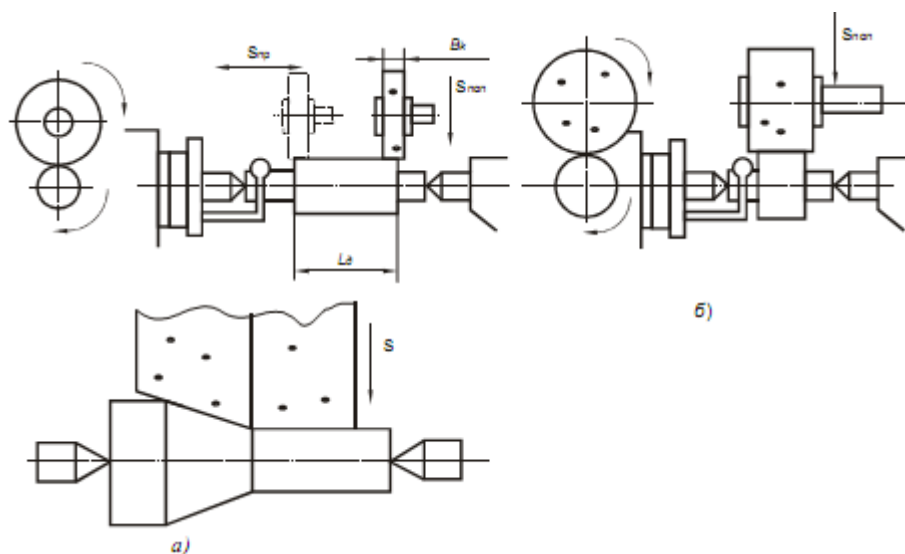
и простота наладки, однако оно уступает продольному шлифованию по достигаемому качеству поверхности. Врезное шлифование широко применяют в массовом и крупносерий-

ном производстве (рис. 80 б). Рекомендуемые скорости резания $v_{кр}$

$= 50...60$ м/с; радиаль-

ная (поперечная) подача при окончательном шлифовании $S = 0,001...0,005$ мм/об.

Разновидностью шлифования с продольным движением подачи является глубинное шлифование.



Схемы обработки продольным и врезным шлифованием

Это шлифование характеризуется большой глубиной резания (0,1...0,3 мм) и мало скоростью резания. При этом способе шлифования меньше, чем при врезном, сказывается влияние погрешности формы исходной заготовки и колебания припуска при обработке. Поэтому глубинное шлифование применяют для обработки заготовок без предварительной лезвийной обработки и, как правило, снимают припуск за один рабочий ход. Производительность труда повышается в 1,2 – 1,3 раза по сравнению с продольным шлифованием. При значительном объеме производства применяют бесцентровое шлифование, которое более производительнее, чем в центрах.

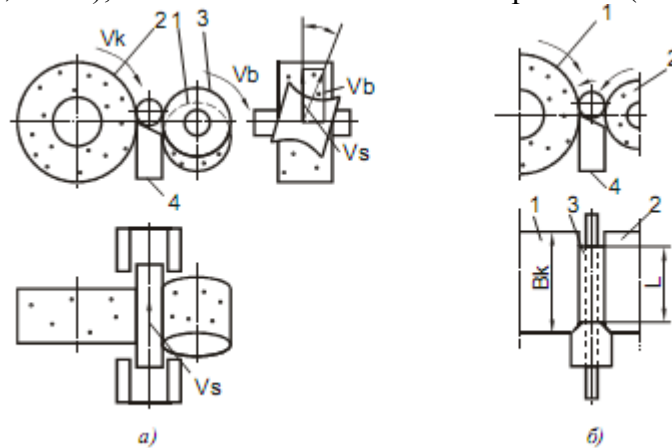
Сущность бесцентрового шлифования заключается в том, что шлифуемая заготовка (1) помещается между шлифовальным (2) и ведущим (3) кругами и поддерживается ножом (опорой) (4). Центр заготовки при этом должен быть несколько выше линии, соединяющей центры обоих кругов, примерно на 10...15 мм и больше, в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки во избежание получения огранки. Шлифовальный круг имеет окружную скорость $v_{кр} = 30...65$ м/с, а ведущий $v_{в} = 10...40$ м/мин. Так как коэффициент трения между кругом (3) и обрабатываемой заготовкой больше, чем между заготовкой и кругом (2), то ведущий круг сообщает заготовке вращение со скоростью круговой подачи $v_{в}$. Благодаря скосу ножа, направленному в сторону ведущего круга, заготовка прижимается к этому кругу.

Продольная подача заготовки обеспечивается за счет наклона ведущего круга на угол α .

При этом скорость подачи заготовки рассчитывается по формуле:

$$V_s = V_{\text{ф}} \cdot \sin \alpha \cdot \mu,$$

где $\mu = 0,98 \dots 0,95$ – коэффициент проскальзывания; $\alpha = 3 \dots 5^\circ$ – предварительная обработка ($t = 0,05 \dots 0,15$ мм); $\alpha = 1 \dots 2^\circ$ – окончательная обработка ($t = 0,01 \dots 0,03$ мм).



Схемы круглого бесцентрового шлифования

На бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах можно шлифовать заготовки деталей типа тел вращения с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями. Применяют два метода шлифования: проходное (способ продольного движения подачи) и врезное (способ поперечного движения подачи).

При проходном шлифовании за несколько рабочих ходов можно достигнуть точности по 6-му качеству и $Ra = 0,2$ мкм.

Врезным шлифованием обрабатывают заготовки круглых деталей с уступами, а также заготовки, имеющие форму конуса. При этом методе оси кругов параллельны или ведущий круг устанавливается под малым углом ($\alpha = 0,2 \dots 0,5^\circ$), а осевому перемещению обрабатываемой заготовки препятствует установленный упор.

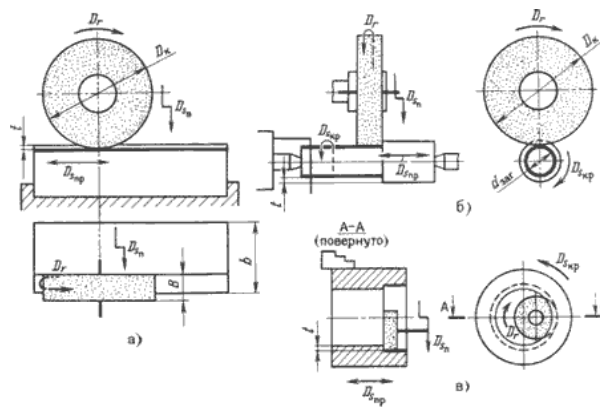
По аналогии с врезным шлифованием находит применение обработка не шлифовальными кругами, а шлифовальной лентой, закрепляемой на ведущем и ведомом шкивах. Обрабатываемую заготовку также устанавливают на нож.

При плоском шлифовании возвратно-поступательное движение заготовок необходимо для обеспечения продольной подачи $S_{\text{пр}}$. Для обработки поверхности на всю ширину B заготовка или круг должны иметь поперечную подачу $D_{\text{ст}}$, которая осуществляется прерывисто при крайних положениях заготовки в конце продольного хода.

Периодически осуществляется движение вертикальной подачи $D_{\text{вб}}$, в крайних положениях заготовки в конце поперечного хода.

Плоское шлифование может осуществляться периферией или торцом шлифовального круга.

Движения, осуществляемые при внутреннем шлифовании показаны на рис.



Основные схемы шлифования.

В ленто-шлифовальных станках применяется инструмент в виде бесконечной абразивной ленты. Лента в процессе шлифования поверхности сложной формы (например: лопатки турбин) огибает сложную поверхность и перемещается в осевом и продольном направлениях.

Абразивный слой наносят на бумажную или тканевую основу ленты.

Шлифованием обрабатываются только жесткие детали, не формирующиеся в процессе обработки. Данный способ не допускает обработки малых отверстий.

2. Расчет режимов резания при шлифовании.

Основные параметры резания при шлифовке:

- скорость вращательного или поступательного движения заготовки V_z
- глубина шлифования t
- продольная подача S

Эти параметры следует выбирать по таблице 43, исходя из условий обработки.

Таблица 43

Характеристика обработки	Скорость круга, V_k , м/с	Скорость заготовки V_z , м/мин	Глубина шлифования t , мм	Продольная подача S
Круглое наружное шлифование	30-35	15-55	0,005-0,015	(0,2-0,4)B
Круглое внутреннее шлифование	30-35	20-40	0,0025-0,01	(0,2-0,4)B
Плоское шлифование периферией круга	30-35	15-20	0,005-0,015	(0,2-0,3)B

B – ширина круга, мм

В таблице 1 приведены значения параметров резания при окончательном шлифовании. При предварительном шлифовании следует выбирать максимальные значения режимов из указанных диапазонов.

3 Приспособления и инструменты, применяемые для обработки деталей при шлифовании

Шлифовальные круги.

Абразивный материал – это естественный или искусственный материал, преимущественно высокой твердости. К естественным абразивным материалам относятся алмаз, кварц, корунд, наждак, кремь, гранит. К искусственным – нормальный электрокорунд, хромистый электрокорунд, титанистый электрокорунд, монокорунд, зеленый и черный карбид кремния, карбид бора, синтетические алмазы, кубический нитрат бора, и другие.

Основными свойствами абразивных материалов является твердость, абразивная способность, прочность и износостойкость.

Алмаз естественный (А) представляет собой разновидность углеродов, обладает наивысшей твердостью из всех известных естественных и искусственных абразивных материалов, но хрупок. Естественные алмазы содержат наибольшее количество (от 0.02% до 4.8%) примесей окислов алюминия, железа, кальция, кремния, марганца, титана и др. Алмазы, непригодные для изготовления украшений называют техническими и используют для шлифования металлов. Массу алмаза измеряют в граммах и каратах; 1 кар = 0.2 г.

Алмаз синтетический (АС). Для получения синтетических алмазов используют углеродсодержащие вещества с применением катализаторов. В качестве углеродсодержащего вещества наиболее часто применяют графит, реже – сажу или древесный уголь, а в качестве катализатора – металл (хром, никель, железо, кобальт и др.). Под действием высокой температуры и давления происходит образование синтетического алмаза.

В зависимости от размеров зерен, методов их получения и контроля порошки из синтетических алмазов делят на шлифпорошки и микропорошки.

Существует пять марок шлифпорошков из синтетических алмазов, которые различаются в основном механическими свойствами (прочностью, хрупкостью), а также формой и параметрами шероховатости:

АСО – зерна с шероховатой поверхностью, обладают пониженной прочностью и пониженной хрупкостью, работают с минимальным потреблением и энергией и выделением теплоты, обладают хорошими режущими свойствами;

АСР – зерна с меньшей хрупкостью и большей прочностью по сравнению с АСО и хорошо удерживаются в связке;

АСВ – зерна с меньшей хрупкостью и большей прочностью, чем АСО и АСР, имеют по сравнению с ними более гладкую поверхность;

АСК – зерна с меньшей хрупкостью и большей прочностью по сравнению с АСО, АСР, АСВ;

АСС – зерна имеют максимальную прочность по сравнению с алмазами других марок и представляют собой зерна блочной формы. Прочность зерен АСС выше прочности естественных алмазов.

Алмазные микропорошки выпускают: 1) с нормальной абразивной режущей способностью (АМ) из естественного алмаза и из синтетических алмазов (АСМ); 2) с повышенной абразивной способностью из природных (АН), синтетических (АСН) алмазов.

Электрокорунды состоят из окиси алюминия Al_2O_3 и его примесей. Содержания окиси алюминия 93-96% в нормальном электрокорунде и монокорунде. Разновидности электрокорундов различаются содержанием окиси алюминия. Нормальный электрокорунд 1А выплавляют из бокситов; его разновидности 12А, 13А, 14А и 16А. При содержании, например, 92% окиси алюминия нормальный электрокорунд обозначают 13А, 93% - 14А и так далее. Белый электрокорунд 2А выплавляют из

глинозема; его разновидности – 22А, 23А, 24А, 25А. Белый электрокорунд содержит не менее 97% окиси алюминия. При содержании 98% окиси алюминия белый электрокорунд обозначают 22А а свыше 99.3% - 25А.

Легированные электрокорунды выплавляют из глинозема с различными добавками. К этим электрокорундам относится хлористый электрокорунд 3А; его разновидности 32А, 33А, 34А, а также титанистые электрокорунд 37А. Окислы хрома и титана упрочняют кристаллическую решетку окиси алюминия и одновременно придают зерну очень высокую вязкость, приближающуюся к вязкости нормального электрокорунда.

Циркониевый электрокорунд изготавливают на базе белого электрокорунда с добавкой окиси циркония. Он имеет очень высокую прочность. Шлифовальные круги из циркониевого электрокорунда, изготовленные по технологии горячего прессования, обладают стойкостью в 10-20 раз превышающей стойкость инструмента, изготовленного из нормального электрокорунда по обычной технологии. Вследствие незначительного нагревания заготовки на обрабатываемой поверхности не возникает прижогов. Циркониевый электрокорунд обозначается 38АМ, содержит 18-25% двуокиси циркония, зернистость 250-125.

За последние годы в нашем государстве созданы абразивные материалы из легированного электрокорунда повышенной стойкости и прочности: хромотитанистый 91А и 92А, ванадиевый, формокорунд, электрокорунд и другие.

Перспективны круги из хромотитанистого электрокорунда 91. При их использовании на операциях плоского и круглого наружного шлифования и других видов шлифования стойкость шлифовальных кругов повышается до 2.5 раза, производительность в 2 раза, обработка без прижогов.

Монокорунд 4А выплавляют из боксита сернистым железом и восстановителем с последующим выделением монокристалла корунд. Выпускают монокорунд марок 43А, 44А, 45А; он особенно эффективен при обработке жаропрочных и кислотоупорных сталей.

Карбид кремния представляет собой химическое соединение кремния и углерода, получаемое из кокса и кварцевого песка в электрических печах при нагреве их до температуры 2100-22000 С и содержит около 97-99% SiC. Карбид кремния является ценным шлифующим материалом. Он имеет зерна темно-синей и зеленой окраски с красивым цветом побежалости и металлическим блеском. В зависимости от содержания (%) чистого карбида кремния этот материал делят на зеленый (6С) и черный (5С). Зеленый карбид кремния имеет повышенную по сравнению с черным хрупкость и содержит чистого кремния не менее 97%. Он выпускается следующих разновидностей: 62С, 63С и 64С. Черный карбид кремния в зависимости от содержания карбида кремния выпускают следующих разновидностей: 52С, 53С, 54С и 55С.

Важнейшими свойствами этого абразивного материала являются высокие твердость (тверже его только алмаз, эльбор и карбид бора) и абразивная способность, которая объясняется тем, что его зерна имеют острые режущие грани. Под абразивной способностью понимают способность абразивных зерен обрабатывать тот или иной материал. Карбид кремния очень теплостоек; он способен выдерживать температуру до 20500 С.

Карбид бора (КБ) представляет собой химическое соединение В4С, он обладает высокими абразивной способностью, износостойкостью и химической стойкостью.

Кубический нитрид бора (КНБ) – сверхтвердый материал, впервые получен в 1957г. и содержит 43.6% бора 56.4% азота. Несмотря на несколько меньшую твердость, кубический нитрид бора обладает почти теми же абразивными свойствами, что и алмаз, но превосходит по износостойкости все известные абразивные материалы,

применяемые в технике. Кубический нитрид бора выгодно отличается от алмаза своей высокой теплостойкостью. Он не теряет своих режущих свойств даже при температуре 12000 С; шлифовальные круги из него отличаются высокой стойкостью. Их применение повышает точность и качество детали, резко сокращает время на правку.

Абразивные материалы из кубического нитрида бора в СССР выпускают в виде шлифпорошков – эльбор (Л) и кубонит (КО) – и микропорошков (КМ).

Зернистость абразивного материала приведена ниже.

Шлифзерно – 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16

Шлифпорошки - 12, 10, 8, 6, 5, 4

Микропорошки - М63, М50, М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5

Связка – вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления зерен в инструменте. Связки делят на неорганические и органические. К неорганическим связкам относят керамическую, силикатную и магнезиальную; к органическим бакелитовую и вулканитовую. Наибольшее применение имеют керамические, бакелитовые и вулканитовые связки.

Керамическая связка (К) состоит из огнеупорной глины, полевого шпата, кварца, мела, талька и других составляющих. Круги, изготовленные на керамической связке, имеют наибольшую пористость и поэтому меньше засаливаются, легко режут металл и обладают хорошей водоупорностью, допускают шлифование с охлаждением. Недостатком керамической связки является хрупкость, которая делает абразивные инструменты чувствительными к ударной нагрузке.

Силикатную связку (С) изготавливают из жидкого стекла, которое смешивают с окисью цинка, мелом, глиной и др. Силикатная связка обладает достаточной прочностью. Круги на такой связке быстро изнашиваются, но работают с малым выделением теплоты при резании. Их применяют, когда поверхность заготовки чувствительна к повышению температуры при шлифовании. Круги на силикатной связке обычно используют без охлаждения.

Магнезиальная связка состоит из акустического магнезита и раствора хлористого магния. Она имеет ограниченное применение, так как круги, изготовленные на ней, неоднородны, быстро неравномерно изнашиваются. Они гигроскопичны, их можно использовать только для сухого шлифования.

В бакелитовой связке (В) главной составляющей является жидкий или порошкообразный бакелит (искусственная смола). Круги на такой связке обладают большой прочностью, но быстро изнашиваются. При тяжелых условиях работы, когда температура в зоне резания достигает 3000С и более, связка начинает выгорать, а зерна преждевременно выкрашиваются. Указанные круги используют главным образом без охлаждения. Бакелитовая связка несколько разрушается под действием щелочных растворов, находящихся в охлаждающей жидкости. Поэтому охлаждающая жидкость в случае применения кругов на этой связке не должна содержать свыше 1.5% щелочи.

Упругость связки дает возможность изготавливать тонкие круги (высотой 0.5 мм) для абразивной прорезки. Эти свойства бакелитовой связки обеспечили ей широкое распространение в производстве абразивных инструментов. Из-за больших прочности и упругости бакелитовой связи шлифовальные круги, изготовленные на ней, могут работать с повышенными скоростями (50-65 м/с).

Вулканитовая связка (В) состоит главным образом из синтетического каучука с различными добавками, которые влияют на твердость, прочность и эластичность инструмента. Круги на вулканитовой связке обладают большей упругостью, чем на бакелитовой, и поэтому применяются для абразивной прорезки.

Твердость абразивного инструмента – величина, характеризующая его свойство сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструмента в пределах установленных норм. Понятие о твердости абразивного инструмента не имеет ничего общего с твердостью абразивного материала, который характеризует способность его проникать в другие тела. Из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовит мягкий абразивный инструмент, и наоборот. Обычно мягким абразивным инструментом называют такой, из которого абразивные зерна легко выкрашиваются, а твердым – из которого зерна выкрашиваются с трудом. Согласно стандарту, ниже приведена шкала твердости шлифовальных кругов:

Мягкий	M1, M2, M3
Среднемягкий	CM1, CM2
Средний	C1, C2
Среднетвердый	CT1, CT2, CT3
Твердый	T1, T2
Весьма твердый	BT1, BT2
Чрезвычайно твердый	CT1, CT2

Контрольные вопросы

1. На каких металлообрабатывающих станках производится шлифование наружных поверхностей тел вращения?
2. Какие разновидности шлифования существуют при механической обработке деталей?
3. В чем заключается сущность бесцентрового шлифования?

Лекция №26

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.

1. Обработка деталей на станках с ЧПУ.
2. Электрофизические способы обработки.
3. Электрохимические способы обработки.
4. Обработка ультразвуком. Лучевые способы обработки.

1. Обработка деталей на станках с ЧПУ.

Подготовка управляющей программы складывается из следующих этапов:

1. Корректировка чертежа изготавливаемой детали:

-перевод размеров в плоскости обработки;

-выбор технологической базы;

-замена сложных траекторий прямыми линиями и дугами окружности.

2. Выбор технологических операций и переходов обработки.

3. Выбор режущего инструмента.

4. Расчет режимов резания:

-определение скорости резания;

-определение частоты вращения силового привода;

-определение скорости подачи режущего инструмента.

5. Определение координат опорных точек контура детали.

1. Построение эквидистанты и нахождение координат опорных точек эквидистанты.

Ввод исходной точки режущего инструмента.

2. Построение схемы наладки, в которой в графической форме указывается взаимное расположение узлов станка, изготавливаемой детали и режущего инструмента перед началом обработки.

3. Составление карты подготовки информации, в которую сводится геометрическая (координаты опорных точек и расстояния между ними) и технологическая (режимы резания) информация.

4. Составление управляющей программы

Особенности разработки технологического процесса

Виды и характер работ по проектированию технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ существенно отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна. Рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства.

При использовании ЧПУ появляется принципиально новый элемент технологического процесса – управляющая программа, для разработки и отладки которой требуются дополнительные затраты средств и времени.

Существенной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является необходимость точной увязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

Расширенные технологические возможности станков с ЧПУ обуславливают некоторую специфику решения таких традиционных задач технологической подготовки, как проектирование операционного технологического процесса, базирование детали, выбор инструмента и т.д.

На стадии разработки технологического процесса необходимо определить обрабатываемые контуры и траекторию движения инструмента в процессе обработки, установить последовательность обработки контуров. Без этого не возможно рассчитать координаты опорных точек, осуществить точную размерную увязку траектории инструмента с системой координат станка, исходной точкой положения инструмента и положением заготовки.

В процессе обработки детали инструмент рассматривается в системе координат станка. При токарной обработке центр инструмента совпадает с центром окружности при вершине резца. Траектория инструмента совпадает с эквидистантой к контуру детали и отстоит от контура на величину радиуса при вершине резца (рис.3.1). Эквидистанта состоит из отдельных участков, разделенных опорными точками (1 – 6). Перемещения 0 – 1 и 6 – 0 являются холостыми ходами.

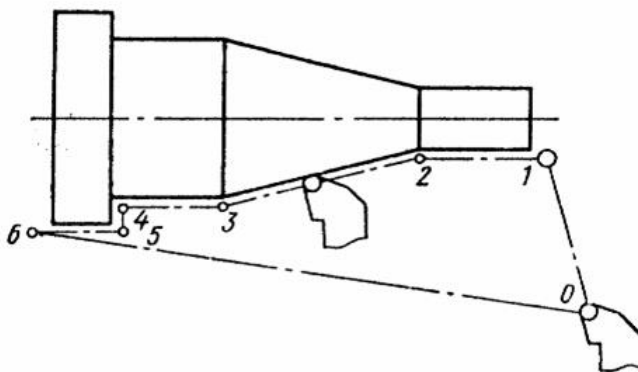


Рис.83 Траектория инструмента при токарной обработке (чистовой).

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ. Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом.

1. Процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений системы СПИД, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом, следует иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования.

2. В целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и

технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций).

3. При выборе последовательности операций стремиться к обеспечению полной обработки детали при минимальном числе ее установок.

4. Для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином.

5. При точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (большой диаметр), а затем зона малой жесткости.

Требование к заготовкам

Заготовки для обработки на станках с ЧПУ должны иметь минимальные и равномерные припуски, обеспечивающие получение заданной точности и шероховатости поверхностей. Точность заготовок должна быть выше, чем для станков с ручным управлением, в противном случае при обработке в автоматическом режиме большое рассеивание размеров заготовок обуславливает снижение точности готовых деталей. Этим требованиям хорошо отвечают заготовки из проката.

Представленные эскизы деталей имеют однородные по конструктивно – технологическому принципу группы поверхностей, их максимальные диаметры не превышают диаметра отверстия в шпинделе станка 55 мм. Следовательно, в качестве заготовок можно применить прокат. Прокат зажимается в трех кулачковом патроне и может быть использован для изготовления нескольких штук деталей.

Проектирование технологической операции на токарном станке

На станке с ЧПУ основной структурной единицей операции считается переход. Переход содержит один или несколько проходов. Проход – часть перехода, связанная со снятием одного слоя металла. Переходы подразделяют на элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные.

Элементарный переход - обработка одной элементарной поверхности одним инструментом. Режимы резания могут автоматически изменяться, например при подрезке торцов.

Инструментальный переход – законченный процесс обработки нескольких поверхностей при непрерывном движении одного инструмента по заданной программе.

Вспомогательный переход - часть траектории инструмента не связанная с образованием поверхности (траектория врезания, выход из зоны обработки, холостые перемещения).

Определение последовательности обработки начинается с уточнения количества установок, необходимых для полной обработки заготовки.

Задав требуемое количество и последовательность установок, определяют последовательность обработки для каждой установки по отдельным внутренним и наружным контурам. Для этого выделяют элементарные поверхности на детали, представляющие цилиндр, конус, канавку, поверхность, выполненную по дуге окружности, торцовую поверхность, фаски и т.д. Строят точки пересечения контуров этих поверхностей (опорные точки) и по ним идентифицируют элементарные и

инструментальные переходы и проходы, для которых назначают вид обработки (черновая, чистовая) и требуемое количество и типоразмеры инструментов. При этом решается вопрос о возможности размещения всех инструментов в резцовом блоке. Если емкость инструментального блока не достаточна для размещения всех инструментов, то операцию либо разделяют на части, либо производят замену инструмента при запрограммированном останове станка.

Для проектирования последовательности технологических переходов в операции предложено разделить поверхности, ограничивающие деталь, на поверхности основных и дополнительных форм.

К основным формам относятся наружные, торцевые и внутренние цилиндрические, конические и криволинейные поверхности, а также выточки глубиной менее 1 мм. К дополнительным формам относятся канавки, проточки различной формы, резьбы и другие элементы.

Переходы при обработке деталей с закреплением в кулачковом самоцентрирующем патроне выполняют в следующей последовательности:

- 1) центрирование, если диаметр просверливаемого отверстия меньше 17–20 мм;
- 2) сверление;
- 3) подрезание торца;
- 4) черновая обработка основных форм поверхностей, обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренних поверхностей;
- 5) чистовая обработка внутренних и наружных основных поверхностей; обработка дополнительных форм поверхностей;
- 6) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхностей;
- 7) нарезание резьбы;
- 8) отрезка детали.

При обработке заготовок в центрах первые три перехода исключаются. При переустановке, обработка детали с другой стороны осуществляется в уже рассмотренной последовательности.

На токарных станках с ЧПУ имеются свои особенности обработки отдельных поверхностей. Например, перед сверлением отверстия диаметром меньше 20 мм производится предварительное центрование сверлом большего диаметра. Таким образом, совмещаются переходы: центрование и снятие фаски в отверстии. При сверлении ступенчатых отверстий сначала сверлится большой, а затем меньший диаметр отверстия. Используя высокую жесткость станков с ЧПУ, сверление отверстий диаметром более 20 мм производят сразу сверлом соответствующего диаметра без предварительного рассверливания.

Программы разрабатываются согласно эскизу детали и под оборудование указанное в заказе, но ниже приведенные принципы программирования обработки детали справедливы для любых токарных станков.

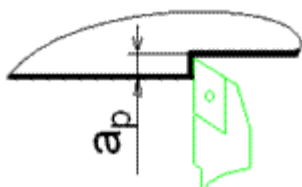


Рис 84 Глубина резания

- 1) Перемещения инструмента программируются в системе координат детали. "Ноль" детали ОД выбирается на свое усмотрение, чаще всего центр торца заготовки (рис.1).

2) – глубина резания ар

ар – следует подбирать по следующим параметрам:

обрабатываемый материал – на хорошо режущийся материал (такие стали как Ст45) ар может быть взято столь велико, сколько позволит мощность станка и требуемая точность изготовления детали.

требуемая точность изготовления, диаметр и длина детали – эти три параметра влияют на точность изготовления, чем больше длина, тем больше будет отгибать изделие, чем больше диаметр при той же длине, тем меньше прогиб, чем выше требование к точности, тем меньше должен быть ар на финишном проходе

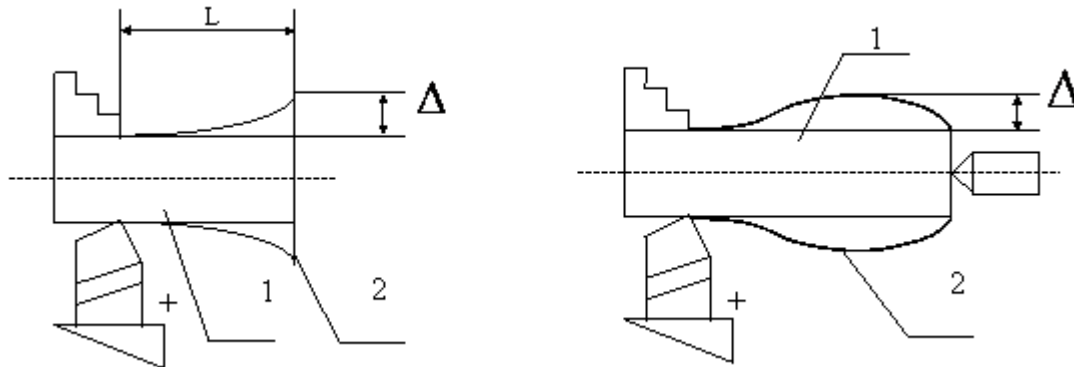
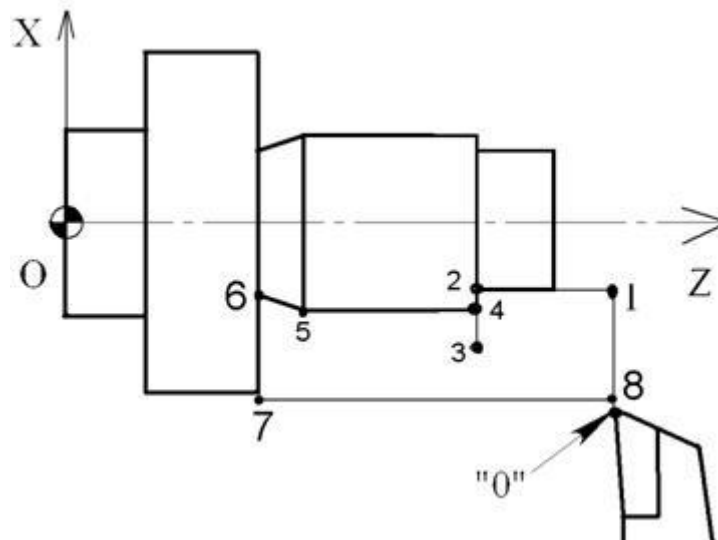


Рис 85 Погрешность обработки на станке

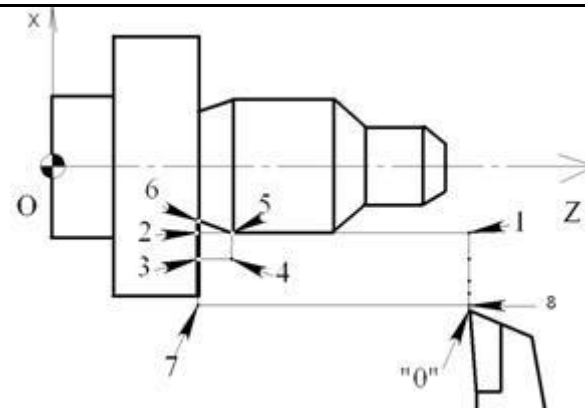
Таблица 44 Элементы движения инструмента

<p>Многопроходная обработка диаметра 0-1-2-3-4-5-6-2-1-7-8-3-0</p>	
------------------------------------------------------------------------	--

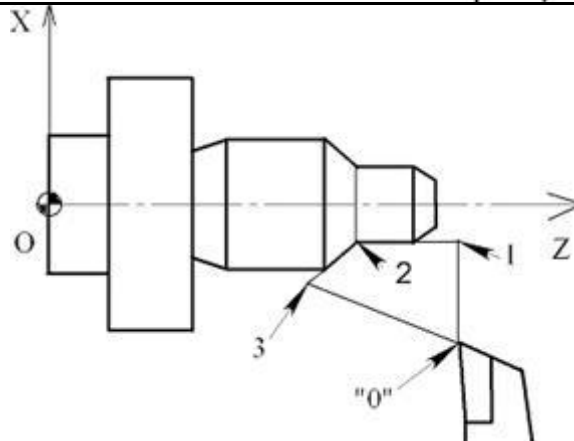
Канавка – точение канавки программируется перемещением по осям XZодновременно (движение по точкам 5-6), причем выход по X делать больше диаметра заготовки (торец подрезается начисто)



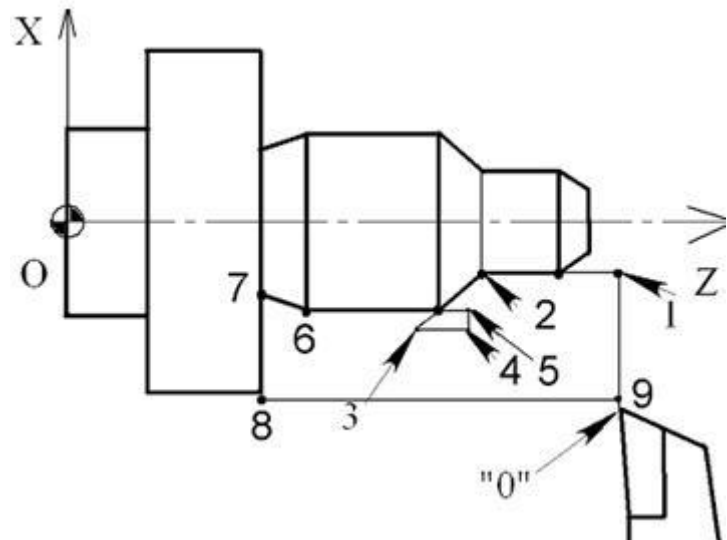
При большом ар канавку следует точить с отходом (точки последовательно 2-3-4-5-6-7), для уменьшения нагрузки на резец



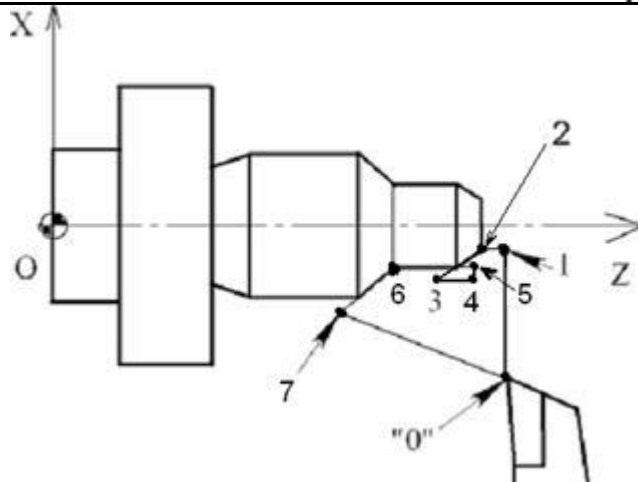
Фаска – точение программируется перемещением по осям XZодновременно, выход следует делать с запасом, чтобы, не осталась ступенька (если размер следующего диаметра больше предполагаемого, то это может случиться, если точение фаски сделано в размер, а не больше размера фаски на чертеже)



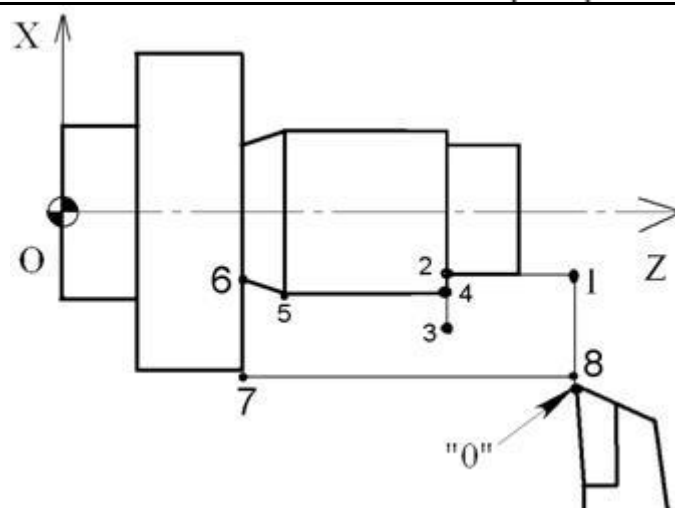
Фаска и переход на следующий диаметр – после фаски надо отойти по Z



Фаска в начале вала – подход по X и Z только после этого точим фаску (если от "касания" – движения по Z не будет), отвод и подвод к обработке диаметра делать только, как показано (точки 2-3-4-5), иначе будет зарез на фаске



Переход с диаметра на диаметр – что бы получился чертежный размер + допуск, надо выбрать зазор в приводе оси X т.е. движение 2-3-4



2. Выбор режущего инструмента и материала режущей части

Параллельно с разработкой схемы последовательности обработки детали производится выбор режущего инструмента. На практике получили распространение три направления в выборе конструкций режущего инструмента:

□ используется инструмент общего назначения, тот же, что и для универсальных токарных станков;

- применяется специализированный режущий инструмент, который представляет собой малогабаритные резцовые вставки, имеющие регулировочные элементы для выверки положения режущих кромок.
- используется инструмент общего назначения, отличающийся более высокой точностью расположения режущих кромок.

На станках с ЧПУ токарной группы особенно эффективно применение инструментов с многогранными неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава и сверх твердых материалов. Они обеспечивают стабильность геометрии, возможность использования максимальной мощности станка, повышенную стойкость инструмента, упрощают наладку станка при износе инструмента. При износе одной из режущих кромок пластинку поворачивают, вводя в работу новую грань. Погрешность положения новой грани обычно не превышает 0,1 мм и может быть легко устранена при помощи корректоров системы ЧПУ.

Широкие технологические возможности станков с ЧПУ позволяют обойтись сравнительно узкой номенклатурой инструментов при обработке различных деталей. Программируемой точкой реза служит либо его вершина, либо центр закругления при вершине.

Сборные резцы с пластинками правильной трехгранной формы применяются для нарезания резьбы с шагом менее 2 мм. Резцы с ромбическими и призматическими пластинами используют для резьбы с шагом более 2 мм.

Для расточных работ применяются как твердосплавные резцы с напаянными пластинками, так и с механическим креплением многогранных пластин. Минимальный диаметр растачиваемых отверстий составляет 12 мм. Обработку отверстий диаметром более 40 мм. осуществляют резцами с механическим креплением ромбических твердосплавных пластин. Такие резцы применяются для подрезки наружного торца, выполнения контурного точения фаски и отверстия под любым углом, растачивания сквозных, глухих или ступенчатых отверстий с обеспечением перпендикулярности торцевых поверхностей ступеней или дна отверстия.

Хотя поверхности дополнительных форм весьма многообразны, их получение во многих случаях обеспечивается не геометрией инструмента, а формообразующими движениями рабочих органов станка по программе.

Применение фасонных инструментов для работы на станках с ЧПУ встречается крайне редко. Считается, что получение всего разнообразия форм поверхностей детали должно быть достигнуто за счет полного

На сборных инструментах применяют сменные пластины из твердого сплава, режущей керамики и синтетических сверхтвердых материалов (СТМ).

3. Назначение режимов резания

Элементы режима резания назначаются в следующем порядке:

глубина резания – подача – скорость резания.

При черновой обработке основных форм поверхностей режимы резания следует назначать исходя из полного использования возможностей станка и инструментов, так как от черновых проходов в основном зависит производительность обработки.

Выбор глубины резания

При черновой обработке основных поверхностей заготовок из проката инструмент перемещается по траекториям вдоль оси детали с постоянной по возможности глубиной резания. Таким образом, глубина резания каждого чернового прохода определяется общим припуском на обработку, деленном на число проходов.

Значение глубины резания для черновых проходов принимается по возможности максимальной.

При чистовой обработке глубина резания выбирается в зависимости от требуемой степени точности готового изделия и параметров шероховатости обработанной поверхности. Для заготовок из стали 45 при обработке цилиндрических, конических и криволинейных поверхностей с шероховатостью $Rz = 20$ мкм, припуск составляет 0.25 – 0.4 мм.

Подачу для черновых проходов назначают исходя из жесткости заготовки и резца, прочности державки и режущих пластинок резцов, прочности механизма подачи, допустимого крутящего момента и мощности главного привода станка. Подачи можно выбирать по нормативам для автоматизированного оборудования.

При обработке стали подача, выбранная с учетом выше перечисленных ограничений, должна также удовлетворять требованию формирования стружки, хорошо удаляющейся из зоны обработки.

Подачу для чистовой обработки основных форм поверхностей назначают исходя из требований шероховатости и точности этих поверхностей.

Скорость резания рассчитываются по формулам теории резания металлов. Из-за высокой стоимости станков – минуты работы станка с ЧПУ, стойкость инструментов, особенно с механическим креплением неперетачиваемых пластинок, может быть сокращена примерно в два раза. Что соответствует увеличению скорости резания на 20 – 25%.

При черновой обработке торцов для поддержания постоянства скорости резания следует изменять частоту вращения шпинделя, если скорость резания отклоняется от выбранного значения более чем на 20%.

Лабораторная работа №1

Исследование погрешности закрепления заготовки

2.1 Цель работы

Изучение погрешностей, возникающих на обработанных поверхностях деталей машин под воздействием усилий закрепления. Установление возможностей уменьшения погрешностей обработки за счёт оптимизации усилия закрепления деталей, а также использование различных других конструкций станочных приспособлений.

2.2 Общие положения

Точность формы обработанной поверхности нежестких деталей в значительной степени зависит от упругих деформаций, возникающих под действием зажимных сил. Так, при закреплении тонкостенного кольца (рис. 2.1, а) в трехкулачковом патроне от сил зажима кулачков его первоначальная цилиндрическая форма искажается, принимая форму, показанную на рис. 2.1, б после расточки обработанное отверстие принимает форму окружности (рис. 2.1, в) и сохраняет ее до раскрепления. После снятия кольца из патрона форма его наружной поверхности упруго восстанавливается, а обработанное отверстие искажается (рис. 2.1, г). Погрешность формы этой поверхности можно представить в виде

$$\Delta_p = 2(|f_A| + |f_B|), \text{ (мм)}, \quad (2.1)$$

где f_A – прогиб кольца под кулачками,

$$f_A = 0,016 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}, \quad (2.2)$$

f_B – выпучивание кольца между кулачками,

$$f_B = 0,014 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}. \quad (2.3)$$

Подставляя значения f_A и f_B в выражение 2.1, получим

$$\Delta_p = 0,06 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}, \quad (2.4)$$

где $Q = 3 \cdot q$ – суммарная сила зажима (q – сила, развиваемая одним кулачком, Н);

E – модуль упругости материала кольца, кг/мм². Для конструкционных сталей $E = 2,1 \cdot 10^4$;

R_{cp} – средний радиус кольца,

$$R_{cp} = \frac{D+d}{4}, \text{ (мм)}, \quad (2.5)$$

J – момент инерции поперечного сечения кольца,

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ (мм}^4\text{)}, \quad (2.6)$$

где D , d , b и h – параметры кольца в мм (см. рис. 2.1, а).

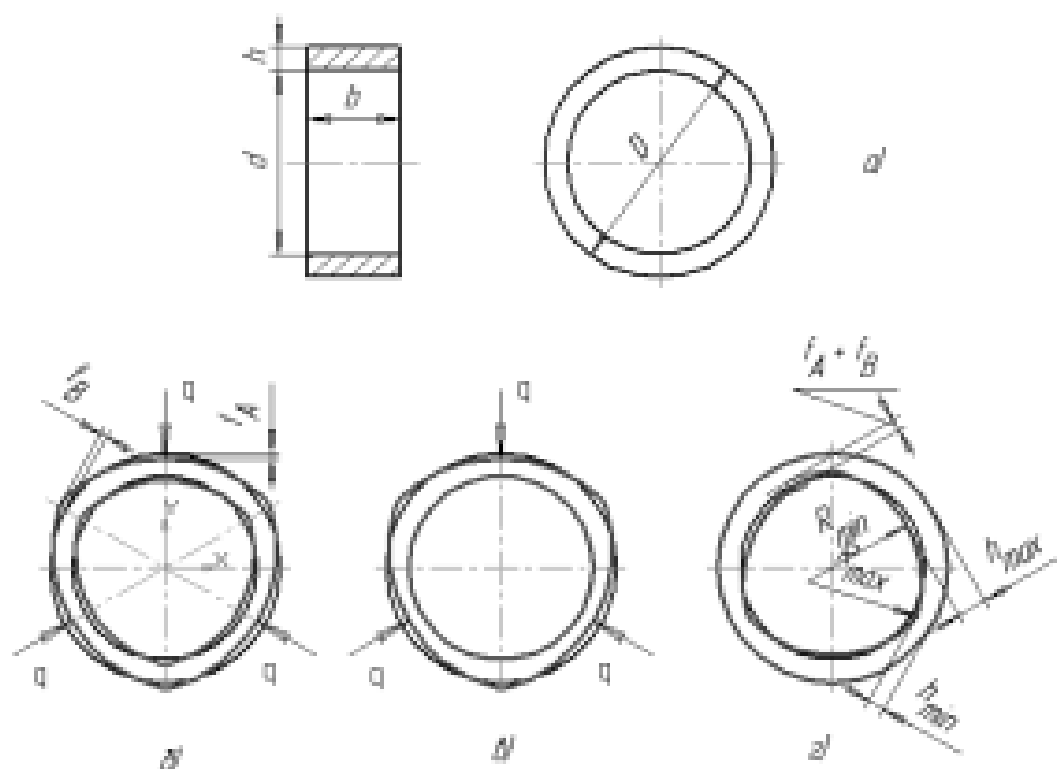


Рис. 2.1. Заготовка и схемы деформации кольца

Для обеспечения требуемой точности геометрической формы отверстия ε усилия зажима кулачков должны удовлетворять условию

$$Q = 3q \leq \frac{\varepsilon \cdot E \cdot J}{0,06 \cdot R_{cp}^3}, \text{ (Н)}. \quad (2.7)$$

С другой стороны, для надежного закрепления кольца в патроне необходимо, чтобы между усилиями зажима кулачков и тангенциальной составляющей силы резания P_2 соблюдалось условие.

$$3 \cdot q \cdot \mu \cdot \frac{D}{2} \geq P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot K, \text{ откуда}$$

$$P_z = Q \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}, \text{ (Н)}. \quad (2.8)$$

где μ - коэффициент трения между поверхностями контактов кулачков и заготовки; K - коэффициент запаса. При данных конкретных условиях опыта значения последних можно соответственно принимать $\mu = 0,13$; $K = 1,5$.

Указанное в (2.8) значение составляющей силы резания обеспечивается варьированием режимов резания из условия

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{Z_{P_z}} \cdot K_{m_{P_z}} = Q \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}$$

При этом могут задаться значения:

а) подачи и скорости резания и определить величину глубины резания

$$t^{X_{P_z}} = \frac{Q \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}}{C_{P_z} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{Z_{P_z}} \cdot K_{m_{P_z}}}, \text{ (мм)}, \quad (2.9)$$

б) глубины и скорости резания и определить величину подачи

$$S^{Y_{P_z}} = \frac{Q \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}}{C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot V^{Z_{P_z}} \cdot K_{m_{P_z}}}, \text{ (мм/об.)}. \quad (2.10)$$

Задание по выполнению лабораторной работы

Исходя из требуемой точности геометрической формы растачиваемого отверстия, обеспечить условия выполнения данной операции. Сравнить расчетную и действительную неточности формы отверстия, дать оценку точности расчетного метода.

2.3 Условия выполнения работы

Станок – токарно-винторезный.

Режущий инструмент – расточной резец с твердосплавной пластиной Т15К6 со стандартной геометрией режущей части.

Измерительный инструмент – микрометр со сферическим наконечником, штангенциркуль.

Заготовка – тонкостенное кольцо из материала сталь 45.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 Начертить эскизы заготовки и схемы деформации кольца при закреплении в патроне.

2.4.2 Измерить параметры заготовки: наружный диаметр D , диаметр отверстия d , ширину b и толщину h . Результаты измерения и условия выполнения работы занести в бланк отчета.

2.4.3 Исходя из заданной точности формы отверстия ε (задается преподавателем), по формуле (2.7) рассчитать значение требуемого усилия зажима кулачка.

2.4.4. По установленной величине усилия зажима рассчитать усилие на рукоятке ключа по формуле

$$P_{\text{рук}} = \frac{Q}{c}, \text{ (Н)},$$

где c – коэффициент, зависящий от диаметра патрона и длины рукоятки зажимного ключа. Для конкретного случая $D_{\text{пат}} = 240 \text{ мм}$, $L_{\text{рук}} = 250 \text{ мм}$, принять $c = 38,3$.

2.4.5 По данным значениям подачи и скорости или глубины и скорости резания соответственно по формулам (2.9) или (2.10) рассчитать значения глубины резания и подачи.

Исходя из конкретных условий при обработке углеродистых сталей резцами с пластинками из твердого сплава значение коэффициентов и степеней принимать следующими:

$$X_{F_z} = 1,0; Y_{F_z} = 0,75; n_{F_z} = -0,15;$$

$$K_{M_{F_z}} = \left(\frac{v_{\text{рез}}}{75}\right)^{0,25}; C_{F_z} = 300.$$

2.4.6 Установить заготовку в трехкулачковом патроне и закрепить с расчетным усилием $P_{\text{рук}}$.

2.4.7 Установленными режимами резания расточить отверстие.

2.4.8 Снять кольцо и микрометром измерить толщину стенок в шести сечениях – в трех под кулачками $h_{\text{мин}}$ и в трех между кулачками $h_{\text{макс}}$. Данные занести в таблицу отчета.

2.4.9 Определить среднее максимальное и среднее минимальное значение толщины стенок кольца:

$$h_{cp}^{max} = \frac{h_{max}^I + h_{max}^II + h_{max}^III}{3}, (\text{мм}),$$

$$h_{cp}^{min} = \frac{h_{min}^I + h_{min}^II + h_{min}^III}{3}, (\text{мм}).$$

2.4.10 Определить действительные значения погрешности формы отверстия (см. рис. 1г):

$$\Delta q = 2(h_{cp}^{max} - h_{cp}^{min}), (\text{мм}).$$

2.4.11 Сопоставить действительное и заданное значение погрешности формы отверстия:

$$\eta = \frac{\varepsilon - \Delta q}{\varepsilon} \cdot 100\%.$$

2.4.12 Результаты измерения и расчетов записать в отчет.

2.4.13 Сделать соответствующие выводы.

2.5 В отчете лабораторной работы приводятся:

1) Эскиз заготовки и схемы деформации кольца.

2) Условия выполнения работы:

а) станок, режущий и измерительный инструмент, материал и параметры заготовки, требуемая точность отверстия;

б) R_{cp} , J , q , $P_{прк}$.

3) Результаты измерения (толщину стенок в шести сечениях – в трех под кулачками h_{min} и в трех между ними h_{max} , среднее максимальное R_{cp}^{max} и минимальное R_{cp}^{min} , их значения, действительное значение погрешности формы отверстия Δq).

4) Оценка точности обработки.

5) Выводы по работе.

2.6 Вопросы для самопроверки

2.6.1 Механизм образования погрешностей под воздействием усилий закрепления?

2.6.2 Какие конструкции приспособлений обеспечивают обработку деталей без возникновения погрешностей от усилий закрепления?

2.6.3 Какие схемы закрепления деталей приводят к уменьшению погрешностей формы?

Лабораторная работа №2

Определение размерного износа режущего инструмента

Цель работы

1. Ознакомление с видами износа режущего инструмента и его причинами, экспериментально определить зависимости размерного износа от пути резания и относительного износа от скорости резания.

2. Методом наименьших квадратов с использованием экспериментальных данных установить явный вид указанных зависимостей.

Работа рассчитана на шесть академических часов.

Общие положения

Причины износа инструментов

В процессе резания обрабатываемого материала режущий инструмент подвергается воздействию отходов обработки в виде стружки и обработанной поверхности. Отмеченное воздействие приводит к износу (истиранию) рабочих поверхностей инструмента.

Сходящая по передней поверхности стружка может образовывать на ней лунку, уменьшающую прочность режущей части и сечение для отвода в тело резца тепла. Обработанная поверхность за счет скоростей упругого восстановления материала, значительно превышающих скорости резания, истирает заднюю поверхность инструмента. Отмеченные факторы через некоторое время могут привести к потере инструментом режущих способностей или к снижению его точностных параметров.

Потеря работоспособности режущих инструментов может быть вызвана следующими причинами:

1) истиранием рабочих поверхностей инструмента в местах их соприкосновения со стружкой и обработанной поверхностью детали;

2) выкрашиванием режущего лезвия инструмента, которое характерно для хрупких инструментальных материалов (твердых сплавов, минералокерамики, эльбора, алмаза); выкрошенные частицы имеют микроскопические размеры, поэтому затупление внешне сходно с истиранием;

3) налипанием обрабатываемого материала на задние поверхности инструмента, имеющего малые задние углы (направляющие ленточки у сверл, боковые поверхности зубьев долбяков и т. д.), что наиболее характерно при обработке вязких материалов.

Процесс износа режущего инструмента характерен для всех инструментов, независимо от их вида и назначения. Интенсивность этого износа определяется температурой в зоне резания и истирающей способностью обрабатываемого материала. Увеличение их при изменении режимов обработки интенсифицирует износ инструмента, уменьшает его стойкость. Под стойкостью инструмента следует понимать время его работы до переточки. Сигналом к переточке могут служить резкое ухудшение качества обработанной поверхности, повышение вибраций, резкое повышение температур в зоне резания и энергозатрат на процесс обработки.

В зависимости от режимов резания, свойств обрабатываемого материала, геометрии и качества заточки инструмента и его материала различают 3 вида износа.

1. *Износ по передней поверхности* (рис. 5.1, а) характеризуется глубиной h и шириной b лунки. Этот износ характерен для обработки пластичных материалов на больших скоростях и при значительной глубине резания, когда образуется сливная

стружка и передняя поверхность резца испытывает большие удельные нагрузки.

2. *Износ по задней поверхности* (рис. 5.1, б) определяется высотой площадки h_3 , приводящей к заднему углу, равному нулю. Преобладание этого износа характерно для малых значений скорости и глубины резания (чистовое точение, развёртки, протяжки и т. п.). Избежать этого износа возможно, если обработку производить со скоростями резания, равными или превышающими скорость упругого восстановления обрабатываемого материала.

3. *Износ по передней и задней поверхностям* (рис. 2.1, в) встречается наиболее часто при обработке вязких материалов. Этот вид износа характерен для резцов, оснащенных твердым сплавом, для сверл, зенкеров, торцовых и дисковых фрез и т. д.

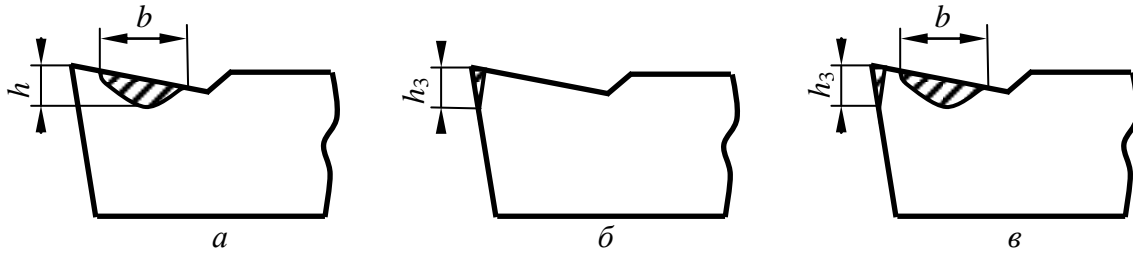


Рис. 2.1. Виды износа:

a – износ по передней поверхности; *б* – износ по задней поверхности;
в – износ по передней и задней поверхностям

Процесс затупления режущих инструментов изучают, используя графическое изображение закономерностей нарастания величины износа в период эксплуатации. За меру износа принимают величину U истертой площадки (рис. 5.2), так как этот параметр оказывает наиболее ощутимое влияние на размерную точность обработки. Такие графики называют кривыми износа.

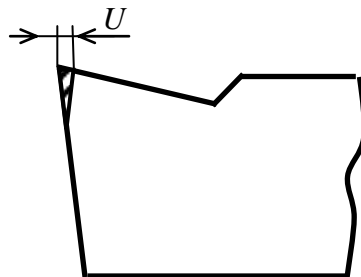


Рис. 2.2. Износ резца и величина истертой площадки U

На кривой износа можно выделить три характерных участка (рис. 2.3).

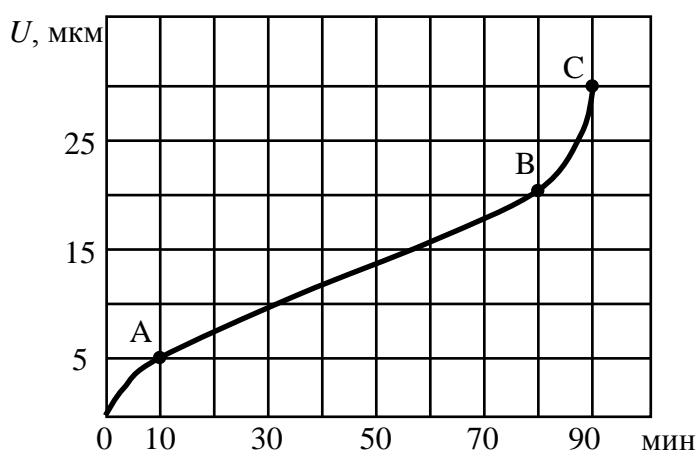


Рис. 2.3. Кривая износа

1) OA – период приработки; на этом участке износ быстро увеличивается до небольших величин вследствие истирания микронеровностей на рабочих поверхностях инструмента, остающихся после заточки. Этот участок может отсутствовать, если инструмент перед работой тщательно доведен;

2) AB – период нормального износа, в течение которого износ постепенно возрастает пропорционально времени работы, количеству деталей или пути резания;

3) BC – период ускоренного износа, который наступает при значительной величине износа в результате резкого повышения температур в зоне резания и ухудшения условий трения (катастрофический износ); в этом случае инструмент считается затупленным и требует переточки.

Совокупность признаков, по которым инструмент считают затупленным, т. е. достигнута предельно допустимая величина его износа, называется *критерием затупления* или *критерием износа*.

Наиболее распространенные критерии износа инструментов: критерий блестящей полоски, силовой критерий, критерий оптимального износа и технологический критерий.

Критерий блестящей полоски основан на том, что затупившийся резец производит интенсивное смятие, сглаживание отдельных участков поверхности, в результате чего при обработке стали на поверхности образуется блестящая полоска, а при обработке чугуна – темные пятна. Появление блестящей полоски соответствует началу третьего периода износа. Этот критерий невозможно применять при чистовых работах. При работе с твердосплавным инструментом заметить блестящую полоску на обработанной поверхности затруднительно.

Силовой критерий основан на том, что при затуплении инструмента резко увеличиваются все составляющие сил резания. Для фиксации отмеченного необходимы динамометры, применение которых в производственных условиях приводит к снижению жесткости технологической системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь).

Критерий оптимального износа основан на том, что инструмент считается затупившимся, когда износ его достигает определенной оптимальной величины, при которой после ряда переточек общий срок службы инструмента является наибольшим. Общий срок службы инструмента определяется как произведение общего количества переточек на время работы между переточками. Оптимальный износ приблизительно соответствует точке В кривой износа (рис. 2.3). Нетрудно заметить, что дальнейшее

продолжение работ нецелесообразно, так как при переточке может возникнуть необходимость удаления значительных слоев инструментального материала, что снизит общий срок службы инструмента. Метод применяется преимущественно в исследовательских работах, при работе со сложным и дорогим инструментом.

В ряде случаев оптимальный износ не может служить критерием затупления, так как решающую роль приобретают соображения не экономические, а технологические. Это относится к чистовым операциям обработки, при выполнении которых применяется технологический критерий затупления.

Технологический критерий заключается в том, что момент затупления инструмента определяется по какому-либо технологическому признаку, например, когда качество обработанной поверхности перестает удовлетворять заданным техническим условиям или размеры детали выходят за пределы допуска вследствие износа инструмента в радиальном направлении при точении. Стойкость инструмента, определяемая моментом потери требуемых размеров обработки, называется размерной стойкостью. Высокая размерная стойкость особенно важна на финишных операциях обработки, при расчетах технологических процессов с помощью САПР.

Из рассмотренных критериев затупления наибольшее распространение находят критерий оптимального износа и технологический.

Влияние на износ различных факторов

При обработке хрупких материалов режущие инструменты изнашиваются преимущественно по задней поверхности независимо от инструментального материала. При резании вязких материалов образуется сливная стружка, поэтому износ происходит в основном по передней поверхности с образованием лунки (рис. 5.1, а). В этом случае на процесс износа существенно влияют скорость резания, явления наростообразования, температура и т. д.

Данный процесс заключается в том, что на передней поверхности резца задерживается слой металла, непосредственно прилегающий к передней поверхности, причем этот слой увеличивается по объему (рис. 5.4).

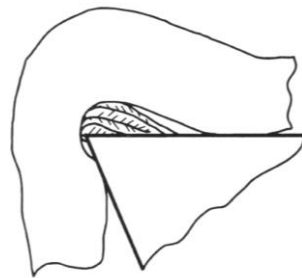


Рис. 2.4. Схематическое изображение процесса наростообразования

Скорость резания влияет на интенсивность износа через явление наростообразования. Нарост удлиняет режущую кромку, увеличивая задний угол, что приводит к уменьшению износа по задней поверхности резца. На передней поверхности нарост отодвигает образующуюся лунку от лезвия, увеличивая ресурс инструмента, его стойкость. При малых скоростях резания в отсутствие наростообразования износ инструмента происходит в основном по задней поверхности за счет ее истирания. Объясняется это тем, что скорость трения задней поверхности инструмента об обработанную поверхность в 4–6 раз выше, чем скорость трения сходящей стружки о переднюю поверхность резца, так как стружка претерпевает усадку и проходит меньший путь, чем путь резания. При высоких скоростях резания,

когда нарост также отсутствует, и малой глубине обработки происходит преимущественный износ инструмента по задней поверхности. С увеличением глубины резания возрастают удельные нагрузки на резец, интенсифицируется износ по передней поверхности. С ростом скоростей резания сокращается период нормального износа. Это объясняется увеличением температуры в зоне резания и температуры инструмента, механические свойства которого снижаются, приводя его к повышенному износу.

Инструменты из разных материалов неодинаково воспринимают воздействие температур, поэтому имеют неодинаковую износостойкость. Закаленная инструментальная углеродистая сталь теряет твердость уже при температуре 200°C и поэтому пригодна для изготовления инструмента, работающего при малых скоростях резания. Быстрорежущая сталь сохраняет твердость до 500°C, твердые сплавы – до 800–900°C, эльбор – до 1000–1100°C.

Существенное влияние на стойкость инструмента оказывают геометрические параметры его режущей части. В этом отношении следует помнить: чем выше механическая прочность режущей кромки, чем меньше давление и трение на режущие грани обеспечивает геометрия инструмента и чем лучше теплоотвод от режущей кромки, тем меньше износ инструмента и выше его стойкость. Поэтому уменьшение углов в плане, увеличение радиуса закругления вершин, создание на режущих кромках упрочняющих фасок с отрицательными передними углами и т. п. вызывают значительное увеличение стойкости инструмента.

Применение СОЖ уменьшает износ, что объясняется облегчением процесса стружкообразования, уменьшением сил трения и снижением температуры инструмента.

Существенное влияние на стойкость инструмента оказывают качество заточки и состояние поверхностного слоя его режущей части. Поверхности инструмента с большой шероховатостью быстрее изнашиваются. Поэтому особенно важное значение имеет чистовая заточка инструмента с последующей обязательной доводкой его рабочих поверхностей. Процесс доводки рабочих поверхностей повышает стойкость инструментов в 3–4 раза. При заточке инструментов из быстрорежущих сталей поверхностные слои, находящиеся в контакте с абразивным кругом, сильно разогреваются, происходит их отпуск, в результате которого теряется твердость. Глубина такого «размягченного» слоя в зависимости от условий заточки находится в пределах 0,02–0,5 мм. При заточке твердосплавных инструментов и эльбора вследствие сильного нагрева поверхностных слоев и малого коэффициента теплопроводности на обработанных поверхностях может образоваться сетка микротрещин, что значительно снижает стойкость инструментов. По этой причине «размягченный» или растрескавшийся слой должен быть обязательно удален в процессе последующей мягкой чистовой заточки и доводки. К качеству заточки инструментов предъявляют следующие требования: сохранение правильной геометрии режущей части, отсутствие дефектов в поверхностных слоях (прижогов, растрескиваний и т. п.), малая шероховатость заточенных поверхностей. Чистовую заточку резцов производят обычно чашечными алмазными кругами на керамической связке зернистостью 8–10. Процесс заточки осуществляется на мягких режимах при обильном охлаждении СОЖ. Припуск на чистовую заточку составляет 0,02–0,03 мм.

Размерный износ и его зависимость от пути резания

С точки зрения стойкости инструмента (время работы или количество обработанных деталей) обычно представляет интерес лишь его предельный износ (полное затупление), приводящий к необходимости замены инструмента. При получистовых и чистовых операциях обработки лезвийным инструментом задолго до полного затупления следует учитывать его постепенный износ, существенно влияющий

на получение действительных размеров в пределах заданных отклонений. Погрешности, возникающие вследствие указанного износа, относят к систематическим. Следовательно, износ инструмента предопределяет точность обработанных поверхностей детали. Данное положение относится не только к лезвийной, но и к абразивной обработке шлифованием. По этой причине важно иметь информацию о закономерности износа режущего инструмента в зависимости от пути резания.

В настоящей лабораторной работе изучается износ режущего инструмента (резца) с точки зрения точности механической обработки, или так называемый размерный износ.

Размерным называется износ инструмента, измеренный в направлении, нормальном к обработанной поверхности (рис. 5.5).

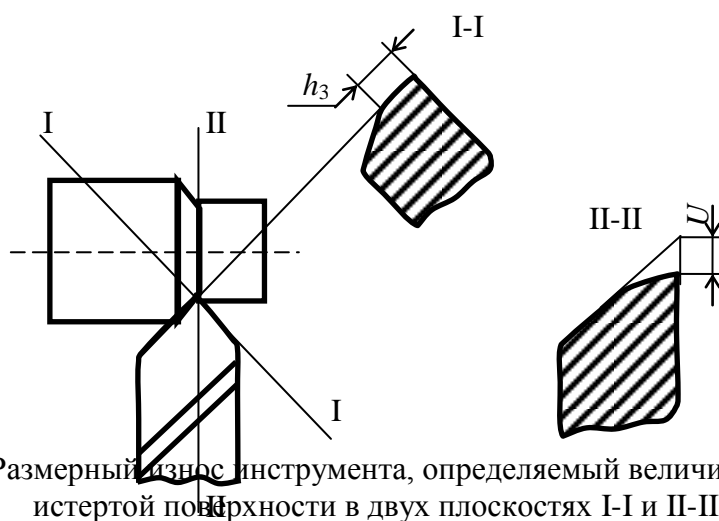


Рис. 5.5. Размерный износ инструмента, определяемый величинами h_3 и U истертой поверхности в двух плоскостях I-I и II-II

При работе на настроенном станке размерный износ инструмента приводит к постепенному изменению размеров обрабатываемых поверхностей деталей. Если же заготовка имеет значительную протяженность (длинный вал), то при ее обработке точением появляется погрешность в виде конусности с возрастанием диаметрального размера к передней бабке.

Для упрощения расчетов точности механической обработки размерный износ резца исследуют в зависимости от пути, пройденного его вершиной в металле – пути резания.

Путь резания L , м при токарной обработке определяют по формуле

$$L = \frac{\pi d}{1000} \cdot \frac{l}{S},$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм; S – подача, мм/об.

Измерение износа можно производить микроскопом или точным измерительным приспособлением (рис. 5.6).

В процессе обработки резанием размерный износ резца неравномерный. Изнашивание инструмента в зависимости от пути резания характеризуется кривой, приведенной на рис. 5.7 (см. также рис. 5.3).

Процесс износа можно разделить на 3 периода: первый период (зона 1) – кратковременный и характеризуется активным изнашиванием в связи с приработкой инструмента; второй период (зона 2) – нормальное изнашивание инструмента, когда

наблюдается линейная зависимость износа от пути резания; третий период (зона 3) – повышенный (катастрофический) износ.

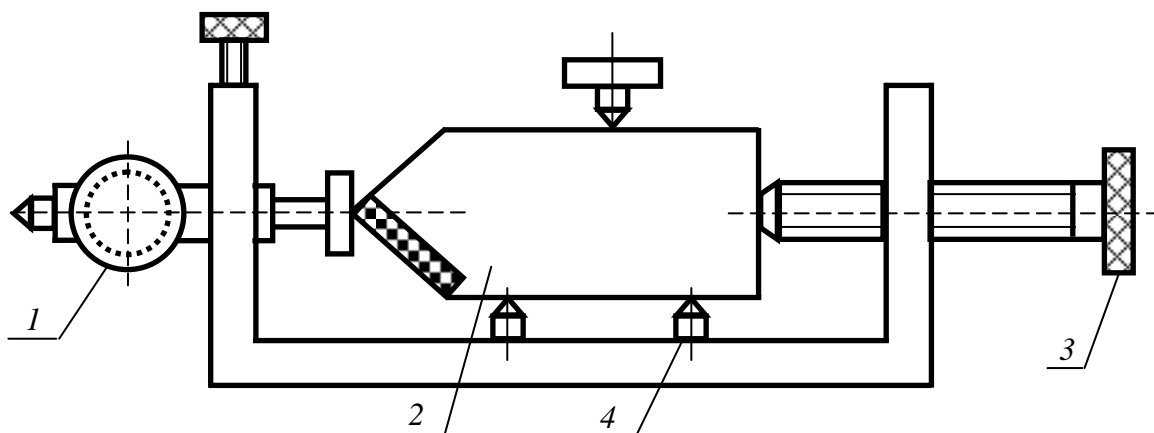


Рис. 2.6. Схема измерительного приспособления:
 1 – индикатор; 2 – контролируемый резец; 3 – упорный винт;
 4 – базисные опоры

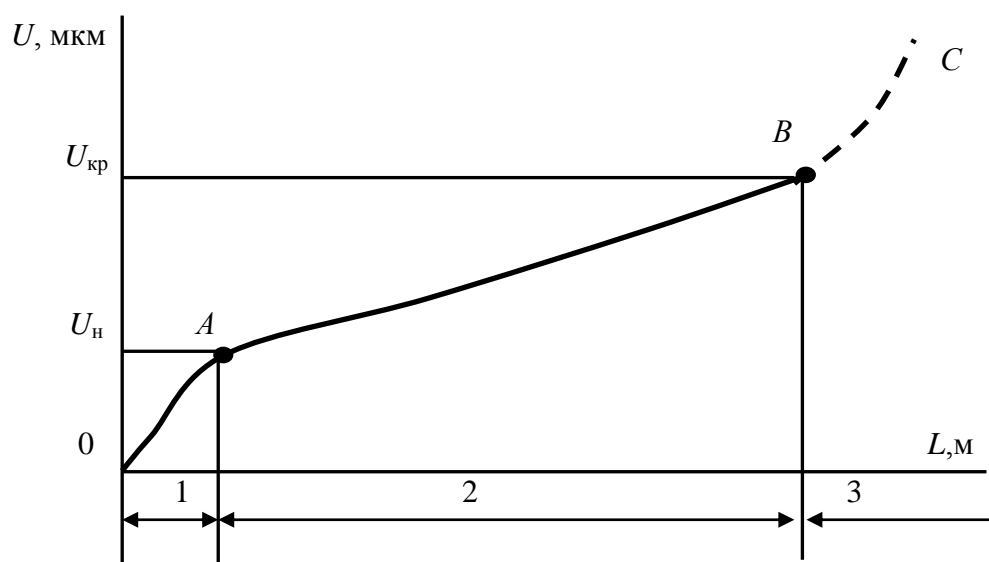


Рис. 2.7. Зависимость размерного износа инструмента от пути резания

С целью устранения первого периода перед работой резцы доводят по передней и задней поверхностям. Протяженность периода нормального износа зависит от материала инструмента, обрабатываемого материала, режимов обработки, геометрии режущего инструмента и СОЖ. Износ инструмента по окончании второго периода изнашивания называют предельно допустимым износом $U_{кр}$. Катастрофический износ наступает в момент соединения лунки износа передней грани с площадкой износа задней – происходит разрушение режущей кромки инструмента, которое требует его переточки.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства при известной зависимости размерного износа от пути резания можно вручную производить подналадку станка путем перемещения резца на величину износа в направлении детали. Однако в условиях массового и крупносерийного производства этот процесс должен осуществляться автоматически, без участия рабочего, тем более, что в настоящее время в машиностроении все шире

применяются «безлюдные» принципы построения технологических процессов. Поэтому расчет технологического процесса в автоматическом цикле (САПР) должен учесть возможность подналадки технологического оборудования для обеспечения заданной размерной точности обработки деталей. Для этого необходимо на основе экспериментальных данных построить аналитическую зависимость износа инструмента U от пути L или скорости резания V , т. е. дать формулу вида $U = f(L)$ или $U = f(V)$, связывающую между собой соответствующие значения переменных. Такие формулы, служащие для аналитического представления экспериментальных данных, называют эмпирическими формулами.

Чаще всего при подборе эмпирических формул пользуются принципом наименьших квадратов. Он основан на том, что из данного множества формул вида $y = f(x)$ наилучшим образом изображающей данные значения считается та, для которой сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений от вычисленных является наименьшей.

Подбор параметров функции $f(x)$, основанный на этом принципе, называют способом наименьших квадратов. Однако необходимо помнить, что данный способ применяется для подбора параметров после того, как вид функции $y = f(x)$ определен.

В случае, если задана таблица значений переменных

x_1	x_2	...	x_{n-1}	x_n
y_1	y_2	...	y_{n-1}	y_n

и известно, что между переменными y_i и x_i существует линейная зависимость вида

$$y = ax + b,$$

то система уравнений для определения параметров a и b имеет вид

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i, \\ a \sum_{i=1}^n x_i + bn = \sum_{i=1}^n y_i. \end{cases}$$

Решение системы следующее

$$a = \frac{\Delta_1}{\Delta}, b = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

где

$$\Delta = \left| \frac{\sum x_i^2 \sum x_i}{\sum x_i n} \right| = n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2;$$

$$\Delta_1 = \left| \frac{\sum x_i y_i \sum x_i}{\sum y_i n} \right| = n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i;$$

$$\Delta_2 = \left| \frac{\sum x_i^2 \sum x_i y_i}{\sum x_i \sum y_i} \right| = \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i.$$

Экспериментально размерный износ можно определить, если последовательно следить за изменением расстояния от вершины резца до выбранной измерительной базы. Для исключения влияния температурных деформаций, перед каждым измерением следует погружать резец в воду с постоянной температурой. В настоящей работе изучается размерный износ резца, оснащенного пластинкой твердого сплава, применяемого для полустачевой и чистовой обработки. Режимы резания соответствуют режимам чистовой обработки.

Порядок выполнения работы

1. Установить и закрепить заготовку на токарном станке ИК62.
 2. Заточенный резец охладить в воде в течение 1,5–2 мин.
 3. Тщательно вытертый резец установить в измерительном приспособлении.
- При установке и снятии резца измерительный наконечник индикатора отводить рычажком.
4. Плавнo опуcтив рычажок, cнять показания индикатора.
 5. Снять резец с приспособления, установить и закрепить его в резцедержателе станка так, чтобы его продольная ось была перпендикулярна оси заготовки.
 6. Перед работой измерить диаметр заготовки и настроить станок на заданный режим: $n = 315 \text{ мин}^{-1}$, $S = 0,07 \text{ мм/об}$, $t = 0,25 \text{ мм}$.
 7. Включить станок и проточить заготовку в направлении продольной подачи на величину $l = 50\text{--}100 \text{ мм}$ (по указанию преподавателя).
 8. Выключить станок, снять резец со станка, охладить (1,5–2 мин) и, тщательно вытерев, установить в приспособление. По разности показаний индикатора до и после эксперимента определить размерный износ резца. Следует учесть, что в процессе обработки на вершине резца может образоваться нарост, который удаляют шабером перед установкой резца в приспособление.
 9. Без переточки опыт повторить 5 раз. Начиная со второй точки, размерный износ, как и путь резания, принимать по нарастающей.
 10. Полученные данные свести в таблицу и построить зависимость размерный износ – путь резания. В измерительном приспособлении применен индикатор с ценой деления 0,001 мм.
 11. Методом наименьших квадратов установить явный вид зависимости $U = f(L)$ для нормального участка износа.
 12. По полученной зависимости рассчитать износ, результаты расчета нанести на график (см. п. 10) и отметить пунктирной линией.

Пример. Заполняем таблицу исходных данных (табл. 5.1).

Таблица 2.1

Исходные данные

Станок	Обрабатываемый материал	Резец		Диаметр заготовки, мм	Режим обработки			
		марка	геометрия узлов		n , мин ⁻¹	V , м/мин	S , мм/об	t , мм
ИК62	Сталь 45	T15K6	α γ $\varphi = \varphi = 45^\circ$	95	315	98,9	0,07	0,25

Результаты экспериментальных исследований сводим в табл. 5.2.

Таблица 2.2

Результаты исследований

Измеряемые параметры	Номер эксперимента				
	1	2	3	4	5
Продольное перемещение суппорта l , мм	10	100	100	100	100
Размерный износ инструмента U , мкм	14	4	2	2	2
Продольное перемещение суппорта с начала	100	200	300	400	500
Путь резания с начала эксперимента L , м	426	852	1278	1704	2130
Размерный износ инструмента с начала	14	18	20	22	24

Экспериментальные данные о значениях U и L представим в виде табл. 2.3.

Таблица 5.3

Экспериментальные данные

L	426	852	1278	1704	2130
U	14	28	20	22	24

Полагая, что L и U связаны зависимостью вида $U = al + b$, определим способом наименьших квадратов значения a и b .

Проведем необходимое суммирование по таблице подсчетов (табл. 5.4).

Таблица 2.4

Таблица подсчетов

i	L_i	U_i	L_i^2	$L_i U_i$
1	426	14	181476	5964
2	852	18	725904	15336
3	1278	20	1633284	25560
4	1704	22	2903616	37488
5	2130	24	4536900	51120
Σ	6390	98	9981180	135468

Эти данные приводят к системе

$$\begin{cases} 9981180 a + 6390 b = 135468, \\ 6390 a + 98 b = 98. \end{cases}$$

Решение этой системы дает значения коэффициентов

$$a \approx 0,0056; b \approx 12,4.$$

Результаты расчета представлены в виде таблицы

L	U
400	15,5548
700	17,0965
1000	18,6383
1300	20,1801
1600	21,7219
1900	23,2637
2200	24,8055
2500	26,3473
2800	27,8891

По полученным данным строим зависимость размерный износ – путь резания (рис. 2.8).

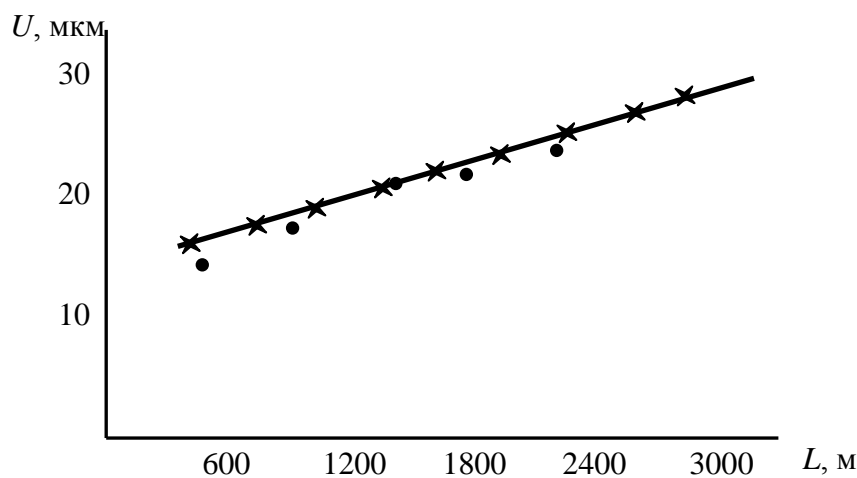


Рис. 2.8. Зависимость размерный износ – путь резания

Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Описать причины износа инструмента, методы его оценки. Пояснить, что такое размерный износ инструмента, какими факторами он определяется.
3. Заполнить таблицу исходных данных эксперимента.
4. Привести схему измерения размерного износа.
5. Заполнить таблицу эксперимента.
6. Привести уравнение зависимости $U = f(L)$ с коэффициентами, полученными методом наименьших квадратов. Представить результаты расчета.
7. Построить график зависимости размерный износ – путь резания.

Относительный износ и его зависимость от скорости резания

На участке нормального износа (см. рис. 5.7) размерный износ линейно зависит от пути резания: $U = f(L)$.

Интенсивность размерного износа в рассматриваемой зоне можно характеризовать относительным износом. **Относительным** износом называется размерный износ режущего инструмента на пути резания 1000 м в зоне нормального износа:

$$U_0 = \frac{U}{L} 1000,$$

где U_0 – относительный износ, мкм; U – размерный износ на участке нормального износа инструмента, мкм; L – путь резания, соответствующий размерному износу, м.

Относительный износ дает возможность сравнить режущие свойства различных инструментальных материалов, определить оптимальную скорость резания, соответствующую максимальной размерной стойкости инструмента. Зная относительный износ инструмента U_0 , длину обрабатываемой поверхности l и подачу S , можно рассчитать погрешность обработки, обусловленную размерным износом.

Для конкретных условий обработки размерный износ определяется по выражению

$$U = U_n + U_0 \frac{L}{1000},$$

где U_n – начальный износ, мкм (рис. 5.6); U_0 – относительный износ, мкм; L – путь резания, м.

При проектировании техпроцессов механической обработки следует с позиции наибольшей стойкости инструмента назначать такие режимы резания, которые обеспечивают наименьший относительный износ.

Наибольшее влияние на относительный износ инструмента оказывает скорость резания. В реальном, применяемом на практике скоростном интервале с увеличением скорости резания относительный износ инструмента уменьшается и при достижении оптимальной скорости достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении скорости резания относительный износ увеличивается (рис. 5.9).

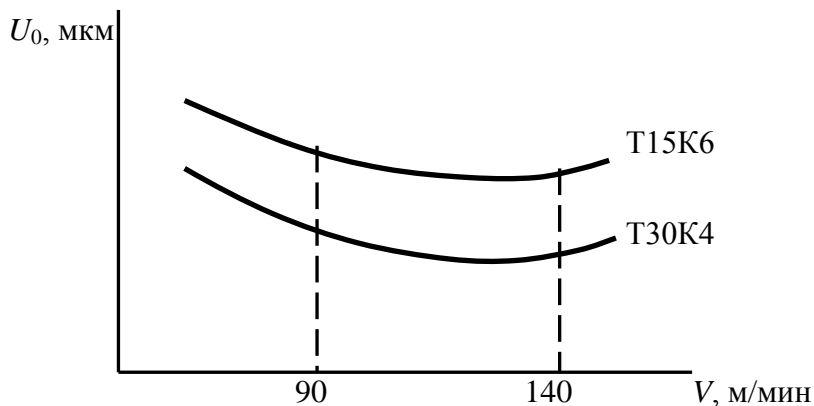


Рис. 2.9. Зависимость относительный износ – скорость резания

Для правильного определения зависимости относительного износа от скорости резания его необходимо определять только на участке нормального износа, что требует длительных экспериментов с построением кривых $U_0 = f(V)$ для каждого инструментального материала.

Выполнение этой работы сопряжено с тщательной заточкой и доводкой резца перед каждым экспериментом с целью устранения начального наноса (см. рис. 5.7). Измерение износа резца следует производить при постоянной температуре после охлаждения водой, пользуясь приспособлениями (рис. 5.7). Во всех

экспериментах применяется резец с одним и тем же инструментальным материалом.

Порядок выполнения работы

1. Установить и закрутить заготовку на токарном станке ИК62.
2. Заточенный резец охладить в воде в течение 1,5–2 мин.
3. Тщательно вытертый резец установить в приспособление так, чтобы его базовые поверхности плотно прилегали к упорам приспособления. Перед установкой и снятием резца измерительный наконечник индикатора отводить рычажком.
4. Записать показания индикатора.
5. Снять резец с приспособления, установить и закрепить его в резцедержателе станка так, чтобы его продольная ось была перпендикулярна оси заготовки.
6. Перед работой измерить диаметр заготовки и настроить станок на заданный режим: $S = 0,07$ мм/об, $t = 0,25$ мм, $n = 100, 200, 315, 400, 500$ мин⁻¹ в каждом эксперименте соответственно.
7. Включить станок и проточить заготовку в направлении продольной подачи на величину 50–100 мм (по указанию преподавателя).
8. Выключить станок, снять резец, охладить его и, тщательно вытерев, установить в приспособление. По разности показаний индикатора до и после работы определить размерный износ резца. В случае образования нароста на передней поверхности резца его следует удалить с помощью шабера.
9. Повторить опыт для всех скоростей, предварительно заточив резец.
10. Полученные данные свести в таблицу, рассчитать относительный износ и построить график его зависимости от скорости резания.
11. На основе экспериментальных данных методом наименьших квадратов определить необходимые коэффициенты уравнения $U_0 = f(V)$.
12. По полученной зависимости $U_0 = f(V)$ рассчитать относительный износ, результаты расчета нанести на график (см. п. 10) и отметить пунктирной линией.

Пример. Заполняем таблицу исходных данных (табл. 5.5).

Таблица 2.5

Исходные данные

Станок	Обрабатываемый материал	Резец		Диаметр заготовки, мм	Режим обработки			
		марка	геометрия узлов		n , мин ⁻¹	V , м/мин	S , мм/об	t , мм
ИК62	Сталь 45	T15K6	$\alpha = 8^\circ$ $\gamma = 10^\circ$ $\varphi = \varphi' = 45^\circ$	95	315	98,9	0,07	0,25

Результаты экспериментов сводим в табл. 5.6.

Результаты экспериментов

Измеряемые параметры	Скорость резания V , м/мин				
	29,8	59,7	93,96	119,3	149,2
Продольное перемещение суппорта l , мм	100	100	100	100	100
Размерный износ инструмента U , мкм	32	9	3	11	13
Относительный износ инструмента U_0 , мкм	75	21,1	7	25,8	30,5

Строим график зависимости относительный износ – скорость резания (рис. 2.10).

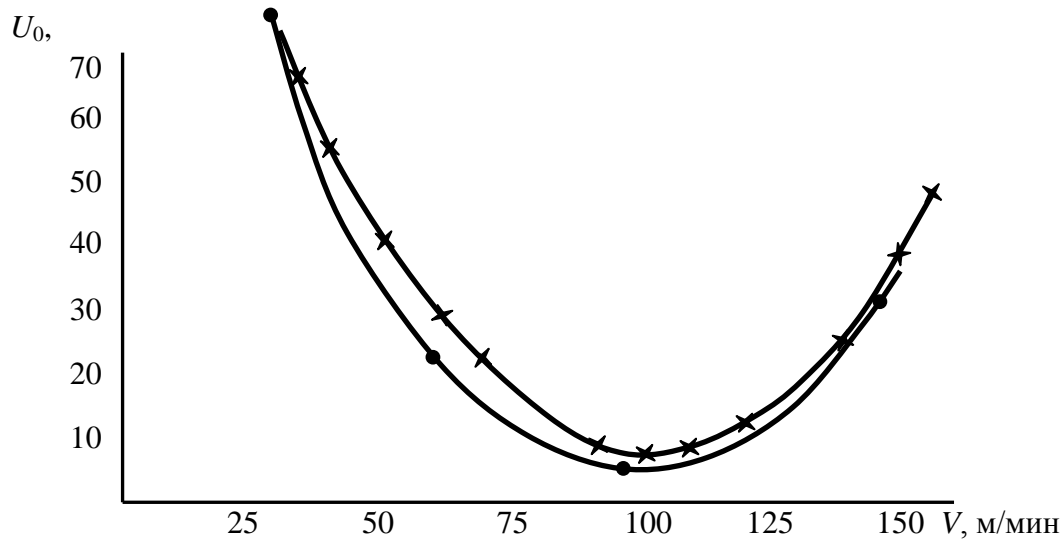


Рис. 2.9. Зависимости относительный износ – скорость резания

С помощью метода наименьших квадратов на основании полученных данных

$$U_0 = 0,118V^2 - 2,406V + 131,373.$$

Результаты расчета, наносимые на график (рис. 5.10):

V	30	50	70	90	110	130	150
U_0	69,848	40,693	21,022	12,835	10,132	18,913	37,179

Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Описать относительный износ и его необходимость.
3. Заполнить таблицу исходных данных эксперимента.
4. Заполнять таблицу результатов эксперимента.

5. Привести уравнение зависимости $U_0 = f(V)$ с коэффициентами, полученными методом наименьших квадратов.
6. Построить график зависимости относительный износ – скорость резания.

Контрольные вопросы

1. Какие причины вызывают потерю работоспособности режущего инструмента?
2. Назовите виды износа режущего инструмента.
3. Что такое критерий износа или затупления режущего инструмента?
4. Дайте характеристику известных критериев износа инструмента.
5. Какие факторы оказывают влияние на износ режущего инструмента?
 6. Что такое наростообразование и его влияние на работоспособность

Лабораторная работа №3

Определение жесткости токарно-винторезного станка

Цель работы

- 1.1 Ознакомление с математической моделью расчета жесткости технологической системы токарного станка.
- 1.2 Анализ математической модели жесткости технологической системы токарного станка и ее исследование.
- 1.3 Разработка рекомендаций по оптимизации или адаптивному управлению режимами обработки, обеспечивающими требуемую точность и максимальную производительность процесса резания.
- 1.4 Построение графиков зависимостей влияния режимов резания на жесткость станка, их анализ и выдача рекомендаций по результатам анализа.

Математическая модель определения жесткости технологической системы при токарной обработке.

Влияние составляющих усилий резания P_z и P_y на точность обработки можно заранее оценить расчетным методом. Поскольку направления сил P_z и P_y перпендикулярны друг другу, то они по разному будут оказывать влияние на деформацию элементов станка и деталь. Считается, что сила P_y , которая на порядок меньше составляющего усилия резания P_z , то есть примерно равна $P_y = (0,12.. 0,18)P_z$, оказывает доминирующее влияние на отжатие заготовки, так как она расположена перпендикулярно детали в горизонтальной плоскости. Однако необходимо учитывать влияние обеих сил.

Для начала, предположим, что под воздействием составляющей силы резания P_z , деталь сместилась в вертикальной плоскости за счет податливости заготовки из положения 1 в положение 2 на величину y_z (Рис. 0.1). Это вызовет увеличение диаметра детали на значение $\Delta D = D_o - D_n$, где D_n - диаметр на который первоначально настроен резец; D_o - диаметр заготовки, увеличенный за счет отжатия под действием усилия P_z .

Из анализа схемы представленной на Рис. 0.1 находим изменение диаметра заготовки при ее деформации в вертикальном направлении под воздействием усилия P_z

$$\Delta D_z = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + y_{збз}^2} - D_n = (D_o - D_n); \quad (0.1)$$

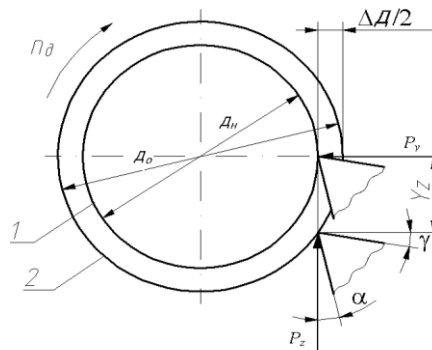


Рис. 0.1 Схема, поясняющая возникновение погрешностей за счет отжатия заготовки в вертикальной плоскости под действием силы P_z .

Деформации заготовки $y_{збз}$ и $y_{збу}$ под воздействием составляющих усилий P_z и P_y направлены друг по отношению к другу взаимно перпендикулярно, тем не менее,

рассчитываются по одинаковым формулам с учетом всех составляющих деформаций элементов технологической системы.

Установим математическую зависимость для определения суммарного отжатия заготовки под воздействием сил резания как функции от перемещения резца по длине z обрабатываемой детали. Начало координат ZY совместим с левым торцом обрабатываемой детали. Вначале обработки вала при перемещении резца в направлении от задней бабки к передней бабке, возникающая сила резания P_y или P_z , вызывает упругое отжатие пиноли задней бабки на величину $y_{збy}$ или $y_{збz}$ (см. Рис 3.2).

Одновременно происходит упругое отжатие суппорта в направлении оси y вместе с резцом на величину y_p . Отжатие суппорта в направлении оси z предполагается бесконечно большим. Величина отжатия суппорта будет почти постоянной на всем протяжении обработки, так как глубина резания, изменяемая в связи с отжатием детали, является незначительной по сравнению с назначенной глубиной резания, поэтому не будет существенно меняться и усилие P_y (P_z)

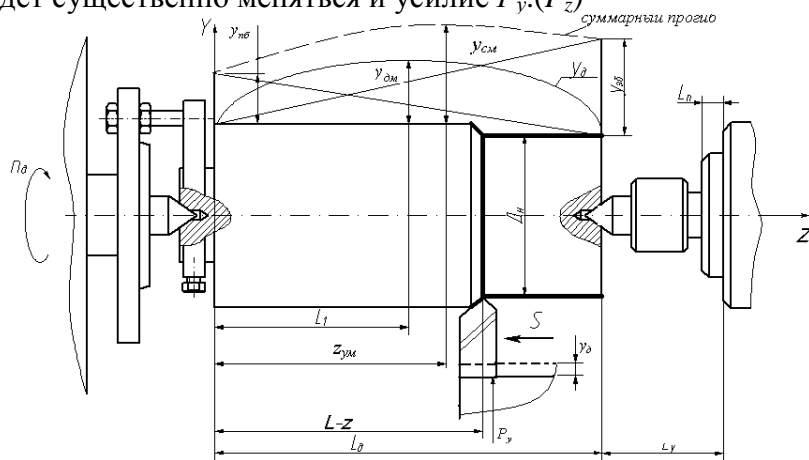


Рис. 0.2 Схема образования погрешностей вызываемых упругими отжатиями под действием усилия P_y .

Жесткость задней бабки и суппорта имеют разные численные значения, то есть $y_{зб} \neq y_p$ где. $y_{зб}$ – деформация пиноли задней бабки; y_p – деформация суппорта. За счет этих отжатий, под воздействием составляющей усилия резания P_y , происходит увеличение диаметра обработки по сравнению с настроечным размером на величину

$$\Delta D_y = 2 \cdot (y_{збy} + y_p) \quad (0.2)$$

Значение величин $y_{збy}$ и y_p рассчитать аналитически не представляется возможным в связи с большим количеством факторов, влияющих на процесс отжатия. К ним относятся состояние поверхностей соприкасающихся деталей, составляющих технологическую систему, значений зазоров между соприкасающимися деталями, имеющими случайный характер и т. п., поэтому указанные величины могут быть определены только экспериментально для каждого конкретного станка.

При дальнейшей обработке, в связи с перемещением резца вдоль заготовки, а, следовательно, перемещения и силы резания в направлении от правого торца вала к патрону, ее влияние на величину деформации задней бабки будет уменьшаться по линейной зависимости. Обозначив систему координат ZY , как изображено на рис. 2 будем иметь следующее выражение для деформации задней бабки от перемещения усилия резания по координате z :

$$y_{збy} = \frac{P_y z}{j_{зб} L} \quad (0.3)$$

где L - длина обрабатываемого вала;

z – текущая координата положения вершины резца, отсчитывая от левого торца детали.

Аналогично вычисляется деформация $y_{збз}$ в вертикальной плоскости, вызванная силой P_z , входящая в формулу (4).

$$y_{збз} = \frac{2 \cdot P_z \cdot z}{j_{зб} \cdot L} \quad (0.4)$$

Все сказанное имеет место и для деформации передней бабки. Поэтому зависимость деформации передней бабки от усилия резания P_y и P_z , перемещающегося по направлению оси z имеет вид аналогичный зависимости (6), а именно:

$$y_{пбy} = \frac{P_y \cdot (L - z)}{j_{пб} \cdot L} \quad (0.5)$$

$$y_{пбz} = \frac{P_z \cdot (L - z)}{j_{пб} \cdot L} \quad (0.6)$$

На величину суммарного отжатия передней и задней бабки накладывается деформация заготовки в зависимости от положения сечения, к которому приложена сила резания, равная:

$$y_{zy} = \frac{P_y}{3EJ_g} \cdot \frac{z^2(L-z)^2}{L} \quad (0.7)$$

$$y_{zz} = \frac{P_z}{3EJ_g} \cdot \frac{z^2(L-z)^2}{L} \quad (0.8)$$

где $J_g \approx 0.05 \cdot D_g^4$ – момент инерции сечения сплошного вала (для кольцевого сечения $J_k \approx 0.05 \cdot D_g^4 \cdot (1 - \alpha^4)$, где $\alpha = d/D_g$; d – внутренний диаметр кольцевого сечения вала.), E – модуль упругости обрабатываемого материала $E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа.

В результате суммарные изменение диаметра детали в сечении приложения нагрузки, соответствующей координате z будет равно:

$$\Delta D_c = 2 \cdot [y_{збy}(z) + y_{пбy}(z) + y_{zy}(z) + y_p] + \Delta D_z \quad (0.9)$$

Подставив в эту формулу полученные ранее зависимости будем иметь:

$$(0.10)$$

$$\Delta D = 2P_y \cdot \left(\frac{z}{L \cdot j_{зб}} + \frac{L-z}{L \cdot j_{пб}} + \frac{z^2(L-z)^2}{3LEJ_g} + \frac{I}{j_c} \right) + \sqrt{\left(\frac{D_n}{2} \right)^2 + y_{збz}^2} - D_n$$

где деформация $y_{збз}$ заготовки в направлении приложения силы резания P_z равна

$$y_{pz} = 2P_z \cdot \left(\frac{z}{L \cdot j_{зб}} + \frac{L-z}{L \cdot j_{пб}} + \frac{z^2(L-z)^2}{3LEJ_g} \right) \quad (0.11)$$

Максимальный прогиб детали не будет находиться посредине пролета вала, поскольку суммарная кривая прогибов вала не является симметричной из-за того, что жесткость задней бабки меньше чем жесткость передней бабки.

В приведенных формулах значения жесткости задней бабки $j_{зб}$, передней бабки $j_{пб}$, суппорта j_c определяются экспериментально (или задается при дальнейших расчетах преподавателем), а усилие P_y и P_z вычисляется по формулам [1]:

$$\begin{aligned} P_y &= 10 \cdot C_{py} \cdot S^{Y_{py}} \cdot t^{X_{py}} \cdot HB^n \cdot K \\ P_z &= 10 \cdot C_{pz} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot t^{X_{pz}} \cdot HB^n \cdot K \end{aligned} \quad (0.12)$$

Коэффициенты, входящие в данную формулу выбираются из автоматизированного справочника (приложение к MathCAD).

В литературных источниках утверждается, что кривая, описываемая уравнением (0.10) может быть выпуклой или вогнутой. Если жесткость элементов станка достаточно велика, а жесткость заготовки мала (обработка длинного и тонкого вала) то отжатие $y_{нб}$ и $y_{зб}$ малы, а y_{zy} – значительно. В результате этого заготовка станет бочкообразной (выпуклой), и, наоборот, при достаточно жесткой заготовке с малой величиной прогиба форма заготовки получится «корсетообразной», с наименьшим значением диаметра в средней части заготовки.

Разница между максимальным диаметром обработки и настроечным диаметром вала определяет точность получаемого размера. Определить координату $z_{см}$ соответствующую максимальному прогибу вала можно двумя способами: графическим, при помощи построения кривой по формуле (13) или аналитически. Для определения координаты $z_{см}$ соответствующей максимальному прогибу вала аналитическим методом найдем производную от выражения (0.10) по z , пренебрегая влиянием на величину прогиба вала в вертикальной плоскости:

$$\frac{d\Delta D}{dz} = 2P_y \left(\left(\frac{1}{Lj_{зб}} - \frac{1}{Lj_{нб}} \right) + \frac{2 \cdot z \cdot L}{3 \cdot E \cdot J_g} + \frac{2 \cdot z^2}{E \cdot J_g} + \frac{4 \cdot z^3}{3 \cdot E \cdot J_g \cdot L} \right) \quad (0.13)$$

Написанное уравнение при условии $\frac{d\Delta D}{dz} = 0$ является кубическим, имеющим вид:

$$a \cdot z^3 + b \cdot z^2 + cz + d = 0 \quad (0.14)$$

где:

$$a = \frac{8 \cdot P_y}{3 \cdot L \cdot E \cdot J_g}; \quad b = \frac{4 \cdot P_y}{E \cdot J_g}; \quad c = \frac{4 \cdot P_y}{3 \cdot E \cdot J_g}; \quad d = \frac{2P_y}{L} \left(\frac{1}{j_{зб}} - \frac{1}{j_{нб}} \right)$$

Эту же производную можно найти с помощью соответствующих расчетных процедур при использовании ЭВМ и программного обеспечения MathCAD.

Подставив найденное значение прогиба вала в формулу для определения суммарного отжатия вала (0.10), получим максимальное отклонение допуска на данной операции без учета других факторов, влияющих на точность обработки (размерный износ, температурные деформации, неоднородность материала заготовки, погрешность базирования, погрешность установки и т.п.).

Полученная математическая модель позволяет решить вопрос о рациональном управлении процессом обработки валов на станках с ЧПУ по критерию обеспечения заданной точности.

Очевидно, изменяемым управляющим параметром, минимизирующим отжатие вала, является подача, поскольку глубина и скорость резания являются постоянными величинами и выбираются до начала обработки, исходя из максимальной производительности и величины заданного припуска. Так как при перемещении резца от торца заготовки до ее середины прогиб вала увеличивается, то, чтобы остаться в заданных пределах допуска необходимо пропорционально уменьшать подачу, что равносильно уменьшению силы действующей на вал.

Поэтому, задавшись предельно допустимым отжатием детали $[\Delta D_{пр}]$, независимо от положения резца по длине вала и, преобразовав формулу (13) относительно подачи получим функциональные зависимости для их определения

$$S = \left[\frac{[\Delta L_{np}]}{20C_p t^x HB^n K \cdot \left(\frac{z}{Lj_{зб}} + \frac{L-z}{j_{нб}L} + \frac{z^2(L-z)^2}{3LEJ_g} + \frac{1}{j_c} \right)} \right]^{1/y_{py}} \quad (0.15)$$

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомится с теоретическими положениями математической модели по расчету жесткости технологической системы станка.
2. Построить графики зависимостей изменения диаметра детали вызываемого отжатием в вертикальной плоскости под действием усилия резания P_z (данные вариантов приведены в табл. 1)
3. Найти значение координаты $z_{см}$ соответствующей максимальному прогибу детали графическим или аналитическим методом.
4. Определить квалитет точности, достигаемой при обработке, с учетом только податливости станка.
5. Сравнить степень влияния на жесткость технологической системы составляющих усилий резания P_y и P_z .
6. Рассчитать изменение подачи в зависимости от длины прохода резца при заданном допуске на обработку.
7. Составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Краткое описание математической модели определения жесткости технологической системы токарно-винторезного станка.
2. Графики зависимостей изменения диаметра детали вызываемого отжатием в вертикальной плоскости под действием усилия резания P_z для 3 – 5 значений диаметров при заданной длине обработки, график зависимости суммарной кривой отжатия детали.
3. Графики зависимостей изменения прогиба детали под действием силы резания P_y по длине обработки для всех составляющих величин прогиба и их суммарного значения.
4. Процентное отношение прогибов детали вызванных составляющими сил резания P_z и P_y .
5. Графики зависимостей изменения подачи от текущей координаты z для 3...5 значений диаметров при заданной длине обработки.
6. Анализ полученных зависимостей и рекомендации по повышению производительности обработки.
7. Ответы на приведенные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Влияние жесткости системы на выбор режима резания.
2. Влияние жесткости системы на производительность обработки.
3. Влияние жесткости системы на точность механической обработки.
4. Может ли жесткость системы быть постоянной величиной?
5. Какие могут быть методы повышения жесткости технологической системы?

6. Как используется адаптивное управление для достижения требуемой точности при максимально возможной производительности с учетом только податливости станка?
7. На каком оборудовании можно производить адаптивное управление обработкой?

Таблица 3.1—Исходные данные для выполнения работы по вариантам.

№ вариант.	L, мм	$j_{зб}$, КН/мм	$J_{пб}$, КН/мм	J_p , КН/мм	D, мм	d, мм	s, мм/об	Материал детали	Вид обраб
1	600	36	44	29	62	30	0,85	сталь	центр
2	150	40	45	36	30		0,62	бронза	конс.
3	800	28	34	30	45	38	0,4	сталь	центр
4	1000	32	36	30	70	22	0,35	сталь	центр
5	1200	20	23	25	60		0,3	сталь	центр
6	1500	25	30	28	45			сталь	центр
7	1850	48	52	46	100	80		сталь	центр
8	2000	31	38	36	95			сталь	центр
9	2500	38	44	36	60		0,6	сталь	центр
10	3000	45	50	40	120		0,8	сталь	центр
11	3500	19	25	20	150	130	0,76	сталь	центр
12	4000	22,5	31	21	110		0,6	сталь	центр
13	4500	36	40	33	82		0,3	сталь	центр
14	180	27	34	29	32	10	0,45	сталь	конс.
15	200	50	55	46	36			сталь	конс.
16	250	45	45	40	90		0,8	сталь	конс.
17	300	30	36	29	110		1,0	сталь	конс.
18	160	21	24	18	48		0,8	латунь	конс.
19	320	28	31	23	70	30	0,6	бронза	конс.
20	5000	12	14	20			0,35	сталь	центр
21	80	16	20	20			0,2	бронза	конс.
22	120	30	36	24			0,3		
23	900	24	29	20				сталь	центр
24	600	41	50	32				сталь	центр
25	400	33	33	26				сталь	центр
26	110	20	27	23				сталь	конс

Примечание:

центр. – обработка производится в центрах; конс – обработка производится консольно закрепленной детали.

Лабораторная работа №4

Определение жесткости горизонтально-фрезерного станка.

Цель работы:

1. Изучение влияния жесткости на точность обработки.
2. Определение жесткости исследуемого станка.

При механической обработке «станок-приспособление-режущий инструмент-обрабатываемая деталь». (СПИД) представляют собой упругую технологическую систему.

Сила резания при обработке в условиях упругой технологической системы вызывает упругие деформации и смещение элементов системы. Их величина зависит от силы резания и от жесткости станка. Жесткость упругой системы СПИД имеет важное значение в технологии машиностроения. Жесткость упругой системы влияет на точность обрабатываемой заготовки и на производительность труда.

Жесткость, это способность технологической системы противостоять действию сил, стремящихся деформировать.

С точки зрения точности обработки, наиболее существенное значение имеют колебания величины составляющей силы резания, направленной по нормали к обработанной поверхности. Под жесткостью системы СПИД понимается отношение составляющей силы резания, направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, к смещению режущей кромки инструмента относительно детали в том же направлении, т.е.

$$J = P_y / y \text{ кг/мм}$$

Жесткость элементов технологической системы определяется экспериментально, лишь жесткость заготовок простых конфигураций (гладкие валы, планки) и некоторых типов инструментов можно найти расчетным путем.

Жесткости новых станков достигают 2000-4000 кг/мм. Жесткость узлов изношенных и разрегулируемых станков может быть ниже 1000 кг/мм.

Жесткость горизонтально-фрезерного станка складывается из жесткости шпинделя, подвески и стола.

При работе прямозубыми цилиндрическими фрезами узлы станка и оправка погружается двумя составляющими силы резания P_y и P_z .

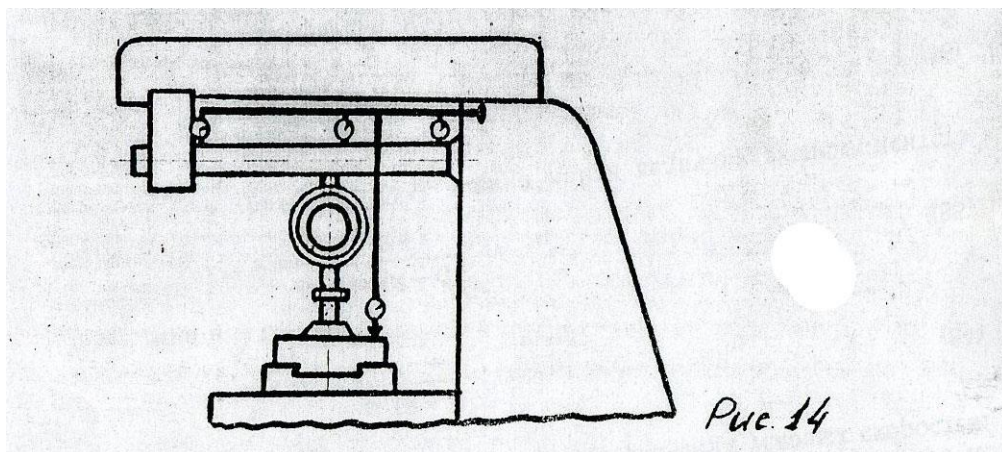
Наибольшее влияние на размер при фрезеровании оказывают перемещение от радиальной составляющей силы резания P_y .

В технологических расчетах удобнее пользоваться величиной обработки жесткости. Эту величину называют податливостью.

$$W = 1/J \text{ мм/кг} = 1000/J \text{ мкм/кг}.$$

Для определения жесткости горизонтально-фрезерного станка производится ряд нагружений, возрастающих от нуля до некоторой наибольшей величины и для каждой нагрузки измеряется отжатие испытуемого узла при помощи индикатора.

Схема нагружения и измерения деформаций при определении жесткости горизонтально-фрезерного станка представлена на рисунке 14.



Суммарную податливость системы и станка можно определить по формуле:

$$W_{\text{сист}} = W_{\text{стол}} + W_{\text{п}}(x/l)^2 + W_{\text{шп}}((1-x)/l)^2 + W_{\text{опр}}$$

$$W_{\text{ст}} = W_{\text{стол}} + W_{\text{п}}(x/l)^2 + W_{\text{шп}}((1-x)/l)^2$$

Где:

$W_{\text{сис}}$ – податливость системы;

$W_{\text{ст}}$ – податливость станка;

$W_{\text{стол}}$ – податливость стола;

$W_{\text{п}}$ – податливость подвески;

$W_{\text{шп}}$ – податливость шпинделя;

$W_{\text{оп}}$ – податливость оправки;

l – рабочая длина оправки;

x – расстояние от шпинделя до середины фрезы.

В лабораторной работе сила резания P_y заменяется искусственно приложенной нагрузкой. При приложении нагрузки в середине длины оправки формула податливости станка упрощается:

$$W_{\text{ст}} = W_{\text{стол}} + 1/4 * (W_{\text{п}} + W_{\text{шп}}). \quad (1)$$

Для определения жесткости горизонтально-фрезерного станка проводим ряд нагружений. Величины нагрузок определяются при помощи кольцевого динамометра с индикатором. При помощи четырех индикаторов, измеряют величины деформации отдельных узлов станка и рассчитывают податливость каждого узла по формулам:

$$W_{\text{стол}} = Y_c / P_y; \quad W_{\text{п}} = Y_{\text{п}} / P_y; \quad W_{\text{шп}} = Y_{\text{ш}} / P_y; \quad W_{\text{опр}} = Y_o / P_y;$$

Где:

Y_c – деформация стола, мм;

$Y_{\text{п}}$ – деформация подвески, мм;

$Y_{\text{ш}}$ – деформация шпинделя, мм;

Y_o – деформация оправки, мм.

При расчете податливости узлов берется максимально достигнутая нагрузка и соответствующие ему деформации.

Зная податливость отдельных узлов можно рассчитать податливость станка по формуле (1). Тогда жесткость станка будет:

$$J_{\text{ст}} = 1 / W_{\text{ст}} \text{ кг/мм.}$$

Содержание отчета:

1. Нарисовать принципиальную схему определения жесткости горизонтально-фрезерного станка лабораторным методом.
2. Вычертить график зависимости перемещений от нагрузки.
3. Произвести расчеты податливости и жесткости станка.

Лабораторная работа №5

Исследование погрешности настройки станка

Цель работы: экспериментальное изучение точности регулирования (установки) положения режущего инструмента при настройке станка на размер, выполняемое разными способами.

Теоретические положения

Периодическая смена затупившегося инструмента вызывает необходимость каждый раз настраивать станок на выполняемый размер. При малых допусках приходится осуществлять одну или несколько поднастроек за время стойкости инструмента путем регулирования его положения относительно заготовки для компенсации размерного износа.

При каждой очередной смене режущего инструмента невозможно поставить его в то же самое положение, которое он занимал при предыдущей настройке. Для отдельных партий обрабатываемых заготовок оно будет различным.

Расстояние между двумя предельными положениями инструмента, полученными при нескольких настройках, называется погрешностью настройки станка – Δ_n . Она зависит от метода выполнения настройки станка и представляет собой разность между максимальным и минимальным настроечным (установочными) размерами.

Под настроечным (установочным) размером понимают такое положение режущей кромки инструмента относительно рабочих элементов станка и установочных элементов приспособления, которое обеспечивает с учетом явлений, происходящих в процессе обработки (упругих отжатию технологической системы, износ инструмента и др.), получение выдерживаемого размера в пределах установленного допуска и обеспечивающее его более полное использование.

При обработке на предварительно настроенных станках основным фактором, изменяющим выдерживаемый размер, является размерный износ режущего инструмента. Выбор настроечного размера обусловлен необходимостью более полно использовать поле допуска. Исходя из этого, настроечный размер для наружной поверхности должен приближаться к наименьшему, а для внутренней – к наибольшему предельному размеру. Это позволит сократить число настроек и поднастроек станка, полнее использовать резервы точности и производительности операций.

Погрешность настройки определяется погрешностью способа регулирования инструмента на размер и точностью применяемого измерительного инструмента. Считается, что неточность измерения пробных заготовок ($\Delta_{изм}$) и регулирования положения инструмента (Δ_p) обусловлена влиянием случайных погрешностей, и сложение величин $\Delta_{рез}$ и Δ_p производится по правилу квадратного корня:

$$\Delta_n = 2k\sqrt{\Delta_{изм}^2 + \Delta_p^2},$$

где $k = 1 \div 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение закона распределения погрешности измерения и регулирования от нормального закона.

В приближенных технологических расчетах погрешность настройки можно с достаточной точностью принимать равной 2σ или $0,1T$ (T – допуск на размер поверхности, который должен быть получен при обработке).

На производстве используют следующие основные способы регулирования (установок) инструмента на размер:

- по лимбу;
- по индикаторному упору;
- по жесткому упору;
- по эталону с закреплением резца винтами резцедержателя после касания его с эталоном;
- по эталону, к которому резец, закрепленный в резцедержателе, подводят винтом поперечной подачи;
- по эталону с контролем положения резца, закрепленного в резцедержателе, с помощью бумажного щупа;
- по эталону с контролем положения резца, закрепленного в резцедержателе, с помощью металлического щупа.

Выбор способа регулирования (установки) инструмента на размер при наладке станка определяется свойственной ему погрешностью и требуемой точностью выполняемых на операции размеров.

Таблица 1

Результаты измерения

пп	Результат измерения	пп	Результат измерения	пп	Результат измерения
	7	...
				8	
				9	
				0	

Содержание работы

Работа заключается в установлении погрешности основных способов регулирования (установки) режущего инструмента при наладке станка на размер.

Опыт 1.

Задача: изучение погрешности регулирования (установки) режущего инструмента на размер по лимбу.

Оборудование, инструменты, заготовки

Оборудование: токарно-винторезный станок.

Инструмент: индикаторная стойка с индикатором; призматическая пластина, имитирующая резец.

Порядок выполнения работы

1. Составить эскиз измерения погрешности регулирования резца по лимбу на токарно-винторезном станке (рис. 1) и подготовить таблицу для регистрации результатов измерения (табл.1);
2. Собрать на станке экспериментальную наладку:
 - установить в резцедержатель станка призматическую пластину 1, имитирующую резец;
 - на направляющие станины станка установить балку 2, на балку – индикаторную стойку 3 с индикатором.
3. Перемещением резцедержателя в поперечном направлении обеспечить натяг между пластиной и индикатором в 1...2 мм, установить его стрелку на ноль. Установить на ноль лимб механизма поперечной подачи;
4. Отвести резцедержатель с пластиной 1 от индикатора и вернуть его в исходное положение, выверая положение пластины по нулевому положению лимба.
5. Снять измерение (в мкм) с индикатора, показывающее величину погрешности регулирования положения инструмента по лимбу.
6. Опыт повторить 40 - 50 раз;
7. Определить поле рассеяния полученных измерением величин Δ_p :

$$\omega = A_{max} - A_{min}$$

- разбить его на 5 ÷ 7 интервалов, подсчитать количество значений в каждом интервале, построить гистограмму распределения Δ_p (рис. 2).

- рассчитать среднее арифметическое $\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n X_i}{n}$ и среднее квадратическое

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$
 полученных значений Δ_p , где n – число произведенных измерений; X_i – значение текущего измерения.

- установить точность регулировки инструмента по лимбу как 6σ.

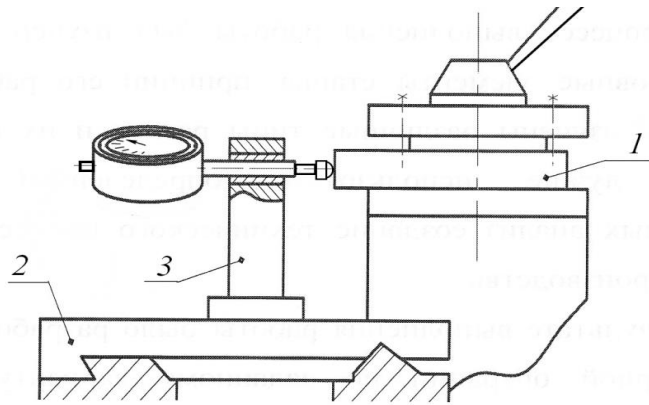


Рис. 1 Схема экспериментальной наладки к опыту 1

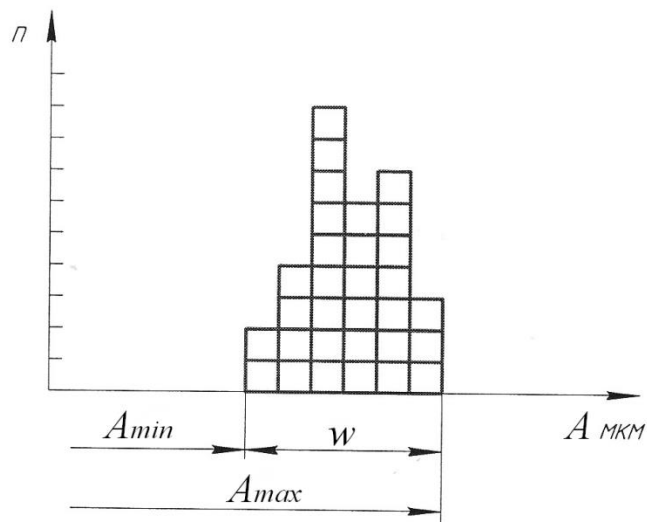


Рис. 2. Гистограмма распределения погрешности регулирования реза.

Опыт 2.

Задача: изучение погрешности регулирования (установки) режущего инструмента на размер по жесткому упору.

Оборудование, инструменты, заготовки

Оборудование: токарно-револьверный станок 1341.

Инструмент: индикаторная стойка с индикатором; упор.

Порядок выполнения работы

1. Составить эскиз измерения погрешности регулирования инструмента по жесткому упору (рис. 3) и подготовить таблицу для регистрации результатов измерения (см. табл.1).

2. Собрать на станке экспериментальную наладку:
 - в одной из позиций револьверной головки станка установить упор 1;
 - жестким станочным упором 2, ограничивающим продольное перемещение револьверной головки, обеспечить положение упора 1 от шпинделя станка на расстоянии достаточном для размещения на его станине индикаторной стойки 3 с индикатором;
 - установить на станине станка перед револьверной головкой индикаторную стойку 3 с индикатором, обеспечив натяг между индикатором и упором 1 в 1...2 мм. Стрелку индикатора установить на ноль.

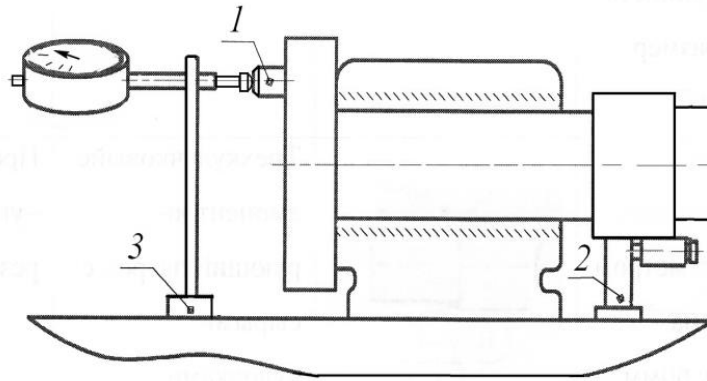


Рис. 3. Схема экспериментальной наладки к опыту 2

3. Отвести револьверную головку от индикатора, повернуть ее на один оборот и вернуть исходное положение, перемещая до жесткого станочного упора 2. Снять измерение с индикатора, показывающего величину погрешности регулирования (установки) инструмента по жесткому упору.
4. Опыт провести 40 ÷ 50 раз.
5. Обработать результаты измерения в порядке, изложенном в пп. 5 – 6 опыта 1.

Опыт 3.

Задача: Изучение погрешности регулирования (установки) режущего инструмента по эталону с помощью металлического (бумажного) щупа.

Оборудование, инструменты, заготовки

Оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Инструмент: экспериментальная оправка (эталон) с индикатором; призматический брусок, имитирующий резец; металлический (бумажный) щуп.

Порядок выполнения работы

1. Составить схему измерения погрешности регулирования (установки) резца по эталону с помощью металлического (бумажного) щупа (рис. 4) и подготовить таблицу для регистрации результатов измерения (см. табл.1).

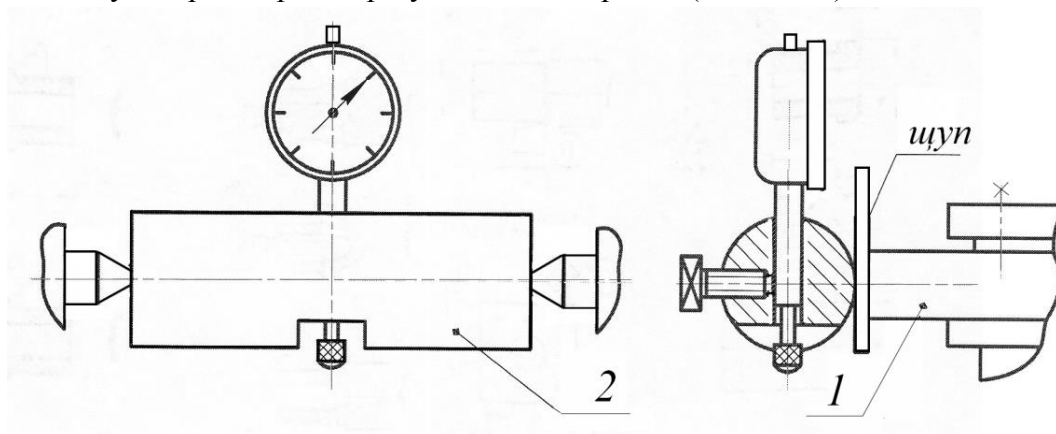


Рис. 4. Схема экспериментальной наладки к опыту 3.

2. Собрать на станке экспериментальную наладку:
 - установить в резцедержателе станка призматическую пластину 1, имитирующую резец;
 - на центра станка установить экспериментальную оправку (эталон) 2 с индикатором таким образом, чтобы оправка была обращена к пластине 1 цилиндрическим участком.
3. Перемещением резцедержателя в поперечном направлении установить пластину 1, имитирующую резец, относительно оправки – эталона 2 через металлически (бумажный) щуп, таким образом, чтобы щуп 3 плотно, но без заедания, проходил между ними, т. е. осуществить наладку станка.
4. Повернуть на центрах оправку таким образом, чтобы ножка индикатора упиралась в торец пластины 1 (положение контроля). Обеспечить индикатору натяг в 1...2 мм и поставить его стрелку на ноль.
5. Отвести резцедержатель от оправки, повторить наладку станка, повернуть оправку в положение контроля, снять измерение с индикатора, показывающего величину погрешности регулирования (установки) резца по эталону с помощью щупа.
6. Опыт провести 40 ÷ 50 раз.
7. Обработать результаты измерения в порядке, изложенном в п.п. 5, 6 опыта 1.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

Наименование, цель, содержание работы.

По каждому опыту дать сведения об оборудовании, инструменту, дать схему измерения, результаты измерения; расчеты статических характеристик, гистограммы распределения.

Краткие выводы. В выводах указать точность регулировки (установки) инструмента при исследуемых способах настройки станка, область их применения.

Лабораторная работа №6

Статистические методы исследования точности.

Цель работы – изучить статистический метод исследования точности обработки деталей на станках.

Теоретические положения

В процессе обработки деталей под действием многих факторов возникают погрешности обработки — рассеяние размеров, отклонения формы и расположения поверхностей и другие.

Для отдельных партий деталей, обрабатываемых при одной настройке станка, погрешности обработки можно разделить на:

1. систематические постоянные, возникающие из-за неточной установки инструмента на размер, неточности приспособления или станка и других причин;
2. систематически изменяющиеся связанные, например, с температурными деформациями технологической системы, износом инструмента и т. п.;
3. случайные погрешности, вызываемые разными факторами переменного характера, например, колебаниями твердости заготовок, неравномерным припуском, непостоянством сил зажима и т. д.

Систематические погрешности вызывают смещение середины распределения партии деталей относительно середины поля допуска. Случайные погрешности вызывают рассеяние размеров (и других параметров) обрабатываемых поверхностей детали.

Методика исследований

Исследование точности обработки методом математической статистики согласно в простейшем виде выполняется по следующей схеме:

1. Берется достаточно большая выборка (50-100 шт. и более) деталей из партии, обработанных на станке с постоянной настройкой.

2. Измеряют размеры поверхностей (или какие-либо другие параметры), весь ряд размеров разбивается на 7-10 равных интервалов, по которым группируются детали.

3. Рассчитывают статистические характеристики выборки, а именно:

а) среднее арифметическое значение размеров в выборке (середина распределения)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i n_i \quad (1)$$

где x_i — размеры отдельных деталей; n_i — количество деталей данного размера; n — общее количество деталей в выборке,

б) смещение середины распределения относительно середины поля допуска

$$c = \bar{x} - x_0 \quad (2)$$

где x_0 — размер середины поля допуска по чертежу.

Значения x_0 находят алгебраическим суммированием номинального размера и координаты середины поля допуска. Смещение указывает на погрешности настройки.

в) среднее квадратичное отклонение

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 n_i} \quad (3)$$

Среднее квадратичное отклонение есть мера рассеивания случайной величины (например, размеров деталей) и характеризует точность операции. Принято считать точность обработки удовлетворительной, если выполняется условие

$$6s \leq T, \quad (4)$$

где T — допуск на контролируемый размер.

4. Определяют вероятный процент годных деталей и процент брака.

В случае, когда распределение размеров деталей, обрабатываемых на станках, близко описывается законом нормального распределения, вероятный процент годных деталей находится

$$P_{годн} = [\Phi(u_1) + \Phi(u_2)] \cdot 100 \quad (5)$$

где $\Phi(u_1)$, $\Phi(u_2)$ — интегральная функция распределения, значения которой приведены в табл. 1.

$$u_1 = \frac{T/2 + c}{s}; \quad u_2 = \frac{T/2 - c}{s}; \quad (6)$$

где c — смещение середины распределения, вычисляемое по формуле (2).

Процент брака вычисляют по формуле

$$P_{бр} = 100 - P_{годн}. \quad (7)$$

Таблица 1

Значения функции $\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$

u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$
0,00	0,0000	1,05	0,3531	2,10	0,4821
0,05	0,0199	1,10	0,3643	2,15	0,4842
0,10	0,0398	1,15	0,3749	2,20	0,4861
0,15	0,0596	1,20	0,3849	2,25	0,4878
0,20	0,0793	1,25	0,3944	2,30	0,4893
0,25	0,0987	1,30	0,4032	2,35	0,4906
0,30	0,1179	1,35	0,4115	2,40	0,4918

0,35	0,1368	1,40	0,4192	2,45	0,4929
0,40	0,1554	1,45	0,4265	2,50	0,4938
0,45	0,1736	1,50	0,4332	2,55	0,4945
0,50	0,1915	1,55	0,4394	2,60	0,4953
0,55	0,2088	1,60	0,4452	2,65	0,4960

Продолжение табл.1

Значение функции $\Phi(u)$

0,60	0,2257	1,65	0,4505	2,70	0,4965
0,65	0,2422	1,70	0,4554	2,75	0,4970
0,70	0,2580	1,75	0,4599	2,80	0,4974
0,75	0,2734	1,80	0,4641	2,85	0,4978
0,80	0,2881	1,85	0,4678	2,90	0,4981
0,85	0,3023	1,90	0,4713	2,95	0,4984
0,90	0,3159	1,95	0,4744	3,00	0,4986
0,95	0,3289	2,00	0,4772	3,10	0,4990
1	0,3413	2,05	0,4798	3,2	0,4993

5. Строят график эмпирического распределения (полигон распределения). Для этого по оси абсцисс откладывают размеры середины интервалов, а по оси ординат — количество деталей, попадающих в данный интервал, наносят точки, которые затем соединяют прямыми (см. рис. 1).

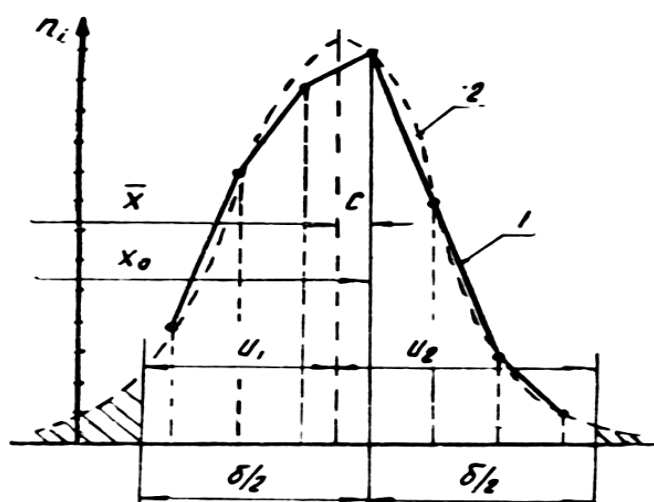


Рис. Полигон 1 и кривая нормального распределения 2

6. На графике в том же масштабе строят кривую нормального распределения (симметрично относительно \bar{x}). Для построения наносят несколько точек, которые

соединяют плавной кривой. Если принять за начало координат середину распределения \bar{x} , координаты точек будут соответствовать данным, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Координаты точек

x	0	$0,5s$	$1s$	$1,5s$	$2s$	$2,5s$	$3s$
y	$0,40b$	$0,35b$	$0,24b$	$0,13b$	$0,05b$	$0,02b$	$0,004b$

где $b = \frac{\Delta x \cdot n}{s}$. При этом Δx — величина интервала размеров; n — количество деталей в выборке; s — среднее квадратичное отклонение.

При более глубоких исследованиях выполняют проверку гипотезы «случайности» выборки, оценки близости опытного распределения к выбранному теоретическому (в частности, к нормальному распределению) равенства средних значений, дисперсии и другие.

Содержание работы

В работе предусматривается обработка партии деталей (не менее 50 штук), при неизменной настройке станка, последующие измерения деталей, вычисления статистических характеристик и анализ точности обработки. Исследуют такие операции, как, например, бесцентровое шлифование валиков, зенкерование или развертывание втулок, автоматная обработка и др., варьируя задания по размерам и видам контролируемых поверхностей. Допуски на размеры, необходимые в связи с расчетами, даются преподавателем, исходя из средней точности обработки на данных станках и стандартных значений допусков (см. табл.3).

Оборудование, инструмент, заготовки

Оборудование: токарно-револьверный, бесцентрово-шлифовальный, вертикально-сверлильный станки, токарный автомат и другие.

Инструмент: режущий - резцы, сверла, развертки, абразивный инструмент; измерительный - микрометры, нутромеры и другие универсальные инструменты с точностью измерения не менее 0,01 мм.

Заготовки: прутки, трубы, штучные заготовки, диаметром 15-20 мм, материал - сталь 35, 45.

Порядок выполнения работы

1. Составить эскиз детали и схему операции с указанием станка, приспособления, инструментов, режимов резания. Подготовить таблицы для записи результатов измерений и расчетов.

2. Обработать партию деталей (50-70 штук) при постоянной настройке станка.
3. Измерить обработанные поверхности универсальными измерительными инструментами или приборами. Цена делений на шкале инструмента (прибора) должна быть не больше 10% от величины допуска контролируемого параметра. Измерения выполнять 2 - 3 раза, среднее арифметическое записать.
4. Разбить полученные размеры на интервалы, сгруппировать детали по интервалам. Установить средние значения интервалов. Заполнить табл. 4.

Таблица 3

Допуски основных отверстий, мкм

Интервалы размеров, мм	Значения допусков IT , мкм, для квалитетов								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Св.3 до 6	12	12	18	30	48	75	120	180	300
» 6 » 10	15	15	22	36	58	90	150	220	360
» 10 » 18	18	18	27	43	70	110	180	270	430
» 18 » 30	21	21	33	52	84	130	210	330	520
» 30 » 50	25	25	39	62	100	160	250	390	620
» 50 » 80	30	30	46	74	120	190	300	460	740
» 80 » 120	35	35	54	87	140	220	350	540	870
» 120 » 180	40	40	63	100	160	250	400	630	1000
» 180 » 250	46	46	72	115	185	290	460	720	1150
» 250 » 315	52	52	81	130	210	320	520	810	1300
» 315 » 400	57	57	89	140	230	360	570	890	1400
» 400 » 500	63	63	97	155	50^2 50	400	630	970	1550

$$\bar{\sigma} = 1003 : 50 = 20,06; s = \sqrt{\frac{0,0402}{50}} = 0,0284 \text{ мм}$$

5. Вычислить статистические характеристики по формулам (1 - 3).
6. Найти вероятный процент годных и бракованных деталей по формулам (5 - 7).
7. Определить процент брака, исходя из точности операции (без учета погрешности настройки, то есть при $c = 0$).
8. Определить процент брака, вызываемый погрешностью настройки (путем вычисления разницы значений, найденных по п. 6 и 7).
9. Сравнить поле рассеивания $6s$ с допуском T . Используя табл. 3, определить, по какому квалитету точности выполняется операция.
10. Построить полигон распределения (1) и кривую нормального распределения (2) (на одном графике) — см. рис.

Таблица 4

Расчетная таблица (пример)
 $d = 20^{+0,14}$; $T = 0,14$; $x_0 = 20,07$ мм.

Интервалы размеров, мм	Среднее значение x_i	коли- чество n_i	$x_i \cdot n_i$	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 n_i$
20,00-20,02	20,01	4	80,04	-0,05	0,0025	0,0100
20,02-20,04	20,03	9	180,27	-0,03	0,0009	0,0081
20,04-20,06	20,05	12	240,6	-0,01	0,0001	0,0012
20,06-20,08	20,07	13	260,91	0,01	0,0001	0,0013
20,08-20,10	20,09	8	160,72	0,03	0,0009	0,0072
20,10-20,12	20,11	3	60,33	0,05	0,0025	0,0075
20,12-20,14	20,13	1	20,13	0,07	0,0049	0,0049
		50	1003,00			0,0402

$$\bar{x} = 1003 : 50 = 20,06; s = \sqrt{\frac{0,0402}{50}} = 0,0284 \text{ мм}$$

С целью упрощения вычислений можно назначать расчетный «нуль», за который принимать величину x_i при наибольшем значении n_i , тогда формулы (1) и (3) будут иметь вид:

$$\bar{x} = a + \frac{1}{n} \sum (x_i - a)n_i \quad (1)'$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - a)^2 n_i - (\bar{x} - a)^2} \quad (3)'$$

где a — расчетный «нуль».

В примере принято значение $a = 20,07$ мм.

Результаты расчетов поместить в табл.5.

Результаты расчетов

Интервалы размеров, мм	Среднее значение x_i	коли- чество n_i	$(x_i - \alpha)$	$(x_i - \alpha) \cdot n_i$	$(x_i - \alpha)^2$	$(x_i - \alpha)^2 \cdot n_i$
20,00-20,02	20,01	4	-0,06	-0,24	0,0036	0,0144
20,02-20,04	20,03	9	-0,04	-0,36	0,0016	0,0144
.....						
20,06-20,08	20,07	13	0	0	0	0
.....						

Отчет по работе

В отчете необходимо указать:

- Наименование и краткое содержание работы.
- Эскиз детали, схему операции с наименованием станка, инструментов, данных о режимах резания и размерах обрабатываемых поверхностей.
- Схему измерения, наименование измерительного инструмента, точность измерений. Результаты измерений.
- Расчеты статистических характеристик.
- Вероятный процент выхода годных деталей и брака (с подразделение по видам погрешностей).
- Квалитет точности выполняемой операции.
- Графики опытного и теоретического распределения размеров.

Краткие выводы. В выводах указать возможные причины, вызывающие систематические и случайные погрешности обработки на исследуемой операции и предложить меры по уменьшению этих погрешностей.

Лабораторная работа №7

Изучение влияния режимов резания на качество обрабатываемой поверхности.

Цель работы – изучение влияния режимов резания и геометрии режущего инструмента на шероховатость обрабатываемой поверхности и приобретение навыков в постановке эксперимента.

Теоретические положения

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали.

Неровности поверхности образуются в результате пластических деформаций, явлений отделения стружки и трения инструмента при обработке. Величина неровностей зависит от метода обработки, режимов резания, свойств обрабатываемого материала, геометрии, качества заточки инструмента и других факторов.

Различают продольную шероховатость поверхности, измеряемую в направлении главного движения резания и поперечную шероховатость, измеряемую в направлении движения подачи. При отсутствии вибрации станка и детали поперечная шероховатость обычно имеет большую величину, чем продольная.

Шероховатость поверхности согласно стандарту РФ оценивают по трем высотным параметрам R_a , R_z , R_{max} , двум шаговым параметрам S и S_m и по *относительной опорной длине* микропрофиля t_p . При выполнении настоящей работы для оценки шероховатости используются два параметра: среднее арифметическое отклонение профиля R_a и высота неровностей R_z .

Установлено 14 классов шероховатости поверхностей, для которых максимальное числовое значение шероховатости при базовой длине l должно соответствовать указанным в табл. 1. Базовая длина l – минимальная длина участка поверхности, необходимая для измерения шероховатости.

Для измерения шероховатости используют щуповые приборы (профилометры и профилографы) и специальные микроскопы (двойные и интерференционные). Косвенно оценить шероховатость можно визуальным сравнением контролируемой поверхности с эталонной.

Классы шероховатости поверхности по ГОСТ 2789 – 73

Класс шероховатости	R_a мкм	R_z мкм	Базовая длина l , мм
1	80; 63; 50* ; 40	320; 250; 200; 160	8,0
2	40; 32; 25* ; 20	160; 125; 100; 80	
3	20; 16; 12,5* ; 10	80; 63; 50; 40	
4	10,0; 8,0; 6,3* ; 5,0	40; 32; 25; 20	2,5
5	5,0; 4,0; 3,2* ; 2,5	20; 16; 12,5; 10,0	
6	2,5; 2,0; 1,6* ; 1,25	10,0; 8,0; 6,3	0,8
7	1,25; 1,0; 0,80* ; 0,63	6,3; 5,0; 4,0; 3,2	
8	0,63; 0,50; 0,40* ; 0,32	3,2; 2,5; 2,0; 1,60	
9	0,32; 0,25; 0,20* ; 0,16	1,6; 1,25; 1,00; 0,80	0,25
10	0,16; 0,125; 0,10* ; 0,08	0,80; 0,630,50; 0,40	
11	0,08; 0,063; 0,05* ; 0,04	0,40; 0,32; 0,25; 0,20	
12	0,04; 0,032; 0,025* ; 0,02	0,20; 0,16; 0,125; 0,10	
13	0,02; 0,016; 0,012* ; 0,01	0,1; 0,08; 0,063; 0,05	-
14	0,01; 0,08	0,05; 0,04; 0,032	

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются путем указания числового значения (наибольшего, наименьшего или диапазона значений параметра и значений базовой длины, на которой происходит определение параметра). Например, предпочтительные числовые значения параметра R_a в табл.1 обозначены звездочкой. Шероховатость поверхности существенно влияет на эксплуатационные свойства деталей машин: износостойкость, контактную жесткость, усталостную прочность и другие.

Как показано в табл.2, назначаемые параметры шероховатости поверхности должны быть согласованы с требованиями к эксплуатационным свойствам поверхности деталей.

Эксплуатационные свойства поверхности
и обеспечивающие их параметры шероховатости

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости и характеристики
Износостойкость	$R_a(R_z), t_p$, направление неровностей
Усталостная прочность	R_{\max}, S_m, S , направление неровностей
Контактная жесткость	$R_a(R_z), t_p$
Прочность соединения	$R_a(R_z)$
Герметичность соединения	$R_a(R_z), R_{\max}, t_p$
Виброустойчивость	$R_a(R_z), S_m, S$, направление неровностей

Содержание работы

Работа заключается в обработке участков вала на токарном станке с различными режимами резания и резцами с различными радиусами при вершине; измерении шероховатости (в направлении подачи) по параметру R_z на микроскопе МИС 11 (для классов шероховатости 4 – 9) и по параметру R_a на профилометре 240 (для классов 6 – 12); построении графиков и установлении зависимостей. Схема обработки показана на рис. 1, примерные режимы резания даны в табл. 3.

Оборудование, инструмент, заготовки

Оборудование: токарный станок.

Приспособления: трехкулачковый патрон, центр заданий.

Инструмент: режущий – резцы проходные быстрорежущие или твердосплавные (геометрию резцов см. рис. 1); измерительный – штангенциркули, набор эталонов шероховатости, микроскоп МИС-11, профилометр модели 240.

Заготовки: валы с канавкам, диаметром 40 – 50 мм, длиной 250 мм, материал – сталь 45, 40Х, чугун.

Шероховатость обработанной поверхности

№ опытов	Переменные величины	Значения величин			Шероховатость	
		s , мм/об	v , м/мин	r , мм	R_z , мкм	R_a , мкм
1	Подача					
2	»	0,15	50	1		
3	»	0,30	»	»		
4	»	0,47	»	»		
	»	0,5	»	»		
5	Скорость	0,30	20	1		
6	»	»	50	»		
7	»	»	80	»		
8	»	»	100	»		
9	Радиус	0,30	50	1		
10	»	»	»	2		
11	»	»	»	3		
12	»	»	»	4		

Примечания: 1. Режимы резания даны ориентировочные, в таблицу заносить фактические режимы обработки.

2. Глубину резания во всех опытах брать 1 мм.

3. Опыты 2, 6 и 9 можно объединить.

Порядок выполнения работы

1. Составить схему обработки вала (рис. 1). Указать на схеме модель станка, геометрию и материал инструмента, размеры и материал заготовки.

2. Подготовить таблицы для записи результатов опытов.

3. Рассчитать числа оборотов заготовки для разных скоростей резания по фактическому диаметру заготовки с учетом паспортных данных станка.

4. Закрепить заготовку на станке, установить нужные режимы резания и закрепить резец.

5. Обработать первый участок вала, затем, изменяя значения параметров согласно табл. 2, обработать второй участок и т.д.

6. Оценить класс шероховатости обработанных участков вала путем сравнения с эталонами.

7. Измерить высоту неровностей участков вала на микроскопе МИС-11 (об измерении см. ниже). Заполнить табл. 4.

8. Измерить среднее арифметическое отклонение профиля на профилометре-240. Заполнить табл. 5.

9. Заполнить табл. 3. Сравнить результаты измерений шероховатости на микроскопе и профилометре.

10. Построить графики зависимостей $R_z = f_1(s)$, $R_z = f_2(v)$, $R_z = f_3(r)$ и выполнить их анализ.

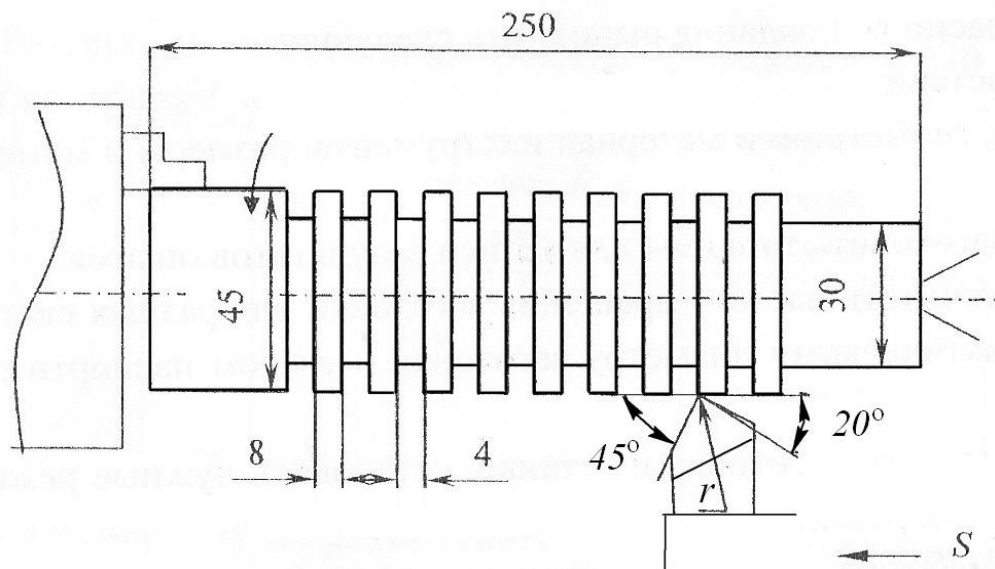


Рис.1. Схема обработки вала

Таблица 4

Результаты измерения R_z на микроскопе МИС-1

Номер опытов	Измерение			Среднее значение R_z , мкм	Класс шероховатости
	1-е	2-е	3-е		
1					
2					
...					
12					

Результаты измерений профиля на профилометре 240

Номер опытов	Измерение			Среднее значение R_a мкм	Значение R_z в переводе с R_a мкм	Класс шероховатости
	1-е	2-е	3-е			
1						
2						
...						
12						

**Измерение шероховатости поверхности
на микроскопе МИС-11**

Измерения основаны на определении величин неровностей, видимых в окуляре микроскопа как результата отражения от вершин и впадин узкого светового луча, падающего под углом 45^0 к поверхности. Принципиальная схема измерения показана на рис.2а. Согласно схеме

$$b = c \cdot N = h \sqrt{2} N, \quad (1)$$

откуда

$$h = b : N \sqrt{2}, \quad (2)$$

где h – высота неровностей поверхности;
 N – увеличение объектива микроскопа.

Величина b определяется с помощью микрометрического барабанчика окуляра. Для этого горизонтальная нить окуляра совмещается сначала с гребнем, а затем со впадиной наиболее резкой стороны контура неровностей – рис. 2б. При таком передвижении нити показания барабанчика (разность отсчетов делений) будут равны некоторой величине d . С учетом того, что направление перемещения нити и измеряемой высоты составляют угол 45^0 ,

$$b = d : \sqrt{2}. \quad (3)$$

Подставив (1.3) в выражение (1.2), получают

$$h = d : 2N, \quad (4)$$

или в микронах

$$h = 10d : 2N = d (5 : N), \quad (5)$$

где d – количество делений на барабанчике (цена деления 0,01 мм).

Для измерения поверхностей различной шероховатости нужно ставить соответствующие сменные объективы согласно табл. 6.

Для определения R_z выбирают в поле зрения микроскопа пять наибольших неровностей, измеряют высоту каждой и вычисляют по формуле

$$R_z = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{5}, \text{ мкм} \quad (6)$$

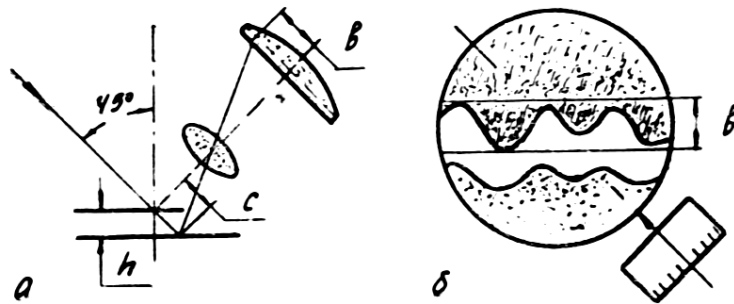


Рис. 2. Схема измерения шероховатости
a – принципиальная схема, *б* - вид в окуляре

Таблица 6

Сменные объективы микроскопа МИС-11

Параметры микроскопа	Классы шероховатости			
	4 - 6	5 - 8	7 - 8	8 - 9
Фокусное расстояние объектива, мм	25,0	13,9	8,2	4,3
Увеличение <i>N</i>	5,8	10,5	18,0	34,5
Значение (5: <i>N</i>)	0,86	0,48	0,28	0,15

Измерение выполняют 2 – 3 раза на разных участках поверхности. Погрешности измерения на микроскопе МИС-11 около $\pm 15\%$.

Измерение шероховатости поверхности на профилометре модели 240

Измерение основано на ощупывании алмазной иглой исследуемой поверхности (рис. 3а).

При измерении головка датчика с иглой 1, микродвигателем перемещается по участку поверхности на расстояние не менее базовой длины. Неровности поверхности вызывают осевые перемещения иглы и колебания, связанного с ней якоря магнита 2 датчика, в результате чего изменяется индуктивность и напряжение в катушках магнитной системы. Напряжение после усиления подается на показывающий прибор, смонтированный в электронном блоке 3 профилометра.

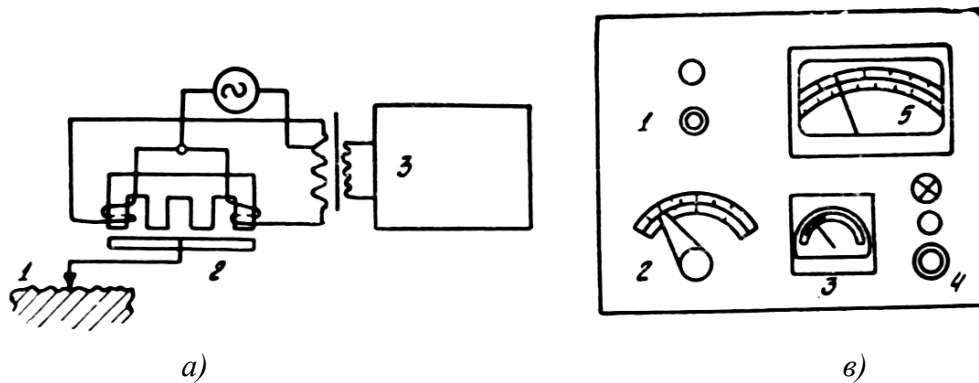


Рис. 3. Измерение шероховатости на профилометре
а – схема; б – панель электронного блока прибора

Для работы профилометр следует включить в сеть за 20 минут до начала измерения для прогрева. Переключатель 2 (рис. 3б) установить в положение, соответствующее предполагаемому классу чистоты контролируемой поверхности (в пределах 6 – 12 класса). Деталь положить на столик прибора и осторожно опустить датчик на поверхность. Корпус датчика должен быть параллельным проверяемой поверхности.

Вращением рукоятки 1 установить стрелку прибора 3 в пределах темного сектора шкалы. Нажать кнопку 4 «пуск» и произвести отсчет значений R_a по шкале показывающего прибора 5. Стрелка прибора 5 на нуль возвращается при поворотном движении кнопки «пуск».

Правильность измерений на профилометре устанавливается периодической проверкой настройки датчика и показывающего прибора по эталонам шероховатости. Погрешность показаний прибора $\pm 16\%$.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

Наименование и краткое описание работы.

Схему обработки вала. На схеме указать название и модель станка, материал заготовки и инструмента, геометрию разреза.

Схемы измерения шероховатости на микроскопе МИС-11 и профилометре-240, краткие характеристики приборов, точность измерения, таблицы измерений.

Таблицу результатов опытов (табл. 3).

Графики зависимостей высоты неровностей от факторов: подачи, скорости резания и радиуса при вершине резца.

Выводы о проделанной работе.

Лабораторная работа №8

Составление технологической схемы сборки.

Цель работы:

1. Значение сборочных мест
2. Методы сборки
3. Исходные данные для проектирования технологического процесса сборки.

Сборочные работы являются заключительным этапом в производственном процессе, на котором из отдельных деталей и узлов собирают готовые изделия. Качество сборочных работ значительно влияет на эксплуатационные свойства машины, на ее надежность и долговечность. Собранное изделие – машина при недостаточно точном соединении отдельных деталей, даже если они изготовлены с заданной точностью не будет обладать необходимыми эксплуатационными качествами и надежно работать. Поэтому в машиностроительном производстве сборочные работы имеют весьма существенное значение. Достижение заданной точности при сборке может быть осуществлено различными методами:

1. Методом полной взаимозаменяемости;
2. Методом частичной взаимозаменяемости (селективная сборка);
3. Методом пригонки;
4. Методом регулирования (применение подвижных и неподвижных компенсаторов).

Метод полной взаимозаменяемости заключается в том, что все детали, составляющие своими размерами размерную цепь, без какого-либо подбора или подгонки обеспечивают достижение заданной точности замыкающих звеньев у всех размерных цепей. Это условие может быть выполнено тогда, когда конструктивные допуски меньше или равны технологическим допускам.

Этот метод применяется в массовом и крупносерийном производстве.

Метод частичной взаимозаменяемости заключается в том, что детали, размеры которых входят в размерную цепь, сортируют по размерам на несколько групп в пределах полей допусков.

Этот метод применяется для коротких цепей в серийном и массовом производстве. Например, поршни, с цилиндрами двигателей, поршневые пальцы с поршнями, сортируя их на пять групп.

Метод пригонки или изготовление по месту – заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем изменения размера одного из звеньев снятием стружки подрезкой, припиловкой, шибрением и т.д.

Этот метод применяется при мелкосерийном и единичном производстве.

Метод регулирования состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается изменением размера одного из звеньев цепи без снятия стружки, компенсаторов (прокладки, втулки, кольца).

Основой для проектирования технологического процесса сборки являются:

1. Чертежи сборочные и общих видов узлов изделий;
2. Технические условия на прием и испытание изделий;
3. Производственная программа сборки;
4. Спецификация, поступающих на сборку узлов деталей.

Производственная программа сборки должна содержать наименование собираемых машин и узлов, массу (вес) каждого узла, годовой выпуск, выраженный количеством узлов и весом в тоннах.

В спецификациях поступающих на сборку деталей и узлов указываются их наименования, номер, количество на одно изделие.

На чертежах сборочных и общих видов, необходимых для проектирования технологических процессов сборки, должны быть указаны допуски на линейные и угловые размеры, определяющие взаимное расположение деталей, конструктивные работы, а также особые требования, касающиеся сборки машины. На чертежах должны быть даны все проекции и разрезы, необходимые для полного понимания и ясного представления конструкций собираемых узлов и целой машины.

Предварительно, до начала разработки технологического процесса сборки необходимо изучить конструкцию собираемой машины.

Предварительно, до начала разработки технологического процесса сборки необходимо изучить конструкцию собираемой машины, условия ее работы и технические условия ее приемки и испытания. На основе изучения этих материалов составляется схема сборки соединений, определяющая взаимную связь и последовательность соединений отдельных элементов, узлов, агрегатов (механизмов) и целого изделия.

В целях рациональной организации сборочных работ процесс сборки машин подразделяют на сборку комплектов, подузлов, агрегатов и общую сборку.

Комплект – это первичная сборочная единица, т.е. соединение двух или нескольких деталей машин.

Подузел – включает соединение нескольких деталей с одним или несколькими комплектами.

Узел – Это соединение ряда подузлов, комплектов деталей, образующих конструктивную замкнутую часть машины.

Соединение нескольких узлов называется агрегатом или механизмом.

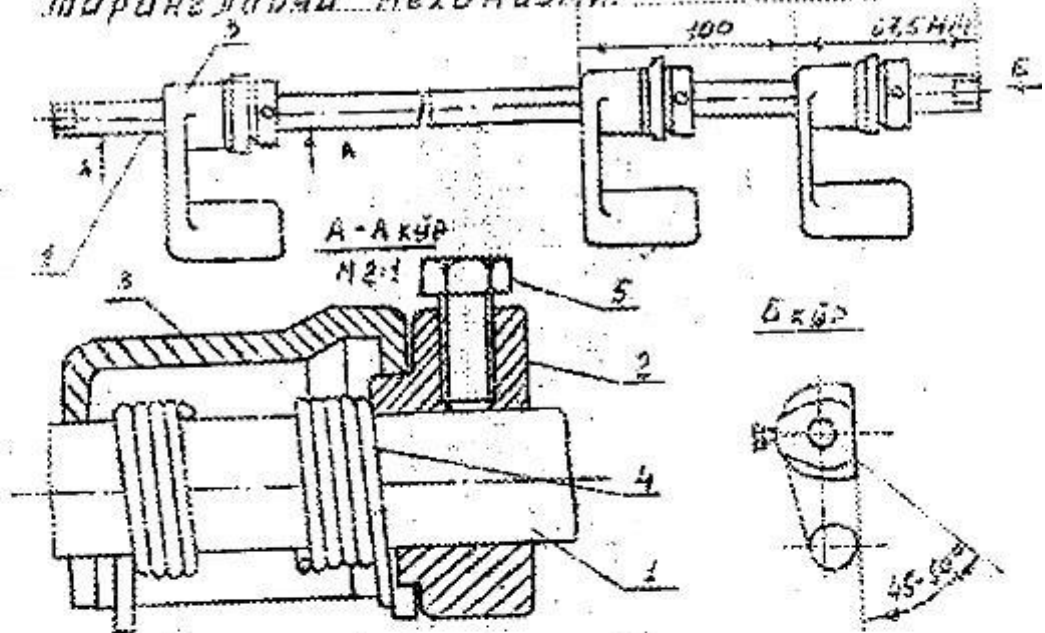
Из агрегатов (механизмов), узлов и отдельных деталей собирают целое изделие – машину.

Сборку всей машины из ранее собранных узлов (называют общей стендовой) сборкой.

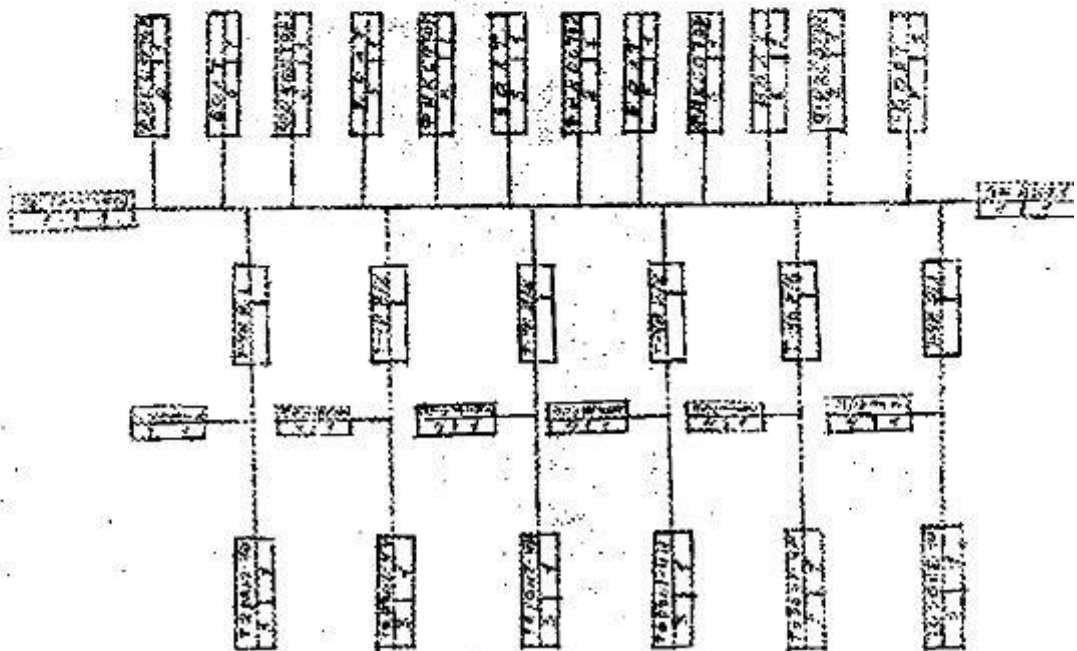
При разработке технологического процесса сборки составляют технологические схемы сборки с указанием названия элемента (детали), индекса элемента (шифр детали) и количества элементов, входящих в данное соединение.

В этих схемах условно изображают последовательность процесса сборки машин. Деталь или группа, с которой начинают сборку, закрепляя к ней остальные детали или узлы, называется базовой деталью или базовым узлом.

ПК-100 машинининг ремешокларини тарангловчи механизми.



1. Ҷи (пруток); 2. фиксатор;
 3. ремешокларни тарангловчи;
 4. пружина; 5. болт. М.В.



Лабораторная работа №9
Исследование геометрической точности станка

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является ознакомление студентов с методикой проверки станка на геометрическую точность и анализом полученных данных. По результатам измерений определяется геометрическая точность станка.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для того, чтобы станок обеспечивал заданные точность и шероховатость обработанных поверхностей деталей, а также высокую производительность, он должен удовлетворять ряду требований, предъявляемых к нему при приемочных испытаниях.

Эти испытания в основном включают:

1. Проверку качества изготовления станка (обработки деталей и сборки).
2. Проверку электро-, гидро- и пневмооборудования, систем смазки и охлаждения.
3. Испытание на холостом ходу с проверкой работы всех механизмов.
4. Испытание под нагрузкой.
5. Проверку на геометрическую точность станка.
6. Проверку на точность обработки и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Указанные испытания проводятся при приемке как вновь изготовленного станка, так и выпущенного из капитального ремонта.

В настоящей работе студенты производят только некоторые, наиболее характерные проверки станка на геометрическую точность.

Перед проверкой на точность станок, установленный на фундамент, должен вначале проработать не менее 0,5 часа на холостом ходу, с производством всевозможных включений, до наступления установившейся температуры в подшипниках (шпиндельные, скольжения — не более 70°C и качения — не более 85°C , все другие подшипники — не более 50°C).

После этого станок в течение одного-двух часов должен проработать под нагрузкой.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя

Для проверки применяется индикатор с ценой деления не больше 0,01 мм, стойка которого устанавливается при помощи специальной державки (рис. 1) в резцедержателе суппорта, установленного неподвижно. Измерительный стержень ин-

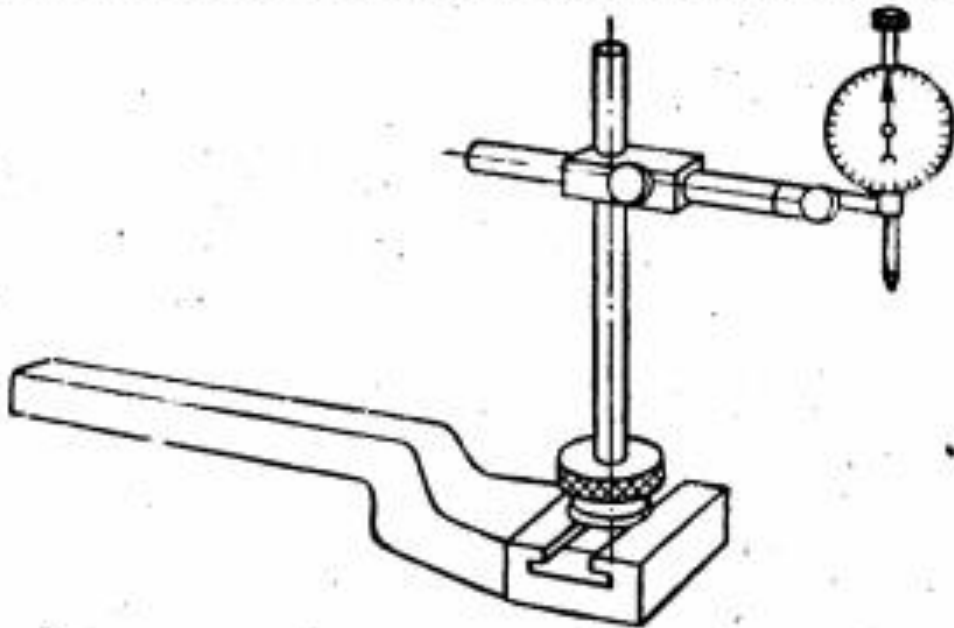


Рис. 1.
Державка с индикатором для проверки станка
на геометрическую точность

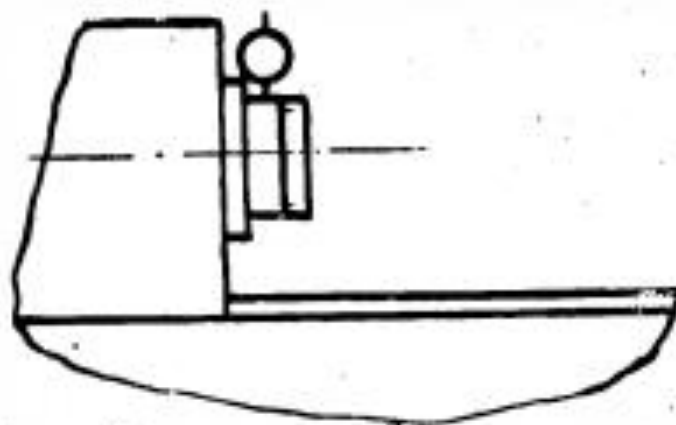


Рис. 2.
Схема проверки биения центрирующей
шейки шпинделя

дикатора должен касаться (с некоторым натягом*) шейки шпинделя (рис. 2). Шпиндель приводится во вращение при минимальном числе оборотов. Отклонение стрелки индикатора покажет биение шейки шпинделя. Допускаемое отклонение 0,01 мм.

3.2. Проверка радиального биения оси конического отверстия шпинделя

В отверстие шпинделя коническим хвостовиком плотно вставляется оправка с цилиндрической рабочей поверхностью (рис. 3).

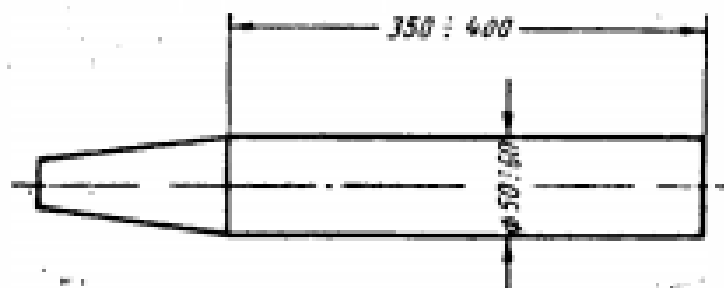


Рис. 3.
Оправка для проверки биения оси конического отверстия шпинделя

Стойка с индикатором устанавливается так же, как и при предыдущей проверке, а измерительный стержень индикатора касается поверхности оправки.

Шпиндель приводится во вращение, после чего дважды записывается отклонение стрелки индикатора: вблизи от торца шпинделя (рис. 4,а) и на расстоянии 300 мм от торца шпинделя (рис. 4,б).

Допускаемые отклонения:

- а) вблизи от торца шпинделя — 0,01 мм;
- б) на расстоянии 300 мм от торца шпинделя — 0,02 мм.

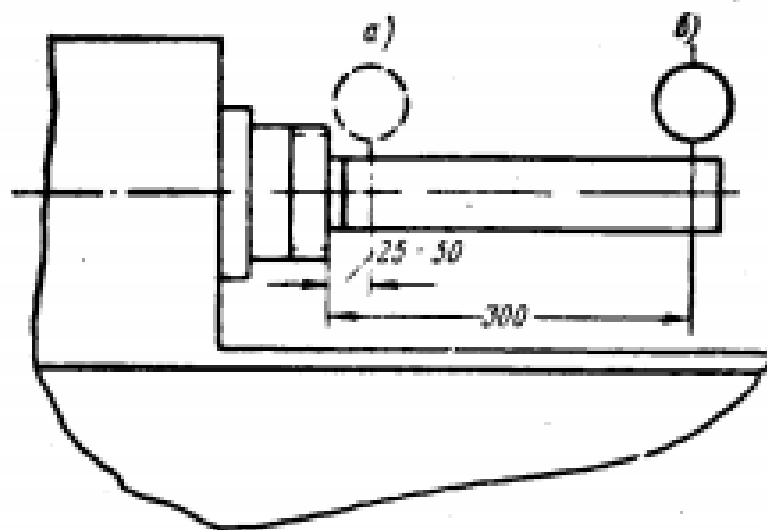


Рис. 4. Схема проверки биения оси конического отверстия шпинделя

3.3. Проверка параллельности оси шпинделя направлению движения каретки

Стойка с индикатором устанавливается так же, как и при выполнении проверок 1 и 2, а оправка — как при выполнении проверки 2. Измерительный стержень индикатора должен касаться поверхности оправки: сначала по верхней образующей (рис. 5). Каретка перемещается вдоль станины, причем вращение шпинделя не производится.

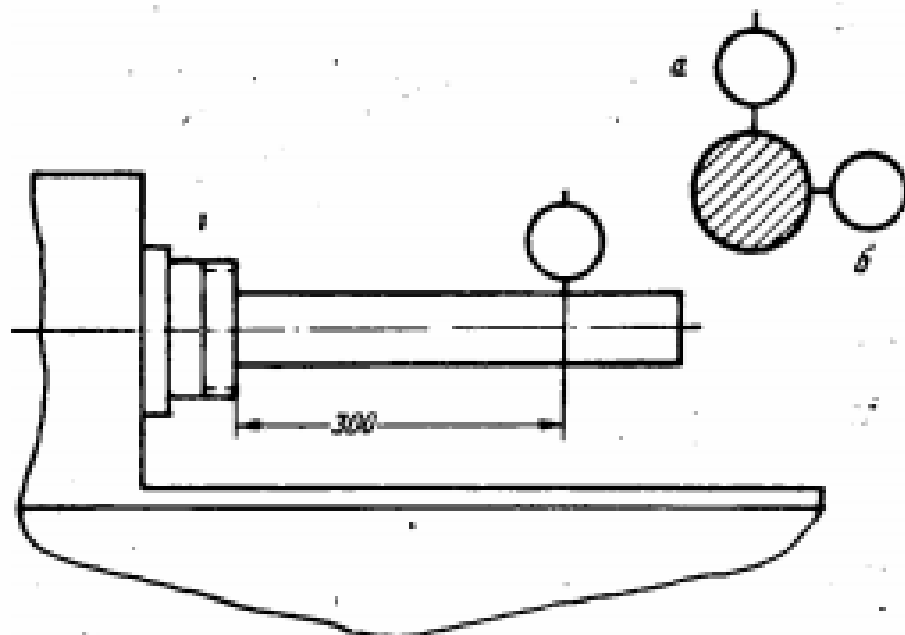


Рис. 5. Схема проверки параллельности оси шпинделя направлению движения каретки

После этого шпиндель поворачивается на 180° , производится измерение с касанием стержня индикатора по диаметрально противоположной образующей. Отклонение определяется как средняя арифметическая величина обоих измерений. Затем индикатор устанавливают в положение «б» (рис. 5) и производится аналогичное определение отклонения в другой плоскости (так же, как среднего из двух измерений).

Допускаемые отклонения:

а) для замера «а» на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх) — 0,03 мм;

б) для замера «б» на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону реза) — 0,015 мм.

3.4. Проверка расположения осей отверстий шпинделя и пиноли задней бабки на одинаковой высоте над направляющими станины

Между центрами станка укрепляется цилиндрическая оправка (рис. 6), имеющая длину, равную приблизительно удвоенной длине каретки.

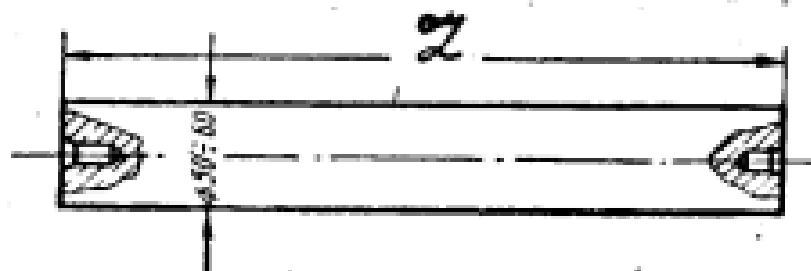


Рис. 6.

Длинная оправка для проверки некоторых элементов геометрической точности токарного станка

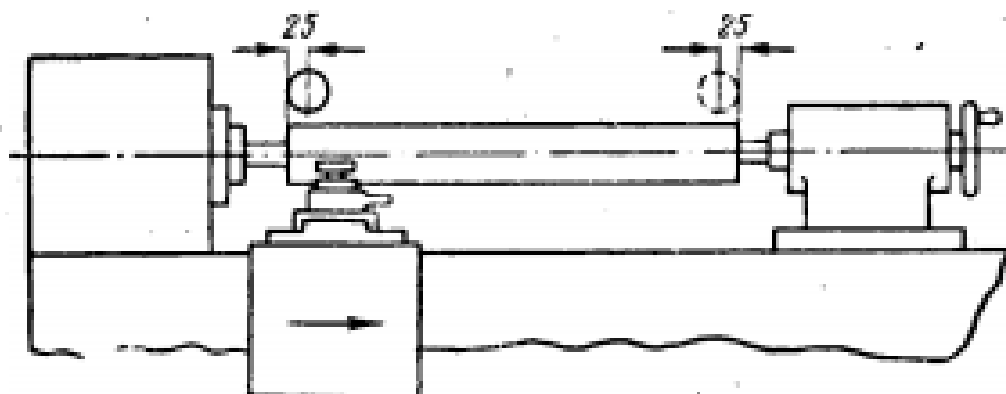


Рис. 7.

Схема проверки расположения осей отверстий шпинделя и пиноли задней бабки на одной высоте над направляющими станины

Стойка индикатора устанавливается так же, как и при предыдущих проверках, а измерительный стержень его должен касаться поверхности оправки у ее верхней образующей. Каретка перемещается вдоль оправки на всю ее длину (рис. 7). Измерения производятся у обоих концов оправки приблизительно на одинаковых расстояниях от торцов.

Отклонения определяются как алгебраическая разность показаний стрелки индикатора, полученных при измерениях. Допускаемое отклонение — 0,02 мм.

3.5. Проверка прямолинейности направляющих станины

Для проверки применяется проверочная линейка (рис. 8) и набор щупов.

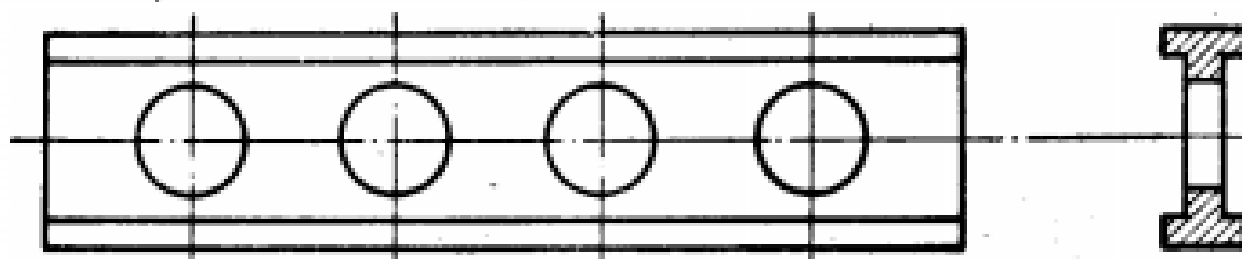


Рис. 8. Проверочная линейка

Проверка прямолинейности производится у всех четырех направляющих, независимо от существующих их форм (рис. 9), путем определения зазоров между линейкой и направляющей станины по методу световой щели «на просвет» с подбором соответствующего щупа.

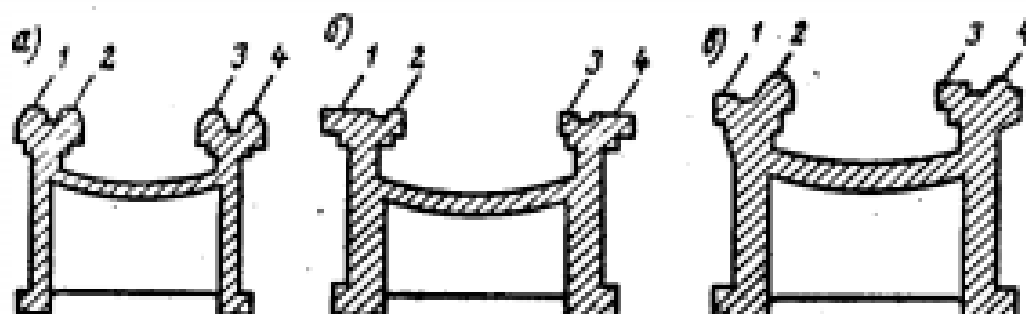


Рис. 9.
Формы сечения направляющих станины различных токарных станков

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Расчет погрешностей механической обработки детали.

Цель работы : Получить практические навыки составления технологического процесса и методов оценки производства

Теоретическая часть

При работах по проектированию технологического процесса и его реализации и при оформлении технологической документации важно уметь определять структуру технологического процесса и правильно формулировать наименование и содержание его элементов. При этой работе руководствуются ГОСТ 3.1104—81 и 3.1702—79.

Важным этапом в разработке технологического процесса является также определение типа производства. Ориентировочно тип производства устанавливают на начальной стадии проектирования. Основным критерием при этом служит коэффициент закрепления операций. Это отношение числа всех технологических операций, выполняемых в течение определенного периода, например месяца, на механическом участке (O), к числу рабочих мест (P) этого участка:

$$K_{30} = \frac{O}{P} \quad (1.1)$$

Типы машиностроительных производств характеризуются следующими значениями коэффициента закрепления операций: $K_{3.0} \leq 1$ — массовое производство; $1 < K_{3.0} \leq 10$ — крупносерийное производство; $10 < K_{3.0} \leq 20$ — среднесерийное производство; $20 < K_{3.0} \leq 40$ — мелкосерийное производство; $K_{3.0}$ не регламентируется — единичное производство.

Формулирование наименования и содержания операции

Пример 1.1. Деталь (втулку) изготавливают в условиях серийного производства из горячекатаного проката, разрезанного на штучные заготовки. Все поверхности обрабатываются однократно. Токарная операция выполняется согласно двум операционным эскизам по установам (рис. 1.1).

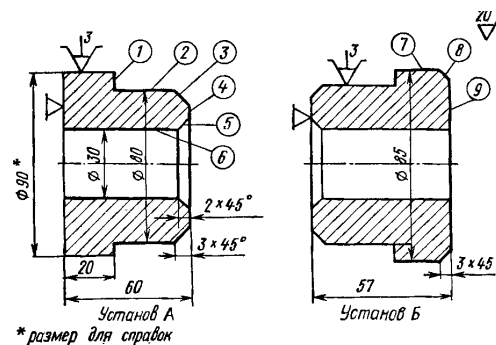


Рис. 1.1

Требуется произвести анализ операционных эскизов и других исходных данных; установить содержание операции и сформулировать ее

наименование и содержание; установить последовательность обработки заготовки в данной операции; описать содержание операции по переходам.

Решение. I. Анализируя исходные данные, устанавливаем, что в рассматриваемой операции, состоящей из двух установов, выполняется обработка девяти поверхностей заготовки, для чего потребуется выполнить последовательно девять технологических переходов.

2. Для выполнения операции будет использован токарный или токарно-винторезный станок, и наименование операции будет «Токарная» или «Токарно-винторезная» (ГОСТ 3.1702—79). По тому же ГОСТу определяем номер группы операции (14) и номер операции (63).

Для записи содержания операции при наличии операционных эскизов может быть применена сокращенная форма записи: «Подрезать три торца», «Точить две цилиндрические поверхности», «Сверлить и расточить отверстие», «Расточить одну и точить две фаски».

3. Устанавливаем рациональную последовательность выполнения технологических переходов по установам, руководствуясь операционными эскизами. В первом установе необходимо подрезать торец 4, точить поверхность 2 с образованием торца 1, точить фаску 3, сверлить отверстие 6 и расточить фаску 5. Во втором установе нужно подрезать торец 9, точить поверхность 7 и фаску 8.

Таблица 1.1

№ перехода	Вид перехода	Содержание перехода
1	пв	Установить и закрепить заготовку
2	пт	Подрезать торец 4
3	пт	Точить поверхность 2 с образованием торца 1 (при точении поверхности 2 производится 2 рабочих хода)
4	пт	Точить фаску 3
5	пт	Сверлить отверстие 6
6	пт	Расточить фаску 5
7	пв	Переустановить заготовку
8	пт	Подрезать торец 9
9	пт	Точить поверхность 7
10	пт	Точить фаску 8
11	пв	Контроль размеров детали
12	пв	Снять деталь и уложить в тару

4. Содержание операции в технологической документации записывается по переходам: технологическим (ПТ) и вспомогательным (ПВ). При формулировании содержания переходов используется сокращенная запись по ГОСТ 3.1702 – 79. В таблице 1.1 приведены записи для рассматриваемого примера.

Задача 1.1. Для токарной операции разработан операционный эскиз и заданы исполнительные размеры с допусками и требования по шероховатости обрабатываемых поверхностей (рис. 1.2). Обработка каждой поверхности — однократная. Номера вариантов указаны на рисунке римскими цифрами.

Требуется: задать тип станка; определить конфигурацию и размеры заготовки; установить схему базирования; пронумеровать на эскизе все обрабатываемые поверхности; сформулировать для записи в технологических документах наименование и содержание операции; записать содержание всех переходов в технологической последовательности в полной и сокращенной формах.

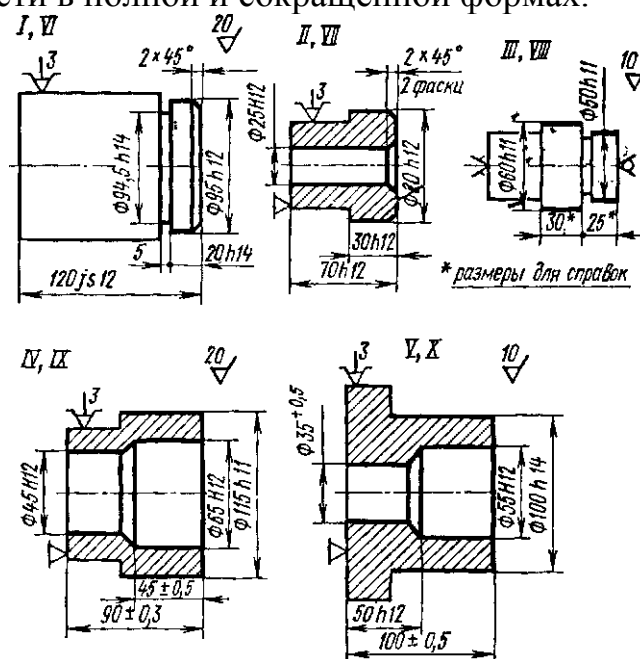


Рис. 1.2

Установление наименования и структуры операции и запись ее содержания в технологической документации

Пример 1.2. На рис. 1.3, который представляет собой фрагмент рабочего чертежа детали, выделен конструктивный элемент детали, подлежащий обработке в условиях серийного производства.

Требуется: провести анализ исходных данных; выбрать метод обработки конструктивного элемента с учетом типа производства; подобрать тип металлорежущего станка; установить наименование операции; записать содержание операции в полной форме; сформулировать запись содержания операции по технологическим переходам.

Решение, 1. Устанавливаем, что обработке подлежат шесть отверстий во фланце корпуса, равномерно, расположенные на окружности $\phi 280$ мм.

2. Отверстия в сплошном материале изготовляют сверлением.
3. Для обработки выбираем радиальносверлильный станок.

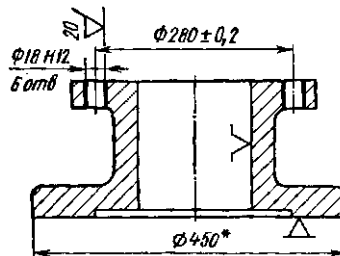


Рис. 1.3

4. Наименование операции (в соответствии с типом используемого станка) — «Радиально-сверлильная».

5. Запись содержания операции в полной форме выглядит так: «Сверлить 6 сквозных отверстий $\phi 18H12$ последовательно, выдерживая $d = (280 \pm 0,2)$ мм и шероховатость поверхности $Ra = 20$ мкм, согласно чертежу.

6. Запись содержания переходов в полной форме такова:

1-й переход (вспомогательный). Установить заготовку в кондуктор и закрепить.

2 7-й переходы (технологические). Сверлить 6 отверстий $\phi 18H12$, выдерживая размеры $d = 280 \pm 0,2$; $Ra20$ последовательно по кондуктору.

8-й переход (вспомогательный). Контроль размеров.

9-й переход (вспомогательный). Снять заготовку и уложить в тару.

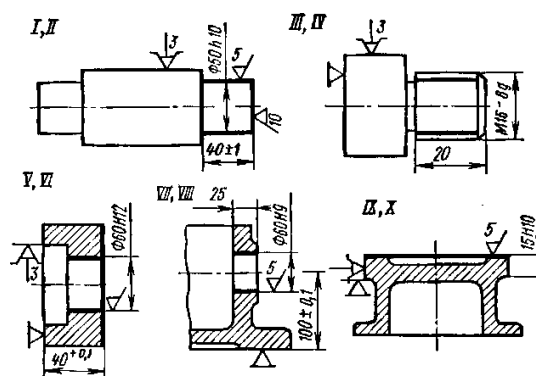


Рис. 1.4

Задача 1.2. Установить наименование и структуру (Операции в условиях серийного производства по обработке конструктивных элементов детали (рис. 1.4). Номера Вариантов указаны на рисунке римскими цифрами.

Установление типа производства на участке

Пример 1.3. На участке механического цеха имеется 18 рабочих мест. В течение месяца на них выполняется 154 разные технологические операции.

Требуется: установить коэффициент загрузки операций на участке; определить тип производства; изложить его определение по ГОСТ 14.004—83.

Решение. 1. Коэффициент закрепления операций устанавливаем по формуле (1.1)

$$K_{3,0} = 154/18 = 8,56.$$

В нашем случае это означает, что на участке за каждым рабочим местом закреплено в среднем по 8,56 операций.

2. Тип производства определяется согласно ГОСТ 3.1108—74 и 14.004—83. Поскольку $1 < K_{3,0} < 10$, тип производства — крупносерийное.

3. Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, сравнительно большим объемом их выпуска; изготовление ведется периодически повторяющимися партиями.

Крупносерийное производство является одной из разновидностей серийного производства и по своим техническим, организационным и экономическим показателям близко к массовому производству.

Задача 1.3. Известно количество рабочих мест участка (Р) и количество технологических операций, выполняемых на них в течение месяца (О).

Варианты приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество рабочих мест (Р)	42	29	31	17	18	35	7	19	27	49
Количество технологических операций (О)	1300	209	520	816	17	339	22	8	820	833

Требуется: определить тип производства.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Расчет суммарной погрешности.

Цель работы: Получить навыки при разработки технологического процесса для обеспечения механической точности детали.

Одной из основных задач технологов и других участников производства в механических цехах является обеспечение необходимой точности изготавливаемых деталей.

Реальные детали машин, изготовленные с помощью механической обработки, имеют параметры, отличающиеся от идеальных значений, т. е. имеют погрешности, но размеры погрешностей не должны превышать Допускаемых предельных отклонений (допусков). Для обеспечения заданной точности обработки должен быть правильно спроектирован технологический процесс с учетом экономической точности, достигаемой различными методами обработки. Нормы средней экономической точности приводятся в источниках [7, 21, 22]. Важно учитывать, что каждый следующий переход должен повышать точность на 1...4 квалитета.

В ряде случаев используют расчетные методы для определения возможной величины погрешности обработки. Так определяют погрешности токарной обработки, от действия сил резания, возникающих вследствие недостаточной жесткости технологической системы.

В ряде случаев производится анализ точности обработки партии деталей методами математической статистики.

Определение экономической точности, достигаемой при различных методах обработки наружных поверхностей вращения

Пример 2.1. Поверхность ступени стального вала длиной 480 мм, изготавливаемого из поковки, обрабатывается предварительно на токарном станке до диаметра 91,2 мм (рис. 2.1).

Определить: экономическую точность обработки размера 91,2; квалитет точности обрабатываемой поверхности и ее шероховатость.

Решение. Для определения экономической точности пользуются таблицами «Экономическая точность механической обработки», которые приводятся в различных справочниках [7, 21].

В нашем случае после черного точения точность обработанной поверхности должна быть в пределах 12...14-го квалитета (принимаем 13-й квалитет). С учетом, что при $l/d = 5,3$ погрешности обработки возрастают в 1,5...1,6 раза, это соответствует снижению точности на один квалитет. Окончательно принимаем точность по 14-му квалитету.

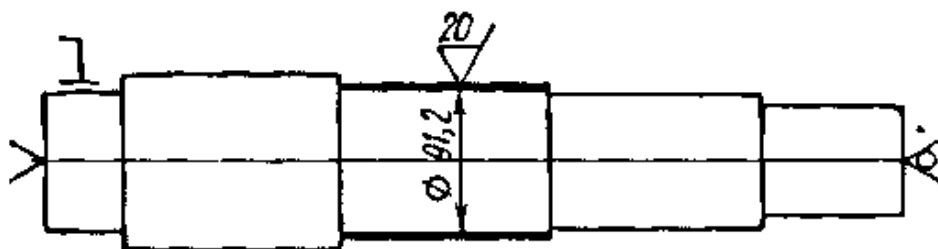


Рис 2.1

Таблица 2.1

№ варианта	Метод обработки и ее характер	Длина вала, мм	Диаметр ступени, мм
1	Притирка	100	20
2	Обтачивание получистовое	200	45
3	Шлифование тонкое	500	55
4	Обтачивание однократное	450	120
5	Суперфиниш	700	100
6	Шлифование предварительное	250	70
7	Обтачивание тонкое	375	65
8	Обтачивание окончательное	275	50
9	Выглаживание алмазное	60	170
10	Шлифование окончательное	120	38

Так как при черновом точении размер заготовки — промежуточный, то размер этот устанавливается для наружной поверхности с полем допуска основной детали $\phi 91.2h14$, или $\phi 91,2_{-0.37}$. Шероховатость поверхности $Ra = 40..20$ мкм (в практике заводов при хорошо выполненных заготовках и нормальных производственных условиях достигается более высокая точность обработки).

Задача 2.1. Одна из ступеней вала подвергается механической обработке одним из указанных способом. Номера вариантов приведены в табл. 2.1.

Требуется: установить экономическую точность обработки; выполнить операционный эскиз и указать на нем размер, качество точности, размер допуска и шероховатость. Принять, что поверхность рассматриваемой ступени вала имеет поле допуска основной детали (h).

Определение точности формы поверхностей детали при обработке

Пример 2.2. На наружной поверхности вала (рис. 2.2) задан допуск формы, обозначенный условным знаком по СТ СЭВ 368—76. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на круглошлифовальном станке модели 3М151.

Требуется: установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения; установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предполагаемой обработке.

Решение. 1. По представленному эскизу точность формы цилиндрической поверхности выражается допуском округлости и составляет 10 мкм. Согласно ГОСТ 24643—81, этот допуск соответствует 6-й степени точности формы. Под термином «Допуск круглости» понимают наибольшее допустимое значение отклонения от округлости. Частными видами отклонения от округлости являются овальность, огранка и др.

2. На круглошлифовальном станке модели ЗМ151 можно производить обработку заготовок с наибольшим диаметром до 200 мм и длиной до 700 мм. Следовательно, он пригоден для обработки данной заготовки. Отклонение от округлости при обработке на этом станке составляет 2,5 мкм [15].

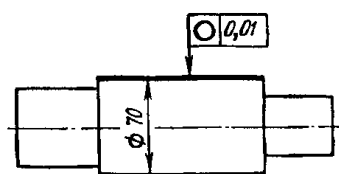


Рис. 2.2

На основании изложенного делаем заключение о возможности выполнить обработку с заданной точностью.

Задача 2.2. На рис. 2.3 и в табл. 2.2 указаны варианты поверхностей с допускаемыми отклонениями формы.

Требуется: установить наименование и содержание обозначения указанных отклонений; установить возможность выполнить обработку на указанном станке, соблюдая заданную точность. Недостающими размерами задаться.

№ варианта	Форма поверхности	Тип станка
I	Отверстие	Внутришлифовальный
II	Плоскость	Плоскошлифовальный
III	»	»
IV	Грань	Круглошлифовальный
V, VI	Отверстие	Хонинговальный
VII	Цилиндр	Токарно-винторезный
VIII	Плоскость	Продольно-строгальный
IX	Цилиндр	Токарный многолезцовый
X	»	Круглошлифовальный

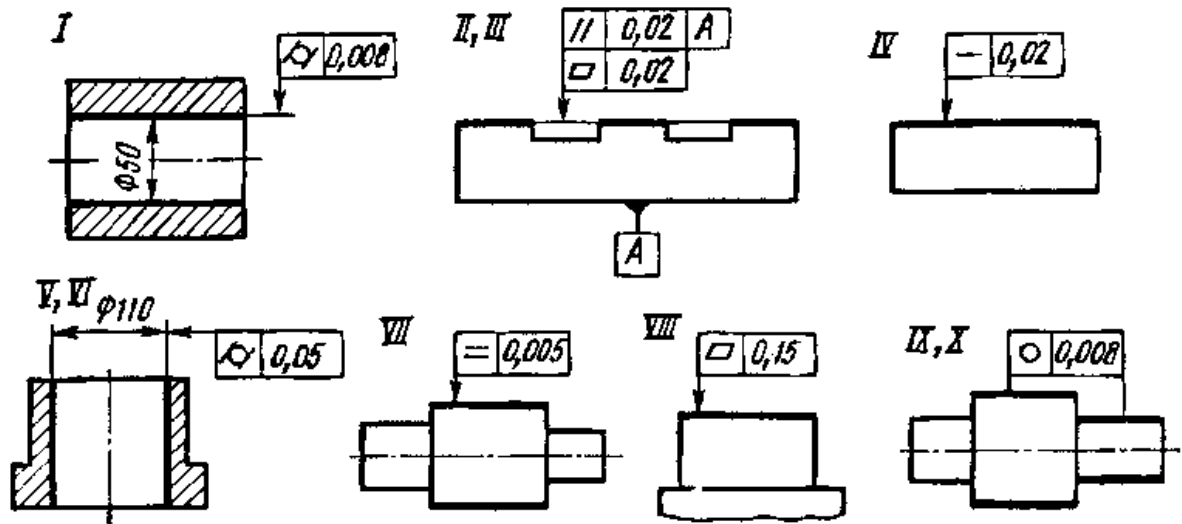


Рис. 2.3

Определение точности взаимного расположения поверхностей детали при обработке

Пример 2.3. На эскизе (рис. 2.4) обозначено техническое требование к точности взаимного расположения поверхностей детали.

Предполагается окончательную обработку верхней плоскости выполнить чистовым фрезерованием на вертикально-фрезерном станке согласно операционному эскизу, изображенному на рис. 2.5.

Требуется: изложить наименование и содержание технического требования; установить по технологическим справочникам точность взаимного расположения поверхностей детали в зависимости от типа оборудования; сделать заключение о возможности выполнить указанное требование.

Решение. 1. Условным знаком на рабочем чертеже показан допуск параллельности верхней плоскости относительно нижней плоскости, обозначенной А. Под допуском параллельности понимают наибольшее допускаемое значение отклонения от параллельности. В нашем случае допуск равен 0,2 мм на площади 150X 150 мм.

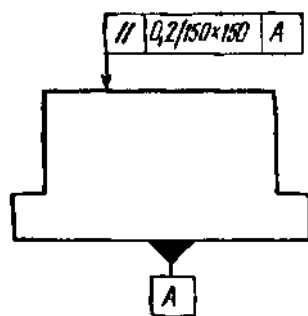


Рис. 2.4

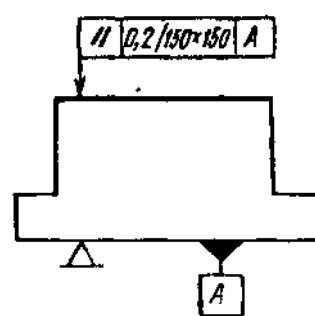


Рис. 2.5

2. В таблицах технологических справочников, например [21, Т. 1], находим предельные отклонения нашего случая: они равны 40... 100 мкм и 25...60 мкм на длине 300 мм, а значит на длине 150 мм они будут равны 12,5... 30 мкм. Из всех этих данных принимаем для гарантии наибольшее значение — 100 мкм, т. е. — 0,1 мм.

3. Делаем заключение — требуемая точность взаимного расположения обработанной плоскости относительно базовой плоскости А будет обеспечена.

Задача 2.3. На рис. 2.6 показаны варианты обработки поверхностей. Требуется: расшифровать обозначение содержания допуска; разработать технологические мероприятия, обеспечивающие выполнение этого требования.

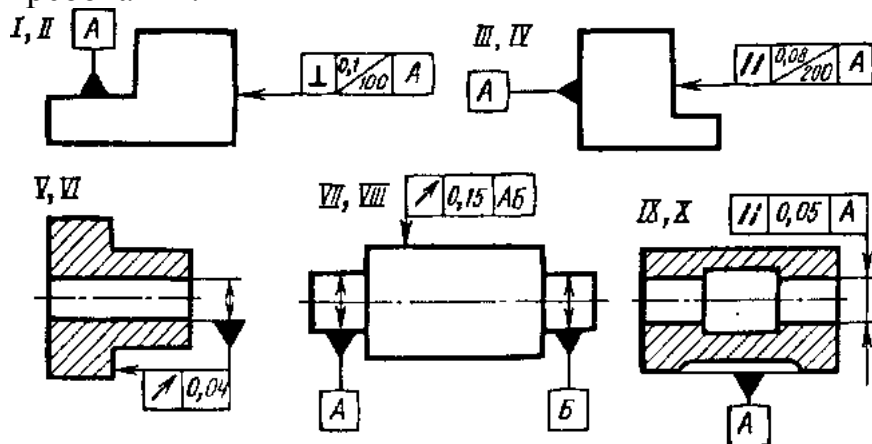


Рис. 2.6

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Расчет режима резания обеспечивающего качество поверхности.

Цель работы: Получить навыки при разработки технологического процесса для обеспечения механической точности детали.

Поверхности деталей машин, полученных литьем, ковкой, обработанные на металлорежущих станках и другими способами, характеризуются шероховатостью, цветом и физическими свойствами поверхностного слоя — степенью упрочнения (наклепом), глубиной упрочненного слоя, наличием остаточных напряжений от обработки и др. Эти показатели определяют состояние поверхности и характеризуют ее качество. Имеется вполне определенная связь между методами обработки и качеством обработанной поверхности.

Для оценки шероховатости поверхностей предпочтительно применять параметр R_a ; иногда применяют параметр R_z .

Параметры шероховатости поверхностей при различных видах обработки заготовок резанием приводятся в технологических и других справочниках [5, 7, 21].

В ходе выполнения механической обработки поверхности шероховатость ее уменьшается сначала резко (после черновых переходов параметры снижаются в 4...5 раз), затем медленнее при выполнении завершающих отделочных переходов — в 1.5...2 раза.

Установление последовательности изменения параметров шероховатости поверхности в ходе механической обработки ее

Пример 3.1. Наружная поверхность одной ступени вала, изготавливаемого из стальной штампованной поковки, обрабатывается в такой последовательности: обтачивание черновое и получистовое, шлифование предварительное и чистовое. После завершения всей обработки рассматриваемая поверхность имеет точность размера по 6-му качеству (IT 6) и шероховатость $R_a=1,25$ мкм.

0	Исходная заготовка	$R_a 80$	($R_z 320$)
1	Обтачивание начерно	$R_a 20$	($R_z 80$)
2	Обтачивание получистовое	$R_a 5$	($R_z 20$)
3	Шлифование предварительное	$R_a 2,5$	($R_z 10$)
4	Шлифование чистовое	$R_a 1.25$	($R_z 6,3$)

Требуется установить последовательность изменения шероховатости обрабатываемой поверхности после каждого этапа обработки и выбрать средства контроля шероховатости в производственных условиях.

Решение. Пользуясь данными [7, с. 517; 21, Т.1], устанавливаем последовательность изменения шероховатости в микрометрах после каждого этапа обработки:

Средствами контроля шероховатости поверхности в производственных условиях могут быть образцы (эталон) шероховатости или профилометры.

Задача 3.1. Для наружной поверхности детали задана требуемая шероховатость поверхности. Варианты сведены в табл. 3.1.

Требуется установить: 1) возможные варианты завершающего (финишного) метода обработки этой поверхности; 2) толщину дефектного слоя, который останется после этой обработки.

Таблица 3.1

№ варианта	Наименование детали	Вид исходной заготовки	Шероховатость детали, мкм
1	Втулка	Литье чугуна I класса	2,5
2	»	То же, II класса	1,25
3	Обойма	Литье стали I класса	1,25
4	»	То же, II класса	0,32
5	Вал	Прокат стальной горячекатаный обычной точности	10
6	»	То же, повышенной точности	0,63
7	Палец	Прокат стальной горячекатаный обычной точности	5
8	»	То же, повышенной точности	0,32
9	Шестерня	Стальная штамповка	2,5
10	»	Поковка	5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Разработка технологического процесса механической обработки для деталей различных конфигураций.

Цель работы: Получить навыки базирования детали при механической точности детали.

Чтобы осуществить обработку заготовки на станке, ее необходимо закрепить на нем, предварительно выбрав базы. Под базированием понимают придание заготовке требуемого положения относительно станка и инструмента. От правильности базирования зависит точность обработки. При разработке схемы базирования решают вопросы выбора и размещения опорных точек.

В производственных условиях всегда имеют место погрешности обработки $\varepsilon_{уст}$, зависящие от условий установки, т. е. от базирования $\varepsilon_{баз}$, закрепления $\varepsilon_{закр}$ заготовки, и от неточности приспособления $\varepsilon_{пр}$. Погрешность установки выражается формулой
Для уменьшения этих погрешностей важно соблюдать правила базирования: правило «шести точек», правило «постоянства баз», правило «совмещения баз» и др.

Значения погрешности можно определить различными методами. Табличный метод [10] позволяет определить погрешности установки в зависимости от производственных условий.

Расчетный метод определения погрешностей базирования, закрепления вызванных неточностью приспособления выполняется с помощью формул, приводимых в литературе [10, 21].

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{баз}^2 + \varepsilon_{закр}^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (4.1)$$

При несоблюдении правила «совмещения баз» возникает необходимость в пересчете конструкторских размеров (рис. 4.1, а) в технологические (рис. 4.1, б). Цель пересчета состоит в определении погрешности размера замыкающего звена и сравнении ее с допуском конструкторского размера.

Расчет размерных цепей производится в соответствии с ГОСТ 16319—80 и 16320—80 одним из указанных в них методов («максимума — минимума», вероятностным и др.). При этих расчетах пользуются формулами определения номинального размера замыкающего звена:

$$h = H - T \quad (4.2)$$

где H — размер, связывающий конструкторскую и технологическую базы;
 T — размер, связывающий технологическую базу с обрабатываемой поверхностью.

Пример 4.1. В технологическом процессе изготовления корпуса предусмотрена операция по расточке отверстия диаметром D (рис. 4.2). При выполнении отверстия должны быть выдержаны размер a и технические требования, касающиеся правильности взаимного расположения отверстия относительно других поверхностей детали. Требуется: выбрать технологическую базу для рассматриваемой операции; разработать схему базирования.

Решение. 1. Одной из конструкторских баз является плоскость A основания. Ее и следует принять за технологическую установочную базу, создав под ее базирование три опорные точки 1, 2 и 3 (рис. 4.3). Технологической направляющей базой следует принять плоскость B с двумя опорными точками 4 и 5. Эта база позволит обработать отверстие перпендикулярно этой плоскости. Для обеспечения симметричности расположения отверстия относительно наружного контура можно использовать в качестве технологической базы поверхность B , но конструктивно легче воспользоваться для этого поверхностью Γ полуцилиндра и использовать для этой цели приспособление с подвижной призмой.

На основании изложенного применим технологическую базу из трех поверхностей: A , B и Γ (рис. 4.3).

2. Схема базирования, представляющая собой расположение опорных точек на базах заготовки, представлена на рис. 4.3.

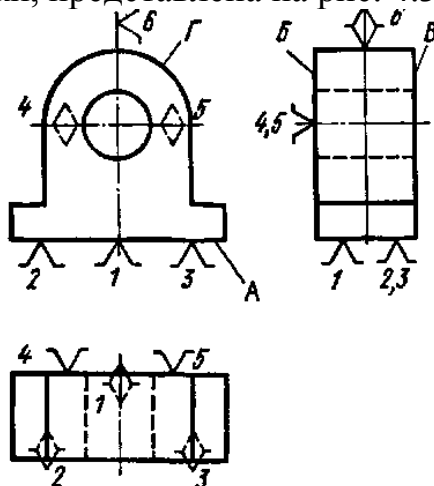


Рис. 4.3

Задача 4.1. Для станочной операции по обработке указанной поверхности детали требуется выбрать технологическую базу и составить схему базирования. Варианты приведены на рис. 4.4 и в табл. 4.1. Определение технологической базы и составление схемы базирования заготовки в приспособлении; разработать схему базирования заготовки и сделать вывод о соблюдении правила шести точек.

Таблица 4.1

№ варианта	Наименование операции	Содержание операции
I	Вертикально-сверлильная	Сверлить отверстие в шаре
II	Токарная	То же
III	»	Точить поверхности окончательно
IV, V	Кругло-шлифовальная	Шлифовать указанные поверхности окончательно
VI, VII	Горизонтально-фрезерная	Фрезеровать паз
VIII	Вертикально-фрезерная	То же
IX	Вертикально-сверлильная	Сверлить 2 отверстия
X	Тонкоросточная	Расточить 2 отверстия

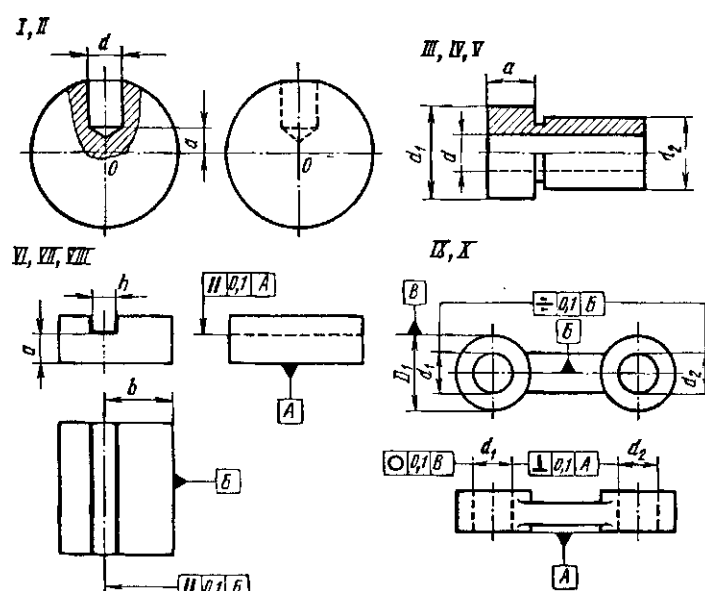


Рис. 4.4

Решение, 1. В представленном на рисунке приспособлении выявляем его установочные элементы: плоскость корпуса 2, установочный цилиндрический палец 1 и установочный срезанный палец 3. Технологической базой заготовки являются следующие поверхности: нижняя плоскость заготовки А и два отверстия расположенных по диагонали.

2. В соответствии с выявленными технологическими базами и использованными установочными элементами разрабатываем схему базирования (рис. 4.6): для базирования плоскости (установочной базы) образовано три опорные точки (1, 2, 3); для базирования по первому отверстию (с помощью цилиндрического пальца) образовано еще две

опорные точки (4, 5), а для базирования по второму отверстию используется срезанный палец (6) образующий 6-ю точку базирования.

3. Как видно из рисунка 4.6 и приведенных рассуждений, правило базирования по шести точкам соблюдено.

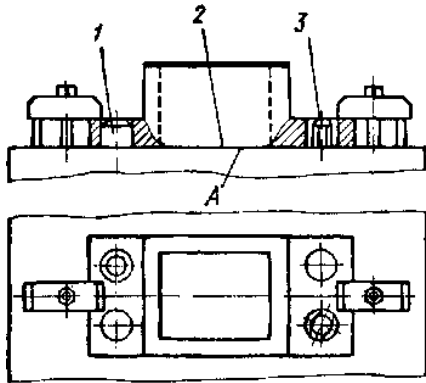


Рис. 4.5

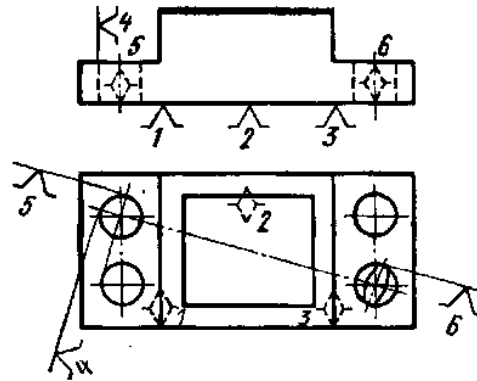


Рис. 4.6

21

Задача 4.2. На рис. 4.7 изображено приспособление для обработки на станке. Нужно, пользуясь рисунком, выявить технологическую базу, принятую для базирования заготовки, и представить схему базирования заготовки; сделать вывод о правильности выбора опорных точек по количеству и размещению их. Номер варианта указан на рисунке римской цифрой.

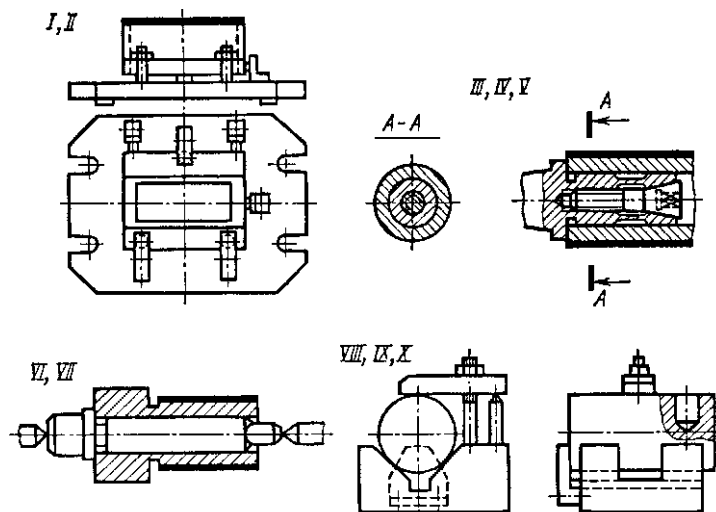


Рис. 4.7

Расчет линейной технологической размерной цепи.

Пример 4.3. На настроенном горизонтально-фрезерном станке, работающем по наладке, начисто обрабатывается указанная плоскость.

При этом должен быть выдержан координирующий размер $h=(70\pm 0,05)$ мм (рис. 4.8). Допуск размера h равен $T_h = 0,1$ мм.

Требуется установить, будет ли выдержана при обработке заданная точность размера.

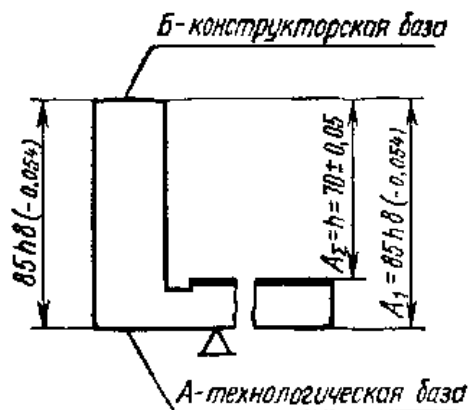


Рис. 4.8

Решение. 1. Из условия примера и по операционному эскизу видно, что за технологическую базу принята нижняя плоскость А заготовки. Конструкторской и измерительной базами для контроля размера h является верхняя плоскость Б. В связи с тем, что базы не совпадают, возникла необходимость пересчета конструктивных размеров на технологические.

При этом надо рассчитать погрешность ϵ_h с которой может быть выполнен размер h , и сравнить ее с допуском T_h этого размера. Должно быть выдержано условие $\epsilon_h \leq T_h$.

2. Рассматриваемая размерная цепь линейная и состоит из трех звеньев: интересующий нас размер $h = 70$ мм будем считать замыкающим звеном А; первое составляющее звено — размер $A_1 = 85h8(85_{-0,05})$ между ранее обработанными плоскостями является звеном увеличивающим; второе составляющее звено — размер A_2 является технологическим, уменьшающим, и точность его обуславливается нормами экономической точности обработки на станках (см. ГОСТ 2110—72). Для нашего случая погрешность этого размера составляет 0,06 мм.

Номинальные размеры этой цепи связаны уравнением: $A_2 = A_1 - A_2 = 85 - 15 = 70$ мм.

3. При расчете линейной размерной цепи (рис. 4.8) методом полной взаимозаменяемости, т. е. методом максимум — минимум, определяют предельные отклонения (погрешность обработки) исходного (замыкающего) звена по формуле (4.3):

$$T_{\Sigma} = \sum_1^{m+n} T_i = (T_{A_1} + T_{A_2}) = (0,054 + 0,06) = 0,114 \text{ мм}$$

Как следует из решения, допуск по чертежу $T_h = 0,1$ мм меньше, чем возможная погрешность при обработке $T_h = \epsilon_h = 0,114$ мм, что совершенно

недопустимо. Следовательно, нужно принять меры, позволяющие добиться выполнения условия $\varepsilon_h \leq T_h$.

Для этого, во-первых, можно поставить вопрос перед конструктором о снижении точности размера т. е. о расширении допуска T_h до значения 0,12, тогда $h = (70 \pm 0,06)$ мм. Условие $T_\Sigma \leq T_h$ будет выдержано.

Во-вторых, применить в качестве завершающей (финишной) обработки тонкое фрезерование или чистовое шлифование. Экономическая точность этих процессов выше и при них $TA_2 = 0,025$ мм (ГОСТ 2110—72). Тогда $T = (0,054 + 0,025)$ мм = 0,079 мм. Условие $T_\Sigma \leq T_h$ выдержано.

В-третьих, составляющий размер $A = 85h8$ получен при обработке плоскостей А и Б до рассматриваемой операции. Если предшествующую обработку выполнить точнее на один квалитет, то допуск размера будет $85h7(85_{-0,035})$. Тогда погрешность обработки $T_c = (0,035 + 0,06) = 0,095$ мм. Условие $T_\Sigma \leq T_h$ выдержано.

В-четвертых, при расчете размерной цепи можно пользоваться вероятностным методом [7, с. 590] по формуле $T_\Sigma = \frac{(K_c \sum T_i)}{\sqrt{m+n}}$, где $K_c = 1,5$.

В производствах 1 с отлаженным технологическим процессом коэффициент K_c снижается до 1,2. Тогда $T_c = 1,2(0,054 + 0,060) / 1,41 = 0,097$ мм и выдержано условие $T_c \leq T_h$.

В-пятых, допуск замыкающего звена рассчитывают с использованием теории вероятностей для случая рассеивания погрешностей отклонений по закону нормального распределения [12]

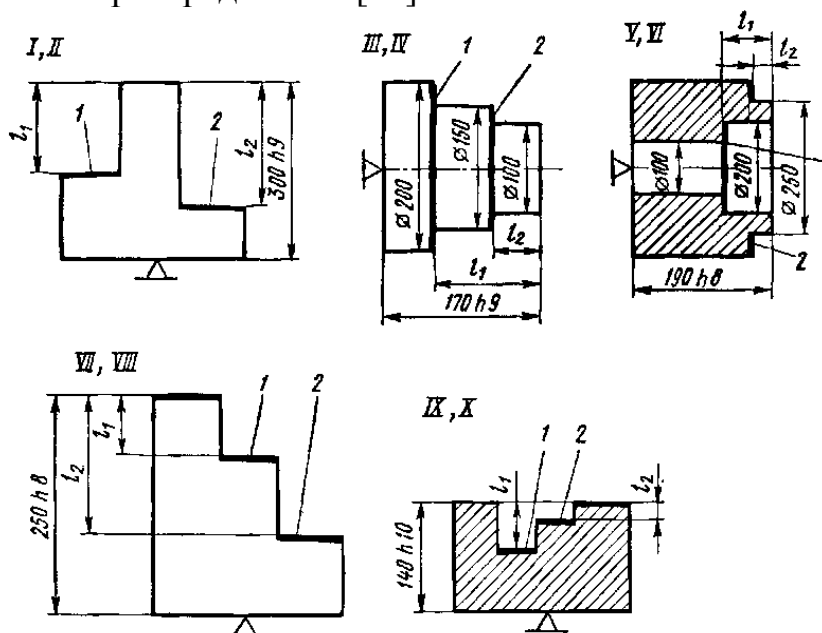


Рис. 4.9

Таблица 4.2

№ варианта	Содержание операции	Размер 1, мм

та		
I	Строгать плоскость 1 предварительно	$L_1 = 150 \pm 0,2$
II	Строгать плоскость 2 окончательно	$L_2 = 170 \pm 0,1$
III	Подрезать торец 1 предварительно	$L_{1,} = 60 \pm 0,3$
IV	Подрезать торец 2 окончательно	$L_2 = 30 \pm 0,1$
V	Подрезать торец 1 предварительно	$L_1 = 100 \pm 0,2$
VI	Подрезать торец 2 окончательно	$L_2 = 50 \pm 0,1$
VII	Шлифовать плоскость 1 предварительно	$L_1 = 75 \pm 0,1$
VIII	Шлифовать плоскость 2 окончательно	$L_2 = 175 \pm 0,2$
X	Фрезеровать плоскость 2 окончательно	$г_2 = 30 \pm 0,2$

по формуле (4.5). В нашем случае $T_z = \pm \sqrt{0,0272 + 0,032} = \pm 0,04$ мм, или $Г_x = 0,08$ мм. Условие $T_c < T_a$ выполнено.

В-шестых, при незначительном объеме выпуска деталей, т. е. в единичном или мелкосерийном производстве, можно работать не по наладке, а, например, со снятием пробных стружек. При обработке каждой детали контролируется размер h .

Задача 4.3. На рис. 4.9 и в табл. 4.2 представлены варианты операций.

Требуется определить возможную погрешность базирования размера в результате выполнения указанной обработки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Составление эскизов механической обработки детали.

Цель работы: Получить навыки при выборе заготовок при механической точности детали.

Современное состояние технологии машиностроения предоставляет большие возможности для рационального выбора вида исходной заготовки и способа ее получения.

Чем больше объем выпуска деталей, тем важнее выбрать заготовку прогрессивного вида, у которой форма и размеры приближаются к форме и размерам готовой детали. Такая тенденция современной технологии позволяет исключать обдирку и черновую обработку, добиваться высокой производительности и экономного расхода металла. Правильный выбор исходной заготовки существенно влияет на технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали.

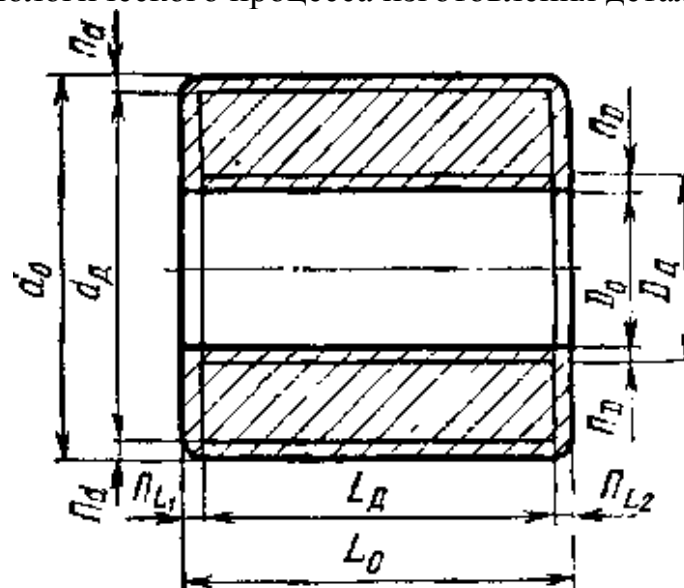


Рис. 5.1

Серьезное внимание должно уделяться конструированию исходной заготовки, т. е. установление ее формы, размеров с допускаемыми отклонениями, припусков на механическую обработку, твердости материала и технических требований, которым она должна отвечать.

Установление размеров исходной заготовки состоит в том, что к размерам наружных поверхностей детали нужно прибавить, а от размеров внутренних поверхностей отнять общие припуски на механическую обработку. Для втулки с размерами d_d ; D_d и L_d (рис. 5.1) размеры исходной заготовки определяются так: -

$$d_0 = d_{\text{д}} + 2\Pi_{\text{общ}} \quad (5.1)$$

$$D_0 = D_{\text{д}} - 2\Pi_{\text{общD}} \quad (5.2)$$

$$L_0 = L_{\text{д}} + \Pi_{\text{общL}_1} + \Pi_{\text{общL}_2} \quad (5.3)$$

где $\Pi_{\text{общD}}$, $\Pi_{\text{общD}}$ и $\Pi_{\text{общL}}$ — общие припуски на механическую обработку (на сторону) наружной, внутренней и торцевой поверхностей заготовки.

Выбор общего припуска на механическую обработку заготовок из сортового проката производится по таблицам [5; 21, Т1], но размер $d_{\text{орасч}}$ при выборе проката необходимо корректировать по сортаменту (ГОСТ 2590—71).

Оценка качества исходной заготовки производится также по значению коэффициента использования материала:

$$\text{Ки.м} = m_{\text{д}}/m_0, \quad (5.4)$$

где $m_{\text{д}}, m_0$ — массы соответственно детали и заготовки.

Конструирование заготовок из стального горячекатаного проката

Пример 5.1. Из стали 45 (ГОСТ 1050—74) изготавливают вал (рис. 5.2) массой 19,4 кг в условиях мелкосерийного производства (годовой объем выпуска 150 шт.).

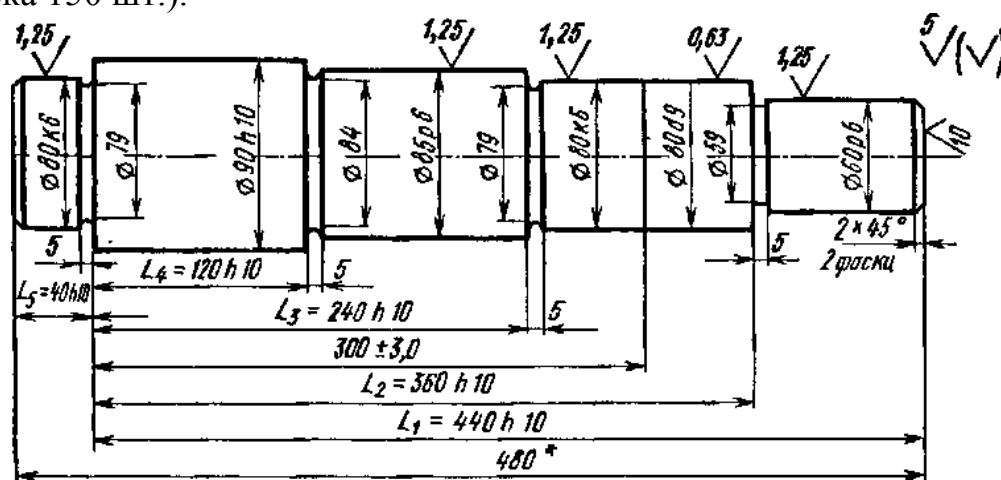


Рис. 5.2

Требуется сконструировать исходную заготовку вала из стального горячекатаного проката.

Решение. 1. Поскольку форма вала имеет относительно небольшую разницу перепада диаметров, а также отсутствуют дополнительные требования к механическим свойствам материала, выбираем в качестве заготовки горячекатаный стальной прокат по ГОСТ 2590—71. Из него разрезкой будут образованы цилиндрические заготовки диаметром d_0 и длиной L_0 -

2. Для заданной детали целесообразно использовать прокат круглого сечения. Из имеющихся трех категорий точности проката выбираем обычную точность (В).

3. Диаметр проката определяют, исходя из наибольшего диаметра заготовки ($\phi 90h10$), добавляя к нему общий припуск на механическую обработку, равный $2\Pi_{\text{общд}}$. В нашем случае при длине заготовки свыше 360 до 720 мм общий припуск на диаметр $2\Pi_{\text{общд}} = 10$ мм [5]. Допуск на диаметр устанавливается по ГОСТ 2590—71 составляет $+0,6...-1,7$ мм. Отсюда $d_0 = d_{\text{max}} + 2\Pi_{\text{общд}} = 90 + 10 = 100$ мм. Такой прокат имеется в сортаменте.

4 По формуле (5.3) устанавливаем длину штучной заготовки $L_0 = L_{\text{д}} + 2\Pi_{\text{общдL}}$, где $\Pi_{\text{общдL}} = 4$ мм [5]. Получаем $L_0 = 480 + 2 \cdot 4 = 488$ мм. Допуск на длину заготовки после разрезки по 10..12-му квалитетам составляет $250...630$ мкм.

5 Технические требования предъявляемые к заготовке : Допускаемая кривизна заготовки [21] $\rho_{\text{к.м.}} = \Delta L = 1.0 \cdot 488$ мкм, т.е. не более 0,5 мм; шероховатость проката $Rz = 200$ мкм.

6. Рассчитываем массу заготовки по формуле

$$m_0 = 0.001 m_{\text{п.м.}} L_0 = 0.001 \cdot 61.65 \cdot 488 = 30.09 \text{ кг}$$

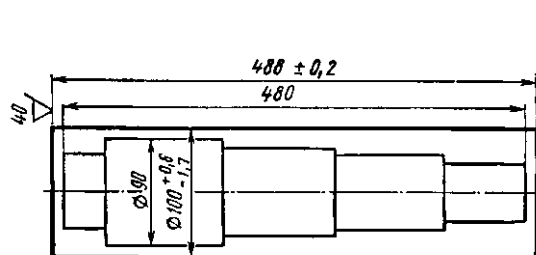


Рис. 5.3

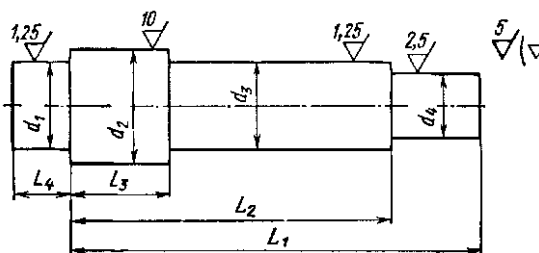


Рис. 5.4

Таблица 5.1

№ варианта	Диаметр, мм				Длина, мм				Масса $m_{\text{д}}$, кг
	d_1	d_2	d_3	d_4	L_1	L_2	L_3	L_4	
I	50h6	75h11	45m6	30f9	345h11	315h11	115h11	85h11	7,96
II	60e7	85c11	55g6	50h8	380h11	340h11	130h11	80h11	11,65
III	40k6	65a11	35m6	30d9	245h11	175h11	95h11	75h11	4,25
IV	70e8	95a11	65f7	55d9	360h11	315h11	135h11	90h11	11,6
V	35m6	60d11	30n6	25h8	240h11	215h11	75h11	85h11	3,15
VI	80m6	105d11	75d8	65h8	315h11	290h11	125h11	110h11	19,25
VII	45js6	70a11	40k6	35h8	325h11	295h11	105h11	75h11	5,0
VIII	75d8	100h11	70e8	60f9	320h11	280h11	130h11	100h11	15,5
IX	55g8	80d11	50h6	45d9	370h11	330h11	125h11	80h11	9,9
X	30n6	55h11	25f7	20f9	270h11	200h11	80h11	70h11	2,45

Где $m_{\text{п.м.}} = 61,65$ кг — масса одного погонного метра проката, L — длина заготовки, мм.

7. Коэффициент использования материала штучной заготовки равен

$$K_{\text{им}} = m_{\text{д}}/m_0 = 19,4/30,09=0,64.$$

Материал заготовки используется плохо — всего на 64%.

8. Определение стоимости штучной заготовки производится по формуле $C_0 = 0,001 C_{\text{T}}m_0=0,001*133*30,09$; $C_0=4$ руб., где $C_{\text{T}}=133$ руб. — цена одной тонны металла по прейскуранту $m_0=30,03$ кг — масса заготовки.

Эскиз заготовки представлен на рис. 5.3.

Задача 5.1. Сконструировать исходную заготовку вала из горячекатаного проката стали 40Х. Варианты и эскизы приведены на рис. 5.4 и в табл. 5.1.

Конструирование исходной заготовки-отливки из серого чугуна

Пример 5.2. Из серого чугуна марки СЧ 20 (ГОСТ 1412—79) изготавливают корпус цилиндра массой 2 кг (рис. 5.5). Годовой объем выпуска 24 000 шт. (крупносерийное производство).

Требуется сконструировать исходную заготовку.

Решение. 1. Деталь относится к классу корпусов. Она имеет полую цилиндрическую часть и прямоугольное основание с четырьмя отверстиями для крепления к плите. Концы цилиндрической части имеют квадратные фланцы толщиной 10 мм с четырьмя резьбовыми отверстиями.

Механической обработке подвергается зеркало цилиндра, плоскость основания, две плоские поверхности фланцев на торцах цилиндра, две площадки на верхней стороне основания и резьбовые отверстия. Деталь достаточно прочная и жесткая и может считаться вполне технологичной.

Крупносерийный тип производства позволяет применить для изготовления заготовки и для ее механической обработки высокопроизводительные методы.

2. В качестве заготовки выбираем отливку. Материал детали — серый чугун обладает хорошими литейными свойствами. Учитывая тип производства, целесообразно и экономически эффективно применить вид литья, при котором форма и размеры заготовки будут максимально приближаться к форме и размерам детали. В нашем случае применяем литье в разовых песчано-земляных формах с машинной формовкой по металлическим моделям. Этот способ достаточно механизирован, широко распространен, эффективен и соответствует производственным возможностям литейных цехов современных машиностроительных предприятий.

3. Допускаемые погрешности для чугунного литья в земляные формы регламентируются ГОСТ 1855—55. Из трех классов точности, предусмотренных этим ГОСТом, принимаем I класс. В качестве литейной оснастки используются подмодельные плиты с металлическими полумоделями и стержневые ящики.

Точность размеров литья соответствует 15... 16-му квалитетам, а шероховатость $Ra=100$ мкм [7].

4. Заданная деталь обладает симметрией. Плоскость симметрии целесообразно принять за плоскость разъема модели и формы. В этом случае легко осуществляется установка стержня, с помощью которого образуется отверстие в заготовке. Как следует из рисунка, при принятом расположении плоскости разъема модели и формы поверхности А, В, Г и Д находятся при заливке металла в вертикальном положении и, следовательно, будут боковыми поверхностями отливки, а отверстие Б — горизонтально.

При конструировании отливки следует заботиться о ее технологичности, а также проверить отливку методом световых теней. Попутно следует предусмотреть литейные уклоны на вертикально расположенных поверхностях (рис. 5.6).

5. Общие припуски $\Pi_{\text{общ}}$ на механическую обработку регламентируется ГОСТ 1855—55 и их размеры зависят от класса точности литья, наибольшего габаритного размера отливки, номинального размера и положения рассматриваемой поверхности в форме при заливке металла (табл. 5.2).

Под номинальным размером понимают наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от базовой поверхности до оси обрабатываемого отверстия. Табличные припуски на механическую обработку литых отверстий устанавливаются независимо от расположения отверстия. Допускается уменьшение табличных припусков до минимально необходимых, установленных, например, расчетно-аналитическим способом.

6. Определение размеров заготовки и их допусков производят, суммируя размеры детали и припуски на механическую обработку:

$$\text{Для наружных поверхностей } L_0=L_d+\Pi_{\text{общ}1}+\Pi_{\text{общ}2}$$

$$\text{Для внутренних } D_0=D_d-\Pi_{\text{общ}3}+\Pi_{\text{общ}4}$$

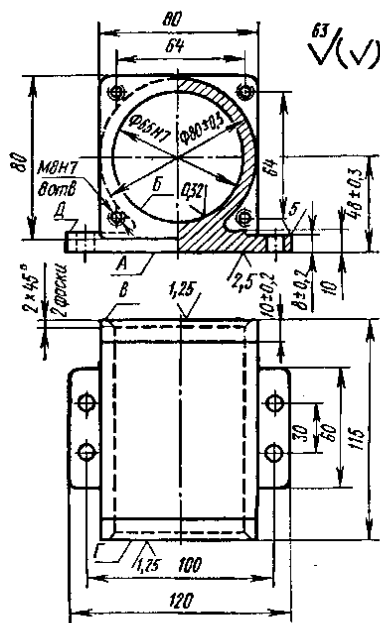


Рис. 5.5

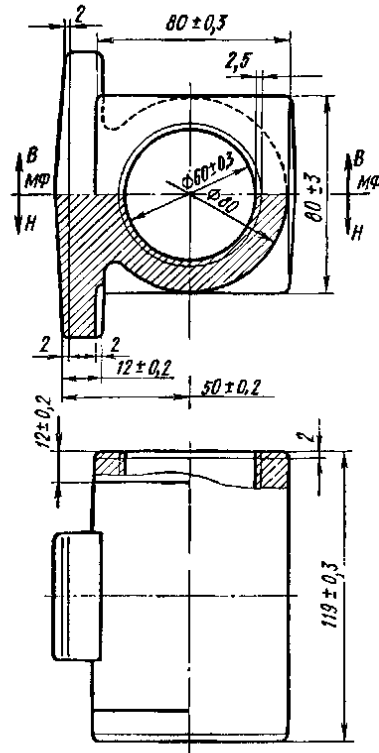


Рис. 5.6

Таблица 5.2

Обозначение поверхности	Наименование поверхности	Положение поверхности при заливке	Припуск, мм
А	Плоскость основания	Боковое	$P_{\text{общА}} = 2$
Б	Отверстие	Горизонтальное	$P_{\text{общБ}} = 2 \cdot 2 = 4$
В	Торец цилиндра	Боковое	$P_{\text{общВ}} = 2$
Г	То же	»	$P_{\text{общГ}} = 2$
Д	Верхняя площадка основан.	»	$P_{\text{общД}} = 2$

Таблица 5.3

Наименование размера	Обозначение размера	Формула для расчета	Размер отливки с допуском, мм
Координирующий размер	K_o	$K_o = K_{\text{д}} + P_{\text{общА}} = 48 + 2$	$K_o = 50 \pm 0,2$
Диаметр отверстия	D_o	$D_o = D_{\text{д}} - 2 P_{\text{общБ}} = 65 - 2 \cdot 2,5 = 60$	$D_o = 60 \pm 0,3$

Длина цилиндрической части	L_0	$L_0=L_d+ \Pi_{обшВ} + \Pi_{обшГ} = 115+2+2=119$	$L_0= 119+0,3$
Толщина основания	H_0	$H_0=H_d+ \Pi_{обшА} =10+2=12$	$H_0= 12,0+0,2$

Расчет размеров отливки приведен в табл. 5.3.

Для размеров необрабатываемых поверхностей допускаемые отклонения устанавливаются по таблицам ГОСТ 1855—55. В нашем случае такие размеры отливки имеют допуски:

размер наружного цилиндра $\pm 0,3$ мм;

размеры квадратного фланца $\pm 0,3$ мм.

7. Технические требования к отливке формулируются в соответствии с ГОСТ 1412—79. В эти требования входят данные о классе точности, твердости отливки, требуемой термической обработке и ее месте в технологическом процессе, размерах литейных уклонов и радиусов, способе очистки от пригаров и формовочной земли, необходимости удаления питателей, выпоров, прибылей и т. п., окраске и др. Так, в нашем случае необходимо указать:

допуски на размеры литья соответствуют I классу по ГОСТ 1855—55;

отливку подвергнуть стабилизирующему отпуску;

твердость участков, подлежащих механической обработке, HB 240...270;

литейные уклоны 3...50°;

литье очистить от пригара и формовочной земли дробеструйной обработкой; отливку окрасить.

8. Для определения массы отливки можно к массе m_d детали прибавить массу $m_{отх}$ металла, составляющего его припуски и напуски, удаляемые в ходе механической обработки. В нашем случае $m_{отх} = \sum_1^4 m_i$, где m_i — масса

удаляемых элементарных фигур припусков и напусков: m_1 — масса полого цилиндра припуска при обработке отверстия отливки; m_2 — масса параллелепипеда припуска с учетом литейных уклонов, удаляемого с основания; m_3 — масса двух полых 4-гранных параллелепипедов припуска, удаляемого с торцов фланцев; m_4 — масса металла, удаляемого при образовании отверстий в детали.

Получаем массу отходов в граммах:

$$M_{отх} = 10^{-3} \rho [0,25\pi(D_d^2 - D_0^2)L_0 + ab\Pi_{обшА} + \\ + 2(c^2 - 0,25\pi D_d^2)\Pi_{обшВ} + 0,25\pi(4D_1^2 l_1 + 8D_2^2 l_2)],$$

где a и b — размеры основания корпуса, мм; c — длина стороны квадрата фланца, мм; D_1 и L_1 ; D_2 и L_2 — диаметры и длины отверстий, мм, в основании и фланцах соответственно; ρ — плотность чугуна кг/м³.

Подставляя размеры с чертежа, получаем $m_{отх}=617$ г. Отсюда масса отливки равна

$$m_D = m_d + m_{отх} = 2 + 0,617 = 2,617 \text{ кг.}$$

9. Определяем коэффициент использования материала:

$$K_{и.м} = m_d / m_D = 2 / 2,617 = 0,76.$$

Коэффициент использования, равный 76%, относительно высок для отливок, получаемых в земляных формах. Применяя точные отливки, получаемые более прогрессивным способом литья, можно и нужно добиваться более высоких значений этого коэффициента.

10. Определяем стоимость одной отливки по прейскуранту 25-01, введенному в действие с 1 января 1982 г., цена одной тонны литья из чугуна марки СЧ 20 III класса точности 2-й группы сложности составляет 297 руб. Для более точных отливок I класса вводится доплата 10%. Заданному объему выпуска соответствует пятая группа серийности, для которой-дплата за серийность равна нулю. Доплата за термообработку составляет 20 руб. за тонну. Цена за тонну с учетом указанных факторов равна

$$Ц_T = (297 \cdot 1,1 + 20) = 346,7 \text{ руб.}$$

Стоимость одной заготовки составляет

$$C_1 = Ц_T m_D = 0,001 \cdot 346,7 \cdot 2,617 = 0,907 \text{ руб.}$$

11. Чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления, контроля и приемки.

При выполнении чертежа отливки соблюдают правила, изложенные в ГОСТ 2.423—73, а также в стандартах ЕСКД. Допускается и является целесообразным для выполнения чертежа отливки использовать копию чертежа детали.

Разъем модели и формы указывают буквенным обозначением МФ (рис. 5.6); положение отливки в форме обозначают буквами В (верх) и Н (низ), проставленными у стрелок. Все припуски изображают тонкими сплошными линиями, а их размеры указывают перед знаком шероховатости поверхности или перед линейными размерами.

В основной надписи под наименованием детали пишут слово «Литье». Отверстия, впадины и выточки, не выполняемые в отливке, на чертеже допускается не вычерчивать.

Задача 5.2. Сконструировать отливку заготовки из серого чугуна марки СЧ15, отливаемую в земляные формы (варианты показаны на рис. 5.7).

Таблица 5.4

№ варианта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Тип производства*	М	СС	Е	Е	С С	м	КС	МС	М	Е
Наименование детали	Опора низкая			Корпус			Шкив		Опора наклонная	
Масса детали, кг	0,4			5,1			10,7		6,7	

* М – массовое; МС мелкосерийное; Е – единичное КС – крупносерийное; СС – среднесерийное

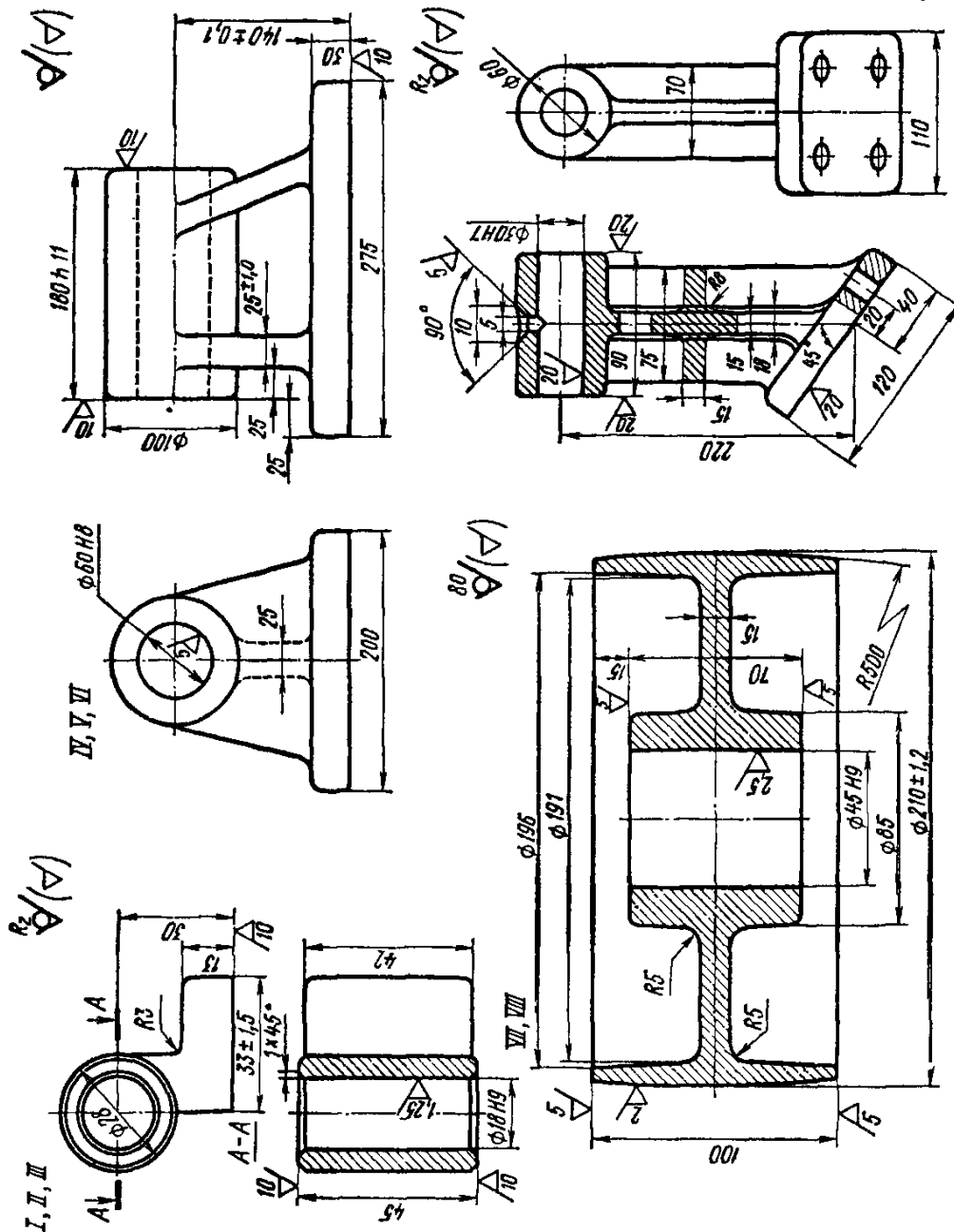


Рис. 5.7

Термическая обработка — стабилизирующий отпуск. Твердость HB200... 280. Остальные данные по вариантам приведены в табл. 5.4. Конструирование стальной поковки, изготавливаемой горячей объемной штамповкой

Пример 5.3. Из стали 45 изготавливают вал массой 19,4 кг (см. рис. 5.2). Термообработка — улучшение до твердости HRC 21...26. Неуказанные радиусы — 1,5 мм, фаски — 0,5X45°. Годовой объем выпуска деталей в год 4500 шт., что соответствует крупносерийному типу производства.

Требуется сконструировать исходную заготовку, изготавливаемую горячей объемной штамповкой.

Решение. 1. Учитывая свойства материала детали, ее массу, форму, размеры и тип производства, поковку целесообразно выполнять в закрытом штампе на молоте. Нагрев заготовки — пламенный в печи.

2. Руководствуясь правилом, что в плоскости разъема штампа должны располагаться два небольших габаритных размера поковки, принимаем, что ось поковки находится в плоскости разъема штампа и расположена горизонтально.

3. С целью уменьшения припусков на механическую обработку принимаем поковку I класса точности (повышенная точность). По ГОСТ 7505—74 определяем группу стали М1.

Степень сложности поковки определяем, используя данные о детали, а не о поковке, так как последние еще неизвестны. Для этого применяем формулу

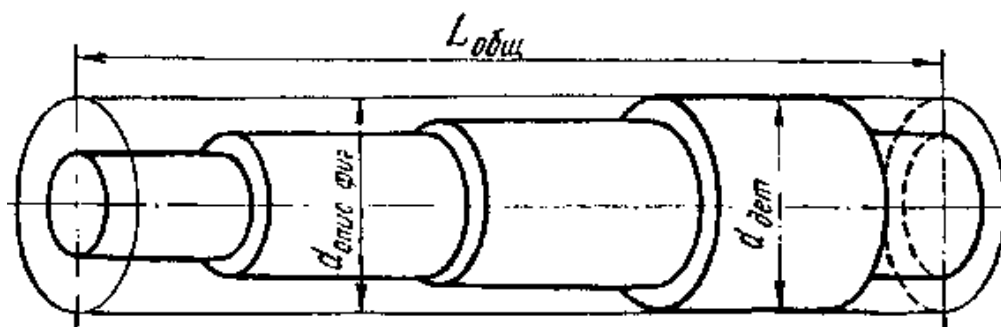


Рис. 5.8

$$C = m_{\text{пок}} / m_{\text{оп.ф.о}} = m_{\text{д}} / m_{\text{оп.ф.д.}}$$

Где $m_{\text{д}}=19,4$ кг-масса детали ; $m_{\text{оп.ф.д.}}$ -масса цилиндра (рис 5.8), описанного вокруг вала диаметром $d_{\text{дmax}}=90$ мм и длиной $L_{\text{п}}=480$ мм. Масса одного метра круглой стали этого диаметра $t_{,м} = 49,94$ кг [5]. Масса цилиндра в килограммах

$$m_{\text{оп.ф.д}} = m_{\text{п.м}} L_{\text{д}} = 0,001 \cdot 49,94 \cdot 480 = 24 \text{ кг.}$$

Отсюда $C = 19,4/24 = 0,81$, что соответствует степени сложности С1.

4. Для дальнейшей работы по проектированию поковки необходимо найти массу поковки. На этой стадии работы можно ограничиться ее ориентировочным значением. Для этого пользуются формулой коэффициента использования металла: $K_{\text{п.м.ср}} = m_{\text{д}}/m_{\text{о.ор}}$, откуда $m_{\text{о.ор}} = m_{\text{д}}/K_{\text{п.м.ср}}$, где $m_{\text{о.ор}}$ — ориентировочная масса исходной заготовки; $K_{\text{п.м.ср}} = 0,75 \dots 0,8$ — среднее значение коэффициента использования металла для поковок штампованных для деталей подкласса валов. Из исходных данных получаем

$$m_{\text{о.ор}} = 19,4/0,8 = 24,25 \text{ кг.}$$

Длина ступени, мм	Шероховатость поверхности на торцах, мкм	Общий припуск на две поверхности, ограничивающие ступень $P_{\text{общ}} \pm P_{\text{общ}}$	Длина ступени на поковке, мм	Категория размера поковки	Допуск размера поковки, мм
440	$R_a 40; R_a 2,5$	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	447,2	D	$\begin{matrix} +2,0 \\ -1,2 \end{matrix}$
360	$R_a 2,5; R_a 2,5$	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	367,2	D	$\begin{matrix} +2,0 \\ -1,0 \end{matrix}$
240	$R_a 2,5; R_a 2,5$	$(3,1 + 0,5) + (2,9 + 0,5) = 7,0$	247	D	$\begin{matrix} +1,8 \\ -1,0 \end{matrix}$
120	$R_a 2,5; R_a 2,5$	$(3,1 + 0,5) + (2,7 + 0,5) = 6,8$	126,8	D	$\begin{matrix} +1,7 \\ -0,8 \end{matrix}$
40	$R_a 2,5; R_a 40$	$(2,5 + 0,5) - (3,1 + 0,5) = 0,6$	39,4	I	$\begin{matrix} +0,7 \\ -0,4 \end{matrix}$

Примечание. Допуск размера 40 мм, отнесенного к категории I, уменьшен вдвое в связи с односторонним износом штампа.

5. При расчете размеров диаметров поковки с допускаемыми отклонениями пользуются таблицами ГОСТ 7505—74. В случае пламенного нагрева поковки припуск на сторону увеличивают на 1 мм в связи с угаром и обезуглероживанием поверхностного слоя металла. Результаты расчета даны в табл. 5.5.

6. При расчете длин ступеней использованы те же таблицы ГОСТ 7505—74. Результаты расчета приведены в табл. 5.6.

7. Технические требования, предъявляемые к поковке (ГОСТ 7505—74): поковка повышенной точности (I класса); допускаемое смещение по разьему штампа 0,9 мм; допускаемый заусенец по периметру среза 1,7 мм; внешние штамповочные уклоны 7° ; допускаемое радиальное биение поверхностей 091,2 и 066,8 относительно поверхностей 086,8 не более 1 мм; радиус закругления внешних углов $R = 4$ мм; допуски на радиусы закруглений поковки -4-2 мм; твердость поковки после термообработки HRC 21...26; поковку очистить от окалины.

Остальные технические требования по ГОСТ 8479—70. 8. Расчет массы поковки проводят, суммируя массы ее элементарных частей:

$$m_{0,\text{факт}} = \sum m_{0i,\text{факт}} = 0,001 \sum m_{п.м} l_i,$$

где $m_{п.м}$ — масса погонного метра поковки, кг, круглого сечения (определяется по диаметру элементарной части поковки с учетом половины положительного предельного отклонения его). Данные о массе погонного метра приведены в технологическом справочнике [5]; L — длина элементарной части поковки, мм. Для нашего примера

$$m_{0,\text{факт}} = 0,001[46,5 \cdot (40 + 60 + 60) + 56,8 \cdot 126,4 + 51,6 \cdot 120 + 27,6 \cdot 80] = 23 \text{ кг.}$$

9. Расчет коэффициента использования металла ведется по формуле (5.4): $K_{и.м} = 19,4/23 = 0,843$.

Коэффициент используемого металла оказался выше среднего (см. п. 4). Это свидетельствует о правильном подходе к проектированию заготовки с учетом возможности экономии металла.

10. Стоимость поковок установлена прейскурантом 25-01. В нашем случае стоимость 1 тонны поковок составляет 232 руб. Годовому объему выпуска 4500 шт. соответствует вторая группа серийности (доплаты за серийность нет). Для принятой штамповки I класса точности доплата составляет 5%. Доплата за термообработку штамповки составляет 22 руб., а за очистку — 6 руб. за тонну. Стоимость одной тонны поковок составит: $C = 232 - 1,05 + 22 + 6 = 271,6$ руб. Стоимость одной заготовки (G) составит

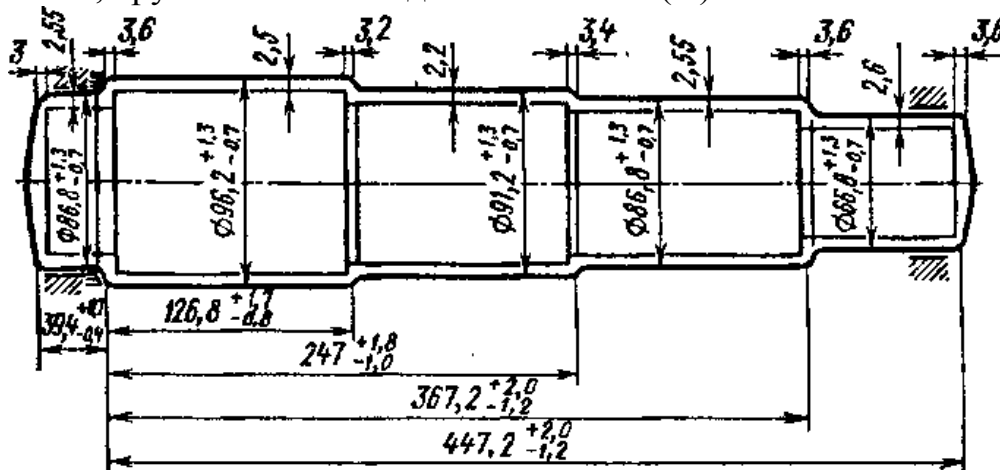


Рис. 5.9

$$C_1 = 0,001 C m_0 = 0,001 \cdot 271,6 \cdot 23 = 6,25 \text{ руб.}$$

11. Чертеж поковки должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приемки поковки, и выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. В основной надписи чертежа под наименованием детали пишут «Поковка штампованная».

Для выполнения чертежа поковки используют чертеж детали или его копию. Положение заготовки на чертеже должно соответствовать ее положению в процессе штамповки. Изображение детали на этом чертеже выполняется тонкими линиями, причем резьбы, отверстия, канавки, впадины, выточки, не выполняемые в поковке, исключаются или упрощаются.

При вычерчивании поковки учитывают все припуски на механическую обработку и кузнечные напуски (штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий и др.) с указанием их размеров. Простановку размеров поковки нужно производить только от баз, принятых для механической обработки (рис. 5.9).

12. По результатам проектирования можно сделать некоторые выводы. Во-первых, один из резервов экономии металла заключается в повышении класса точности поковки. Так, если в рассмотренном примере принять нормальную точность поковки (II класс) вместо принятой повышенной, то припуски на сторону будут больше на 0,8 мм и масса поковки в этом случае возрастет примерно на 1 кг. В нашем случае это составит более 4%. При крупносерийном производстве это дало бы значительное увеличение расхода металла.

Во-вторых, другим резервом экономии металла является использование индукционного нагрева исходного материала перед штамповкой. В этом случае расчетный припуск уменьшается на I мм. Это тоже может дать экономию металла около 5%.

В-третьих, операционные припуски можно определить расчетно-аналитическим методом (см. § 7) и просуммировать их для каждой поверхности, получив общий припуск на механическую обработку. В ряде случаев расчет по этому методу дает заготовку меньшей массы, а следовательно, в этом методе заложена возможность экономии металла.

В-четвертых, большие резервы экономии металла заложены в технологических возможностях кузнечного производства. Следует иметь в виду, что способами получения заготовки, формы и размеры которой близки к форме и размерам детали, являются периодический прокат, поперечный прокат, ротационный обжим и др. Наилучший результат дает ротационный обжим. Метод применяется для проката как в холодном состоянии, так и с предварительным подогревом. Получаемые заготовки имеют малые погрешности размеров по диаметру ($\pm 0,15 \dots \pm 0,3$ мм) и по длине (± 1 мм), малую шероховатость ($Ra = 0,6$ мкм), высокий коэффициент использования металла (0,85...0,95). Производительность операции обжатия примерно 50... 100 шт/ч. При использовании таких заготовок отпадает необходимость черновой и получистовой обработки, а следовательно, резко уменьшаются общие припуски на механическую обработку.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Составление схемы базирования для механической обработки детали. Выбор баз.

Цель работы: Получить навыки по определению технологичности конструкции.

Успешное решение задач, которые стоят и будут в дальнейшем стоять перед машиностроением, возможно только при создании новых и совершенствовании действующих машин с целью достижения более высоких эксплуатационных характеристик при одновременном сокращении их массы, габаритов и стоимости, повышении долговечности, простоте ухода и надежности в работе. Одновременно в самом машиностроении необходимо совершенствовать технологические процессы изготовления изделий, улучшать использование всех средств технологического оснащения, внедрять в производство прогрессивные методы организации производства.

Одним из эффективных путей решения этих задач является внедрение принципов технологичности конструкций. Под этим термином понимают такое проектирование, которое при соблюдении всех эксплуатационных качеств обеспечивает минимальные трудоемкость изготовления, материалоемкость и себестоимость, а также возможность быстрого освоения выпуска изделий в заданном объеме с использованием современных методов обработки и сборки.

Технологичность — важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления и качества изделий. Работа по улучшению технологичности должна производиться на всех стадиях проектирования и освоения в производстве выпускаемых изделий.

При выполнении работ, связанных с технологичностью, следует руководствоваться группой стандартов, входящих в Единую систему технологической подготовки производства (ЕСТПП), а именно ГОСТ 14.201—83... 14.204—73, а также ГОСТ 2.121—73 «Технологический контроль в конструкторской документации».

Технологичность конструкции деталей обуславливается: а) рациональным выбором исходных заготовок и материалов; б) технологичностью формы детали; в) рациональной простановкой размеров; г) назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали зависит от типа производства; выбранного технологического процесса, оборудования и оснастки; организации

производства, а также от условий работы детали и сборочной единицы в изделии и условий ремонта.

Признаками технологичности конструкции детали, например, подкласса валов являются наличие у ступенчатых валов небольших перепадов диаметров ступеней, расположение ступенчатых поверхностей с убыванием диаметра от середины или от одного из концов, доступность всех обрабатываемых поверхностей для механической обработки, возможность применить для изготовления детали исходную заготовку прогрессивного вида, которая по форме и размерам близка к форме и размерам готовой детали, возможность применять для обработки высокопроизводительные методы.

Улучшение технологичности исходной заготовки

Пример 6.1. Выполнено два варианта конструкции исходной заготовки, полученных литьем, для изготовления корпуса опоры (рис. 6.1, а, б).

Требуется установить, какой из вариантов имеет более технологичное конструктивное оформление исходной заготовки.

Решение. Корпус (рис. 6.1, а) имеет в нижней части трубчатую полость. Для образования ее в литейной форме придется применять консольный стержень, а это будет усложнять и удорожать изготовление отливки. Гладкое отверстие значительной длины в верхней части усложнит механическую обработку.

Корпус (рис. 6.1, б) в нижней части имеет крестовидное сечение, обладающее высокой прочностью и жесткостью и для изготовления отливки не нужен стержень. Это значительно облегчает изготовление форм для литья. Отливка симметрична относительно вертикальной плоскости и легко будет формоваться в двух опоках. Отверстие в средней части имеет выемку и поэтому длина поверхности отверстия, подлежащая механической обработке, сократилась, а это, в свою очередь, значительно облегчает и удешевляет механическую обработку.

На основании изложенных соображений можно сделать заключение, что второй вариант более технологичен.

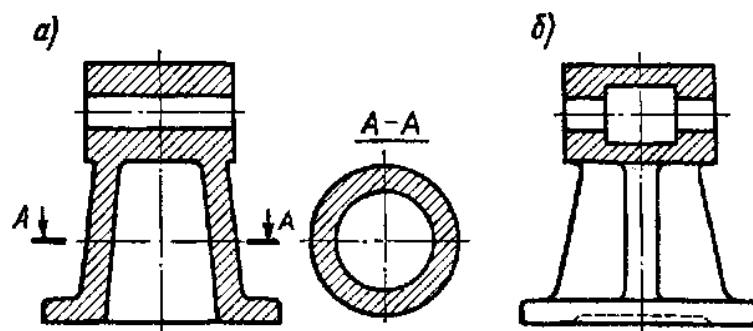


Рис. 6.1

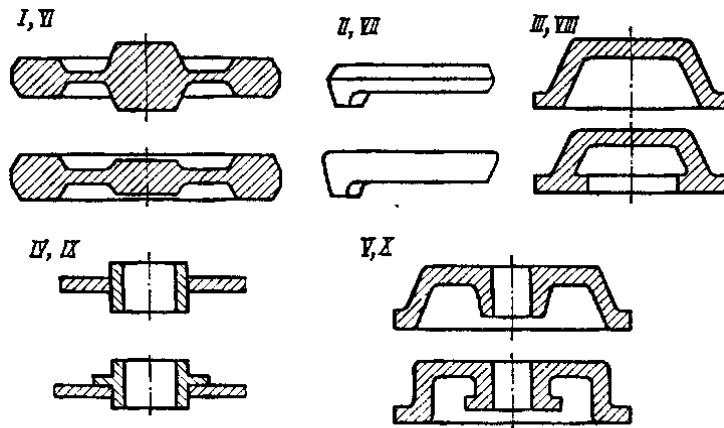


Рис. 6.2

Задача 6.1. При конструировании исходной заготовки или ее элементов были предложены две конструкции (варианты приведены в табл. 6.1, на рис. 6.2).

Требуется изложить соображения по оценке технологичности конструкции каждого из вариантов исходной заготовки и установить более технологичный. Улучшение технологичности деталей и их элементов

Пример 6.2. С целью повысить технико-экономические показатели технологического процесса предложено два варианта выполнения у детали элементов в конструкции корпуса, изготавливаемого из отливок (рис. 6.3, а, б). Требуется оценить их технологичность.

Решение. Бобышки и платики на корпусе детали (рис. 6.3, а) располагаются на разных уровнях, и обработку каждой бобышки приходится вести по индивидуальной наладке. Недостаточная жесткость верхней части детали не позволяет применить методы высокопроизводительной обработки.

В конструкции на рис. 6.3,б все обрабатываемые поверхности расположены в одной плоскости и поэтому могут обрабатываться в одном установе, например, на вертикально-фрезерном или продольно-фрезерном станке.

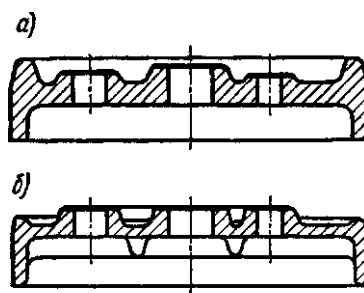


Рис. 6.3

Добавленные на внутренней стороне детали ребра увеличивают жесткость корпуса. При обработке это будет способствовать уменьшению деформации заготовки от сил резания и закрепления и позволит вести обработку с высокими режими резания или одновременно несколькими

инструментами. При этом повысится точность и качество обработанных поверхностей.

Таблица 6.1		
№ варианта	Наименование детали	Вид заготовки
I; VI	Колесо зубчатое	Поковка штампованная
II; VII	Рычаг	То же
III; VIII	Крышка	Отливка
IV; IX	Горловина корпуса	Сварная
V; X	Корпус круглый	Отливка

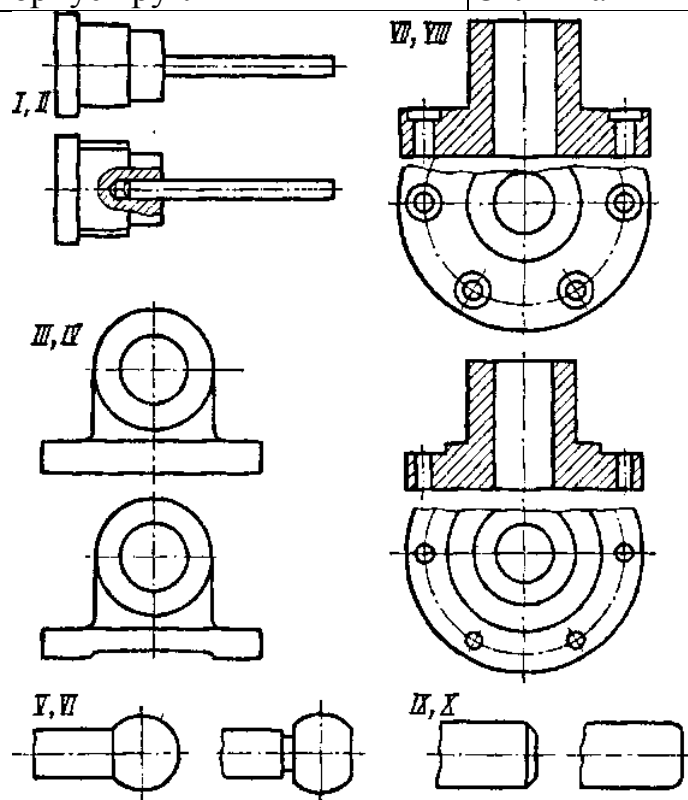


Рис. 6.4

Уровень имеющихся у детали необрабатываемых платиков, находится ниже обработанных плоскостей. Это позволит более производительно вести обработку «на проход».

Задача 6.2. Один и тот же элемент конструкции детали машины может быть конструктивно решен различно. Эти решения представляют двумя эскизами (варианты на рис. 6.4).

Требуется провести анализ сравниваемых эскизов конструкций на технологичность и обосновать выбор элемента конструкции детали.

Определение количественных показателей технологичности конструкции детали

Пример 6.3. Корпус массой $m_0 = 2$ кг (см. рис. 5.5) изготавливается из чугуна марки СЧ 20 ГОСТ 1412—79. Метод получения исходной заготовки — литье

Наименование поверхности	Количество поверхностей	Количество унифицированных элементов	Класс точности	Параметр шероховатости, мкм
Отверстие главное	1	1	7	0,32
Торец фланца	2	—	12	1,25
Фаска	2	2	12	20
Резьбовое отверстие	8	∞	∞	20
Верх основания	2	—	12	5
Отверстия основания	4	4	12	40
Низ основания	1	—	12	2,5
Итого о...	$Q_{\text{э}}=20$	$Q_{\text{уэ}}= 15$		

в земляную форму, по I классу точности (ГОСТ 1855—55); масса заготовки $m_0 = 2,62$ кг.

Трудоемкость механической обработки детали $T_{\text{и}} = 45$ мин при базовой трудоемкости (аналога) $T_{\text{б.и}} = 58$ мин.

Технологическая себестоимость детали $C_{\text{т}} = 2,1$ руб. при базовой технологической себестоимости аналога $C_{\text{б.т}} = 2,45$ руб.

Данные конструкторского анализа детали по поверхностям представлены в табл. 6.2.

Требуется определить показатели технологичности конструкции детали.

Решение. 1. К основным показателям технологичности конструкции относятся: абсолютный технико-экономический показатель — трудоемкость изготовления детали $T_{\text{и}} = 45$ мин; уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления

$$K_{\text{у.т}} = T_{\text{и}} / T_{\text{б.и}} = 45 / 58 = 0,775.$$

Деталь по этому показателю технологична, так как трудоемкость ее сравнительно с базовым аналогом ниже на 22,5%;

технологическая себестоимость детали $C_{\text{т}} = 2,1$ руб.; уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$K_{\text{у.с}} = C_{\text{т}} / C_{\text{б.т}} = 2,1 / 2,45 = 0,857.$$

Деталь технологична, так как себестоимость ее сравнительно с базовым аналогом снизилась на 14,3%.

2. Дополнительные показатели: коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{y.э} = Q_{y.э} / Q_э = 15 / 20 = 0,75.$$

По этому показателю деталь технологична, так как $K_{y.э} > 0,6$. масса детали $m_d = 2$ кг;

коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = m_d / m_0 = 2 / 2,62 = 0,76.$$

Для исходной заготовки этого типа такой показатель свидетельствует об удовлетворительном использовании материала;

коэффициент точности обработки

$$K_{т.ч} = 1 - (1 / A_{ср}),$$

где $A_{ср}$ — средний квалитет точности:

$$A_{ср} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}) / \sum_1^{19} n_i.$$

В этой формуле n_i - количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую по 1-19 квалитетам. В нашем случае

$$A_{ср} = (7 \cdot 1 + 9 \cdot 8 + 12 \cdot 5 + 14 \cdot 6) / 20 = 11,15;$$

$$K_{т.ч} = 1 - (1 / 11,15) = 1 - 0,09 = 0,91.$$

Так как $K_{т.ч} > 0,8$, то деталь по этому показателю является технологичной; коэффициент шероховатости поверхности

$$K_{ш} = 1 / B_{ср}$$

где $B_{ср}$ — средняя шероховатость поверхности, определяемая в значениях параметра Rz , мкм:

$$B = (0,01n_1 + 0,02n_2 + 40n_{13} + 80n_{14}) / \sum_1^{14} n_i.$$

В этой формуле $n_1; n_2; n_3; n_{14}$ — количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую данному числовому значению параметра Rz . В нашем случае

$$B_{ср} = (0,02 \cdot 1 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 20 \cdot 10 + 40 \cdot 4) / 20 = 375,32 / 20 = 18,77 \text{ мкм};$$

Таблица 6.3

№ варианта	Количество поверхностей деталей Q_3	Количество унифицированных элементов $Q_{y.э}$	Масса, кг		Трудоемкость, мин		Себестоимость, руб.		Средний коэффициент точности $A_{ср}$	Средняя шероховатость $B_{ср}$ мкм
			детали m_d	исходной заготовки m_0	детали T_d	базового аналога $T_{б.н}$	детали C_d	базового аналога $C_{б.г}$		
I; VI	19	12	0,8	1,1	28	31	1,7	2,1	8	0,63
II; VII	28	17	0,3	0,4	16	24	0,9	1,3	9,5	3,2
III; VIII	73	45	3,1	3,8	78	86	3,4	4,1	7,3	1,1
IV; IX	41	27	0,2	0,4	31	39	1,2	1,4	6,8	0,4
V; X	55	40	4,8	5,5	68	89	4,8	5,3	7,9	2,5

$$K_{ш} = 1/18,77; K_{ш} = 0,05.$$

Поскольку $K_{ш} < 0,32$, по этому показателю деталь технологична.

Задача 6.3. О рассматриваемой детали, ее исходной заготовке и о ее базовом аналоге или прототипе известны основные данные, приведенные в табл. 6.3 для десяти вариантов.

Требуется определить показатели технологичности конструкции детали.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Расчет припусков на механическую обработку детали расчетно-аналитическим методом.

Цель работы: Получить навыки при расчете припусков на механическую обработку

При рассмотрении элементарной поверхности исходной заготовки и соответствующей ей поверхности готовой детали общий припуск на механическую обработку определяется сравнением их размеров: это — разность размеров соответствующей поверхности на исходной заготовке и готовой детали. При рассмотрении наружной поверхности вращения (слева на рис.7.1) общий припуск у внутренней поверхности вращения (в центре на рис. 7.1) общий припуск плоской поверхности (справа на рис. 7.1) общий припуск на сторону

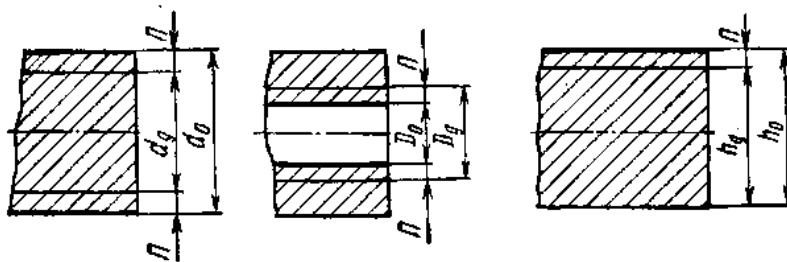


Рис. 7.1

где d_0 , D_0 , h_0 —размеры исходной заготовки; d_a , D_a , P_d — соответствующие размеры готовой детали.

Припуск на механическую обработку удаляется обычно последовательно за несколько переходов и поэтому для поверхностей вращения и для плоских поверхностей

$$2P_{общd} = \sum 2P_i; 2P_{общD} = \sum 2P_i; P_{общh} = \sum P_i, (7.4)$$

Важной и ответственной работой при проектировании технологических процессов механической обработки деталей является установление оптимального для данного перехода промежуточного припуска, после чего можно определить очень важные в технологии обработки детали параметры — промежуточные размеры заготовки, которые фигурируют в технологической документации, в зависимости от которых исполнители подбирают режущие и измерительные инструменты.

Промежуточные припуски на каждый переход можно установить двумя методами:

1) опытно-статистическим методом, пользуясь таблицами в технологических справочниках, ведомственных руководящих технологических материалах и других источниках. В этих источниках часто отсутствуют таблицы для определения операционных припусков на первый черновой переход. Операционный припуск на черновой переход определяют расчетом по формуле

$$2P_{\text{общ}d} = d_0 - d_d; \quad (7.1)$$

$$2P_{\text{общ}D} = D_d - D_0; \quad (7.2)$$

$$P_{\text{общ}h} = h_0 - h_d, \quad (7.3)$$

где $P_{\text{общ}}$ — общий припуск на механическую обработку, установленный при проектировании заготовки ;

2) расчетно-аналитическим методом по специальным формулам, с учетом многих факторов обработки. При расчете по этому методу операционные припуски получаются меньше, чем выбранные по таблицам, что позволяет экономить металл, снизить себестоимость обработки. Этот метод применяют при проектировании технологических процессов обработки деталей с большим годовым объемом выпуска. В технологической документации и в практике обработки используют промежуточные номинальные размеры с допускаемыми отклонениями. Как видно на схеме (рис. 7.2) расположения припусков" и допусков при обработке, номинальные промежуточные размеры зависят от номинальных припусков, которые находят по формуле

где T_{i-i} —допуск на промежуточный размер иа предыдущем переходе.

Для различных поверхностей используют следующие формулы:

для поверхностей вращения, кроме случая обработки в центрах:

$$2P_{\text{ном}i} = 2(R_{zi-1} + T_{\text{деф}i-1} + \sqrt{Q_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) + T_{i-1}; \quad (7.7)$$

для поверхностей вращения при обработке в центрах:

$$P_1 = P_{\text{общ}} - (P_2 + P_3 + \dots + P_n), \quad (7.5)$$

$$P_{\text{ном}i} = P_{\text{мин}i} + T_{i-1}, \quad (7.6)$$

$$2P_{\text{ном}i} = 2(R_{zi-1} + T_{\text{деф}i-1} + Q_{i-1}) + T_{i-1}; \quad (7.8)$$

для плоских поверхностей

$$P_{\text{ном}i} = R_{zi-1} + T_{\text{деф}i-1} + Q_{i-1} + \varepsilon_i + T_{i-1}; \quad (7.9)$$

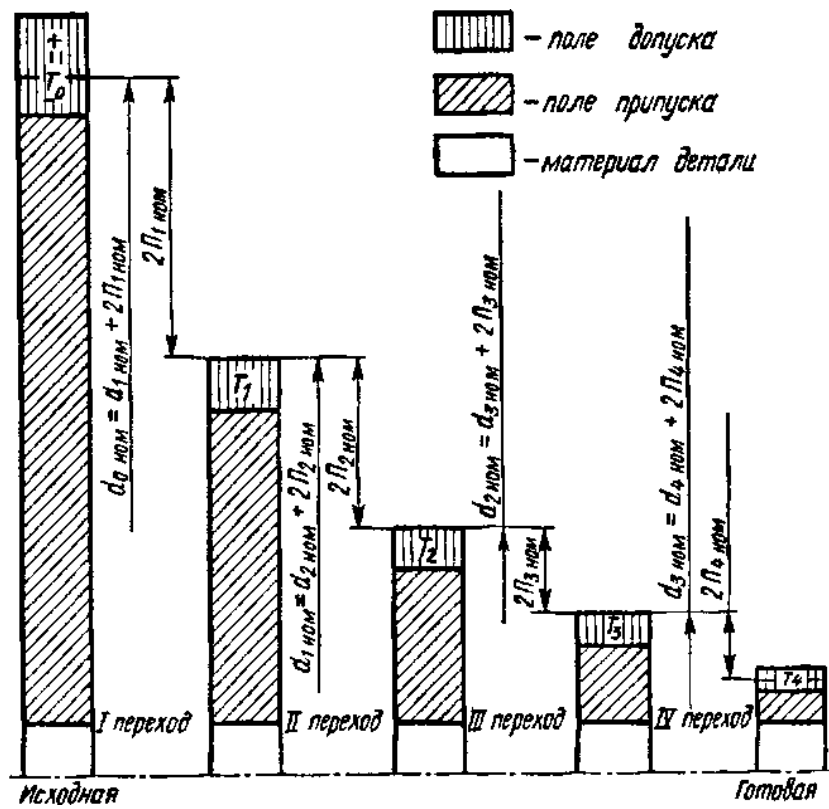


Рис. 7.2 заготовка деталь

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Расчет режимов резания для механической обработки деталей различных конфигураций.

Цель работы: Получить практические навыки при расчете кол-во переходов при механической обработке

Пример 8.4. Элементарная поверхность ступени вала диаметром 85p6 $\varnothing 85p6 (85^{+0,059}_{+0,037})$ изготавливается из штампованной поковки повышенной точности диаметром $\varnothing 91,2^{+1,3}_{-0,7}$.

Требуется: проанализировать исходные данные; определить количество технологических переходов для достижения заданной точности размера рассматриваемой ступени; установить точность промежуточных размеров.

Решение. 1. При анализе устанавливаем, что в процессе механической обработки рассматриваемой поверхности допуск размера диаметра исходной заготовки $Td_0=2$ мм уменьшается до допуска размера диаметра детали $Td_d=0,022$ мм (соответственно возрастает точность размера). При этом общий коэффициент ужесточения точности размера вычисляется по формуле

$$K_{\text{уж.р.общ}} = T_{dc} / T_d = 2 / 0,022 = 90.$$

2. Количество потребных технологических переходов определяется по формуле

$$n = \frac{Lg K_{\text{уж.р.общ}}}{0,46} = \frac{1,9542}{0,46} = 4,2$$

Принимаем $n=4$.

3. Допуск размера диаметра заготовки $Td_0=2=2$ мм соответствует примерно, 16-му качеству точности, а допуск размера детали — 6-му качеству. Следовательно, точность повышается на $16-6=10$ качествен. По принятым четырем технологическим переходам распределяем его по закону прогрессивного убывания: $10=4+3+2+1$. Точность промежуточных размеров заготовки в процессе механической обработки будет соответствовать:

после 1-го перехода 12-му качеству (h12);

» 2-го » 9-му » (h9);

» 3-го » 7-му » (h7);

» 4-го » 6-му » (p6).

№ варианта	Вид исходной заготовки	Диаметр исходной заготовки d_0 , мм	Диаметр детали d_n , мм
I	Поковка на радиально-ковочной машине	48js13	46n6
II	Литье в оболочковую форму	73js11	70f7
III	Литье	90±0,6	85s6
IV	Поковка штампованная	81,2 ^{+2,1} _{-1,1}	75k6
V	Литье по выплавляемой модели	35js10	33m7
VI	Литье	150±1	142e8
VII	Прокат горячекатаный стальной	90 ^{+0,5} _{-1,3}	85r6
VIII	Поковка свободнойковки	184±3	160g6
IX	Прокат калиброванный	56h10	55f7
X	Литье в кокиль	49js14	45n6

Темы самостоятельных работ

Вне аудитории студенты готовятся к занятиям, конспектируют литературу, выполняют задания заданные к самостоятельной работе. Результаты самостоятельной работы учитываются при подсчете рейтинга студента.

Самостоятельное изучение дополнительной литературы, освоение путей поиска и нахождение нужной информации с использованием интернета, проведение студенческих научных исследований и подготовка научных статей способствует укреплению полученных студентами на занятиях знаний.

Комплекс самостоятельных работ по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования» охватывает все темы предусмотренные в учебном плане.

1.	Современные методы расчета точности в машиностроении.
2.	Современные методы анализа факторов влияющих на точность механической обработки.
3.	Современные методы обеспечения заданной точности механической обработки.
4.	Современные методы оценки обработанной поверхности.
5.	Современные методы обеспечения заданного качества обработанной поверхности.
6.	Современные методы проектирования технологических процессов.
7.	Современные методы механической обработки детали и применяемые технологические средства.
8.	Примерные схемы механической обработки детали.
9.	Примерные схемы базирования деталей при механической обработке.
10.	Примеры расчета суммарной погрешности детали при механической обработке.
11.	Примеры определения шероховатости поверхности детали после механической обработки.
12.	Примеры расчета припусков на механическую обработку детали.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.

1.1. Тематика курсовых проектов.

Тематика курсовых проектов должна отражать конкретные задачи о разработке технологического процесса изготовления детали средней сложности.

Темой курсового проектирования является разработка технологического процесса обработки одной детали и решение ряда вопросов, связанных с расчетом и оснасткой этого процесса. Чертеж детали студент выбирает на производстве во время производственной практики и представляет его на кафедру для получения задания, определяющего содержание и объем проекта. Задание выдается на специальном бланке (приложение 2).

Темы курсовых проектов рассматриваются на заседании предметной комиссии.

1.2. Содержание курсового проекта.

Курсовой проект по технологии машиностроения состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, взаимно дополняющих друг друга, а также альбома карт технологического процесса изготовления детали.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

-введение, в котором указывается цель проекта, его связь с задачами машиностроения и отражаются последние решения правительства в области развития машиностроения. Объем 1-2 стр.;

-описание конструкции машины или сборочной единицы, а также краткие сведения об обрабатываемой детали, назначения ее в сборочной единице, ее технологичности, технические требования и т. д. Объем 2-3 стр.;

-технологическая часть, содержащая описание технологического процесса с анализом выбора оборудования, а также расчеты режимов резания и норм времени. Объем 5-30 стр.;

-мероприятия по технике безопасности и противопожарной защите. Объем 1-2 стр.;

-выводы и заключение. Здесь приводятся мероприятия, предусмотренные в проекте, по снижению себестоимости и рекомендации о возможности применения элементов проекта на промышленных предприятиях. Объем 1-2 стр.

Графическая часть проекта включает рабочие чертежи детали, заготовки (рабочий чертеж детали и заготовки желательны совмещать), общий вид станочного приспособления, одну или несколько наладок (по указанию руководителя проекта) и чертеж одного контрольного приспособления или прибора активного контроля.

Альбом карт технологического процесса изготовления детали содержит: маршрутную карту, операционные карты и пр. Форма бланков технологической документации и оформление операционных карт должны быть в соответствии с [3].

1.3. Объем курсового проекта и общие требования к его выполнению.

Пояснительная записка объемом 30-40 страниц выполняется на листах писчей бумаги формата А4 (297x210 мм) на одной стороне лист и должна удовлетворять требованиям стандарта предприятия СТП ВГТУ 004-2003.

Пояснительная записка пишется от руки чернилами или черной тушью четко и аккуратно, полными словами без сокращений, за исключением сокращений,

установленных СТП ВГТУ 004-2003. Условные буквенные обозначения механических, математических и др. величин должны быть тождественны во всех разделах записки.

Расчеты и вычисления в записке делаются с соблюдением установленных правил, с указанием в результатах размерности.

В формулах желательно применять единицы системы СИ без кратных приставок.

При использовании справочных материалов (режимов резания, норм времени, припусков, сортаментов материалов и др.) необходимо делать ссылки на использованную литературу с указанием страниц, номеров карт и таблиц, а в квадратных скобках - порядковый номер книги, под которым она помещена в списке использованной литературы в конце записки. Все иллюстрации нумеруются арабскими цифрами, например, рис. 1, рис. 2, рис. 3 и т. д.

Листы пояснительной записки нумеруются в следующем порядке:

стр. 1 - титульный лист (приложение 1);

стр. 2- задание на курсовое проектирование (приложение 2);

стр. 3 и далее - листы записки в порядке, указанном в содержании, в конце записки помещается список использованной литературы и содержание (оглавление) курсового проекта.

Содержание пояснительной записки разделяется на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой. Подразделы должны иметь порядковые номера в пределах каждого раздела, Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Номер пункта должен состоять из номера раздела, подраздела и пункта и т. д.

Наименование разделов и подразделов должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок. Все таблицы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки. Над правым верхним углом таблицы помечется надпись, например, "Таблица 5" где: 5 - порядковый номер таблицы.

На обложке пояснительной записки должна быть наклеена этикетка размером 100x75 мм с указанием фамилии и инициалов студента, выполнившего проект, учебной группы, факультета и года выполнения проекта.

Графическая часть проекта выполняется на 4-5 листах чертежной бумаги форматом: А1 (594x841 мм) в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Каждый чертеж графической части проекта, должен иметь основную надпись. Выполнение основной надписи должно производиться в соответствии с требованиями СТП ВГТУ 004-2003.

Спецификацию выполнять на отдельных листах (кроме коротких - до 8-10 позиций, которые выполняются на чертеже) и клеивать их в пояснительную записку. При нанесении на чертежи надписей, спецификаций и технических требований следует руководствоваться требованиями ГОСТ 2.104-68, 2.108-68, 2.109-73, 2.316-68, 31103-74 и 3 1105-75. Текстовая часть располагается над основной надписью. Технические требования на чертеже излагаются в следующей последовательности: требования к материалу, заготовке, термической обработке, требования к качеству поверхностей, их отделке, покрытию и т.д., размеры, предельные отклонения, формы взаимного расположения поверхностей и т. п., условия и методы испытаний, указания о маркировке и клеймении, правила упаковки, транспортировки и хранения. На 1-2х листах изображается технологический процесс из основных операций механической обработки, причем они выполняются без соблюдения масштаба изображаемой детали.

Обработанные поверхности по данной операции (в учебных целях) выделяются жирными линиями или обводятся цветными карандашами или тушью. В расположении детали на станке, базировании и креплении ее в приспособлении, а также в расположении инструмента, должна соблюдаться большая точность. На чертеже изображаются упорные и зажимные элементы приспособления.

На каждом эскизе следует показать:

1. Установку детали на станке в рабочем положении и условные обозначения способов ее крепления.

2. Поверхность обработки на данной операции, для наглядности, красными или жирными черными линиями, а установочные, базовые поверхности - синими линиями или условными обозначениями технологических баз в соответствии с ГОСТ 3.1107-75.

3. Режущий инструмент в конце рабочего хода. Если инструмент затемняет эскиз, то его можно изобразить в начальном положении.

4. Размеры обработки, получаемые на данной операции с указанием допусков и требуемой шероховатости обрабатываемых поверхностей детали. На эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются при выполнении данной операции, а установочная база совмещается с измерительной для того, чтобы не пересчитывать размеры или допуски на них.

5. Направления главного движения и движения подачи

По указанию руководителя проекта на одном или нескольких эскизах техпроцесса деталь показывается закрепленной в приспособлении, позволяющем видеть принцип его действия.

Режущий инструмент изображается в принятом для эскиза детали масштабе. Примеры выполнения технологических процессов приведены в методических указаниях по заполнению технической документации в дипломных проектах, для студентов-заочников спец. 151001. На формате с операционным эскизом техпроцесса вверху указывается номер операции, наименование операции, наименование станка или его модель; помещается таблица, в которой указывается глубина резания, подачи, скорость резания, частота вращения шпинделя, основное штучное и подготовительно-заключительное время (на операцию).

На отдельном листе вычерчивается общий вид станочного приспособления. На общем виде приспособления проставляются основные размеры: габаритные, между осями валов, основные расчетные, монтажные и сборочные. Количество проекций должно быть достаточным для того, чтобы уяснить устройство и работу приспособлений. Общий вид приспособления должен быть показан в рабочем состоянии, т. е. обрабатываемая деталь должна быть зажата.

На одном листе выполняются чертежи по указанию руководителя проекта: контрольно-измерительное устройство, прибор активного контроля, чертежи на детали приспособления - детализовка, схемы станочных и инструментальных наладок, график экономического сравнения вариантов технологического процесса и т. д.

Для выполнения курсового проекта в сроки, предусмотренные учебным планом и для контроля хода выполнения целесообразно руководствоваться следующим объемом выполнения работ (таблица 1).

Таблица 1

№ п/п	Наименование разделов проекта	Объем, %
1.	Введение. Описание конструкции и условий работы сборочной единицы, включающей заданную деталь.	5
2.	Технологическая часть: а) выбор и обоснование типа производства;	

	б) выбор заготовки расчет ее размеров, выполнение чертежной заготовки и детали;	5
	в) разработка технологического процесса. Выбор оборудования, приспособлений и инструмента;	5
	г) расчет припусков, допусков и межоперационных размеров. Выполнение технологических эскизов. Заполнение технологической документации;	25
	д) аналитический расчет режимов резания и норм времени на заданные технологические операции.	10
	Графическая часть.	
	Разработка выводов и заключения.	15
	Оформление пояснительной записки.	
3.		20
4.		5
5.		10

1.4. Порядок защиты проекта.

Готовая расчетно-пояснительная записка, альбом технологических карт и чертежи подписываются студентом и руководителем проекта. Выполненный проект защищается студентом в комиссии, состоящей из двух-трех человек. В состав комиссии входит и руководитель проекта.

Оценка курсового проекта определяется на основании качества и степени самостоятельности выполнения задания, объема работы, внешнего оформления проекта, усвоения теоретического материала, умения студентом защищать выдвигаемые им положения

Допускается досрочная защита проекта.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

2.1. Содержание технологической части проекта.

Разработка технологического процесса изготовления детали является основным содержанием всех разделов курсового проекта по технологии машиностроения и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТов, ЕСКД и ЕСТПП.

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются: задание, чертеж детали, технологические условия на изготовление детали, назначение и условия работы в сборочной единице или машине, производственная программа выпуска деталей или машин.

В процессе проектирования технологического процесса необходимо иметь чертеж детали, справочную литературу, стандарты, каталоги режущего, измерительного и вспомогательного инструментов, нормативы по режимам резания и т. п.

Проектирование технологического процесса включает в себя:

1. Определение размера партии или такта выпуска деталей.
2. Выбор вида заготовки.
3. Составление технологического маршрута изготовления детали, выбор баз и расчет погрешностей базирования.
4. Расчет межоперационных припусков и определение размеров заготовки.

5. Выбор необходимого оборудования и технологической оснастки.
6. Составление пооперационного технологического процесса.
7. Расчет режимов резания на 3-4 переходах в различных видах операций (токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные) и подсчет машинного и штучного времени этих операций. Остальные режимы обработки берут по нормативным справочникам.
8. Определение технической нормы времени, разряда работы и расценок.
9. Сравнение экономических расчетов для двух возможных вариантов обработки.

2.2 Определение типа производства.

Тип производства на участке определяется в зависимости от габаритов, массы и годовой программы выпуска изд. Тип производства определяет характер технологического процесса.

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций.

$$K_{з0} = O/P,$$

где O - число различных операций,

P - число рабочих мест, выполняющих различные операции.

При этом:

1 < K_{з0} < 10 - массовое и крупносерийное производство,

10 < K_{з0} < 20 - среднесерийное производство,

20 < K_{з0} < 40 - мелкосерийное производство.

Значение коэффициента закрепления операций принимается для планового периода, равного одному месяцу.

K_{з0} можно определить через отношение такта выпуска изделия к среднему штучному времени по операциям разработанного технологического процесса. Так как в начальный период курсового проектирования студент не может определенно судить о типе производства и проводит проектирование технологического процесса ориентировочно, то после выполнения технического нормирования следует окончательно определить тип производства и соответственно корректировать технологический процесс.

2.3. Выбор вида заготовки.

Выбор вида заготовки или установление способа ее получения. определение припусков на обработку и расчет размеров заготовки коренным образом влияет на технологию механической обработки детали. От этого зависит расход металла, количество операций и их трудоемкость, себестоимость процесса изготовления детали. Решая этот вопрос, стремятся к тому, чтобы форма и размеры заготовки максимально приближались к форме и размерам готовой детали. На выбор способа получения заготовки влияют следующие факторы: программа выпуска изделий, тип производства, вид материала, его марка физико-механические свойства материала, характер применяемого оборудования, производственные возможности заготовительных цехов завода. В машиностроении применяются заготовки следующих видов: отливки, объемная штамповка, стандартный и специальный прокат, неметаллические материалы и др.

При выборе заготовки руководствуются положениями:

а) заготовки - отливки применяют для деталей сложной конфигурации не обрабатываемых крутом.

б) заготовки - поковки (штамповки) применяют для деталей с улучшенными механическими свойствами и заданным расположением волокон материала в детали; при этом следует иметь в виду, что наиболее производительными методами является холодная высадка на автоматах. Штамповка на кривошипных прессах в 2-3 раза производительнее штамповки на молотах, и припуски и допуски уменьшаются на 20-35%. Заготовки для деталей типа стержня с утолщением, колец, втулок, деталей со сквозными или глухими отверстиями целесообразно получать на горизонтально-ковочных машинах;

в) заготовки из сортового материала (прутки, специальный прокат, листы и т. п.) используются для изготовления деталей и нормалей методами резания и пластической деформации.

Для механической обработки на токарных автоматах и револьверных станках рекомендуется применять калиброванный прокат диаметром до 100 мм. Специальный прокат применяется в условиях крупносерийного и массового производства. Гнутые профили, открытия и закрытия и т. п. применяются для уменьшения массы и увеличения жесткости деталей.

Более подробно выбор заготовки рассмотрен в литературе [2,4].

2.4. Выбор баз

Выбор базовых поверхностей для обработки детали является важным этапом проектирования технологического процесса. В первую очередь выбирается первичная установочная (черновая) база, которая из-за ее малой точности используется только один раз, но является наиболее важной при дальнейшей обработке других поверхностей детали.

При выборе черновой базы необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Принятые (для черновой базы) поверхности должны иметь достаточно точную геометрическую форму, не иметь следов обрезки облоя, литников литейных и штамповочных уклонов.

2. Если деталь обрабатывается, крутом, то черновой базой может служить, поверхность имеющая наименьший припуск на обработку.

При выборе чистовых баз необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Соблюдать принципы единства и постоянства баз, если это возможно.

2. Точность, форма и размеры поверхности должны обеспечивать неизменность положения в пространстве и простоту закрепления детали:

3. Выбранные технологические базы должны обеспечивать наибольшую жесткость детали в направлении действия зажимных усилий и сил резания, возникающих в процессе обработки.

4. Установочные и направляющие базовые поверхности должны иметь наибольшую точность размеров и геометрической формы, а также наименьшую шероховатость.

Если выбранная технологическая база не совпадает с конструкторской, то необходимо рассчитать установочные размеры и допуски на них так, чтобы при возможных погрешностях базирования, выполнялись требования точности конструкторских баз.

Методика расчета точности базирования и выбора схем подробно изложена в литературе [2,4].

2.5. Разработка маршрутной технологии.

План технологического процесса а виде маршрутной технологии составляют по рабочему чертежу. Планом технологического процесса устанавливаются границы между операциями, последовательность операций, степень концентрации операций, установочные базы, места закрепления детали и т. д. В плане процесса операционные эскизы делаются от руки, выделяя обрабатываемые поверхности жирными линиями, и указывают только установочные базы и необходимое оборудование. Операционные припуски не рассчитывают, на такие операции, как зачистка заусенцев, промывка, контроль и т. п. в плане часто опускают. В самих операциях опускают мелкие подробности (снятие фасок, радиусов и т. п.).(примеры маршрутной технологии смотри в приложении)

В общем методику разработки плана можно описать следующей схемой:

1. Выявляют наиболее ответственные (точные) поверхности детали требующие многократной обработки Намечают виды технологических переходов, которые должна пройти каждая поверхность. Все поверхности разделяют на две группы:

а) поверхности, которые лучше обрабатывать совместно (соосные поверхности вращения, прилегающие к ним торцы и т. п.):

б) поверхности требующие обработки в отдельной операции например, шлицы, зубья зубчатого венца, группа отверстий, паз, канавка и т. п.

2. Выявляют поверхности, допускающие сразу окончательную обработку. Их также разделяют на две группы:

а) поверхности, допускающие совместную обработку с другими;

б) поверхности, требующие отдельной операции.

3. Рассматривают наиболее ответственные операции и предусмотренные для них операции; последовательность операций, начиная с самых грубых, переход к окончательным.

Учитывая возможности станка, предполагаемого приспособления и точностные возможности обработки объединяют в одну операцию несколько однородных операций.

4. Дополняют план операций переходами обработки других поверхностей по п. 2а, 2б.

5. Окончательно оценивают все принятые решения и вносят необходимые исправления.

6. Включают в план опущенные слесарные операции (зачистка заусенцев, округление кромок и др.) а также операции: контроль, промывка и т. п. При разработке плана следует также иметь в виду:

1. Точность установочных баз часто требуется более высокая, чем точность поверхностей, обрабатываемых на этих базах.

2. Химико-термическая обработка, предусмотренная чертежом, вносит в построение техпроцесса специфические особенности.

Например, план технологического процесса на цементируемую деталь всегда стремятся построить так, чтобы окончательный этап (после цементации, закалки) содержал минимум операций. Это обусловлено тем, что погрешности от не совмещения баз компенсируются припусками, предусмотренными на последующую обработку, вследствие чего нарушается равномерность припусков.

Технический контроль намечают после тех переходов (операций), где вероятно повышенное количество брака: перед сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла обработки, а также в конце обработки детали.

Наименования операций должны соответствовать требованиям классификатора технологических операций в машино- и приборостроении.

2.6. Разработка операций техпроцесса.

Результатом этой стадии работы являются операционные карты технологического процесса. Приступая к разработке операций процесса, еще раз просматривают план, обращая внимание на сомнительные места.

Убедившись, что для данной операции и плане правильно намечены поверхности, подлежащие обработке, станок и установочные базы, приступают к подробной разработке операции и оформлению операционной карты. Работу проводят в следующем порядке:

1. Чертят в операционной карте эскиз обработки, записывают номер и название операции, станок и приспособление.

2. Проставляют на эскизе операционные размеры (пока "немые"). Пользуясь размерами, уточняют и записывают содержание и последовательность переходов, например, "подрезать торец на размер...", "проточить канавку..., шириной..., выдержав размер...", и т. п. Одновременно решают задачу о совмещении переходов. С установлением переходов определяется режущий инструмент для каждого перехода и приспособления.

3. Для каждой поверхности рассчитывается операционный припуск и величина операционного размера.

4. Заключительной стадией разработки операций является установление режимов обработки и нормирование операций.

Для описания каждой операции технологического процесса используются операционные карты по ГОСТ 3.1404-74 (приложение 4-9). Карты эскизов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104 и ГОСТ 3.1105-74. Вычерчиваются операционные эскизы с полным соблюдением правил черчения. Масштаб выбирается произвольным, но с учетом размещения эскизов в отведенных для них местах на операционных картах.

2.7. Расчет межоперационных припусков, допусков и размеров заготовки.

Величина межоперационных припусков на механическую обработку заготовки, допуски на каждую операцию и требуемый размер заготовки выбирают в зависимости от экономической точности принятого способа обработки и вида заготовки. При этом необходимо учитывать следующее:

1. Межоперационный допуск (точность обработки) должен обеспечиваться металлорежущим оборудованием.

2. Величина допуска должна быть согласована с величиной припуска. Допуск принимают равным 25-45% от среднего значения припуска на следующую операцию.

3. Задавать допуск "в тело" заготовки от номинального межоперационного размера.

4. При изготовлении длинных деталей - валов, осей, хвостового инструмента, протяжек и т. п. учитывать величину эксцентриситета, получаемого вследствие отжата при мехобработке и деформации при термообработке.

5. При выборе диаметра заготовки учитывают допускаемую кривизну прутков (ГОСТ 2590-71, 1123-71).

При выполнении курсового проекта производят расчет припусков на 3-5 классов поверхностей (вал, отверстие, плоскость), из которых на 1-2 поверхности (по указанию руководителя), припуски рассчитывают аналитически, а на остальные поверхности их выбирают по таблицам.

Расчет межоперационных припусков и предельных размеров обрабатываемых поверхностей по переходам (операциям) ведется табличным способом в следующем порядке (таблица 2):

1. Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки записать в графу 1 таблицы 2 технологические переходы (операции) обработки отдельных поверхностей детали и порядке их выполнения от черновой заготовки до окончательной обработки,

2. В справочниках [1, 7, 8, 11] находят значения составляющих элементов Rz_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} и ξy_i припуска и допуска δ_{i-1} и записывают, соответственно, в графы 2, 3, 4, 5 и 8 таблицы.

3. Определяется и заносится в графу 6 расчетный припуск $Z_i \min$.

Расчет $Z_i \min$ производится по формулам

а) при последовательной обработке противоположащих поверхностей:

$$Z_i \min = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi y_i;$$

б) при параллельной обработке противоположащих поверхностей:

$$2Z_i \min = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi y_i);$$

в) при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$Z_i \min = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1} + \xi y_i});$$

4. В графу 7 и в строку конечного перехода заносятся:

а) для наружной поверхности - наименьший предельный размер детали по чертежу.

Для перехода, предшествующего конечному, определяют расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру расчетного припуска (графа 6).

Расчетные размеры для каждого предшествующего перехода (до получения размера заготовки) определяют последовательно прибавлением к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_i \min$.

б) для отверстия - наибольший предельный размер детали по чертежу.

Глоссарий (Спецкурс технологии машиностроения)

Упругий контакт - деформирующая сила создается с помощью тарированной пружины, пневматическим или гидравлическим способом.

Жесткий контакт - деформирующая сила обеспечивается натягом между инструментом и обрабатываемой поверхностью.

ППД – это обработка деталей давлением (без снятия стружки), при которой пластически деформируется только их поверхностный слой.

Глубина наклепа – это величина распространения пластических деформаций в тело обрабатываемой детали, измеренная в мм. Глубина наклепа связана с силой деформирования и пределом текучести материала.

Степень пластического деформирования – это безразмерная величина, определяемая отношением диаметра отпечатка (лунки) и диаметра вдавливаемой сферы (деформирующий элемент – ДЭ).

ОД – очаг деформации – это геометрическая форма (профиль) участка обрабатываемой поверхности в соответствующем масштабе в зоне контакта деформирующего элемента с обрабатываемой деталью.

Упрочненный слой - это слой поверхности обрабатываемой детали, параметры состояния которого отличаются от параметров ее основного материала.

Поверхностный слой – это слой металла, имеющий отличающиеся от основной массы детали структуру, фазовый и химический состав.

Дефекты поверхности – это отдельные неровности, совокупность неровностей или участки, размеры которых существенно отличаются от параметров шероховатости и волнистости. К дефектам поверхности относят риски, царапины, вмятины, раковины, поры, сколы, выкрашивания, трещины, задиры, заусенцы и др.

Геометрическая площадь контакта – это максимально возможная площадь контакта идеальных поверхностей деталей машин без шероховатости, волнистости и макроотклонения.

Остаточные напряжения – это такие напряжения, которые существуют и уравниваются внутри твёрдого тела после устранения причин, вызвавших их появление. Это упругие напряжения, которые остались в детали после обработки.

Статические методы ППД – это такие методы при которых инструмент, рабочие тела или среда воздействуют на обрабатываемую поверхность с определённой постоянной силой P , происходит плавное перемещение очагов воздействия, которые последовательно проходят всю поверхность, подлежащую обработке. Характерным признаком этих методов является стабильность формы и размеров ОД в стационарной фазе процесса.

Ударные методы ППД - это такие методы при которых инструмент, рабочие тела или среда многократно воздействуют на всю обрабатываемую поверхность или на её часть, при этом сила воздействия P

в каждом цикле изменяется от нуля или от некоторого значения R_1 до максимума.

Степень наклёпа – это безразмерная величина, оцененная по относительному приращению твёрдости в поверхностном слое и сердцевины тела детали, и полученная при одних и тех же условиях; иногда представляется в процентах. Степень наклепа, в определенном смысле является мерой интенсивности деформации при ППД.

Перенаклёп – необратимый процесс применения метода ППД при завышенных силовых параметрах обработки в результате, которого в поверхностном слое появляются опасные микротрещины, намечается образование частичек отслаивающегося металла, поверхностные зёрна сплющиваются так, что становятся почти неразличимыми, резко увеличивается шероховатость поверхности, при этом нагрев не восстанавливает исходную структуру металла и его механические свойства.

Механизм упрочнения (наклеп) – это процесс искажения (дефекты) кристаллической решётки в поверхностном слое детали в результате обработки ее методами ППД и приводящий к возникновению пластических деформаций, сопровождающихся дроблением кристаллов на фрагменты и блоки с большими искажениями решётки на их границах. Это ведёт к увеличению числа границ, около которых задерживаются дислокации, что в свою очередь увеличивает сопротивление деформированию. Физические свойства металла в поверхностном слое изменяются: повышаются твёрдость, предел прочности и предел текучести.

Алмазное выглаживание – это процесс пластического деформирования обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – алмазным выглаживателем. При этом неровности поверхности, оставшиеся от предшествующей обработки, сглаживаются частично или полностью, поверхность приобретает зеркальный блеск, повышается твердость поверхностного слоя, в нем образуются сжимающие остаточные напряжения, изменяется микроструктура и создается направленная структура (текстура).

Качество поверхности детали – это показатели геометрии ее поверхности (микрogeометрия, волнистость) и физико-механические параметры поверхностного слоя (микротвердость, глубина и степень упрочнения, микроструктура, напряженное состояние).

Дислокации - это количество искажений кристаллической решетки.

Движение дислокаций – это элементарный акт пластической деформации.

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей с относительно малыми шагами, выделенных, например, с помощью базовой длины. Примерное отношение высоты неровностей к шагу менее 50.

Волнистость поверхности – это совокупность неровностей, имеющих шаг больший, чем базовая длина, используемая для измерения шероховатости (отношение высоты к шагу более 50 и менее 1000).

Регулярные микрорельефы (РМР) – это неровности, которые в отличие от шероховатости одинаковы по форме, размерам и взаиморасположению. Наибольшее распространение в промышленности получило нанесение **РМР методами ППД** – вибронакатыванием шариком или вибровыглаживанием алмазом.

Структура – это характеристика металла, зависящая от методов изучения его строения. Выделяют следующие виды структур: кристаллическая структура; субструктура; микроструктура; макроструктура.

Микроструктура – это структура, определенная с помощью металлографических микроскопов. Этот анализ позволяет определить наличие, количество и форму структурных составляющих сплава.

Макроструктура – это структура, которая определяется невооруженным глазом или при небольших увеличениях. С помощью макроанализа можно определить трещины, неметаллические включения, примеси и др. Фазовый состав характеризуют числом и концентрацией фаз, распределением фаз по поверхностному слою, типом кристаллической структуры фаз, объемом сплава и др. Химический состав характеризуется элементным составом сплава и фаз, концентрацией элементов в объеме фаз, в объеме сплава и др.

Деформационное упрочнение – это явление в процессе пластической деформации, которая всегда сопровождает механическую обработку, когда все характеристики механического состояния поверхностного слоя изменяются: показатели сопротивления деформированию увеличиваются, а показатели пластичности уменьшаются. Технологический концентратор напряжений в отличие от конструктивного концентратора заключается в том, что он может не только увеличивать локальные напряжения в детали, но и снижать их. Ключевым вопросом проблемы является чувствительность материала деталей к концентрации напряжений, т.е. способность его накапливать поврежденность под действием технологических и эксплуатационных нагрузок.

Хрупкое разрушение – это разрыв среды с незначительной предшествующей пластической деформацией, чаще всего происходит по кристаллографическим плоскостям внутри зерна. Оно требует мало энергии и распространяется с большой скоростью за счет саморазвивающейся трещины перпендикулярно направлению действия напряжения растяжения. Вязкое разрушение сопровождается значительной пластической деформацией и распространяется в направлении наибольших касательных напряжений. Для вязкого разрушения требуются значительные затраты энергии. Вязкое разрушение происходит в несколько этапов. На первом этапе в металле возникают поры, которые соединяются друг с другом с образованием трещины. Второй этап – рост

трещины. На третьем этапе происходит отделение частей металла по плоскостям, расположенным под углом 45° к оси растяжения.

Пределная пластичность – это пластическая деформация, при достижении которой происходит разрушение металла.

Стационарный процесс ППД – это такой процесс обработки давлением, при котором деформационно-силовая схема в любой точке очага деформации не зависит от времени.

Механическое состояние деформируемого тела – это совокупность физико-механических свойств тела в сочетании с граничными условиями в рассматриваемом процессе, которые определяют деформационно-силовую схему процесса.

Glossariylar

Konstruktiv parametr - maksimal kuch va quvvat, siljish, tezlik, tezlanish, zvenolardagi kuchlanish, gabarit o'lchamlar va og'irliklar;

Texnologik parametrlar - foydali qarshilik kuchlari yoki quvvat, mahsulotning o'lchov chegarasini ta'minlovchi mashina harakati va ishchi organining aylanish soni, asosiy ishchi organlari orasidagi oraliq masofalar, ish unumdorligi va hakoza.

Energetik parametrlar - energiya sarfi, uning mexanizmida yo'qolishi, mashina uzellarining foydali ish koeffitsienti.

Iqtisodiy parametrlar- mashina uzellarini ishlab chiqarishda tayyorlov narhi, ularni boshqarish va ta'mirlash narhi, harakatga keltirish uchun sarflangan energiya bahosi

Ishchi yoki bajaruvchi organlari - mashinalarning ishlov berilayotgan xom ashyo bilan bevosita kontaktga kirib ishlanayotgan xom ashyoning tarkibi va xususiyatlarini o'zgartiradigan ishlab chikarish jarayonining asosiy amaliyotlarini bajaruvchi turli tuman qismlari.

Bajaruvchi mexanizmlar - ishchi organlarini ishchi amaliyotlarini bajarishlari uchun zarur bo'lgan harakatga keltiruvchi mexanizmlar.

Detal - nomi va markasi bo'yicha bir jinsli ashyodan yig'uv amali ishlatmay tayyorlangan mashinasozlik mahsuloti.

Yig'ma birlik - detallardan yig'uv amalini qo'llab tayyorlangan mahsulot

Kompleks - tayyorlovchi korxonada yig'uv amali bilan birlashtirilmagan, lekin ishlatishda o'zaro bog'liq maxsus vazifalarni bajaruvchi buyumlar yig'indisiga aytiladi.

Komplekt - tayyorlovchi korxonada yig'uv amali bilan birlashtirilmagan, lekin ishlatilganda umumiy yordamchi vazifalarni bajaruvchi buyumlar to'plamiga aytiladi.

Texnik topshiriq - bu mashina yaratishning dastlabki bosqichi .

Texnik taklif va mulohazalar - Texnik topshiriqni manfaatdor tomonlar kelishilgan holda tasdiqlaganlaridan keyingi texnik taklif va mulohazalar butunlay yangi texnologiyani amalga oshiradigan va murakkab tuzilishdagi mashinalar uchun majburiy.

Eskiz loyihalash - Bu davrda avvalo mazkur mashinani yaratishning texnik imkoniyati va iqtisodiy maqsadga muvofiqligi anqlanadi.

Texnik loyiha - bu davrda mashina va uning asosiy qismlarining umumiy ko'rinishlari, kinematik, elektrik, gidravlik, pnevmatik va avtomatik boshqaruv va rostlash tizimlari sxemalari tuziladi. Texnik loyihaning muhim qismlari patent tozaligini tekshirish va patent formulasini tuzish deb hisoblanadi.

Ishchi hujjatlar - Texnik loyiha belgilangan tarzda tasdiqlangandan keyin unga ko'rsatilgan e'tirozlar va berilgan takliflarni hisobga olgan holda ishchi hujjatlarini tayyorlanadi

Mashinaning tajriba-sanoat nusxasi - Tasdiqlangan ishchi hujjatlar – ishchi loyiha asosida mashinasozlik zavodida tayyorlanadi.

Sinash - yangi mashinaning amaldagi texnologik ko'rsatkichlari va texnik tavsiflarini tekshirish uchun o'tkaziladi.

Paxta tozalash mashinasini modernizatsiyalash - Bunda mashina konstruktsiyasini yaxshilash, unimdorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash, mashina ish muddatini uzaytirish, ishonchliligini oshirish, ta'mirbopligini yaxshilash, tayyorlash sarflarini kamaytirish, mehnat xavfsizligini yaxshilash kabi maqsadlarga mashinaning asosiy qismlari, ishchi a'zolari va kinematikasiga katta o'zgartirishlar kiritmagan holda erishish ko'zda tutiladi.

Texnologiyaboplik - mashinani qisqa vaqtda ashyo va mexnat sarfi minimal bo'lgan holda talab darajasida sifat bilan tayyorlash imkoniyati.

Ishonchlilik, puxtalik, uzoq ishlash – mashinaning kafolatli ish muddati, kapital ta'mirlashgacha ish muddati, ishlamay qolish jadalligi, uzoq ishlashi, standartlashtirish darajasi.

Texnologik ko'rsatkichlar - mashinani tayyorlashga mehnat sarfi, yangi progressiv ashyolar qo'llanishi, ishlov va yig'uv jarayonlari, ta'mir texnologiyabopligi, ishlatish qulayligi va xavfsizligi.

Dizayn ishlanmasi - mashina konstruktsiyasining ergonomik va badiiylik talablarga javob berishi.

Ekologik ko'rsatkichlar - mashinaning, uni tayyorlash va ishlatishning atrof muhit va ishchi xodimlar uchun xavfsiz bo'lishi, eng yuqori gigienik talablarga javob berishi.

Ishonchlilik yoki puxtalik - buyumning talab qilingan taqvimiy yoki ish vaqti davomida unga xos vazifalarni ishlatilish ko'rsatkichlarini belgilangan chegaralarda saqlagan holda bajarish xususiyati.

Ishga yaroqlilik – buyumning talab qilingan vazifalarni standartlar, normativlar va boshqa texnik hujjatlar talablariga muvofiq o'rnatilgan ko'rsatkichlar bilan bajara oladigan holati.

“Uzoqqa chidamlilik” – buyumning texnik qarov va ta`mirlash uchun zarur vaqt bilan birga ishga yaroqliligini chegaraviy holatgacha saqlash xususiyati.

“Buzilish” yoki “ishlamay qolish” – buyum ishga yaroqliligining buzilishidan iborat hodisa.

“Buzilganlik” – buyumning texnik hujjatlarda ko`rsatilgan talablarning hech yo`q birortasiga javob bermaydigan holati.

“Ishlab berish” – buyumning biron davrda yoki hodisagacha vaqt, masofa, maydon, hajm, tsikl va boshqa birliklarda ifodalangan ish hajmi.

“Buzilmasdan ishlash” – buyumning o`z ishga yaroqliligini ma`lum ishlab berish davomida saqlab turish xususiyati.

“Ta`mirga yaroqlilik” – buyumning texnik qarov va ta`mir vositasida buzilish va buzilganliklarni oldini olish, aniqlash va bartaraf qilishga moslanganligi.

“Saqlanuvchanlik” – buyumning texnik hujjatlarda ko`rsatilgan saqlash va tashish muddati davomida va undan keyin uning uchun belgilangan ko`rsatgichlarni saqlash xususiyatidir.

“Resurs” – Buyumning texnik hujjatlarda belgilab qo`yilgan chegaraviy holatgacha ishlab berish vaqti.

“Xizmat muddati” - buyumning texnik hujjatlarda belgilangan chegaraviy holat yuzaga kelish vaqtigacha yoki uni ro`yxatdan chiqarguncha ishlatishning taqvimiy muddati.

Patent layoqati deganda esa mashina, agregat, uzal, konstruktsiya, ishlab chiqarish usuli, tovar belgilari brendlarning jaxon miqyosida yangiligi va patent bilan xuquqiy himoyasi imkoniyatining mavjudligi.

Texnikaviy obyektning loyihalash ushbu obyekt obrazini qabul qilingan forma (shakl)da yaratish, qayta o`zgartirish va tasvirlab berish bilan bog`liq. Obyekt yoki uning tarkibiy qismining obrazi inson tasavvurida ijodiy jarayon natijasida yaratilishi yoki inson va EHMlarning o`zaro ta`siri jarayonida ba`zi algoritmlar bo`yicha yuzaga kelishi mumkin.

Loyihalashni avtomatlashtirish deganda loyihani ishlab chiqish jarayonini bajarishning shunday usuli tushuniladiki, bunda loyihalash protseduralari va operatsiyalari loyihalovchining EHM bilan chambarchas muloqotida amalga oshadi. Loyihalashni avtomatlashtirish hisoblash texnikasi vositalaridan muntazam ravishda foydalanishni nazarda tutadi; bunda loyihalovchi va EHM orasidagi funksiyalarni ratsional taqsimlash va masalalarni mashinada yechish metodlarini asosli tanlash lozim.

Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi (ALT) — avtomatlashtirilgan loyihalashni bajaruvchi loyihalovchi tashkilot yoki mutaxassislar jamoasi bilan bog`langan avtomatlashtirilgan loyihalash vositalarining majmuidir.

ALTning asosiy vazifasi — obyekt va uning tarkibiy qismlarini loyihalashni avtomatlashtirilgan tarzda bajarishdir. ALT va uning tarkibiy qismlarini yaratishda tizimiy birlik, bir-biriga mos kelish, tipik

xususiyatlarga qarab tip va turlarga bo'lish hamda rivojlanish prinsiplariga amal qilish lozim.

Tizimiy birlik prinsipi - Loyihalanayotgan obyektning alohida elementlari va obyektning to'liq loyihalashda tizimning bir butunligini va tizimiy «yangilik»ni ta'minlaydi.

Bir-biriga mos kelish prinsipi - ALTning tarkibiy qismlarining birgalikda ishlashini ta'minlaydi va ochiq tizimni bir butunlikda saqlaydi.

Tipik xususiyatlarga qarab tip va turlarga bo'lish prinsipi - ALTning tipiklashgan va unifikatsiyalashgan elementlarini yaratish va ulardan foydalanishga e'tiborini qaratadi.

Rivojlanish prinsipi - ALT asosiy qismlarining to'ldirib borilishini, takomillashirilishini va yangilanib borishini hamda darajasi va funksional vazifasi turlicha bo'lgan avtomatlashtirilgan tizimlar bilan birgalikda ishlashini ta'minlaydi.

Loyihalovchi nimitizmlar - Ular obyektga yo'nalgan bo'ladi va loyihalashning ma'lum bosqichini yoki o'zaro bevosita bog'langan loyihalash masalalarining bir guruhini amalga oshiradi.

Xizmat ko'rsatuvchi nimitizmlar - Bunday nimitizmlar umumiy tizimga ishlatiladi va loyihalovchi nimitizmlar o'z funksiyalarini bajarishda ularni qo'llab-quvvatlashni hamda ularda olingan natijalarni shakllantirish, uzatish va chiqarishni ta'minlaydi.

Dasturaviy metodik kompleks - loyihalash obyektini (obyektning bir yoki bir necha qismi yoki bir butun obyekt) bo'yicha tugal loyiha yechimini olish yoki unifikatsiyalashgan protseduralarni bajarish uchun zarur bo'lgan dasturaviy, informatsion va metodik ta'minotlar (matematik va lingvistik ta'minotlar komponentlari bilan birga) komponentlarining o'zaro bog'langan majmuidan iborat.

Dasturaviy-texnikaviy kompleks - DMKlarning texnikaviy ta'minotning komplekslari va (yoki) komponentlari bilan o'zaro bog'langan majmuidan iborat.

Ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi (MBBT) — ma'lumotlar strukturasi ko'rinishida tashkil qilingan informatsion baza bilan ishlashni ta'minlaydigan dasturaviy-metodik kompleksdir.

Mashina grafikasining dasturaviy-metodik komplekslari (DMK) - foydalanuvchining EHM bilan muloqotida grafik informatsiya almashinuvini, geometrik masalalarni yechishni, tasvirlarni shakllantirishni va grafik informatsiyani avtomatik ravishda tayyorlashni ta'minlaydi.

Muammoli yo'nalgan DMKlar - o'z ichiga boshlang'ich ma'lumotlarni, butun loyihalash obyektiga yoki uning yig'ma birliklariga bo'lgan talablar va cheklanishlarni avtomatlashtirilgan ravishda tartibga solish uchun mo'ljallangan dasturaviy vositalarni; loyihalash obyektining fizikaviy ishlash prinsipini tanlashni; texnikaviy yechimlarni va loyihalash obyektini

strukturasini tanlashni; konstruksiyalarning sifat ko'rsatkichlari (texnologikligi)ni baholashni, detallarga ishlov berish marshrutini loyihalashni olishi mumkin.

Obyektlı – yo`nalgan DMKlar - loyihalash obyektlari xususiyatlarini predmet sohasi majmui sifatida aks ettiradi.

Tashki ishkalanish - nisbiy xarakatlanishga nisbatan buladigan karshilik xodisasi bulib, ikki jismning orasida, ularning sirtlari uzaro urinadigan joyida urinmalar buyicha yuzaga keladi.

Eyilish - ishkalanish natijasida jism ulchamlarining va shaklining asta sekin uzgarib borishi jarayoni. Bu jarayon ishkalanuvchi sirdan material ajralib chikishida va uni koldik deformatsiyasida namoyon buladi.

Yeyilish tezligi - yeyilishni vakt birligi ichidagi kursatkichi:

Yeyilishga bardoshlilik - materialning yeyilishiga kursatadigan karshilik xossasilir. yeyilishga bardoshlilik yeyilish tezligiga teskari proportsional:

Joylama - To'qimachilik ashyolarini texnologik o'timlar orasida va tayyor mahsulot sifatida tashish, saqlash va ishlatish uchun o'rash yoki taxlash yo'li bilan hosil qilingan yig'inchoq holatni umumiy qilib joylama deb ataymiz.

Ipbardor - Ipsimon ashyo o'raladigan narsalarni ipbardorlar deb ataymiz.
O'RASH JISMI Ipsimon ashyodan ipbardorga uzluksiz o'rash jarayonida hosil bo'ladigan jism o'rash jismi deb ataladi.

Joylama - O'rash jarayonida mo'ljallangan oxirgi o'lchamlarga yetgan o'rash jismini joylama deb ataymiz. .

Struktura -Mazkur o'rash jismini hosil qiluvchi spiral o'ramlar va joylamaning barcha fazoviy, fizik va mexanik ko'rsatkichlari birgalikda uning tuzilishini, ya`ni strukturasini belgilaydi.

Glossary

Elastic contact - the deforming force is created using a calibrated spring, pneumatically or hydraulically.

Hard contact - the deforming force is provided by the tension between the tool and the surface to be treated.

PPD -is the processing of parts by pressure (without removing chips), in which only their surface layer is plastically deformed.

The depth of work - hardening is the amount of propagation of plastic deformations into the body of the workpiece, measured in mm.

The depth of work - hardening is related to the force of deformation and the yield strength of the material.

The degree of plastic deformation -is a dimensionless quantity determined by the ratio of the imprint diameter (well) and the diameter of the indented sphere (the deforming element is DE).

OD - deformation zone - is the geometric shape (profile) of the area of the surface to be treated at the appropriate scale in the zone of contact of the deforming element with the workpiece.

A reinforced layer - is a layer of the surface of the workpiece, the parameters of which are different from the parameters of its base material.

The surface layer - is a metal layer having a structure, phase and chemical composition different from the main mass of the part.

Surface defects - are individual irregularities, a set of irregularities or areas whose dimensions differ significantly from the roughness and waviness parameters.

Surface defects - include risks, scratches, dents, shells, pores, chips, chipping, cracks, scratches, burrs, etc.

Geometric contact - area is the maximum possible contact area of ideal surfaces of machine parts without roughness, waviness and macro deviation.

Residual stresses - are those stresses that exist and are balanced within a solid body after the elimination of the causes that caused them to appear. These are

Elastic stresses - that remained in the part after processing.

Static methods of PPD - are those methods in which the tool, working body or medium affects the surface to be treated with a certain constant force P , there occurs a smooth movement of the centers of action that consistently pass the entire surface to be processed. A characteristic feature of these methods is the stability of the shape and size of the OD in the stationary phase of the process.

Impact PPD - methods are such methods in which an instrument, working bodies or medium repeatedly affect the entire surface or its part to be treated, and the force of influence P in each cycle varies from zero or from a certain value P_1 to a maximum.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Наманганский инженерно-технологический институт

«Утверждаю»

Проректор по учебным работам

_____ У.Мелибоев

_____ 2021 год

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

По предмету

«Технология машиностроения и основы проектирования»

Область знания	300000	Инженерное дело
Область образования	320000	Технология производства
Направления образования	5320300	Технологические машины и оборудование (текстильной, легкой, хлопковой промышленности)

Общее количество учебных часов - 330 часов

В том числе:

Лекции – 96 часов (6-семестр - 54 часов, 7- семестр - 42 часов)

Практические занятия – 54 часов (6- семестр)

Лабораторные занятия – 42 часов (7- семестр)

Самостоятельное обучение – 138 часов (7- семестр - 68 часов, 8 - семестр - 70 часов)

Наманган – 2021

Рабочая учебная программа составлена на основе учебной программы по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования», зарегистрированной и утвержденной приказом № 26 (приложение -2) от 21 января 2016 года МВССО Республики Узбекистан

Рабочая учебная программа утверждена Советом Наманганского инженерно-технологического института протоколом № ____ от ____ августа 2021 года.

Составил: ст. преподаватель PhD, М. Саидмурадов

Рецензенты: к.т.н., доцент кафедры “ТМО”
Нам ИСИ А. Ботиров
к.т.н., доцент кафедры “ТМО”
Нам ИТИ А.Бурханов

Декана механико-технологического
факультет Нам ИТИ:

“ ____ ” _____ 2017 год _____ д.т.н., профессор А.Обидов

Заведующий кафедрой “ТМО” :

“ ____ ” _____ 2021 год _____ к.т.н., доцент А.Мурадов

1. Методические указания по дисциплине

ДИСЦИПЛИНА «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ» ПОСВЯЩЕН ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ ЗАГОТОВОК, ПОДБОРКИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ВЫБОРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АППАРАТОВ .

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД МАШИНОСТРОИТЕЛЯМИ, НЕРАЗРЫВНО СВЯЗАНО С НЕОБХОДИМОСТЬЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ПРАВИЛЬНО СПРОЕКТИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СЛУЖИТ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫМ СРЕДСТВОМ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, СНИЖЕНИЯ ИХ СЕБЕСТОИМОСТИ, ОБЛЕГЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА РАБОЧИХ.

В результате изучения дисциплины «Технология машиностроения и основы проектирования» студент должен овладеть знаниями теоретических основ и методики проектирования технологических процессов в машиностроении, что позволит ему сознательно и творчески подходить к созданию современного машиностроительного производства.

Студент должен овладеть современными методами расчета и проектирования технологического процесса для машиностроительных производств, позволяющими эффективно решать поставленные технологические задачи, в том числе с применением ЭВМ; освоить методику обоснования экономической целесообразности применения проектируемого технологического процесса; получить навыки использования стандартов в процессе проектирования; получить необходимую подготовку для самостоятельного решения задач в области проектирования технологического процесса при выполнении курсового и дипломного проектирования.

2. Темы лекционных занятий.

Таблица 1

№	Темы лекций	Часы
6-семестр		
1.	Введение. Роль технологии машиностроения в народном хозяйстве.	2
2.	Производство и технологические процессы в машиностроении.	4
3	Виды производств.	4
4.	Точность механической обработки.	4
5.	Погрешности от упругих деформаций технологической системы СПИД.	4
6.	Погрешности от неточности изготовления и размерного износа инструмента.	4
7.	Погрешности от тепловых деформаций системы СПИД.	4

8.	Базирование деталей.	4
9.	Составляющие погрешности установки детали на приспособление.	4
10.	Суммарная погрешность механической обработки.	4
11.	Статистические методы исследования точности.	4
12.	Качество обработанной поверхности при механической обработке.	4
13.	Способы получения заготовки.	4
14.	Припуски на механическую обработку детали.	4
	Всего за 6 семестр	54
	7-семестр	
15	Проектирование технологических процессов и документация.	4
16	Виды технологических процессов и методы их составления.	4
17	Расчет нормы времени в машиностроении.	2
18	Составление оценки технологичности деталей. Выбор заготовки.	2
19	Приспособления для механической обработки.	4
20	Обработка поверхностей вращения деталей машин.	6
21	Обработка плоских поверхностей деталей машин.	6
22	Способы нарезания резьбы.	2
23	Способы обработки зубчатых колес.	2
24	Обработка поверхностей способами пластической деформации.	2
25	Обработка поверхностей абразивными инструментами.	4
26	Современные способы обработки деталей машин.	4
	Всего за 7 семестр	42

Лекционные занятия проводятся в оборудованных мультимедийными устройствами аудиториях для потоков академических групп.

3. Темы практических занятий

Таблица 2

№	Темы практических занятий	Часы
	6 семестр	
1	Расчет погрешностей механической обработки детали.	6
2	Расчет суммарной погрешности.	6
3	Расчет режима резания обеспечивающего качество поверхности.	6
4	Разработка технологического процесса механической обработки для деталей различных конфигураций.	6
5	Составление эскизов механической обработки детали.	6
6	Составление схемы базирования для механической обработки детали. Выбор баз.	6
7	Расчет припусков на механическую обработку детали расчетно-аналитическим методом.	6
8	Расчет режимов резания для механической обработки деталей различных конфигураций.	6

9	Методы проектирования приспособлений. Основные элементы приспособлений.	6
	Всего	54

На практических занятиях студенты изучают основные методы расчета и проектирования технологического процесса механической обработки деталей машин. Решают примеры по применению этих методов на практике.

Занятия проводятся в отдельных академических группах с применением методов обсуждения проблемных задач. Проблемные задания подготавливается преподавателем.

4. Темы лабораторных занятий

Таблица 3

№	Лабораторные занятия	Часы
	7-семестр	
1.	Исследование погрешности закрепления заготовки.	4
2.	Определение размерного износа режущего инструмента.	4
3.	Определение жесткости токарно-винторезного станка.	4
4.	Определение жесткости горизонтально-фрезерного станка.	6
5.	Исследование погрешности настройки станка.	6
6.	Статистические методы исследования точности.	4
7.	Изучение влияния режимов резания на качество обрабатываемой поверхности.	6
8.	Составление технологической схемы сборки.	4
9.	Исследование геометрической точности станка.	
	Всего	42

На лабораторных занятиях студенты получают основные практические навыки определения некоторых параметров режима резания технологического процесса механической обработки деталей машин. Проводят измерение этих параметров.

Занятия проводятся в отдельных академических подгруппах с применением измерительных приборов и инструментов.

5. Темы самостоятельных работ

Таблица 4

№	Темы самостоятельной работы	Часы
	6 семестр	
1.	Современные методы расчета точности в машиностроении.	14
2.	Современные методы анализа факторов влияющих на точность механической обработки.	14
3.	Современные методы обеспечения заданной точности механической обработки.	14
4.	Современные методы оценки обработанной поверхности.	14
5.	Современные методы обеспечения заданного качества обработанной поверхности.	12
	Всего за 6 семестр	68
	7- семестр	

6.	Современные методы проектирования технологических процессов.	10
7.	Современные методы механической обработки детали и применяемые технологические средства.	10
8.	Примерные схемы механической обработки детали.	10
9.	Примерные схемы базирования деталей при механической обработке.	10
10.	Примеры расчета суммарной погрешности детали при механической обработке.	10
11.	Примеры определения шероховатости поверхности детали после механической обработки.	10
12.	Примеры расчета припусков на механическую обработку детали.	10
	Всего за 7 семестр	70
	Всего	138

Вне аудитории студенты готовятся к занятиям, конспектируют литературу, выполняют задания заданные к самостоятельной работе. Результаты самостоятельной работы учитываются при подсчете рейтинга студента.

Самостоятельное изучение дополнительной литературы, освоение путей поиска и нахождение нужной информации с использованием интернета, проведение студенческих научных исследований и подготовка научных статей способствует укреплению полученных студентами на занятиях знаний.

Комплекс самостоятельных работ по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования» охватывает все темы предусмотренные в учебном плане.

6. Организация выполнения курсового проекта

Целью выполнения курсового проекта является развитие у студентов способности применения, полученных теоретических знаний на практике, развитие навыков принятия технических решений в реальных производственных условиях с использованием новейших достижений техники и технологии.

Курсовой проект по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования» является проектной работой служащей развитию способностей студентов самостоятельно выполнять практические задачи по проектированию технологических процессов механической обработки детали. Выполнение задач поставленных в курсовом проекте должна соответствовать степени развития современного машиностроения.

Курсовой проект оценивается актуальностью темы и возможностью использования полученных результатов на производстве, а также качеством оформления технической документации. Правильное формирование структуры курсового проекта дает возможность студенту точно сформировать цели и задачи проекта, определить рациональные пути получения требуемых результатов путем последовательного выполнения его разделов.

Также правильное формирование структуры курсового проекта способствует точному описанию студентами цели и результатов разработки и дает возможность логического разъяснения связи выполненных расчетов и чертежей.

Выполненный курсовой проект показывает потенциал теоретических практических навыков студента полученных за время изучения данную дисциплину. Курсовой проект выполняется по плану, составленному с учетом теоретических аспектов изучаемой задачи, выявленных проблем, анализа поставленных задач и вопросов их решения.

Для представления к защите курсовому проекту предъявляются следующие требования:

- библиографический анализ проблемы;
- оформление чертежей и таблиц по определенному порядку;
- критический анализ собранного материала;
- обоснование предложенных рекомендаций;
- изложение выработанных выводов в определенной последовательности;
- оформление курсового проекта в соответствии с требованиями.

Для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования» в качестве индивидуального задания каждый студент получает рабочий чертеж детали для проектирования технологического процесса механической обработки.

В расчетной части курсового проекта выполняются расчет припусков и режимов резания для механической обработки, расчет силы зажима приспособления, расчет конструктивных размеров режущего инструмента, расчет норм времени для всех операций и другие.

В графической части курсового проекта выполняются рабочие чертежи детали, заготовки, режущего и измерительного инструментов, эскизов выполняемых операций и сборочный чертеж конструируемого приспособления. (3-4 листов А2 формата).

7. Критерии оценивания и контроля успеваемости студентов

Знание и степень успеваемости студентов должны соответствовать требованиям Государственного стандарта обучения. Для оценки этого соответствия проводятся следующие виды контроля знания студентов:

текущий контроль ТК – метод оценки степени освоения студентами учебного материала изученных на лабораторных занятиях. Текущий контроль проводится проверкой выполненных отчетов по лабораторной работе и устного опроса;

промежуточный контроль ПК – метод оценки степени освоения студентами определенной части теоретического материала, предусмотренного учебным планом. Промежуточный контроль проводится два раза в течении семестра в виде письменной работы, устного или тестового опроса.

итоговый контроль ИК – метод оценки степени освоения студентами теоретических знаний и практических навыков полученных в течении семестра. Итоговый контроль проводится в виде письменной работы по вопросам составленных на основании ключевых слов и предложений.

Успеваемость студентов за каждый семестр по дисциплине «Технология машиностроения и основы проектирования» оценивается на основе рейтинга в 100 балльной системе.

100 баллов распределяется следующим образом: ТК-36 баллов, ПК- 34баллов и ИК-30 баллов.

Для оценки знаний студентов рекомендуются следующие примерные критерии:

Балл	Оценка	Успеваемость студентов
86-100	отлично	Имеет способность принимать решение и делать заключение. Имеет способность творческому мышлению. Имеет способность самостоятельно мыслить. Может применить полученные знания на практике. Может разъяснить суть

		вопроса. Знает. Может пересказать. Имеет понятие.
71-85	хорошо	Имеет способность самостоятельно мыслить. Может применить полученные знания на практике. Может разъяснить суть вопроса. Знает. Может пересказать. Имеет понятие.
55-70	удовлет в.	Может разъяснить суть вопроса. Знает. Может пересказать. Имеет понятие.
0-54	неудовлет	Не имеет точного понятия. Не знает

Критерии баллов набираемых студентами в ПК

№	Критерия оценки	Балл		
		макс	1-ПК	2-ПК
1	Посещаемость. Активность на лекционных занятиях, конспектирование тем занятий.	10	0-5	0-5
2	Своевременное и качественное выполнения самостоятельных работ.	6	0-3	0-3
3	По результатам устного опроса, письменной работы или тестирования и других видов контроля	18	0-9	0-9/17
	Всего:	34	17	17

Критерии баллов набираемых студентами в ТК

№	Критерия оценки	Балл
		Макс.
1	Посещаемость Активность на лабораторных занятиях, своевременное выполнение и качественное оформление лабораторных работ.	12
2	Своевременное и качественное выполнение самостоятельных работ студентов. Степень освоения материала	14
3	Результатам устного опроса, коллоквиум и другие виды контроля	10
	Всего:	36

Критерии оценки для ИК

Итоговый контроль охватывает все разделы дисциплины «Технология машиностроения и основы проектирования» и выполняется в форме письменной работы. Письменная работа проводится согласно «Типового Положения по проведению рейтинговой оценки успеваемости студентов» и оценивается по 30 бальной шкале. Студент, набравший менее 55% баллов, выделенных, для ПК и ТК не допускается в ИК. Письменные работы, написанные ИК сдаются в деканат.

8. Список основной и дополнительной литературы и источников информации

Основная литература

1. A.Safoev, H.Abdugaffarov. Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari. –T., Sano-standart, 2014.
2. A. Omirov, A. Qayumov. “Mashinasozlik texnologiyasi”. Darslik. -T., O’zbekiston, 2003.
3. A. A. Mirzaev. “Mashinasozlik texnologiyasi asoslari”. O’quv qo’llanma. Farg’ona, 2002.
4. А.В.Перегудов ва бошқалар. Автоматлашган корхона станоклари. –Т. “Ўзбекистон”, 1999.

Дополнительная литература

1. Mirziyoev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob halqimiz bilan birga quramiz. Toshkent. “O’zbekiston”, 2017 yil.
Справочник технолога-машиностроителя. Том 1 и 2. –М. «Машиностроения», 1996.
2. A. A. Safoev. Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari fanidan laboratoriya va amaliy ishlarni bajarish uchun uslubiy ko’rsatma. T., TTESI. 2014.
3. A. A. Safoev. «Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari» fanidan kurs ishlarini bajarish uchun uslubiy ko’rsatma. T., TTYSI. 2014.
4. Э.Л.Жуков. Технология машиностроения. Учебное пособие. –М. «Высшая школа», 2003.
5. В.М.Бурцев. Технология машиностроения. Учебное пособие. –М. «МВТУ», 1999.
6. A.Burxanov, M.Sayidmurodov. «Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari» fanidan kurs ishlarini bajarish uchun uslubiy ko’rsatma. Namangan, NamMTI, 2017.
7. A.Burxanov, M.Sayidmurodov. «Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari» fanidan tajriba ishlarini bajarishga oid uslubiy ko’rsatma. Namangan, NamMTI, 2017.

Интернет сайты:

1. www.gov.uz
2. www.edu.uz
3. www.lex.uz
4. www.textilexpo.ru
5. www.metalloobrabotka.ru
6. www.reses.ru
7. www.stanki.ru
8. ziyonet.uz

ТЕСТЫ

По дисциплине «Технология машиностроения и оборудование отрасли»

1. Первая промышленная революция началась:
 - а) с изобретения первого орудия труда;
 - б) с использования энергии воды и ветра для привода машин;
 - в) с изобретения паровой машины;
 - г) с изобретения автомобиля.
2. Какое свойство машин имело важнейшее значение для развития машиностроения?
 - а) способность к самовоспроизводству;
 - б) искусственное происхождение;
 - в) долговечность;
 - г) широкое использование в промышленности.
3. Как называется эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором развития?
 - а) биосфера;
 - а) ноосфера;
 - б) тропосфера;
 - в) литосфера.
4. Вторая научно-техническая революция началась:
 - а) с применения атомной энергии;
 - б) с изобретением полупроводниковых приборов;
 - в) с изобретения ЭВМ;
 - г) с появлением лазеров.
5. Как называется механическое устройство с согласованно работающими частями, осуществляющими целесообразное движение для преобразования энергии, материалов или информации.
 - а) машина;
 - б) аппарат;
 - в) агрегат;
 - г)оборудование.
6. К какому типу машин относятся турбина и паровая машина?
 - а) энергетические;
 - б) рабочие;
 - в) информационные;
 - г) транспортные.
7. В какой из отраслей изготавливаются орудия труда и рабочие машины.
 - а) в сельском хозяйстве;
 - б) в машиностроение;
 - в) в химической промышленности;
 - г) в теплоэнергетике.
8. Как называется изделие, выполненное из однородного материала без применения сборочных операций?
 - а) сборочная единица;
 - б) деталь;
 - в) комплекс;
 - г) комплект.
9. Как называется продукт труда, прошедший одну или несколько стадий обработки на одном предприятии и предназначенный для дальнейшей обработки на другом предприятии?
 - а) комплектующее;

- б) материал;
 - в) полуфабрикат;
 - г) заготовка.
10. Какой показатель качества машины характеризует степень удобства, комфортности при работе человека с машиной?
- а) эргономический показатель;
 - б) показатель надежности;
 - в) показатель безопасности;
 - г) комфортность.
11. Как называется размер, установленный в процессе измерения с допускаемой измерительным прибором погрешностью?
- а) действительный;
 - б) номинальный;
 - в) средний;
 - г) реальный.
12. Как называется совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, образующих микроскопический рельеф поверхности детали?
- а) неровность;
 - б) шероховатость;
 - в) чистота поверхности;
 - г) волнистость.
13. Как называется совокупность всех действий людей и орудий труда, направленных на превращение сырья, материалов и полуфабрикатов в изделие?
- а) механический процесс;
 - б) технологический процесс;
 - в) производственный процесс;
 - г) рабочий процесс.
14. Как называется часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над изготавливаемым изделием?
- а) работа;
 - б) операция;
 - в) установка;
 - г) приём.
15. Как называется совокупность рабочих мест, которая образует организационно-техническую единицу производства?
- а) цех;
 - б) участок;
 - в) рабочее место;
 - г) отделение.
16. Как называется производство, при котором процесс изготовления изделий ведется партиями?
- а) единичное;
 - б) серийное;
 - в) массовое;
 - г) индивидуальное.
17. Заготовка ___? ___ по конфигурации и размерам от готовой детали.
- а) абсолютно не отличается;
 - б) существенно отличается;
 - в) очень редко отличается;
 - г) иногда не отличается.

18. При изготовлении детали припуски назначаются на ___? ___
- а) внешние обрабатываемые поверхности;
 - б) поверхности цилиндрических отверстий;
 - в) некоторые обрабатываемые поверхности;
 - г) все обрабатываемые поверхности.
19. Масса заготовки ___? ___ массы детали.
- а) больше;
 - б) меньше;
 - в) равна;
 - г) нет правильного ответа.
20. Какое из нижеперечисленных утверждений является неверным?
- а) литье наиболее дорогой и сложный способ формообразования заготовок;
 - б) литье простой и универсальный способ формирования заготовок;
 - в) литьем можно получить заготовки массой от нескольких грамм до сотен тонн;
 - г) литьем можно получить очень крупные заготовки.
21. Что не является достоинством литья в землю по деревянным моделям?
- а) получение отливок любой сложности;
 - б) большие припуски;
 - в) неограниченные размеры отливок;
 - г) низкая себестоимость.
22. **Литьё в кокиль (металлическую форму) ___? ___**
- а) применяется для изготовления деталей из тугоплавких материалов;
 - б) применяется в серийном производстве для литья деталей из цветных металлов;
 - в) применяется в единичном производстве для литья стальных деталей;
 - г) применяется для сложных отливок из чёрных металлов.
23. Какое оборудование из ниже перечисленного нецелесообразно использовать для плавки металла в литейных цехах:
- а) доменную печь;
 - б) вагранку;
 - в) электропечь;
 - г) индукционную печь.
24. Литье по выплавляемым моделям характеризуется тем, что ___? ___
- а) форма и модель разовые;
 - б) разовая только форма;
 - в) разовая только модель;
 - г) нет правильного ответа.
25. Из чего изготавливаются формы для литья под давлением?
- а) жаропрочная сталь;
 - б) чугун;
 - в) алюминий;
 - г) пластмасса.
26. Какое оборудование используется для литья под давлением:
- а) гидравлический пресс;
 - б) машина с горячей камерой сжатия;
 - в) паровоздушный молот;
 - г) машина с холодной камерой сжатия.
27. Какой вид обработки давлением заключается в обжатии заготовки вращающимися валками, что приводит к изменению формы и размеров поперечного сечения заготовки?
- а) волочение;
 - б) прокатка;

- в) штамповка;
г) ковка.
28. Что остается неизменным при обработке заготовки давлением?
а) линейные размеры;
б) объем;
в) форма;
г) все параметры меняются.
29. Какое оборудование из ниже перечисленного нецелесообразно использовать для операций штамповки:
а) пресс винтовой;
б) молот паровоздушный;
в) пресс гидравлический;
г) стан прокатный.
30. Механическая обработка металла резанием является ___??___ методом изготовления деталей наивысшей точности и самой низкой шероховатости.
а) основным и единственным;
б) не самым лучшим;
в) худшим;
г) нет правильного ответа.
31. Отодвинули ли новые электрофизические способы обработки (лазерные и др.) механическую обработку на второй план?
а) да;
б) нет;
в) не все способы;
г) нет правильного ответа.
32. Что такое стойкость режущего инструмента?
а) время непрерывной работы до первой переточки;
б) время непрерывной работы между переточками;
в) время эксплуатации до полного износа;
г) способность сопротивления истиранию.
33. На сколько твердость режущего инструмента должна быть больше твердости обрабатываемого материала?
а) на 1%;
б) минимум на 20%;
в) максимум на 20%;
г) нет правильного ответа.
34. Что такое красностойкость инструментального материала?
а) способность материала сохранять высокую твердость при высоких температурах;
б) способность материала давать раскалённую стружку;
в) способность материала сохранять стойкость;
г) способность материала не размягчаться.
35. Какой из нижеперечисленных материалов является основным материалом режущих инструментов?
а) углеродистая инструментальная сталь;
б) легированная инструментальная сталь;
в) быстрорежущая сталь;
г) металлокерамические твердые сплавы.
36. Какая группа металлорежущих станков обладает наибольшей универсальностью?
а) фрезерные;

- б) токарные;
 - в) сверлильные;
 - г) строгальные.
37. Какая группа станков используется для выполнения ограниченного числа операций на деталях широкой номенклатуры?
- а) универсальные;
 - б) специализированные;
 - в) специальные;
 - г) станки с ЧПУ.
38. На что указывает число 35 в обозначении сверлильного станка 2Н135?
- а) наименьший диаметр сверления;
 - б) наибольший диаметр сверления;
 - в) максимальную длину отверстия;
 - г) наибольший размер детали.
39. Токарные станки __??__ тип станков.
- а) первый появившийся;
 - б) самый совершенный;
 - в) наименее используемый;
 - г) в данное время не используемый.
40. Какой элемент из ниже перечисленных не входит в конструкцию токарного станка:
- а) станина;
 - б) стойка передняя;
 - в) бабка передняя;
 - г) ходовой винт.
41. В горизонтально-расточные станки используются для __??__
- а) обработки отверстий в мелких деталях;
 - б) обработки отверстий в крупных деталях;
 - в) шлифования плоскостей;
 - г) строгания отверстий.
42. Куда устанавливается деталь при обработке на вертикально-сверлильных станках:
- а) в шпиндель;
 - б) на стол станка;
 - в) на станину;
 - г) в суппорт.
43. Для обработки каких деталей не используются фрезерные станки?
- а) корпусных;
 - б) тел вращения;
 - в) плоских планок
 - г) деталей с уступами.
44. Какой элемент из ниже перечисленных не принадлежит конструкции фрезерного станка:
- а) стол;
 - б) салазки;
 - в) коробка подач;
 - г) задняя бабка.
45. Из следующих утверждений выберите неверное:
- а) шлифование является трудоемким процессом;
 - б) шлифование – чистовой, отделочный метод обработки заготовок;
 - в) шлифование – единственный метод обработки закаленных деталей;
 - г) шлифованием нельзя достичь среднего уровня точности.

46. Какой материал не используется для изготовления абразивных кругов?
- а) белый электрокорунд;
 - б) карбид кремния зелёный;
 - в) наждак природный;
 - г) алмаз синтетический
47. Из следующих утверждений выберите неверное:
- а) шлифовальные станки обеспечивают наивысшую точность обработки;
 - б) шлифовальные станки более дорогие, чем другие;
 - в) шлифовальные станки самые высокопроизводительные;
 - г) на шлифовальных станках можно обрабатывать закалённые детали.
48. Какой из методов поверхностного пластического деформирования относится к способам выглаживания?
- а) дорнование;
 - б) обкатывание;
 - в) раскатывание;
 - г) полирование.
49. Как называется процесс сборки, при котором изделие собирается на заводе, испытывается, частично разбирается и окончательно собирается у заказчика?
- а) собственно сборка;
 - б) монтаж;
 - в) консервация;
 - г) частичная сборка.
50. Какой вид сборки применяется для сборки тяжелых, сложных и уникальных изделий?
- а) стационарная сборка;
 - б) подвижная сборка;
 - в) и стационарная, и подвижная;
 - г) ни стационарная, ни подвижная.
51. По какой формуле вычисляется такт выпуска изделия?
- а) $t=60\Phi/N$;
 - б) $t=60N/\Phi$;
 - в) $t=360\Phi/N$;
 - г) $t=0,6\Phi/N$.
52. Какой способ сборки не относится к сборке неразъемных соединений?
- а) сварка;
 - б) склепывание;
 - в) склеивание;
 - г) соединение болтами.
53. Как называется технологический процесс получения неразъемных соединений в результате частичного оплавления соединяемых деталей и образования атомно-молекулярных связей?
- а) пайка;
 - б) сварка;
 - в)ковка;
 - г) оплавка.
54. Какое оборудование используется при дуговой сварке плавлением:
- а) сварочный трансформатор;
 - б) газопламенная горелка;
 - в) электронная пушка;
 - г) индукционный нагреватель.

55. Для предотвращения ослабления резьбовых соединений применяют:
- а) контргайки;
 - б) пружинные шайбы;
 - в) шплинты;
 - г) все варианты.
56. Какой способ недопустим при сборке валов с шарикоподшипниками:
- а) с помощью молотка и оправки;
 - б) лёгкого пресса;
 - в) нагревом подшипника в масляной ванне до 80-120°C;
 - г) с использованием тяжёлой кувалды.
57. Что важно обеспечить при сборке зубчатых передач:
- а) плавность работы;
 - б) боковой зазор;
 - в) осевой люфт;
 - г) плотность контакта.
58. Какое оборудование не входит в состав транспортного оборудования сборочных цехов?
- а) конвейер ленточный;
 - б) конвейер пластинчатый;
 - в) кран-балка с тельфером;
 - г) вильчатый погрузчик.
59. Что лежит в основе электроэрозионной обработки:
- а) дуговой разряд;
 - б) искровой разряд;
 - в) химическое травление;
 - г) механическое разрушение.
60. Что лежит в основе электрохимической обработки:
- а) химическое травление;
 - б) искровой разряд;
 - в) анодное растворение;
 - г) электродный потенциал.
61. Что является недостатком способа электрохимической обработки:
- а) низкая шероховатость обработанной поверхности;
 - б) высокая энергоёмкость процесса;
 - в) отсутствие механического воздействия на поверхность;
 - г) низкая размерная точность обработки.
62. При каких операциях применение лазера неэффективно:
- а) обработка мелких отверстий;
 - б) обточка крупных валов;
 - в) резка тонких плёнок;
 - г) подгонка резисторов.
63. При каких операциях эффективно применение ультразвука:
- а) при мойке и очистке мелких деталей;
 - б) при мойке и очистке крупных деталей;
 - в) при сварке пластмассовых плёнок;
 - г) при прошивании отверстий в твёрдом сплаве.
64. Какие изделия нецелесообразно получать порошковой металлургией:
- а) пористые подшипники;
 - б) тонкие фильтры;
 - в) сложной формы штамповки;

г) твёрдые металлокерамические сплавы.

65. Какие процессы не применяются при изготовлении деталей из пластмасс:

- а) объёмное прессование;
- б) литьевое прессование;
- в) ковка;
- г) литьё под давлением.

66. Числовое программное управление оборудованием это – *(подберите наиболее точное выражение)*:

- а) управление с помощью чисел;
- б) когда команды передаются оборудованию в виде алфавитно-цифровых кодов;
- в) управление с помощью программ, составленных ЭВМ;
- г) когда команды составлены из чисел, задающих координаты перемещений.

67. Что представляет собой промышленный робот: *(подберите наиболее точное выражение)*

- а) машину, способную заменить человека на рабочем месте;
- б) автоматическую машину, представляющую совокупность манипулятора и программируемого устройства управления;
- в) автоматическую машину, способную приспосабливаться к меняющимся условиям работы;
- г) автоматический манипулятор для работы с заготовками.

68. Что не является достоинством технологии обработки деталей на станках с ЧПУ:

- а) возможность обработки детали за одну установку;
- б) совмещение разных операций;
- в) высокая точность и стабильность обработки;
- г) высокая себестоимость обработки.

69. Гибкое автоматизированное производство это – *(подберите наиболее точное выражение)*:

- а) участок станков с ЧПУ и промышленных роботов;
- б) совокупность различного оборудования с ЧПУ, обладающая способностью к автоматической переналадке;
- в) совокупность станков с ЧПУ, промышленных роботов, работающих в три смены;
- г) производство с безлюдной и безбумажной технологией.

70. Укажите наиболее перспективное направление совершенствования металлорежущего оборудования:

- а) повышение точности оборудования;
- б) повышение уровня автоматизации;
- в) повышение производительности;
- г) повышение качества обработки.

