

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»

**Технологии сельскохозяйственного машиностроения**

Курс лекций

**для аспирантов**

Направление подготовки

**Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в  
сельском, лесном и рыбном хозяйстве**

Профиль подготовки

**Технологии и средства технического обслуживания в сельском  
хозяйстве**

Саратов 2014

УДК621

ББК К5я73

Т484

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор,

Королев А. П.

Кандидат технических наук,

Начальник отдела технической политики

министерства сельского хозяйства Саратовской области

Кузин П.В.

Загородских Б. П., Абрамов С. В. Технологии сельскохозяйственного машиностроения: курс лекций / Б. П. Загородских, С. В. Абрамов .– Саратов: Изд-во...СГАУ, 2014.- с. – 30экз.-

Т484

Содержит разделы, посвященные раскрытию подхода по обеспечению точности и качества обрабатываемых поверхностей деталей при их изготовлении, с учетом типовых технологических процессов, прошедших апробацию в промышленности и базирующихся на результатах научных исследований и прогрессивном опыте машиностроительных заводов. Рассмотрены этапы технологического проектирования и оформления документации на изготовление деталей. Дан подход по использованию современных информационных технологий снижающих затраты времени на проектирование и способствующих быстрой переналадки при единичном и серийном производствах.

Предназначен для аспирантов направления подготовки «**Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве**».

УДК621

ББК К5я73

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный  
аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

## Содержание:

Введение

Лекция 1. Технологическая подготовка машиностроительного производства вторичной сборки: основные понятия и определения.	5
Лекция 2. Системный подход – методологическая основа технологии машиностроения.	14
Лекция 3. Типовые технологические процессы изготовления деталей. Технологическая документация.	20
Лекция 4. Базирование и базы в машиностроении.	30
Лекция 5. Точность и качество обрабатываемых поверхностей	34
Лекция 6. Использование технологической оснастки в технологическом процессе сборке машин и изготовлении деталей.	45
Лекция 7. Исследование процесса формирования и технологических возможностей управления состояниями обрабатываемых элементов.	56
Лекция 8. Проектирование технологических процессов механической обработки деталей с учетом имеющегося технологического оборудования и современных информационных технологий.	70

## Введение

Целью освоения дисциплины «Технологии сельскохозяйственного машиностроения» является формирование практических навыков использования достижений в машиностроении, для выпуска качественной продукции и управления производством вторичной сборки техники, через проектирование технологических процесса изготовления деталей и сборки машин.

## Лекция 1. Технологическая подготовка машиностроительного производства вторичной сборки: основные понятия и определения

---

Курс " Технологические инновации при интеграции машиностроения и агропромышленного комплекса " является завершающей частью комплекса инженерно-технологических дисциплин подготовки бакалавров и специалистов и базируется на ранее изученных предметах - "Инженерная графика", "Материаловедение и ТКМ", "Основы проектирования и конструирования", "Детали машин", «Обработка металла резанием».

Дисциплина «Технологические инновации при интеграции машиностроения и агропромышленного комплекса» раскрывает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени. Основное содержание представленной работы составляют разделы, посвященные разработке технологических процессов изготовления типовых деталей, которые изложены по единому плану в соответствии со стандартами разработки и постановки изделий на производство. За основу приняты типовые технологические процессы, прошедшие апробацию в промышленности и базирующиеся на результатах научных исследований и прогрессивном опыте машиностроительных заводов.

### 1.1. Понятие об изделии, производственном и технологическом процессах

Изделие - предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятии.

Изделия делятся на две группы:

а) не специфицированные - не имеющие составных частей (детали).

б) специфицированные - состоящие из двух и более составных частей (сборочные единицы, комплексы, комплекты).

Деталь - изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица - изделие, составные части которого подлежат соединению между собой (свинчивание, сварка, клёпка, пайка, склеивание и т.д.).

Комплекс - два или более специфицированных изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (бурильная установка, цех-автомат и т.д.).

Комплект - набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект инструмента, комплекты запасных частей и т.д.).

Производственный процесс - совокупность взаимосвязанных действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовые изделия, соответствующие своему служебному назначению. Он охватывает: подготовку средств производства; обслуживание рабочих мест, все стадии изготовления изделия; сборку; внутризаводскую транспортировку, технический контроль; складские операции; упаковку и др.

Технологический процесс - часть производственного процесса, непосредственно связанная с последовательным изменением состояния объекта. Различают технологические процессы выполнения заготовок, термической обработки, механической обработки, сборки. В технологических процессах заготовительного характера происходит превращение исходного материала в заготовки деталей машин заданных размеров и

конфигурации путём литья, резки проката, обработки давлением. Могут быть и комбинированные методы. В процессе термообработки происходят структурные превращения, изменяющие свойства материала детали. Под технологическим процессам механической обработки понимают изменения заготовки до изделия. Технологический процесс сборки - последовательное соединение элементов изделия в узлы (узловая сборка) и последующая сборка узлов и деталей в изделие (общая сборка).

Технологический процесс выполняется на рабочем месте.

Рабочее место - участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нём работой.

Технологический процесс расчленяется на операции.

Операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, одним или группой исполнителей непрерывно (до перехода к следующей заготовке).

Пример: сверление плюс растачивание на одном токарно-винторезном станке разными инструментами - одна операция. Растачивание на токарно-винторезном, а сверление - на сверлильном - две операции.

Технологическая операция содержит нижеприведённые элементы.

Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы (рис. 1.1).

При обработке заготовка может изменять положение относительно узлов станка при помощи поворотных устройств (делительных головок и т.д.), т.е. занимать различные позиции.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое закреплённой заготовкой или собираемым узлом относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определённой части операции.

Пример: При обработке на револьверном станке каждое новое положение револьверной головки с инструментом считается позицией.

Технологический переход - законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке, и постоянством режима работы.

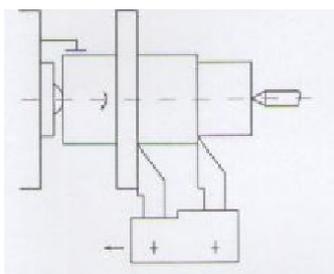


Рис. 1.1. Обработка цилиндрических поверхностей вала за один переход

Пример: Последовательное точение резцом сначала одной ступени вала, а потом другой будет состоять из двух переходов, а если выполнять обточку этих ступеней одновременно двумя резцами, то это будет обтачивание за один переход (рис. 1.2). Черновая и чистовая обработка также производится в два перехода, так как меняются режимы резания (подачи, скорость шпинделя, глубина резания).

*Вспомогательный переход* — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей.

Пример: установка и снятие заготовки, замена инструмента, его установка, контрольный промер и т.д.

Переход состоит из рабочих и вспомогательных ходов.

*Рабочий ход* - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемая изменением размеров, шероховатости или свойств заготовки.

*Вспомогательный ход* - законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода, например: перемещение суппорта токарного станка в исходное положение после выполнения обточки (то же для строгального станка).

## 1.2. Норма времени, технологическая себестоимость изделия

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.

$$t_{ш} = t_0 + t_B + t_T + t_{opr} + t_{п}$$

$t_0$  - основное (технологическое) время;  $t_B$  - вспомогательное время;  $t_T$  - время технического

обслуживания рабочего места;

$t_{opr}$ — время организационного обслуживания рабочего места;

$t_n$  - время перерывов.

Время  $t_0$  - затрачивается непосредственно на изменение размеров, формы и т.д. детали или присоединение при сборке.

$$t_0 = \frac{l_p i}{S_M}$$

где  $l_p$ - расчётная длина, мм (длина хода в направлении подачи);  $i$  - число рабочих ходов

инструмента;  $S_M$  - минутная подача инструмента мм/мин.

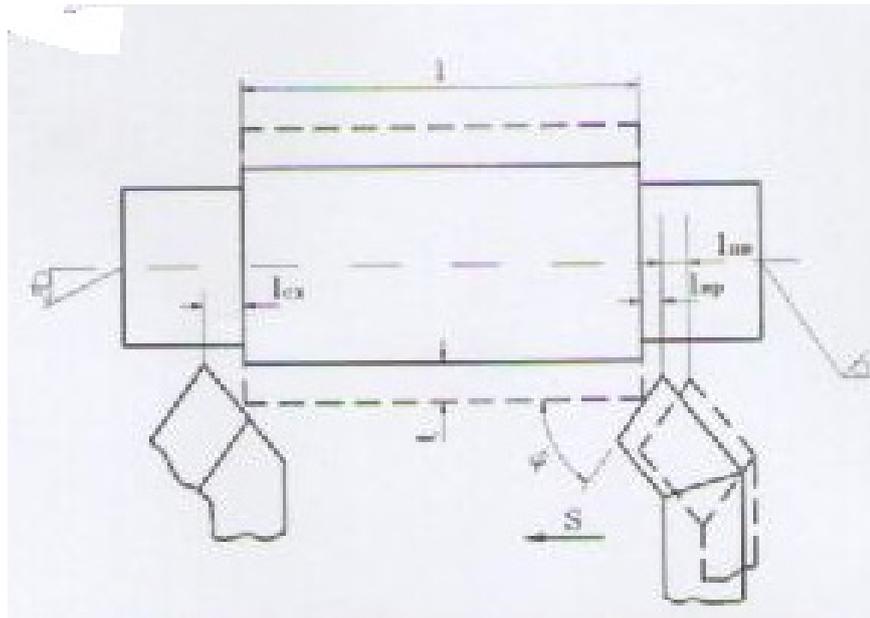


Рис. 1.2. Схема определения расчётной длины

Пример:

а) при ручном подводе (рис.1.3)

$$l_p = l + l_{BP} + l_{cx}$$

где  $l$  - длина обработки;  $l_{BP}$  - путь врезания;  $l_{cx}$  - путь схода.

б) при автоматическом цикле обработки (рис 28)

$$l_p = l'_p + l_{ПВ} ,$$

где  $l_{ПВ}$  - путь подвода инструмента, для предупреждения удара в начале резания.

Значения  $l_{BP}$ ,  $l_{cx}$ ,  $l_{ПВ}$  - определяют по справочным данным ( $l_{cx}$  и  $l_{ПВ} \approx 1\text{мм}$ ),  $l_{BP}$  определяется из геометрических соображений.

Пример.

1) при продольном сечении

$$l_{BP} = t * \text{ctg}\phi;$$

2) при фрезеровании паза

$$l_{BP} = \sqrt{i(d - t)},$$

где  $i$  - глубина резания;  $d$  — диаметр резьбы

Время  $t_B$  - затрачивается на действие, сопровождающее выполнение основной работы (закрепление, снятие заготовки или собираемого узла, пуск и остановку станка, переключение режимов обработки и т.д.);  $t_B < 5\% t_0$ .

Сумма основного и вспомогательного времени – оперативное время:

$$t_{оп} = t_0 + t_B,$$

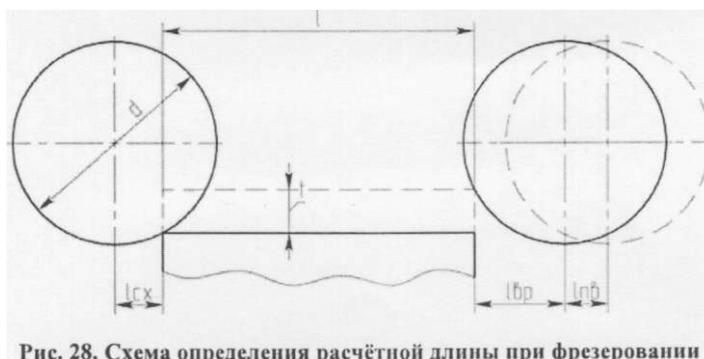


Рис. 1.3. схема определения расчетной длины при фрезеровании

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  $\approx (4..8\%)t_{оп}$ ;  $t_{п}$ - время перерывов (на отдых, личные надобности),  $t_{п} \approx 2,5\%t_{оп}$ .

При изготовления изделий, партиями (серийное производство) учитывают также подготовительно- 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-заклучительное время образуют норму штучно-калькуляционного времени  $t_{ш.к}$ .*

$$t_{ш.к} = t_{п.з}/n + t_{ш}$$

где  $n$  - число деталей в партии.

На основе норм времени определяют расценки операций, количество оборудования, осуществляют планирование производственного процесса.

*Технологическая себестоимость* операции механической обработки  $C_0$  является основным критерием для установления наиболее экономичного технологического процесса обработки изделия.

$$C_0 = \frac{C_{п.з} * T_{ш.к}(шт)}{60K_B}$$

где  $T_{ш.к}(шт)$  - штучно-калькуляционное или штучное время на операцию (мин.);  $K_B$  - коэффициент выполнения норм (обычно  $K_B = 1,3$ );  $C_{п.з}$  - часовые приведённые затраты (р./ч).

$$C_{п.з} = C_3 + C_{ч.з} + E_H(K_C + K_3)$$

где  $C_3$  - основные и дополнительные затраты с начислениями, р./ч;  $C_{ч.з}$  - часовые затраты на эксплуатацию рабочего места, р./ч;  $E_H$  - нормативный коэффициент экономической эффективности (в машиностроении  $E_H = 0,15$ );  $K_C, K_3$  - 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.

### 1.3. Типы машиностроительных производств. Сущность поточных методов производств

*Тип производства* - организационно-технологическая характеристика производственного процесса. В зависимости от объёма производственной программы и характера изготавливаемой продукции различают три основных типа производства: единичное, серийное, массовое. Следует отметить, что для пищевого машиностроения свойственна малая серийность при большой номенклатуре выпускаемых изделий, при сравнительно малом числе предприятий. Это вызывает загруженность каждого завода большой номенклатурой различного оборудования, не имеющего общих конструктивных и технологических признаков.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции  $K_{3.0}$

$$K_{3.0} = \frac{O}{P}$$

где  $O$  - число различных операций;  $P$  - число рабочих мест.

Значения  $K_{3.0}$  принимаются для планового периода, равного одному месяцу. Например:

Тип производства	массовое	крупное серийное	среднее серийное	мелко-серийное	единичное
$K_{3.0}$	1,0	< 10	10.. 20	20...40	> 40

Единичное производство характеризуется:

- 1) широкой номенклатурой;
- 2) малым объёмом выпускаемых изделий;
- 3) применением универсального оборудования (с разбивкой на участки - токарный, фрезерный и т.д.);
- 4) высокой квалификацией рабочих;
- 5) высокой себестоимостью продукции.

В серийном производстве детали заготавливают партиями, а изделия сериями, повторяющимися через определённые промежутки времени.

Серийное производство характеризуется:

- 1) ограниченной номенклатурой изделий;
- 2) применением как универсального, так и специального оборудования, приспособлений, инструмента;

3) широким использованием УНП (универсальные наладочные приспособления), УСП (универсальные сборные приспособления), станков с ЧПУ;

- 4) оборудованием располагают как по типам станков, так и в последовательном ТП.

Массовое производство характеризуется:

- 1) узкой номенклатурой и большим объёмом выпуска изделий;
- 2) на каждом рабочем месте выполняется одна неизменно повторяющаяся операция;
- 3) оборудование располагается в последовательности выполнения операций;
- 4) широкое применение специализированного оборудования, средств комплексной механизации и автоматизации;
- 5) соблюдение принципов полной взаимозаменяемости.

Высшей формой массового производства является поточно-массовое, при этом время каждой операции равно или кратко времени всего потока (такта). Среднее значение такта выпуска (темпа) - промежуток, времени, через который с поточной линии выпускается единица продукции (мин/шт.),

$$t = \frac{60 * F * K * m}{N}$$

где  $F$  - календарный фонд времени (ч) (при одной смене - 20...70 ч);  $K$  - коэффициент потерь времени на ремонт оборудования ( $K = 0,98...0,96$ );  $m$  - число рабочих смен;  $N$  - годовая программа выпуска.

Для операций, время выполнения которых не укладывается в такт выпуска, используют дополнительное оборудование.

Приведённое выше деление машиностроительного производства на типы условно, так как чёткую границу между ними установить невозможно. Ориентировочно тип производства можно определить по данным таблицы:

Тип производства	Крупных, большой трудоёмкости, массой более 30 кг	Средних размеров и трудоёмкости, массой 8...30 кг	Небольших, маленькой трудоёмкости, массой менее 8 кг
1. Единичное (инд.)	<5	< 10	< 100
2. Мелкосерийное	5...100	10...100	100...500
3. Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000

4. Крупносерийное	300... 1000	500...5000	5000. ...50 000
5. Массовое	> 1000	> 5000	> 50 000

Тип производства выбирают исходя из заданной программы выпуска путём расчёта такта выпуска детали.

Для серийного производства определяют также размер экономически выгодной партии деталей одновременно используемой в производстве:

$$n = \frac{\sum t_{п.э}}{\sum t_{шт}}$$

где  $\sum t_{п.э}$  - сумма подготовительно-заключительного времени по операциям, мин;  $\sum t_{шт}$  - сумма штучного времени по операциям, мин;  $K$  — коэффициент, учитывающий потери времени на переналадку оборудования ( $K = 0,04$  - крупносерийное,  $K = 0,18$  - мелкосерийное).

Особенность химического машиностроения - разнообразный характер производства от индивидуального и мелкосерийного до средне- и крупносерийного. Преобладающим типом производства, однако, является мелкосерийное. Например, около 25 % наименований оборудования выпускается до 10 шт. в год, 43 % - от 10 до 100 шт., примерно 27 % - от 100 до 1000 шт. И только 5 % - более 1000 шт.

Малая серийность при большой номенклатуре выпускаемых изделий и небольшом числе предприятий приводит к загруженности каждого завода большой номенклатурой различного оборудования, не имеющего общих конструктивных и технологических признаков.

**Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)**- комплекс работ, позволяющих приступить к изготовлению нового изделия в заданных объемах производства и заданного качества.

ЕСТПП включает следующие комплексы работ: по обеспечению технологичности конструкции изделия; разработке технологических процессов; проектированию и изготовлению средств технологической оснастки (приспособлений и инструментов); организации и управлению процессом ТПП ( типового производственного процесса).

Важность работ по ТПП видна из того факта, что при массовом и крупносерийном производстве трудоемкость проектирования технологических процессов и оснастки превосходит по трудоемкости конструирование машин в 2...2.5 раза.

В систему ЕСТПП органически входит единая система технологической документации (ЕСТД). Это система государственных стандартов, определяющих порядок разработки, оформление и обращения технологической документации.

Вопросы для самоконтроля:

- 1, Что такое изделие и его элементы. 2. Чем характеризуется деталь и узел. Что такое сборочная единица, 3. Перечислите примерный состав машиностроительного завода 4.

Что представляют собой производственный и технологический процессы. Чем они различаются, 5, Что такое технологическая операция, технологический и вспомогательный переходы, установ, прием, наладка и подналадка, рабочее место. 6. Какие существуют виды производств в зависимости от масштаба производства. 7, Что такое единая система технологической подготовки производства ( ЕСТПП).

#### Основная литература

1. **Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. [Текст] Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2004. - 359 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 : ( 6-14 стр.).

#### Дополнительная литература

1. **Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения [Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения» по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 528 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение). - ISBN 978-5-7695-5634-0

2. **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО « Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

3. **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

4. **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

## Лекция 2. Системный подход – методологическая основа технологии машиностроения

### 2.1. Качество изделий в машиностроении

Под качеством продукции понимают совокупность её свойств, определяющих пригодность продукции удовлетворять определённым потребностям в соответствии с её назначением. Качество изделия характеризуется тремя группами показателей:

1. *технический уровень* (мощность, КПД, производительность, экономичность и т.д.) - уровень взаимозаменяемости, унификации - определяет степень совершенства изделия;

2. *производственно-технологические показатели* (показатели технологичности конструкции) — характеризуют эффективность конструктивных решений с точки зрения обеспечения оптимальных затрат труда и средств на изготовление изделия;

3. *эксплуатационные показатели*, включающие:

а) показатели надёжности (долговечность, динамическое качество и т.д.);

б) эргономическую характеристику, т.е. степень учёта комплекса потребностей человека в системе "человек-машина-среда" (удобство рабочих органов, обзорность, уровень вибраций и шума и т.д.);

в) эстетическую характеристику;

г) экологичность эксплуатации.

Различают единичные и комплексные показатели. Применяют также интегральный показатель уровня качества - относительную характеристику, основанную на сравнении показателей качества данного изделия с соответствующими показателями лучших отечественных и зарубежных образцов. Повышение качества изделия - ответственная задача, которая решается (наряду с другими) на стадии его технической проработки.

## 2.2. Точность и способы обеспечения качества изделия

Важнейшим показателем качества изделия является его *точность*. При изготовлении деталей невозможно достичь абсолютно точных номинальных размеров. Поэтому при составлении рабочих чертежей назначают допускаемые отклонения от начальных размеров, которые отвечают точности их изготовления.

Точность детали характеризуют следующими параметрами:

а) допускаемые отклонения действительных размеров от номинальных (показатель точности – точность JT01..JT17);

б) допускаемые отклонения от геометрической формы (овальность, огранка, некруглость, неплоскостность, нецилиндричность, непрямолинейность и т.д.);

в) допускаемые отклонения поверхностей и осей от их взаимного расположения или расположения относительно базы (несоосность, торцовое или радиальное биение, отклонение от перпендикулярных и параллельных плоскостей или осей и т.д.). Согласно ГОСТ устанавливают 16 степеней точности:

Пример: предельное отклонение формы.

$$d = 18...30 \text{ мм}$$

1 степень точности - 0,6 мм      радиальное биение – 16 мкм,

10 степень точности - 4,0 мм      радиальное биение - 100 мкм;

г) допускаемая шероховатость поверхности (микргеометрические отклонения).

*Точность обрабатываемой детали* — степень соответствия её всем требованиям рабочего чертежа, технических условий и стандартов. Чем выше это соответствие, тем выше точность изготовления. Действительные отклонения параметров реальной детали от заданных номинальных их значений — *погрешность обработки*.

Необходимая точность обработки может быть достигнута следующими основными методами.

а) *Метод пробных рабочих ходов* - заключается в индивидуальной выверке устанавливаемой на станок заготовки, последовательного снятия стружки с короткого участка путём пробных рабочих ходов, сопровождаемых пробными замерами. Окончательная обработка производится по всей длине заготовки после корректировки положения режущего инструмента по данным пробных замеров.

Достоинства метода:

1. На неточном оборудовании можно получить высокую точность.
2. Исключается влияние износа режущего инструмента на точность, так как при проведении пробных ходов и замеров корректируется положение инструмента.
3. Исключает необходимость пользоваться сложными и дорогостоящими приспособлениями (кондукторами, поворотными и делительными головками и т.д.).

Недостатки:

1. Зависимость достигаемой точности от толщины снимаемой стружки, т.е. нет возможности внести поправку в размер меньше толщины стружки.
2. Высокая квалификация исполнителя.
3. Низкая производительность, высокая себестоимость.

Используется в единичном, мелкосерийном производстве. В серийном - "спасение брака".

б) *Метод автоматического получения заданного размера* — заключается в том, что партию заготовок обрабатывают на предварительно настроенном станке с установкой заготовок в приспособление без выверки их положения, а режущий инструмент при наладке станка устанавливают на определённый размер, называемый *настроечным*. Метод более производительен, так как обработка ведётся за один проход, а затраты времени на предварительную наладку раскладываются на всю партию деталей. Применяется в серийном и массовом производстве.

Преимущества:

1. Повышение точности и снижение брака.
2. Рост производительности.
3. Низкая квалификация рабочих.

Применяются также такие методы как:

- 1) за один проход с установкой размера по лимбу (нужное деление - пробной обработкой одной детали, или по эталону), - мелко-среднесерийное производство;
- 2) с использованием *подналадчика*, с использованием устройств, производящих измерение на ходу - автоматизированное производство.

### 2.3. Влияние требований точности на трудоемкость и себестоимость

При обработке одной и той же заготовки с различной степенью точности изменяются трудоёмкость и себестоимость: при изготовлении деталей с меньшим допуском (большей точностью) они возрастают (рис. 1, а).

Это объясняется тем, что для достижения заданной точности обработки приходится применять больше технологических методов, например: точение, шлифование, полирование и т.д.

На рисунке 1, б показано влияние отдельных методов обработки на себестоимость. Очевидно, что экономически целесообразно достигнуть  $JT < 8$  - чистовым шлифованием;  $8 < JT < 9$  - предварительным шлифованием;  $JT > 9$  - чистовым точением.

*Показатель этой целесообразности* - средняя экономическая точность определённого метода обработки, которая есть точность, получаемая в нормальных производственных условиях с меньшими затратами, чем при других сопоставимых методах обработки.

Наряду со среднеэкономической точностью различают также достижимую точность, обеспечение которой связано с большими затратами, так как требует специальных приемов, высокой квалификации рабочего, тщательной подготовки инструмента.

#### 2.4. Виды погрешностей

Все *первичные* (элементарные) погрешности разделяют на:

1) *систематические постоянные* - которые при обработке партии заготовок постоянны во времени по значению и знаку.

Пример: погрешность размера режущего инструмента (зенкера, развёртки, сверла), неточность формы фасонного резца, неперпендикулярность оси шпинделя и плоскости стола вертикально-сверлильного станка и др. Эти погрешности могут быть выявлены путём пробных замеров нескольких деталей.

2) *систематические функциональные переменные* — которые в процессе обрабатывания закономерно меняются по времени, т.е. в зависимости от числа обрабатываемых изделий.

Пример: износ режущего инструмента, тепловые деформации ОЗПИ до момента теплового равновесия и др.

Выявляются путём пробных замеров. Установив закон изменения можно снизить и даже устранить указанные погрешности.

3) *случайные погрешности* - которые для партии деталей имеют различные значения, предсказать их появление и характеризовать невозможно (делятся на непрерывные и дискретные).

Пример: погрешности установки детали и инструмента; упругое отжатие СПИД (ОЗПИ), определяемое неравномерностью твёрдости заготовки, погрешности из-за неравномерности припуска на обработку и т.д. Основная масса случайных погрешностей - *непрерывные*, имеющие значения в пределах определённого интервала. Дискретные встречаются редко (пример: погрешность регулировки при использовании устройств ступенчатого типа).

Для получения *результатирующей* погрешности необходимо суммировать погрешности по размеру и знаку, причём делают это различными методами:

- а) систематические постоянные - алгебраически (с учётом их знаков);
- б) систематические переменные - арифметически;
- в) случайные - по правилу квадратного корня.

## 2.5. Вероятностно-статистический метод оценки погрешностей

### 2.5.1. Закон нормального распределения

Указанный метод используется для установления наиболее вероятного значения размеров обрабатываемой заготовки при данных условиях обработки. Метод основан на проведении обработки опытной партии заготовок с замерами требуемого параметра (размера). В полученном ряде размеров  $l_i$  выявляются предельные значения и определяется размах распределения  $\Delta P$ .

$$\Delta P = l_{max} - l_{min} .$$

Значения  $\Delta P$  разбивают на равные интервалы и определяют частность повторений со отклонения размеров в каждом интервале

$$\omega = \frac{m}{n}$$

где  $m$  - число заготовок, фактический размер которых находится в пределах данного интервала;  $n$  - общее число деталей в партии.

Далее строят график (полигон) распределения размеров

Пример:  $n = 100$  шт.,  $\Delta P = 0,16$  мм, интервал-0,02 мм.

I - размерная группа - 5 дет.  $\omega = 0,05$

II- размерная группа - 13 дет.  $\omega = 13$  и т.д.

Известно, что распределение суммы большого числа взаимно независимых случайных слагаемых величин с малым влиянием каждой на общую сумму при отсутствии доминирующих факторов подчиняется *закону нормального распределения*.

Для повышения плавности ломанной линии увеличивают число деталей ( $n$ ) и уменьшают интервал (например, принимают 0,01 мм).

Установлено, что при обработке заготовок способом автоматического получения размеров точность обработки подчиняется закону нормального распределения (рис. 4), который изображается математической кривой Гаусса с уравнением:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение аргумента;  $l$  - основание натурального логарифма;  $a$  - центр группирования значений аргумента и в то же время среднеарифметическое отклонение аргумента.

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2},$$

где  $n$  - число измерений;  $x_i$  - текущее значение измерения;  $x_{cp}$  - среднее арифметическое данных измерений.

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Число  $n$  необходимо брать 50 и более.

Кривая нормального распределения симметрична. Ордината вершины  $Y_{max}$  будет при  $x = a$

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

Точка перегиба находится на расстоянии:

$$Y_A = Y_B = \frac{Y_{max}}{\sqrt{l}} \approx 0,6Y_{max}$$

Величина  $\sigma$  характеризует форму кривой распределения и является *мерой точности* данного метода обработки. С увеличением точности обработки  $\sigma$  уменьшается.

Изучение кривых распределения погрешностей позволяет выявить соотношения между числом годных и бракованных изделий. Если на обработку установлен допуск  $\delta$ , который определяется величинами  $x_1$ , и  $x_2$  от центра группирования, то заштрихованный участок соответствует числу заготовок, входящих в поле допуска.

Для определения площади (заштрихованной) необходимо проинтегрировать функцию  $y$  в пределах граничных значений  $x_1$  и  $x_2$ .

Установлено, что в интервале  $x = \pm 3\sigma$  площадь, ограниченная этим участком, составляет 0,9973 всей площади, т.е. 99,73% обработанных заготовок будут годными. Процент брака -0,27. Таким образом точность любого способа обработки можно установить по величине  $6\sigma$  (правило шести  $\sigma$ ), что достаточно точно для практических расчетов.

Закону Гаусса подчиняются многие непрерывные случайные величины: размеры детали; вес заготовок и деталей машин; твёрдость и другие характеристики механических свойств; высота микронеровностей на обработанных поверхностях; погрешности измерения и другие величины.

Метод оценки точности на основе кривых распределения универсален, позволяет объективно оценить точность механической обработки и других механических операций, но не позволяет оценить изменения параметра во времени, нельзя отличить переменные систематические погрешности от случайных - и, как результат, - отсутствует возможность активного воздействия на технологический процесс обработки заготовки.

Вопросы для самоконтроля:

: 1. Группы показателей характеризующие качество изделий. 2. Точность и способы обеспечения качества изделия. 3. Точность обработки деталей. 4. Методы достижения точности обработки деталей. 5. Методы автоматического получения заданного размера. 6. Метод пробных ходов при достижении заданного размера. 7. Виды погрешностей при обработке деталей. 8. Закон нормального распределения, при оценке точности изготовления деталей. 9. Что характеризует среднеквадратичное отклонение?

Основная литература:

**1. Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. [Текст] Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2004. - 359 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 :

**2 Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения[Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения" по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 528 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение). - ISBN 978-5-7695-5634-0

**3. Базров, Б. М.** Основы технологии машиностроения. [Текст] : учебник - 2-е изд. - М. :Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4.

Дополнительная литература:

- **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

- **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

- **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

- Лекция 3. Типовые технологические процессы механической обработки деталей машин.  
Технологическая документация

### 3.1. Технология изготовления корпусных деталей

#### 3.1.1. Служебное назначение, требования и конструктивное исполнение

Корпусные детали в сборочных единицах являются базовыми или несущими элементами, предназначенными для монтажа на них других деталей и сборочных единиц. Конструкция этих деталей должна обеспечивать необходимую точность взаимного расположения установленных на них элементов, как в статическом состоянии, так и при эксплуатации под нагрузкой. Таким образом, при конструировании и изготовлении корпусных деталей необходимо обеспечить требуемую точность размеров, формы и расположения поверхностей, а также прочность, жесткость, виброустойчивость, сопротивление температурным деформациям, герметичность, технологичность и удобство монтажа конструкции.

В конструктивном отношении корпусные детали можно разделить пять основных групп: **Первая группа** – корпусные детали коробчатой формы в виде параллелепипедов, габариты которых имеют одинаковый порядок. К этой группе относятся корпуса редукторов, коробок скоростей металлорежущих станков, шпиндельных бабок и пр., отверстия в которых предназначены для установки подшипниковых узлов .

**Вторая группа** – корпусные детали с отверстиями, длина отверстий в которых значительно меньше диаметра. К этой группе относятся блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания, компрессоров, корпуса пневмо- и гидроаппаратуры: цилиндров, золотников и пр. Отверстия в этих деталях являются направляющими для поршня или плунжера.

**Третья группа** – детали сложной формы для формирования потоков жидкости и газа, которые являются корпусами паровых и газовых турбин или арматурой водо- и газопроводов: вентилей, тройников, коллекторов и пр.

**Четвертая группа** – корпусные детали с направляющими поверхностями. К этой группе относятся столы, каретки, суппорты, ползуны, которые в процессе работы совершают возвратно-поступательное или вращательное движения

**Пятая группа** – корпусные детали типа кронштейнов, угольников, стоек и пр., которые применяются в качестве опорных элементов.

Элементами корпусных деталей являются плоские, цилиндрические, фасонные, и другие поверхности, которые обрабатываются или остаются без обработки. Обработанные плоские поверхности служат для присоединения по ним деталей и сборочных единиц. Поэтому они называются присоединительными. При механической обработке эти поверхности используют в качестве технологических баз. Фасонные поверхности, как правило, не обрабатываются. Конфигурация этих поверхностей определена их служебным назначением.

Отверстия в корпусных деталях делятся на **основные** и **вспомогательные** отверстия. Диаметр основных отверстий значительно больше диаметра вспомогательных отверстий. Основные отверстия используются как гнезда подшипников и в качестве направляющих поршней и плунжеров. Вспомогательные отверстия предназначены для монтажа болтов, масленок, маслоуказателей и могут быть гладкими и резьбовыми. Эти отверстия также служат базами при механической обработке.

#### 3.1.2. Требования к точности

В зависимости от назначения и конструктивного исполнения к корпусным деталям предъявляют следующие нормы точности.

1. Точность геометрической формы плоских поверхностей регламентируется отклонениями от прямолинейности и плоскостности поверхности на заданной длине или в

## 3.2. Технология изготовления ступенчатых валов

### 3.2.1. Служебное назначение, конструктивное исполнение, требования к точности, методы получения заготовок, материалы, базирование

Валы предназначены для передачи крутящего момента и монтажа на них различных деталей. Конструктивно валы подразделяются на гладкие, ступенчатые, фланцевые и валы-шестерни. Одной из основных характеристик валов является жесткость. Вал считается жестким, если отношение длины к диаметру менее 12-15. При большем отношении вал является нежестким.

Геометрически, валы представляют собой сочетание цилиндрических, конических, резьбовых, зубчатых, шлицевых, шпоночных поверхностей. При переходе от одной ступени к другой предусматриваются канавки или галтели. Обработка галтелей является более сложной операцией, чем обработка канавок. Поэтому для повышения технологичности изготовления поверхности перехода между ступенями рекомендуется оформлять в виде канавок. В то же время, с точки зрения повышения усталостной прочности, применение галтелей более предпочтительно.

Сопрягаемые цилиндрические (посадочные) поверхности валов выполняют по 6 – 8 квалитетам с шероховатостью поверхности 0,63 – 2,5 мкм. Отклонения формы и расположения поверхностей определяются служебным назначением изделия и назначаются при конструировании.

Заготовки для валов получают из проката, ковкой, штамповкой, высадкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), обжатием на ротационно-ковочных машинах, поперечно-винтовой и поперечно-клиновой прокаткой.

Валы изготавливают из углеродистых и легированных сталей: 45, 40Х, 45ХНМ, 38Х2МЮА и пр. В зависимости от назначения валы подвергают различным видам термической и химико-термической обработки: нормализации, улучшению, закалке, цементации, азотированию и пр.

Базами при обработке валов являются центровые отверстия и посадочные поверхности. Для исключения погрешности базирования ступеней вала по длине используют плавающий передний центр. В этом случае базой является торец заготовки, опорой которого является планшайба поводкового патрона.

### 3.2.2. Структура технологического процесса

**Типовой технологический процесс** изготовления валов из проката включает в различном сочетании следующие операции: правку, обдирку и резку проката; обработку центровых отверстий; черновое и чистовое точение; сверление и растачивание центрального отверстия; нарезание резьб; фрезерование шлицев, шпоночных пазов и лысок; нарезание зубьев для вал-шестерни; сверление радиальных отверстий; термообработку; черновое и чистовое шлифование шеек, зубьев, шлицев и резьб; отделочную обработку посадочных поверхностей: суперфиниширование, притирку и полирование; контроль размеров.

### 3.2.3. Правка, резка и обдирка проката

**Правка проката** диаметром свыше 50 мм осуществляется на прессах пластическим знакопеременным изгибом. Прутки меньшего диаметра правят на роликовых машинах с продольной подачей проката без его вращения или с винтовой подачей проката. В последнем случае правка производится роликами глобоидальной формы, которые расположены под углом к оси проката. При вращении роликов заготовка получает поступательное и вращательное (винтовое движение).

**Обдирка проката** (грубое точение) производится с целью удаления дефектного слоя. Обдирка производится на бесцентрово-токарных станках. Станок работает следующим образом. Заготовка без вращения подается роликами 1 в резцовые головки с резцами 2, 4 и сухарями 5, которые исключают прогиб заготовки от силы резания. Головки установлены на планшайбе на входе и на выходе для черновой и чистовой обдирки. Планшайба вращается вместе с зубчатым колесом 3. Процесс резания осуществляется за счет вращения резцов вокруг заготовки.

**Резку проката** осуществляют на приводных ножовках; пилах: дисковых, ленточных, фрикционных, электрофрикционных, с абразивным кругом; на токарно-отрезных станках; ножницах, прессах. Приводные ножовки разрезают прокат ножовочным полотном, которое прижимается режущей частью к прокату и совершает возвратно-поступательные движения от механического привода. Ленточная пила представляет собой бесконечную ленту с зубьями, натянутую на диски, один из которых является приводным. Резка фрикционной пилой производится за счет сил трения. Пила представляет собой тонкий стальной диск, который вращается со скоростью до 150 м/сек. При контакте с металлом он от трения нагревается и плавится. Резка электро-фрикционной пилой осуществляется за счет совместного действия трения и вольтовой дуги, которая зажигается при подключении пилы и проката к разным полюсам источника электрического тока.

### 3.2.4. Обработка центровых отверстий

При изготовлении валов центровые отверстия являются базой для ряда операций: обтачивания, нарезания резьбы, шлифования, нарезания шлицев, контроля и пр.

В мелкосерийном производстве при отсутствии специального оборудования центровые отверстия обрабатывают на токарных станках за два установка. Сначала подрезают торец и сверлят отверстие с одной стороны, затем заготовку переустанавливают и переходы повторяют. При смене баз за счет переустановки возникает погрешность расположения осей центровых отверстий, что может оказать влияние на точность последующей обработки.

В крупносерийном и массовом производстве для обработки центровых отверстий применяют фрезерно-центровальные полуавтоматы. Вал закрепляется в призмах. В первой позиции торцевыми фрезами обрабатываются торцы заготовки, во второй позиции сверлят центровые отверстия. Применяются также станки, оснащенные торцеподрезным инструментом которым одновременно производится подрезка торца и сверление отверстия.

### 3.2.5. Токарная обработка

В мелкосерийном производстве токарную обработку осуществляют на универсальных токарно-винторезных станках. При черновом точении один конец вала закрепляют в кулачковом патроне, который установлен на планшайбе шпинделя станка. Опорой

другого конца вала является вращающийся задний центр, установленный в пиноль задней бабки.

При чистовом точении валы обрабатывают в центрах. Для передачи крутящего момента левый конец вала закрепляют в поводковом патроне. При обработке нежестких валов применяются люнеты, которые являются дополнительной опорой. Люнеты бывают неподвижными или подвижными. Неподвижный люнет устанавливается на направляющих продольного суппорта. Подвижный люнет устанавливается на продольном суппорте и перемещается в процессе обработки вместе с суппортом. Подвижным люнетом создается дополнительная опора, всегда расположенная напротив резца. Поэтому деформации вала под действием силы резания меньше, чем при использовании неподвижного люнета.

**В серийном производстве** для токарной обработки применяются токарно-винторезные станки с ЧПУ. Станки оснащаются 6- и 8- позиционными инструментальными головками с горизонтальной осью. Головка устанавливается на суппорте станка. Установка резцов, закрепленных в головке в рабочую позицию, производится за счет поворота головки. Токарные станки с ЧПУ применяются для обработки валов со сложным ступенчатым и криволинейным профилем, включая нарезание резьбы.

**В крупносерийном производстве** для обработки валов применяются токарные многорезцовые полуавтоматы и токарные гидрокопировальные полуавтоматы. На рис. 2.46 представлена схема обработки вала на многорезцовом полуавтомате. Точность обработки в значительной степени зависит от числа резцов. При большом количестве резцов возникают большие деформации системы ДИПС. Поэтому точность обработки на этих станках невелика и достигает 10 – 11 качества. Применение многорезцовой обработки сокращает машинное время т. к. длина перемещения суппорта уменьшается. В то же время увеличиваются затраты времени на наладку станка, т.к. возрастает доля подготовительно-заключительного времени и времени технического обслуживания.

**В массовом производстве** применяются шести или восьми шпиндельные токарные полуавтоматы вертикального типа. Схема обработки вала на этих станках представлена на рис. 2.48. Станок имеет поворотный стол, в центре которого расположена шести или восьмигранная колонна. На гранях колонны установлены суппорта трех типов: продольного, поперечного и продольно-поперечного точения. Последний суппорт имеет салазки для продольного и поперечного перемещения резцов. Напротив каждой грани колонны размещены вращающиеся шпиндели с поводковыми патронами для закрепления валов в центрах. Обработка на станке ведется по следующей схеме. В позициях I производится загрузка станка. В этих же позициях вал обрабатывается с одной стороны. В позиции II валы переустанавливаются, обрабатываются с другой стороны и снимаются со станка. Таким образом, на станке одновременно ведется обточка шести деталей. Поэтому за один оборот стола обтачивается 18 валов с обеих сторон.

Станок может быть настроен на другую схему работы, когда одна из позиций поворотного стола является загрузочно-разгрузочной, а на других ведется последовательная обработка вала с одной стороны. Для обработки вала с другой стороны меняется станок или его настройка.

### **3.2.6. Токарная обработка валов малого размера (валиков) на револьверных станках и автоматах**

Валы малого размера изготавливаются из прутков. Револьверные станки и автоматы предназначены для многоинструментальной обработки. Наладка станков включает большое количество режущих инструментов настроенных на размеры изделия, что позволяет вести обработку деталей сложной формы и совмещать переходы при обработке. Это исключает затраты времени на установку и настройку режущего инструмента при

обработке различных поверхностей. Таким образом, станок настраивается один раз для обработки детали в целом.

**Токарно-револьверные станки (ТРС)** применяются в мелко и среднесерийном производстве. Станки оснащены револьверными головкой с вертикальной или горизонтальной осью. Для обработки деталей на ТРС применяется резцы, сверла, зенкера, развертки, метчики, плашки, которые закрепляют в резцедержателях суппортов и гнездах револьверной головки при помощи державок, втулок, патронов и стоек. При чистовой обработке на ТРС точность обработки достигает 7, 8 квалитета, шероховатость поверхности до 2,5 мкм и выше.

**Токарные автоматы** различной конструкции применяются в крупносерийном и массовом производстве.

**Фасонно-отрезные автоматы** имеют от двух до четырех суппортов с фасонными и отрезными и резцами, работающих с поперечной подачей. Детали изготавливают из прутка, который подается механизмом подачи до упора и закрепляется в цанговом патроне. На фасонно-отрезных автоматах обрабатывают детали длиной до 100 мм с невысокой точностью. Обработка ведется методом врезания. Однако некоторые станки имеют устройства для продольного точения, а также агрегатные головки для сверления, нарезания резьбы и фрезерования.

**Автоматы продольного точения** предназначены для обработки деталей из прутка диаметром до 30 мм с точностью по 5-6 квалитету по диаметру и 6 квалитету по длине с шероховатостью поверхности 1,25-5 мкм. На этих станках шпиндельная бабка имеет поступательное движение. Суппорты с резцами расположены веерообразно вокруг прутка. Одни суппорты имеют только поперечное движение с приводом от индивидуальных кулачков. Другие установлены на балансирах и совершают качательное движение с приводом от кулачка. Неподвижный люнет служит дополнительной опорой для прутка. С заднего конца прутка непрерывно поджимается толкателем под действием груза, что удерживает его в переднем положении при движении шпиндельной бабки назад. При одновременном согласованном перемещении бабки с прутком и резцов возможна обработка конических и фасонных поверхностей без применения фасонных резцов.

**Токарно-револьверные автоматы** предназначены для обработки деталей сложной формы из прутков диаметром 10 – 63 мм. Эти станки имеют три поперечных суппорта: передний, задний и верхний, а также продольный суппорт с шести позиционной револьверной головкой с горизонтальной осью, в которой закрепляются резцы, сверла, развертки, зенкера, резьбонарезной и другой инструмент. Передний поперечный суппорт является отрезным, а на заднем и верхнем обычно устанавливают резцы для обработки канавок, фасок, фасонных поверхностей и пр. Управление станком осуществляется автоматически от кулачкового распределительного вала.

**Многошпиндельные токарные автоматы** предназначены для изготовления деталей из прутков диаметром 12-100 мм длиной до 160 мм. Эти станки имеют четыре, шесть или восемь полых шпинделей, которые размещены в одном поворотном блоке. В отверстие шпинделя устанавливается пруток и зажимается в цанговом патроне. Осевое перемещение прутка осуществляется подающей цангой. У каждого шпинделя имеется свой поперечный суппорт. Продольный суппорт перемещается по направляющей гильзе. Этот суппорт имеет форму многогранника с числом граней равным количеству шпинделей. На гранях крепятся державки с различным инструментами.

При обработке деталей шпиндельный блок вместе с шпинделями периодически поворачивается из позиции в позицию. На каждой позиции выполняется свой переход, а на последней позиции производится отрезка готовой детали. Обработка ведется одновременно на всех позициях, поэтому после каждого поворота шпиндельного блока на одну позицию получается готовая деталь.

Эти станки имеют более высокую производительность чем одношпиндельные автоматы. На них производится обработка более сложных деталей. Однако точность

обработки на этих станках несколько ниже из-за погрешностей позиционирования шпиндельного блока.

### 3.2.7. Обработка шпоночных и шлицевых поверхностей

Шпоночные и шлицевые соединения служат для передачи крутящего момента. Шпоночные соединения осуществляются призматическими, клиновыми и сегментными. Шпоночные канавки для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухими), закрытыми с одной стороны и сквозными. Сквозные и закрытые с одной стороны шпоночные канавки изготавливают фрезерованием дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках за один или два рабочих хода. Применение этого способа обеспечивает достаточную производительность и точность ширины шпоночной канавки. Сквозные канавки можно обрабатывать на строгальных станках.

Глухие шпоночные канавки изготавливают концевой фрезой на вертикально-фрезерных станках с продольной или маятниковой подачей. В первом случае производится врезание фрезы вертикальной подачей на полную глубину шпоночной канавки, а затем включается продольная подача и канавка обрабатывается по всей длине. Точность паза по ширине при такой схеме обработки невысокая, т.к. припуск удаляется за один рабочий ход и фреза изнашивается довольно быстро. С целью облегчения работы фрезы часто предварительно сверлят отверстие меньшего диаметра, чем фреза, на глубину шпоночного паза, а затем осевой подачей вводят фрезу и обрабатывают паз. Для получения точных по ширине шпоночных канавок применяют маятниковую подачу. В этом случае производится врезание фрезы на 0,1-0,3 мм с последующей продольной подачей. В конце канавки фреза снова врезается на ту же глубину, и канавка фрезеруется в обратном направлении. В этом случае точность паза по ширине соответствует 8, 9 качеству, а шероховатость боковой поверхности составляет 5 мкм.

Канавки под сегментные шпонки изготавливаются фрезерованием на горизонтально-фрезерных станках дисковыми фрезами с вертикальной подачей.

Шлицевые соединения бывают с прямобочными, эвольвентными и треугольными зубьями. Центрирование втулки относительно вала осуществляется по наружному диаметру вала, по внутреннему диаметру вала и боковой поверхности зубьев. При центрировании по внутреннему диаметру вала применяют для шпоночного паза исполнение – I. При центрировании по наружному диаметру и боковой поверхности зубьев для шпоночного паза применяют исполнение – II.

Шлицы на валах нарезают фрезерованием, строганием, протягиванием и холодным накатыванием.

**Фрезерование шлицев** осуществляют в основном двумя способами: с применением делительных механизмов одной или двумя дисковыми фасонными фрезами или методом обкатки червячной фрезой. Применение второго способа обеспечивает более высокую производительность, а также точность по ширине паза и шагу зубьев. Однако требует использование специальных шлицефрезерных станков. Ввиду более высокой производительности второй способ применяют в крупносерийном и массовом производстве. При центрировании втулки по внутреннему диаметру вала дисковая и червячная фрезы должны иметь «усики» для образования канавок у основания зуба, которые необходимы для выхода круга при шлифовании боковой поверхности и дна впадины шлицев. Точность обработки после фрезерования соответствует 9, 10 качествам, шероховатость 5-10 мкм.

**Строгание шлицев** производят методом копирования с помощью многолезвовой головки на специальном станке. Резцы имеют форму впадины шлицев и установлены в корпусе головки, с возможностью синхронного перемещения в радиальном направлении. При строгании за один двойной ход (вперед-назад) осуществляется радиальная подача

резцов на глубину резания. Эта подача обеспечивается конструкцией головки. Данным методом обрабатывают сквозные и глухие шлицы высотой 25-30 мм. В последнем случае в конструкции вала предусматривается канавка для выхода резцов. Точность обработки обеспечивается геометрией резцов, а также точностью позиционирования резцов в головке. Шероховатость поверхности шлицев составляет 1,25 – 2,5 мкм.

**Протягивание шлицев** производится двумя блочными протяжками, установленными напротив друг друга. Таким образом, одновременно обрабатываются две впадины с последующим поворотом вала на один шаг шлицев и процесс повторяется. Зубьями протяжки являются резцы, установленные в корпусе и подпружиненные в направлении от оси вала. Задняя часть резцов соединена с роликами, которые при перемещении протяжки перекатываются по копиру. Форма копира обеспечивает отвод резцов под действием пружин в конце обрабатываемого участка. Точность и шероховатость при протягивании шлицев такая же, как и при строгании. Производительность строгания и протягивания выше, чем фрезерования в 5 – 8 раз.

После механической обработки валы подвергают закалке или улучшению. При термической обработке возникают деформации детали. Для исправления погрешностей термообработки применяют шлифование шлицев. При центрировании втулки по наружному диаметру вала его шлицевую часть шлифуют по наружной поверхности на круглошлифовальных станках. При центрировании втулки по внутреннему диаметру вала или по боковым поверхностям шлицев шлифуют эти поверхности и дно впадин. Шлифование производится следующими способами: фасонным кругом, раздельно двумя кругами, одновременно тремя кругами. После шлифования точность повышается до 8, 9 качества, а шероховатость составляет 0,63 – 1,25 мкм.

**Накатывание шлицев** производится пластической деформацией металла в холодном состоянии, т. е. без его нагрева. Накатку производят зубчатыми роликами, рейками и гладкими роликами. При накатывании зубчатыми роликами и рейками имитируется процесс зубчатого зацепления с выдавливанием металла из впадин шлицев. При накатывании гладкими роликами каждым роликом обрабатывается одна впадина. Накаткой зубчатыми роликами и рейками получают эвольвентные шлицы. Прямоугольные шлицы накатывают гладкими роликами. Накаткой получают мелкие шлицы высотой до 2,5 мм при большом их количестве. Упрочнение металла при накатывании повышает его механические свойства. Это позволяет отказаться от термической обработки и шлифования шлицев. При накатке обеспечивается высокая точность и низкая шероховатость обрабатываемой поверхности. Производительность при накатке в 10 раз выше, чем при фрезеровании.

### 3.2.8. Нарезание резьбы

Наружную резьбу нарезают резьбовыми резцами, плашками, гребенками, резьбовыми фрезами и резьбонакатными головками. Внутреннюю резьбу нарезают резцами и метчиками.

**Нарезание резцами** наружной и внутренней резьбы в мелкосерийном производстве производят на токарно-винторезных станках. Из-за низкой прочности рабочей части резца нарезание выполняют за несколько рабочих ходов. Перемещение суппорта при нарезании резьбы осуществляется от ходового винта. После каждого рабочего хода резец отводят от детали и реверсом винта перемещают суппорт в исходное положение. Затем резец снова подводят к заготовке, устанавливают требуемую глубину резания и рабочий ход повторяют. Точность резьбы при обработке резцами соответствует шестой степени точности с полем допуска, например, 6g. При этом вал или отверстие под резьбу обрабатывают по 7 качеству.

**Нарезание резьбы круглыми плашками** производят на токарных, токарно-револьверных станках и токарных автоматах. Точность резьбы невысокая и соответствует восьмой степени точности.

**Нарезание резьбы самооткрывающимися головками** с плоскими и круглыми гребенками производят на тех же станках. Гребенки размещаются в корпусе головки вокруг обрабатываемой детали. При нарезании резьбы гребенкой припуск распределяется между ее зубьями, высота которых постепенно увеличивается от одного края гребенки к другому. Производительность при нарезании резьбы головками примерно в два раза выше, чем при нарезании плашками, т. к. в конце рабочего хода головка автоматически раскрывается, гребенки раздвигаются, и время на свинчивание инструмента не затрачивается. Точность резьбы выше, чем при нарезании плашками.

**Фрезерование резьбы** производится на резьбофрезерных станках дисковыми и гребенчатыми фрезами. Дисковыми фрезами нарезают резьбу с шагом более 4 мм. Профиль фрезы соответствует профилю резьбы. Ось фрезы располагается под углом к оси детали, равным углу подъема резьбы. Фреза имеет поступательное движение вдоль оси детали и перемещается за один оборот детали на величину, равную шагу резьбы. Фрезерование гребенчатыми фрезами применяется для получения короткой резьбы с мелким шагом. Длина фрезы обычно на 2 – 5 мм больше длины резьбового участка. Фреза устанавливается параллельно оси детали. Сначала производится врезание фрезы на глубину впадины резьбы, затем за 1,2 оборота детали резьба нарезается полностью.

**Внутреннюю резьбу** нарезают метчиками, которые бывают ручными и машинными. Ручные метчики применяются в комплекте из двух – трех штук. Ручными метчиками нарезают метрическую резьбу диаметром 1 – 52 мм, а также другие типы резьбы: трубную, дюймовую и пр. В машинном варианте, как правило, используется один метчик, которым нарезают короткую резьбу. Точность метрической резьбы нарезанной метчиками соответствует 6 – 8 степени точности. Для нарезания внутренней резьбы на револьверных станках и автоматах применяют резьбонарезные головки с раздвижными плоскими плашками. Принцип действия этих головок аналогичен принципу действия головок для нарезания наружных резьб.

**Накатывание резьбы** осуществляется пластической деформацией металла в холодном состоянии без снятия стружки. Резьбу накатывают плоскими плашками или роликами. Резьба после накатки имеет высокую точность и низкую шероховатость поверхности. Нижняя плашка при накатывании остается неподвижной, а верхняя имеет возвратно-поступательное движение в горизонтальном направлении. Рабочая поверхность плашек представляет собой развертку резьбы на плоскость с профилем и углом подъема накатываемой резьбы. При движении плашки вперед деталь винтовым движением перекачивается по плашкам из одного положения в другое положение. При обратном ходе верхней плашки деталь возвращается в исходное положение и выбрасывается из зоны обработки. Таким образом, накатка резьбы производится за один двойной ход плашек. Станки для накатки резьбы плоскими плашками имеют высокую производительность и совершают до 280 двойных ходов в минуту.

Накатка резьбы роликами осуществляется на токарных станках и специальных автоматах по различным схемам. Накатка резьбы одним роликом применяется на токарно-винторезных и токарно-револьверных станках. Резьба на ролике имеет обратное направление, чем резьба на заготовке, т. е. Правая резьба накатывается роликом с левой резьбой и наоборот.

### **3.2.9. Шлифование валов**

Шлифование производится абразивными кругами при обильной подаче в зону резания СОЖ и является основным методом чистовой обработки наружных поверхностей. Различают предварительное, чистовое и тонкое шлифование. Предварительным шлифованием обеспечивают точность по 8-9 качеству. Шероховатость поверхности составляет 0,4 – 6,3 мкм. Чистовое шлифование осуществляют после термической обработки. Им обеспечивают точность по 6 – 7 качеству с шероховатостью поверхности 0,2 – 3,2 мкм. Более высокая точность достигается тонким шлифованием с

шероховатостью поверхности 0,025 – 0,1 мкм. Шлифование делится на вида: круглое и бесцентровое.

**Круглое шлифование** наружных цилиндрических и конических поверхностей выполняют, на круглошлифовальных станках. Деталь устанавливается в центрах, патроне или цанге. Существует два основных метода круглого шлифования: с продольной подачей и методом врезания.

**Шлифование с продольной подачей** осуществляется возвратно-поступательным перемещением детали относительно шлифовального круга. На каждый двойной ход стола круг перемещается к центру заготовки на 0,005 – 0,02 мм.

**Шлифование методом врезания** производится кругом, ширина которого больше длины обрабатываемого участка. В данном случае круг имеет только поперечную подачу. Одновременное шлифование нескольких поверхностей методом врезания может быть осуществлено фасонным кругом. Данный метод более производительнее чем шлифование с продольной подачей, поэтому его применяют в массовом и крупносерийном производстве.

**Бесцентровое шлифование** осуществляется на бесцентрово-шлифовальных станках. Здесь также применяются два метода шлифования: с продольной подачей и врезанием.

**Бесцентровое шлифование с продольной подачей** применяют для обработки гладких валов. Деталь при шлифовании не закрепляется, а свободно перемещается между двумя шлифовальными кругами вдоль своей оси. Круг большего диаметра является шлифовальным, а круг меньшего диаметра является ведущим. Этот круг устанавливается под углом 1 – 5° к оси шлифовального круга и вращает деталь с подачей в осевом направлении. Деталь опирается на нож со скосом, благодаря которому она прижимается к ведущему кругу. Детали при шлифовании одна за другой поступают в зону обработки с одной стороны, а выходят с другой.

**Бесцентровое шлифование врезанием** применяют для обработки валов с буртиком. Перед обработкой ведущий круг отводят на некоторое расстояние от опоры и устанавливают деталь на опору сверху или сбоку. Затем круг подводят к детали для обработки. Шлифование осуществляется с подачей ведущего круга к шлифовальному кругу. Этим методом можно шлифовать детали с конической поверхностью, применяя ведущий круг, заправленный на конус.

В процессе резания шлифовальный круг теряет форму и режущую способность, т.е. круг засаливается. Для восстановления формы и режущей способности шлифовальных кругов их подвергают правке. Правку осуществляют алмазами в оправках, алмазными карандашами, роликами и пр. Алмазный карандаш представляет собой абразивный инструмент, в котором мелкие алмазы, синтетические или естественные, закреплены в связке. Связка представляет собой затвердевший полимерный материал. Масса отдельных алмазов в карандаше находится в пределах 0,03 – 0,5 карата (1 карат равен 0,2 грамма). Алмазы в оправках могут также иметь искусственное или естественное происхождение. Они, как правило, крупнее, чем алмазы в карандашах. Их масса достигает 2 карат.

### 3.2.10. Отделочная обработка наружных поверхностей

**Суперфиниширование** является отделочным методом обработки абразивными брусками, которые совершают колебательные движения вдоль образующей обрабатываемой поверхности вращающейся детали. Этот метод применяется для безразмерной обработки, т.е. только для уменьшения шероховатости, которая достигает 0,012 – 0,1 мкм.

**Полирование** применяется для уменьшения шероховатости поверхности без изменения размеров и формы детали. Инструментом при полировании являются эластичные круги из войлока, кожи и фетра. В качестве абразивного материала используют различные пасты. Например паста ГОИ (Государственный оптический институт) содержит в качестве абразивного материала окись хрома, а в качестве

наполнителя твердую фракцию стеариновой и олеиновой кислот. Широко применяются также алмазные пасты, в которых в качестве абразива используются мелкие синтетические алмазы. Шероховатость поверхности при чистовом полировании составляет 0,012 – 0,1 мкм.

**Притирка (доводка)** является окончательной отделочной операцией предварительно отшлифованных поверхностей. Притиркой уменьшают не только шероховатость поверхности, но так же исправляют погрешности формы. Шероховатость поверхности после притирки составляет 0,008 – 0,08 мкм, а погрешность формы, например отклонение от круглости, снижается до 0,05 – 0,3 мкм. Притирка наружных цилиндрических поверхностей выполняется притиром из чугуна, бронзы или меди. Притирку ведут с использованием различных паст, в том числе алмазных. На рис. 2.79, а показано устройство для ручной притирки шеек вала, которое применяется в единичном и мелкосерийном производстве. Притиром 3 является разрезанная с одной стороны втулка, которая стягивается болтовым соединением. В процессе обработки деталь 4 вращается, а притир вручную перемещается вдоль образующей изделия. Процесс притирки шеек вала легко механизировать, когда притир, установленный на суппорте станка, прижимается к поверхности вала, например пневмоцилиндром. Притирка осуществляется возвратно-поступательными движениями притира вдоль оси изделия. Механизация процесса повышает его производительность в 2 – 6 раза.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие стали и заготовки применяют при изготовлении валов? 2. Для чего и как производят правку и обдирку прутков? 3. Назовите основные виды центровых гнезд. Каким инструментом их получают? 4. Как производят резку заготовок (прокат)? 5. Перечислите методы точения конических и фасонных поверхностей на токарных станках. 6. Перечислите методы обработки шпоночных канавок на валах. 7. Назовите инструменты для нарезания наружной резьбы на валах. 8. Перечислите методы отделочной обработки валов. 9. При помощи каких инструментов контролируют точность размеров валов и качество обработки валов.
1. Какие материалы используют для изготовления деталей типа втулок? 2. В чем состоит и для чего применяется статическая балансировка дисков? 3. Перечислите основные способы обработки отверстий. 4. Что такое глубокое сверление? Как можно предотвратить «увод» сверла? 5. Назовите методы нарезания наружной и внутренней резьбы. 6. Как производят контроль отверстий?

#### Основная литература

1. **Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. [Текст]: учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 .

2. **Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения. [Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения» по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 528 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение). - ISBN 978-5-7695-5634-0

3. **Базров, Б.М.** Основы технологии машиностроения. [Текст]: учебник / Б. М. Базров. Петров В.А. - 2-е изд. - М. :Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

Дополнительная литература

- **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

- **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

- **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

## Лекция 4. Базирование и базы в машиностроении

### 4. 1. Понятие о базах, их классификации и назначение

Качество изготовленного изделия во многом зависит от того, насколько правильно оно установлено и закреплено в процессе механической обработки, т.е. произведено её *базирование*.

При обработке заготовок на станках различают следующие поверхности (рис. 4.1):

а) *основные (А)* - с помощью которых определяют положение детали в изделии;

б) *вспомогательные (В)* - определяющие положение присоединяемых деталей относительно данной;

в) *исполнительные (С)* - поверхности, выполняющие служебное (функциональное) назначение (здесь - поверхность зуба колеса);

г) *свободные (Д)* - не соприкасающиеся с другими деталями и служащие для придания необходимой формы всей конструкции.

*База* - поверхность (сочетание поверхностей, ось, точка) принадлежащие заготовке (изделию), используемая для базирования.

*Базирование* - придание заготовке (изделию) требуемого положения относительно выбранной системы координат. По назначению базы делятся на:

1) *конструкторские* - определяющие положение детали (сборочные единицы) в изделии. Делятся на:

а) *основные* - определяющие положение самой детали в изделии.

б) *вспомогательные* - определяющие положение присоединяемой деталь относительно данной.

2) *технологические* - используемые при определении положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

Различают *основные* и *вспомогательные* (искусственные) технологические базы.

*Основные* - являются неотъемлемым элементом конструкции, например: поверхность отверстия 1 и торец заготовки 2, используемые для базирования при нарезании зубьев, являются основными технологическими базами (рис. 4.2).

*Вспомогательные базы* - поверхности, специально создаваемые из детали из технологических соображений, а для работы детали они не нужны, например: центровые гнезда валов (А), центрирующий поясok 1; прилив с центральным отверстием (А) у поршня. Возможность создания искусственных баз должна быть предусмотрена в конструкции детали.

3) *измерительные* - используемые для определения относительного положения заготовки (или изделия) и средств измерения.

Известно, что требуемое положение твёрдого тела относительно системы координат  $Oxyz$  может быть задано наложением на него шести двусторонних связей, лишаящих тело трёх перемещений вдоль осей  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  и трех поворотов вокруг этих осей.

Наложение двусторонних связей достигается соприкосновением базирующих поверхностей тела с базирующими поверхностями других тел, к которым оно присоединяется, и приложением силового замыкания для обеспечения необходимого контакта.

Рассмотрим схему базирования призматической заготовки (несмотря на разнообразие деталей они, как правило, представляют собой набор элементарных поверхностей) .

Основание призмы  $yOx$  будет иметь три опорные точки (двусторонние связи). При этом тело лишается трёх степеней свободы: (1) - перемещение  $Oz$ ; (2-3) - вращение вокруг  $Ox$  и  $Oy$ .

Фиксируясь по плоскости  $yOz$  с помощью двух опорных точек (двух связей) тело лишается двух степеней свободы: (4) - перемещение по  $Ox$ ; (5) - вращение вокруг оси  $Oz$ .

И, наконец, возможности перемещаться вдоль оси  $Oy$  (6) тело лишается из-за точечного контакта с плоскостью  $zOx$ .

Базирование заготовок с обязательным лишением их всех степеней свободы - *правило шести точек*. В зависимости от количества лишаемых степеней свободы (рис. 4.4) базы классифицируются на:

1) *установочные* - с наиболее развитой площадью, включающие три опорные точки и лишаящие тело трёх степеней свободы (перемещение вдоль одной и вращение вокруг двух других осей);

2) *направляющие* - поверхности наибольшей длины, включающие две опорные точки, и лишаящие тело двух степеней свободы (перемещение вдоль одной оси и вращение вокруг другой);

3) *опорные* - имеющие одну опорную точку, лишаящие тело одной степени свободы (перемещение вдоль оси, или вращение вокруг неё).

При базировании цилиндрических заготовок (например, в призме) их положение определяется четырьмя опорными точками, расположенными на цилиндрической поверхности, образующими двойную *направляющую базу*.

Указанные выше схемы базирования - схемы *полного базирования*, т.е. с лишением всех степеней свободы (комплект из трёх баз). При лишении тела только в одном направлении применяют *схемы упрощённого базирования*.

При обработке поверхности, определяемой размерами  $a$  и  $b$  неточность установки относительной оси  $y$  не имеет значения, поэтому достаточно двух базирующих поверхностей (I и II), а торец заготовки используют как опорную (но не базирующую!) поверхность, прилегающую к упору .

По конструктивному оформлению базы подразделяются на скрытые и явные.

К *скрытым* базам относятся воображаемые плоскость, ось или точка, используемые в качестве одной из баз.

К *явным* (конструктивно оформленным) базам относятся реальные поверхности, разметочные риски, точки пересечения.

На основании вышеизложенного выявляется следующая классификация баз:

А (по назначению)	Б (по лишаемым степеням свободы)	В (по конструктивному оформлению)
Конструкторские:	Установочная	Скрытые
основная	Направляющая	Явные
вспомогательная	Опорная	
Технологические:	Двойная направляющая	

При образовании терминов баз по нескольким классификационным признакам последние должны располагаться в следующей последовательности: А → Б → В  
Например:

1. Основная (А) установочная (Б) явная (В) база.
2. Технологическая (А) направляющая (Б) скрытая (В) база и т.д.

#### 4.2. Правило базирования, выбор баз

Для обеспечения требуемой точности механической обработки необходимо принять меры для уменьшения возникающих погрешностей. С этой целью применяют следующие *принципы выбора баз*:

а) *принцип постоянства баз* заключается в том, что при возможно большем числе операций используется одна и та же база. При этом на последующих операциях исключается влияние погрешностей взаимного расположения технологических баз на точность изготовления детали.

б) *принцип совмещения баз* заключается в том, что в качестве технологических баз используют конструкторские и измерительные базы.

Возможность совмещения технологической, измерительной и конструкторской баз при обработке детали должна учитываться конструктором в процессе проектирования и технологом при разработке ТП.

В технологии установочные (технологические) базы разделяются на: *черновые, промежуточные и окончательные*.

*Черновые* базы используются на первых операциях обработки, когда ещё нет обработанных поверхностей на заготовке. Они служат для создания промежуточных установочных баз, а часто сразу окончательных, которые служат для проведения отделочных (финишных) операций. При выборе базовых поверхностей по ходу проведения ТП следует придерживаться следующих рекомендаций:

1. Всемерно использовать принцип совмещения и постоянства баз.
2. Придерживаться правила шести точек, т.е. обеспечить устойчивость и жёсткость установки, необходимую ориентацию её в приспособлении.
3. Черновую базу используют, как правило, однократно на первой установке (для заготовок полученных точными методами литья и штамповки это правило не

обязательно). За черновые базы применяют поверхности с наименьшим припуском на обработку. При выборе черновой поверхности за базовую следует выбирать ту поверхность, которая остаётся необработанной в готовом изделии.

4. На первых операциях ТП обрабатывают основные базовые поверхности (чистовые базы) или искусственные базовые поверхности.

5. Чистовые установочные базы должны быть базами конструкторскими (это исключает погрешность базирования); должны иметь наибольшую точность формы и размеров, малую шероховатость. В зависимости от сложности детали имеется несколько *схем базирования*:

1. Заготовку базируют на необработанные поверхности и за одну операцию проводят полную обработку (на автоматах, агрегатных станках и т.п.).

2. Заготовку базируют при большей части операции на обработанные, несменяемые поверхности, подготовленные на первых операциях с базированием на черновые базы. Эта схема используется на более сложных деталях, обрабатываемых в несколько установов.

3. То же, что и в пункте 2, но перед последней операцией базовые поверхности обрабатываются окончательно. Используется эта схема при сложных деталях высокой точности.

4. Заготовку базируют на различные обработанные поверхности. Схема нежелательная, используется на деталях с особыми требованиями.

5. Базирование заготовки с повторной (многократной) обработкой последовательно сменяемых баз. Пример: шлифование бруска (предварительное и окончательное) на магнитной плите с последовательным перевёртыванием заготовки.

При выборе технологических баз необходимо придерживаться основных принципов, а также:

- при вынужденной смене баз следует переходить от менее точной и более точной базе (принцип последовательной смены баз).
- следует использовать типовые схемы установки.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое базирование, база, комплект баз?
2. Правило шести точек.
3. В чем разница между установочной, направляющей и опорной базами?
4. Назовите типовые комплекты баз.
5. В чем разница двойной направляющей и двойной опорной базами?
6. Что такое явная и скрытая базы?
7. Определенность и неопределенность базирования.
8. Раскрыть понятия конструкторской, технологической и измерительной базы.
9. Что такое основная и вспомогательная базы?

Основная литература:

**1. Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. [Текст] Общий и спец. курсы : учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2004. - 359 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 :

**2 Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения[Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения» по направлению подготовки "Конструкторско-

технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 528 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение). - ISBN 978-5-7695-5634-0

Дополнительная литература

- **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

- **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

- **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

## Лекция 5. Точность и качество обрабатываемых поверхностей

### 5.1 Понятие о точности в машиностроении

Рассчитывая и проектируя детали машин, конструктор придает им определенные формы и размеры. Однако в процессе изготовления деталей на металлорежущих станках нельзя получить их абсолютно точными. Возникают погрешности в размерах, форме поверхностей и взаимного их расположения.

Чем меньше эти погрешности, тем выше эксплуатационные качества деталей, но тем сложнее и дороже их изготовить.

Чтобы погрешности изготовления находились в допустимых пределах (исходя из необходимых эксплуатационных свойств деталей и соединений), на размеры деталей устанавливают допуски, которые ограничивают возможные отклонения (погрешности) от установленных размеров и форм.

Погрешности формы поверхностей могут быть самые разнообразные: конусность, овальность, эллиптичность, корсетность, волнистость и т.п. Если нет специальных указаний на чертеже, то погрешность формы возможна в пределах поля допуска на размер. В ряде случаев, при необходимости более точного соблюдения формы поверхности, это оговаривается специальными указаниями.

Точность взаимного расположения поверхностей: параллельность, перпендикулярность, соосность и т.п. - также указываются в виде допусков и отклонений.

Нормальной точностью изготовления на токарных станках обычно считают точность 3-4 класса.

Однако при необходимости и благоприятных условиях можно получить 2 и даже 1 класс, но стоимость обработки будет высокой.

Для достижения точной обработки всегда необходимо отчетливо представлять причины возникновения погрешностей обработки. Физическая сущность явлений, имеющих место при механической обработке, сложна, а поэтому и погрешности механической обработки многообразны.

### 5.2. Качество поверхностного слоя детали

**Другим важным показателем** обеспечивающим выполнение ею служебного назначения, и выполнение которого связано с существенными затратами при изготовлении деталей, является качество поверхностного слоя.

Под поверхностным слоем детали понимается как сама поверхность, полученная в результате обработки, так и слой металла, непосредственно прилегающий к ней.

Детали работают в разных условиях. В зависимости от назначения изделия и условий его работы детали могут подвергаться коррозионному воздействию, воспринимать большие нагрузки, испытывать контактное взаимодействие с другими деталями и т.д. Поэтому детали должны обладать контактной жесткостью, сопротивлением усталости, коррозионной стойкости, износостойкостью и другими свойствами, во многом зависящими от качества поверхностного слоя. Например:

- скорость и характер изнашивания детали в значительной степени зависят от высоты неровностей поверхности, их направления, твердости поверхностного слоя и др;
- прочность неподвижных посадок сопрягаемых деталей непосредственно связана с шероховатостью сопрягаемых поверхностей;
- сопротивление усталости деталей зависит от шероховатости их поверхностей, наличия отдельных повреждений, способствующих концентрации напряжений и т.д.

Наружный слой детали, как правило, по своим физико-химическим свойствам отличается от свойств основного металла детали. Он формируется при изготовлении и эксплуатации и по глубине может составлять от десяти долей микрометра до нескольких миллиметров. Поверхностный слой характеризуется геометрическими характеристиками и физико-химическими свойствами.

По геометрическим характеристикам поверхностного слоя понимают макроотклонение, волнистость, шероховатость и субшероховатость / 8/.

*Макроотклонение 1* поверхности – это неровность высотой  $10^{-2} \dots 10^3$  мкм на всей заданной длине или ширине.

*Волнистость 2* поверхности - совокупность неровностей высотой примерно  $10^{-2} \dots 10^3$  мкм с шагом большим, чем базовая длина  $l$ , используемая для ее измерения.

Под *шероховатостью 3* поверхности понимают совокупность неровностей высотой  $10^{-2} \dots 10^3$  мкм с шагом меньшим, чем базовая длина, используемая для ее измерения.

*Субшероховатость 4* – это субмикронеровность и высотой примерно  $10^{-2} \dots 10^{-3}$  мкм, накладываемые на шероховатость поверхности.

*Верхняя зона 5* толщиной около  $10 \dots 100$  мкм – это адсорбированный из окружающей среды слой молекул и атомов органических и неорганических веществ (например воды, СОЖ, растворителей, промывочных жидкостей.)

*Промежуточная зона 6* толщиной примерно  $10^{-3} \dots 1$  мкм представляет собой продукты химического воздействия металла с окружающей средой (обычно оксидов).

*Граничная зона 7* имеет толщину, равную нескольким межатомным расстояниям со значительно измененными кристаллической и электронной структурой и химическим составом.

*Зона 8* имеет толщину примерно  $10^{-4} \dots 10$  нм с измененными физико-химическими свойствами по сравнению со свойствами основного материала, где под физико-химическими свойствами поверхностного слоя понимаются остаточные напряжения, наклеп и структуру.

Поверхностные остаточные напряжения оцениваются макронапряжениями 1-го ряда, макронапряжениями 2-го ряда, и статическими искажениями решетки.

Поверхностные напряжения или наклеп оценивается степенью деформирования, глубиной наклепа, градиентом наклепа и макродеформацией решетки.

Структура поверхностного слоя оценивается: размером зерна; плотностью дислокации, концентрацией вакансий; размером блоков; углом разориентации блоков; размером областей когерентного рассеяния; среднеквадратическим смещением атомов, вызванным статическими искажениями решетки; среднеквадратическим смещением атомов, вызванным их тепловыми колебаниями.

машины и механизмов. Параметры шероховатости обработанной поверхности по ГОСТ 2789. Условные обозначения шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309.

Способы определения шероховатости поверхности.

Взаимосвязь точности и шероховатости поверхности. Повышение качества поверхности методами пластического деформирования (обкатывание роликами и шариками, наклеп дробью, алмазное выглаживание). Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей. Выбор методов окончательной обработки поверхности и контроль качества обработанной поверхности.

#### 5.2.1. Понятие о качестве обработанной поверхности

Качество обработанной поверхности характеризуется шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей, образующих микрорельеф поверхности детали. Она возникает главным образом вследствие пластической деформации поверхностного слоя заготовки при ее обработке из-за неровностей режущих кромок инструмента, трения, отрывания частиц материала от поверхности заготовки, вибрации заготовки и инструмента и т.п. Шероховатость поверхности влияет на эксплуатационные свойства деталей и узлов машин - износостойкость трущихся поверхностей, усталостную прочность, коррозионную устойчивость, сохранение натяга при неподвижных посадках и т.п. требования к шероховатости поверхности устанавливают, исходя из функционального назначения поверхностей деталей и их конструктивных особенностей.

Действующая система оценки шероховатости включает комплекс параметров профиля, способствует установление обоснованных требований для поверхностей различного эксплуатационного назначения. При определении числовых значений шероховатости поверхности отсчет производится от единой базы, за которую принимается средняя линия профиля. Измерения ведутся в пределах базовой длины, т.е. длины участка поверхности, выбранного для измерения шероховатости без учета других видов неровностей (например, волнистости), имеющих большой шаг. Числовые значения базовой длины выбираются из ряда: 0.01;0.03; 0.08;0.25;0.8;2.5;8; 25мм. Количественно шероховатость поверхности оценивается средним арифметическим отклонением профиля  $\sqrt{R_a}$ , высотой неровностей профиля  $\sqrt{R_z}$  по 10 точкам (5 max и 5 min),наибольшей высотой неровности профиля  $R_{max}$ , средним шагом неровностей, относительной опорной длиной профиля  $t_p$ . Числовые значения параметров шероховатости , типы направлений

неровностей поверхностей ( параллельное, перпендикулярное, кругообразное и др. ) установлены стандартом ( ГОСТ 2789-73).

Выбор параметров шероховатости поверхности зависит от конструкции деталей и функционального назначения их поверхностей. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей устанавливаются допустимые значения  $\sqrt{Ra}$  ( или  $\sqrt{Rz}$ ),  $R_{max}$ ,  $t_p$ . Требования к шероховатости указываются числовыми значениями одного или нескольких параметров и базовой длиной, для неответственных поверхностей шероховатость определяется требованиями технической эстетики, коррозионной стойкости и технологией изготовления.

Так же как и для точности обработки, существуют достижимая и экономическая шероховатость поверхности для каждого метода обработки. После приработки детали шероховатость поверхности изменяется по размеру, форме и направлению неровностей. Этим параметры шероховатости (эксплуатационной) обеспечивают минимальный износ и сохраняются в процессе длительной эксплуатации машины. Чем ближе начальные параметры шероховатости (технологической) к тем, какие образуются после периода приработки, тем меньше первоначальный износ деталей.

Волнистость поверхности занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности. Она проявляется в виде периодически повторяющихся возвышенностей с шагом, превышающим длину участка измерения шероховатости, Волнистость характеризуется высотой  $W_z$  и средним шагом  $S_w$ . Основное влияние на эксплуатационные качества поверхности оказывает высота волн.

В результате механической обработки на обработанной поверхности чаще всего образуется волнистость с высотой  $W_z$  в пределах 0.25-4 мкм и с шагом  $S_w$  до 10мм.

Обычно волнистость не указывается на рабочих чертежах и учитывается допуском на размер.

В процессе обработки деталей происходит раздробление кристаллитов металла и упрочнение (наклеп) поверхностного слоя (на глубину от нескольких микрон при тонком обтачивании до 1мм при грубой механической обработке со снятием больших слоев металла), поэтому физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются микроструктурой поверхности, значением и знаком остаточных напряжений.

От физико-механических свойств поверхностного слоя зависят износостойкость, усталостная прочность и антикоррозионная стойкость детали.

#### 5.2.2. Влияние технологических факторов на шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности зависит от метода обработки, выбранного режима обработки, геометрии и качества режущего инструмента, свойств обрабатываемого металла и смазочно-охлаждающей жидкости, способа закрепления заготовки, вибраций, возникающих при обработке.

Наиболее существенное влияние на шероховатость оказывают подача и скорость резания. На резце может образовываться нарост, срывающийся и вновь образующийся и увеличивающий шероховатость.

При обработке заготовок из мягкой малоуглеродистой стали получается более шероховатая поверхность, чем на деталях из твердой стали с большим содержанием углерода, повышение содержания серы (автоматные стали) способствуют получению менее шероховатой поверхности. Стали, имеющие мелкозернистую структуру, обрабатываются лучше, чем крупнозернистые. Увеличение зазоров в подшипниках шпинделя станка, неуравновешенность вращающихся деталей привода и станка увеличивает шероховатость,

Применение в качестве смазывающей охлаждающей жидкости масла, в особенности (сульфофрезол), значительно снижает шероховатость. Понижение шероховатости образуется при точении стали на малых скоростях (5-10 м/мин) с резцами из быстрорежущей стали и с применением смазочно-охлаждающей жидкости, а также при больших скоростях резания (свыше 70м/мин) при обработке сталей резцами, оснащенными пластинками твердого сплава. Точение на средних скоростях резания (20-50м/мин) создает повышенную шероховатость главным образом в связи с образованием нароста на передней поверхности резца.

С увеличением подачи шероховатость возрастает. Глубина резания существенного влияния на шероховатость не оказывает. При обработке заготовок недостаточной жесткости и на изношенных станках шероховатость повышается в связи с вибрациями, возникающими при резании. С целью понижения шероховатости применяются такие финишные операции, как суперфиниширование, хонингование и т.д. Высокий эффект дает применение поверхностного пластического деформирования путем накатывания шариками или роликами (Подробно при проведении лабораторных работ).

Принимая во внимание то, что режимы резания существенно влияют на шероховатость обработанной поверхности детали перед настройкой станка, проводят их расчет.

### 5.2.3. Расчет режимов резания

Наиболее выгодным считается режим обработки, который обеспечивает наименьшую себестоимость механической обработки при удовлетворении всех требований к качеству обработанной поверхности и производительности обработки.

В общем случае необходимо соблюдать определенную последовательность назначения режимов резания  $t-S-V-n$  которая включает следующие этапы:

1. Выбор глубины резания  $t$ (мм) по условиям удаления припуска под обработку за один рабочий ход, но в зависимости от требований по точности и шероховатости, предъявляемых к обработанной поверхности. Разделяют удаления припуска по стадиям обработки: черновое (предварительная), полукристовое, чистовое, окончательное, отделочное.

Определение глубины резания за один рабочий ход:

а) при обработке поверхностей тел вращения

$$t = 0,5/(D_i - D_{i-1});$$

б) при односторонней обработке плоских поверхностей

$$t = H_i - H_{i-1},$$

где  $D_i, H_i$  – соответственно диаметр и линейный размер после обработки;

$D_{i-1}, H_{i-1}$  - соответственно диаметр и линейный размер до обработки;

Выбор подачи на один оборот  $S_o$ ( мм/об) или подачи на один зуб (для многозубных инструментов)  $S_z$ (мм/зуб) с учетом стадии обработки и нагрузочно-прочностных характеристик технологической системы.

Подачу при черновой обработке выбирают максимально возможную, учитывая следующие ограничения: прочность механизмов привода и подачи станка; прочность инструмента; прочность заготовки; жесткость и прочность технологической системы.

Мощность станка, как правило, не ограничивает подачу: при недостатке мощности в большинстве случаев следует снижать не подачу, а скорость.

При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требований к точности и шероховатости поверхностей.

Определение скорости резания  $V$  ( м/ мин) с учетом выбранных  $t$ ,  $S$ , свойств обрабатываемого и режущего материала, геометрии и стойкости инструмента по эмпирическим зависимостям, имеющим общий вид

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} k_v,$$

где  $C_v$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  - коэффициенты, учитывающие вид обработки;

$T$  - период стойкости инструмента, мин;

$k_v$  - коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки.

Определение частоты вращения  $n_p$  ( мин<sup>-1</sup>) либо число двойных ходов заготовки или инструмента

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}.$$

По паспортным данным станка определяем  $n$ , близкую к расчетной  $n_p$ . При отсутствии этих данных ряд частот вращения можно определить по зависимости

$$n_{пр} = n_{min} \varphi^{i-1}$$

где  $n_{пр}$  – принимаемая (ближайшая меньшая) частота вращения;

$n_{min}$  – минимальная частота вращения для данного станка;

$\varphi$  - знаменатель ряда геометрической прогрессии, условно принимаем равным 1,26;

$i$  - номер ступени, на которой обеспечивается равенство

После назначения частоты вращения шпинделя определяют минимальную подачу  $S_m = S_0 n_{пр}$  ( мм/ мин).

Таблица 5.1. Выбор режима резания при токарной обработке (точение)

Последовательность выбора режимов резания	Методика, исходные данные, расчетные зависимости, справочные таблицы
1	2
Выбор типов применяемых резцов	Производят из характера обработки. Для обработки наружных поверхностей применяют проходные резцы, для расточки отверстий – расточные резцы, для подрезки торцов – подрезные резцы и проходные упорные, для отрезки и прорезания канавок – отрезные и прорезные, для нарезания резьбы – резьбовые.
Выбор материала режущей части резца	Режущая часть токарных резцов изготавливается в последние годы из металлокерамических твердых сплавов, реже из быстрорежущей стали. Рекомендуемые типовые марки твердого сплава для режущей части токарных резцов даны в таблице 9.1.
Определение размеров резцов, геометрических параметров их режущей части	Размеры поперечного сечения державки зависят от размеров применяемого станка. При высоте центров 150 – 160 мм рекомендуется сечение державки $b \times h = 12 \times 20$ мм (где $b$ – ширина, $h$ – высота); при высоте центров 180 – 200 мм – от $12 \times 20$ до $16 \times 25$ мм, при высоте

Обозначение по ОКП	<p>центров 250 – 300 мм – от 16 × 25 до 20 × 32 мм.</p> <p>Размеры токарных проходных резцов с пластинками твердого сплава регламентированы ГОСТами 18878–73, ГОСТ 18893–73 (4) и др.</p> <p>Например, резец 2100 – 0809ВК ГОСТ 18878–73 (резец с сечением державки <math>b \times h = 16 \times 25</math> с пластиной из твердого сплава ВК).</p>
Глубина резания $t$ , мм	<p>При черновом точении и отсутствии ограничений по мощности станка, жесткости системы СПИД глубина резания берется равной припуску на обработку <math>t = z</math>, где <math>z</math> – припуск на обработку (на сторону), мм.</p> <p>При параметре шероховатости обработанной поверхности от <math>Ra = 20</math> мкм и менее вводится чистовое точение. В этом случае глубина резания при чистовом точении берется по таблице</p> <p>Глубина резания при отрезке, проточке канавок равна ширине отрезного резца "В" (<math>t = B</math>).</p>
Подача $S$ , мм/об	<p>При черновом точении подача принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей твердосплавной пластины и прочности державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в таблице , а при черновом растачивании – в таблице .</p> <p>Максимальные величины подач при точении стали 45. допустимые прочностью пластины из твердого сплава, приведены в таблице</p> <p>Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца</p> <p>Рекомендуемые значения подач при прорезании пазов и отрезании даны в таблице при фасонном точении – в таблице . Выбранную подачу согласовать с паспортными данными станка <math>S_{\phi} \leq S</math>.</p> <p>Если в паспорте указаны <math>S_{max}</math> и <math>S_{min}</math> см. таблицу</p>
Скорость резания при наружном поперечном точении, растачивании $V$ , м/мин.	$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$
Скорость резания при отрезании, прорезании и фасонном точении $V$ , м/мин	$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v,$ <p>Значения коэффициентов <math>C_v</math>, показателей степеней <math>x, y</math> и <math>m</math> приведены в таблице</p>
Стойкость резцов $T$ , мин	При одноинструментальной обработке $T = 60$ мин.
Поправочный коэффициент $K_v$ на условия обработки.	$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$ <p>где <math>K_{mv}</math> – коэффициент на материал заготовки (таблицы )</p> <p><math>K_{nv}</math> – коэффициент на состояние поверхности заготовки (таблица )</p> <p><math>K_{uv}</math> – коэффициент на материал инструмента</p>

	(таблица )
Расчетная частота вращения шпинделя $n$ , мин <sup>-1</sup>	$n = \frac{1000V}{\pi D}$
Фактическая частота вращения шпинделя $n_\phi$ , мин <sup>-1</sup>	По паспортным данным станка выбирается фактическая частота вращения шпинделя $n_\phi \leq n$ Если в паспорте указаны только $n_{\max}$ и $n_{\min}$ см. таблицу
Фактическая скорость резания $V_\phi$ , м/мин	$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000},$
Минутная подача, мм/мин	$S_{\min} = S n_\phi$
Тангенциальная сила резания $P_z$ , при продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении	При проверке режима силу, мощность и момент резания определить по формулам $P_z = 10 C_p t^x S^y V_\phi^n K_p,$ При отрезании, прорезании и фасонном точении $t$ – длина лезвия резца. Постоянная $C_p$ и показатели $x, y$ и $n$ для конкретных условий обработки даны в таблице
Поправочный коэффициент $K_p$	$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp},$ где $K_{mp}$ – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал $K_{\phi p}$ – поправочный коэффициент на главный угол в плане, $K_{\gamma p}$ – поправочный коэффициент на главный передний угол, $K_{\lambda p}$ – поправочный коэффициент на угол наклона главной режущей кромки, $K_{rp}$ – поправочный коэффициент на радиус резца при вершине. Коэффициенты $K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$ приведены в таблице
Мощность резания, кВт	$N = \frac{P_z V_\phi}{1020 \cdot 60},$
Проверка выбранного режима мощности	$N = \frac{P_z V_\phi}{1020 \cdot 60} \leq N_{шт} = N_\eta,$ где $N_{шт}$ – мощность на шпинделе станка, кВт, $\eta$ – КПД станка (0,75–0,8) берется из паспортных данных станка
Проверка выбранного режима по прочности механизма продольной подачи станка	Осевая сила $P_x$ должна быть меньше или равна наибольшему усилию, допускаемому механизмом продольной подачи станка $P_{x \text{ доп.}}$ $P_x \approx 0.4 P_z \leq [P_x]$ Величина $[P_x]$ берется из паспорта станка.
Основное (технологическое) время $T_o$ , мин	$T_o = \frac{Li}{nS}$ где $L$ – длина рабочего хода резца, м; $i$ – число проходов резца; $n$ – частота вращения шпинделя станка, мин <sup>-1</sup> ; $S$ – величина подачи станка, мм/об.

	$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм,}$ <p>где <math>l</math> – длина обрабатываемой поверхности, мм; <math>l_1</math> – величина врезания, мм, <math>l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi + (0.5 \dots 2)</math>; <math>l_2</math> – величина перебега, мм, <math>l_2 = 1 \dots 3</math> мм;  <math>l_3</math> – величина пути для снятия пробных стружек, мм. При работе на настроенных станках <math>l_3</math> не учитывается.  В расчетах величину перебега в величинах <math>l_1</math> и <math>l_2</math> брать максимальной из таблиц</p>
--	--

### 5.3. Выбор метода окончательной обработки и контроль качества обработанной поверхности

Метод окончательной обработки зависит от технических требований, предъявляемых к готовой детали (точность размера, шероховатость поверхности, допустимые отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, твердость поверхностей). С учетом этих требований окончательным методом обработки может быть черновая, чистовая или финишная обработка.

Черновое обработке (точение, сверление, фрезерование) заканчивается изготовление поверхностей с шероховатостью  $\sqrt{R_a} = 80-20$  мкм и точностью обработки по 11-14 квалитетам.

Чистовая обработка (точение, фрезерование, зенкерование, развертывание, шлифование) применяются для получения поверхности с шероховатостью  $\sqrt{R_a}$  от 2.5 до 0.8 мкм при 6-9 квалитетах точности.

При повышенных требованиях к точности и шероховатости после чистовой обработки выполняются финишные операции (тонкое точение, тонкое шлифование, суперфиниширование, хонингование, полирование, притирка, выглаживание, накатывание и раскатывание). Данные операции существенно не влияют на геометрическую точность, но способствуют снижению шероховатости обработанной поверхности.

Контроль качества обработанной поверхности состоит из проверки шероховатости, твердости, отсутствия дефектов в виде микротрещин, прижогов.

Шероховатость поверхности в производственных условиях проверяются сравнением с образцами шероховатости, обработанными тем же методом или при помощи специальных приборов (профилограф, профилометр,

Твердость поверхности определяется твердомерами или приборами ПМТ (для измерения микротвердости).

Ответственные детали подвергаются контролю на отсутствие микротрещин, для чего используются методы магнитной, цветной или люминесцентной дефектоскопии.

Во многих случаях контрольные параметры проверяются выборочно с учетом технологии применяемой обработки.

### 5.5. Шероховатость поверхности и экономическая точность при различных методах обработки резанием

Метод обработки	Шероховатость поверхности	Точность
	обозначение	квалитет
Точение:		
черновое	$R_z 320 \dots 40$	11-й
чистовое	$R_z 20 \dots R_a 1,25$	9...10-й
тонкое	$R_a 0,63$	6...8-й
Строгание:		
обдирочное	$R_z 320 \dots 40$	12...13-й
чистовое	$R_z 20 \dots R_a 1,25$	11...13-й
тонкое	$R_a 1,25 \dots 0,63$	9...10-й
Фрезерование:		
обдирочное	$R_z 80 \dots 40$	12...13-й
чистовое	$R_z 20 \dots R_a 2,5$	11-й
тонкое	$R_a 1,25 \dots 0,63$	9...10-й
Сверление	$R_z 80 \dots 20$	13...11-й
Зенкерование	$R_z 40 \dots R_a 2,5$	13...11-й
Развертывание		
черновое	$R_z 20 \dots R_a 2,5$	9...10-й
чистовое	$R_a 2,5 \dots 0,63$	6...8-й
тонкое	$R_a 0,63 \dots 0,32$	8...(6...5)-й
Протягивание	$R_a 2,5 \dots 0,16$	10...6(5...6)-й
Шлифование		
круглое и плоское	$R_z 40 \dots R_a 2,5$	11-й
обдирочное	$R_a 1,25 \dots 0,63$	9...10-й
чистовое	$R_a 0,32 \dots 0,16$	10...5(6)-й
тонкое	$R_a 1,25 \dots 0,01$	8...5-й
Притирка	$R_a 0,32 \dots 0,02$	8...5-й
Хонингование	$R_a 0,32 \dots 0,01$	6...5
Суперфиниширование	$R_a 1,25 \dots 0,04$	7...5

Полирование	R <sub>a</sub> 0.63...0.02	9...6
Обкатывание, алмазное выглаживание	R <sub>a</sub> 1.25...0.16	

### Контрольные вопросы и задания

1. Понятие о качестве обработанной поверхности, их определения. 2. Чем определяется качество поверхности. 3. Условные обозначения шероховатости поверхности по ГОСТу. и их определения. 3. Способы определения шероховатости поверхности. 4. Перечислите физико- механические свойства поверхностного слоя. 5. Как взаимосвязаны точность и шероховатость поверхности детали ? 6. Повышение качества поверхностного слоя деталей технологическими методами.

### Основная литература

1. **Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения.[Текст]: учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 . 60-72стр.

### Дополнительная литература

- 1.**Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения. [ Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения» по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин.
2. **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО « Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-Х
- 3.**В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1
- 4.**В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

Лекция 6. Использование технологической оснастки в технологическом процессе сборке машин и изготовлении деталей

6.1. Проектирование технологической оснастки

. Расчет точности приспособлений. Экономическая эффективность приспособлений.

#### **Назначение и классификация приспособлений**

Дополнительные устройства, предназначенные для установки и закрепления заготовок (деталей) при выполнении технологических операций обработки, сборки и контроля, называются приспособлениями. Приспособления, применяемые для закрепления режущего инструмента, называются вспомогательным инструментом.

В зависимости от области использования приспособления образуют следующие группы: станочные; вспомогательный инструмент; контрольные; слесарно-сборочные.

Станочные приспособления подразделяются на токарные, фрезерные, сверлильные и др. По степени специализации различаются универсальные, универсально - групповые, универсально-сборные и специальные приспособления. Назначение и классификация станочных приспособлений. Установочные элементы (опоры) приспособлений. Элементы для установки и ориентирования инструмента. Зажимные элементы и механизмы приспособлений. Применение пневматического и гидравлического привода в приспособлениях, вспомогательные элементы и корпуса приспособлений. Приспособления для токарных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков.

#### Последовательность проектирования приспособлений

Универсальные приспособления применяются в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах. К ним относятся тески, трех кулачковые патроны, делительные головки, поворотные столы и т.п.

Универсально – групповые приспособления предназначаются для серийного производства и комплектуются из двух частей: универсальной (постоянной) и сменной. Сменная часть (кулачки, упоры, цанги и т.п.) подбираются в соответствии с, и размерами обрабатываемой заготовки, переналадка производится при переходе к обработке партии других заготовок.

Универсально-сборочные приспособления (УСП) собираются из нормализованные узлов и деталей. В комплект УСП входят базовые, опорные, направляющие установочные, прижимные и крепежные детали. Приспособление образуется путем соединения различных элементов УСП в зависимости от вида обработки, формы и размеров заготовки. УСП применяют в мелко серийном и среднесерийном производствах.

Специальные приспособления предназначены для выполнения только определенных операций обработки, сборки и контроля конкретных деталей или сборочных единиц. В связи с высокой стоимостью и трудоемкостью этих приспособлений их целесообразно использовать в условиях крупносерийного и массового производства. Они обеспечивают высокую производительность труда путем сокращения вспомогательного времени и повышения точности обработки.

По степени механизации и автоматизации приспособления делятся на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

По источнику энергии приводы приспособлений подразделяются на пневматические, гидравлические, магнитные, электромеханические, вакуумные и центробежно-инерционные.

Во всех случаях, когда это экономически целесообразно, должны применяться принадлежности станка (приспособления, постоянно находящиеся на станке) и универсальные приспособления, имеющиеся на производстве. Специальные приспособления проектируются и изготавливаются тогда, когда их применение экономически оправдано или технически необходимо.

Установка заготовки на приспособлении в требуемом положении может осуществляться по разметке, с выверкой относительно отверстия или наружной цилиндрической поверхности, по цилиндрической поверхности; по цилиндрической поверхности без выверки или по упорам. Во всех случаях установки и закрепления заготовки на приспособлении действует правило шести точек.

## 6.2. Приспособления для токарных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков

### 6.2.1. Для токарных и шлифовальных станков

При обработке деталей на токарных станках наибольшее распространение получили патроны: трех кулачковые самоцентрирующие; четырех кулачковые, двух кулачковые, цанговые и поводковые.

Трех кулачковые самоцентрирующие патроны нашли широкое применение в единичном и мелкосерийном производствах благодаря своей универсальности. Они обеспечивают быстрое и надежное закрепление цилиндрических деталей вручную или с помощью механизированного привода (пневмо- и гидропривод). При обработке в патроне заготовки длиной свыше пяти диаметров необходимо применять задний поддерживающий центр.

Четырех кулачковые патроны имеют кулачки, перемещаемые индивидуально каждый своим винтом, и применяются обычно для обработки заготовок сложной конфигурации, несимметричных, квадратных, прямоугольных. Для дополнительного крепления заготовок с помощью прихватов корпус патрона снабжен сквозными овальными пазами под шпильки. Установка заготовки в четырех кулачковом патроне производится по разметке или с выверкой, что требует больших затрат вспомогательного времени, поэтому их используют в единичном и мелкосерийном производствах.

Цанговые патроны применяются чаще всего на токарно-револьверных станках и токарных автоматах, но могут быть использованы и на универсальных токарных станках. Патрон предназначен для зажима калиброванного прутка и штучных заготовок, изготовленных с точностью не ниже 12 квалитета. В цанговом патроне контактное давление невелико и не вызывает смятие зажимаемой поверхности, конусная часть цанги (стальная закаленная гильза с продольным разрезом) имеет угол  $31^{\circ}$ , а конус гнезда  $29^{\circ}$ . Цанга изготавливается из стали У8А, У10А или 9ХС и закаливается до твердости HRC 52-60.

Поводковые патроны служат для передачи вращения шпинделя станка обрабатываемой заготовке, установленной в центрах. Для предохранения рабочего от вращающегося пальца и хомутика патрон снабжается защитным кожухом.

В условиях крупносерийного и массового производства находят применение самозажимные поводковые патроны, при использовании которых не требуется хомутик.

Обработка валов наиболее часто производится с установкой и закреплением в центрах, передний центр устанавливается в отверстие шпинделя станка, задний – в отверстие пиноли задней бабки.

Для сокращения времени на установку обрабатываемого вала в центрах применяются передние поводковые утопающие центры.

Для чернового обтачивания труб и втулок могут использоваться рифленные центры-поводки.

При обработке не жестких валов, когда их длина превышает диаметр в 10 раз и более, используются подвижные и неподвижные люнеты.

Базирование таких деталей, как втулки, гильзы, диски, зубчатые колеса и т.п., по центральному отверстию при обработке наружных поверхностей производится при помощи оправок. По способу закрепления на станке оправки разделяются на центровые и шпиндельные (консольные). Они выполняются жесткими и разжимными, с ручным и механизированным приводами. Жесткие оправки бывают цилиндрические, конические и шлицевые.

При отсутствии повышенных требований к соосности наружной и внутренней поверхностей применяются цилиндрические оправки с установкой детали с зазором. Зажим детали производится прижатием ее к бурту оправки с помощью гайки и быстросъемной шайбы.

Центровые цилиндрические оправки имеет цилиндрическую часть для базирования заготовки и короткую коническую (фаску) для направления заготовки при ее установки, Диаметр цилиндрической части оправки изготавливается по посадке h6 или k6 Концы оправки имеют лыски для передачи вращения от шпинделя с помощью специального поводкового патрона.

Центровые конические оправки предназначены для обработки с высокой точностью деталей при  $\frac{L}{D} > 10$ . Конические оправки обычно изготавливаются с конусностью

$$K = \frac{D_1 - D_2}{L} = \frac{1}{1000} \div \frac{1}{3000},$$

Наибольший диаметр конуса  $D_{1н6}$  определяется следующим образом, К наибольшему диаметру отверстия заготовки прибавляется величина  $\Delta$ , определяемая как разность между верхним отклонением вала, взятого по прессовой посадке h6 и верхним отклонением основного отверстия H7.

Наименьший диаметр конуса  $\delta_v$  находится по формуле

$$D_{1нм} = D_{1н6} - \delta_v$$

где  $\delta_v$  - допуск на основной вал в 6 квалитете (h 6).

Наибольший диаметр конуса  $D_{2н6}$  равен наименьшему диаметру отверстия заготовки и наименьший  $D_{1н6}$  определяется по формуле

$$D_{2нм} = D_{2н6} - \delta_v$$

Диаметр  $D_0$  направляющей части оправки определяется по наименьшему размеру отверстия обрабатываемой заготовки с отклонениями по посадке с зазором e8.

Для закрепления деталей со шлицевым базовым отверстием применяются шлицевые оправки. Шлицевые цилиндрические оправки могут проектироваться для установки заготовки с натягом (прессовая посадка) или с зазором, Последние не обеспечивают точности центрирования.

Оправки рекомендуется изготавливать из цементуемого стали 20X. Глубина цементированного слоя 0.87-1.5 мм, закалка и отпуск – до твердости HRC 56-62.

Разжимные оправки бывают следующих типов: цанговые с разжимной упругой втулкой, имеющей прорези и перемещающиеся по конусу оправки; пальцевые, или плунжерные, с раздвижными радиальными пальцами; шариковые и самозажимные роликовые, с тарельчатыми пружинами; гидропластом

Для стрежней всех разжимных оправок рекомендуется применять сталь 20Х, глубина цементированного закаленного слоя 0.8-1.5мм, твердость HRC 56-62.

Разжимные упругие втулки изготавливаются из стали У7А, У8А, У10А и 9ХС и закаливаются с отпуском зажимной части до твердости HRC 52-58. Пружинной части до твердости HRC 42-48.

### 6.2.2. Приспособления для сверлильных станков

Приспособления для сверлильных станков подразделяются на универсальные, предназначенные для закрепления деталей при обработке отверстий по разметке и специальные, называемые кондукторами - для обработки отверстий без разметки. В качестве универсальных приспособлений используются машинные тиски, прихваты, призмы, поворотные столы и стойки, делительные головки. Кондукторы могут быть накладными, скальчатыми и поворотными.

Для направления сверла и получения отверстия в заданном месте в кондукторе закрепляются кондукторные втулки (с буртом или без бурта). Для возможности выполнения различных работ соответствующим инструментом (сверлом, Зенкером, разверткой, метчиком) применяются сменные кондукторные втулки, установленные в постоянные втулки. Постоянные втулки устанавливаются в кондукторе по посадке  $\frac{H7}{k6}$  или  $\frac{H7}{h6}$ , съемные- по посадке  $\frac{H7}{f7}$  или  $\frac{H7}{q6}$ .

Кондукторные втулки диаметром до 25 мм изготавливаются из стали У10А или ХГ с температурной обработкой до твердости HRC 62-65. При диаметре отверстия более 25 мм может быть использована сталь 20 с цементацией на глубину 0.8-1.2мм и последующей термической обработкой до твердости HRC 60-63.

Накладной кондуктор для сверления отверстий в зубчатом колесе, зубчатое колесо устанавливается торцом на фланец подставки и центрируется на ней центральным отверстием, Сверху накладывается кондукторная плита с кондукторными втулками и зажимается с помощью зажимной гайки через откидную шайбу. Угловая ориентация кондукторной плиты по отношению к обрабатываемому колесу обеспечивается установкой фиксатора 7 в обработанное отверстие заготовки. Для снятия кондукторной плиты по завершении обработки детали ослабляют гайку и поворачивают откидную шайбу, выводя ее из-под гайки.

Конструкция поворотного кондуктора для сверления радиальных отверстий во втулках, кольцах, фланцах и т.п. Кондуктор обеспечивает автоматический поворот обрабатываемой заготовки вместе с установочной оправкой. Во время рабочего хода шпинделя кронштейн с помощью упора из гаек опускает штангу с собачкой, которая, встречая зуб делительного диска, поворачивается, преодолевая сопротивление плоской пружины. Собачка вновь возвращается в исходное положение, как только выйдет из зацепления с диском, который при этом удерживается неподвижно фиксатором. По окончании сверления при подъеме шпинделя кронштейн поднимает штангу, собачка входит в зацепление с очередным зубом делительного диска и поворачивает его вместе с обрабатываемой деталью, Фиксатор при этом опускается и затем вновь входит в очередную впадину между зубьями диска под действием пружины.

Для закрепления режущего инструмента применяются сверлильные патроны: трехкулачковые, двухкулачковые, быстросменные.

В крупносерийном и массовом производствах для одновременной обработки нескольких отверстий на одношпиндельных сверлильных станках устанавливаются многошпиндельные сверлильные головки.

### 6.2.3. Приспособления для фрезерных станков

На фрезерных станках используются следующие универсальные приспособления: машинные тиски, прихваты, призмы, поворотные столы, простые и универсальные делительные головки. Для повышения производительности труда применяются специальные многоместные приспособления, спроектированные с учетом форм, размеров и характера выполняемой операции. Эти приспособления позволяют за один ход стола обрабатывать несколько закрепленных в них деталей.

Многоместное приспособление для фрезерования паза в рычагах. Приспособление кассетного типа. Во время обработки пакет деталей в одной кассете в другой устанавливается следующая партия заготовок. Рычаг базируется двумя отверстиями не два пальца и кассеты. Кассета с заготовками центрирующей головкой устанавливается в отверстие планки приспособления. Центрирующая головка и ромбический палец входят в паз деталей. Закрепление производится гайкой, которая через нажимную втулку передвигает ползун с отверстием и тем самым фиксирует кассету в приспособлении и зажимает заготовки рычагов. Взамен ручного зажима может быть использован привод от пневмо- или гидроцилиндра. Приспособление может быть использовано для обработки аналогичных рычагов различного типа. С этой целью в кассете предусмотрены возможность применения сменных установочных пальцев и регулировка расстояния между ними.

При обработке зубьев зубчатого колеса заготовки базируются по центральному отверстию и торцу. Для закрепления заготовок предназначены специальные приспособления.

Приспособление для установки и зажима заготовки на зубодолбежном станке. Оправка закреплена в отверстие стола станка. Заготовка устанавливается на опорную шайбу и центрируется переходной втулкой, насаженной на оправку, Заготовка зажимается с помощью зажимной гайки через прижимной стакан.

### 6.3. Технический и экономический расчет приспособления

Приспособление должно обеспечивать правильное базирование и надежное закрепление заготовки, точное направление режущего инструмента, быть достаточно прочным и долговечным, приносить экономическую эффективность. Для выполнения этих требований производятся следующие расчеты приспособлений: геометрический ; силовой; расчет на точность; расчет на прочность и жесткость; расчет экономической эффективности.

Геометрический расчет предусматривает проверку правильности расположения опор и упоров, зажимов, кондукторных втулок, выполнения правил шести точек. Проверяется возможность беспрепятственной установки и снятия заготовки, возможность движения поворотных деталей: откидных крышек, поворотных планок, отсутствие на их пути каких-либо препятствий в виде головок болтов, приливов, бобышек и т.п. Уточняются размеры и расположение элементов, базирующих приспособление на станке,- направляющих шпонок, опорных штифтов, центрирующих выточек. При использовании призматических, регулируемых или самоустанавливающихся опор проверяются их размеры, чтобы подтвердить правильность расположения заготовки как по высоте, так и в горизонтальной плоскости, необходимо обратить внимание и на общие формы приспособления с позиции технической эстетики.

**Силовой расчет** приспособления служит для проверки возможности закрепления заготовки и сохранения ее неподвижного положения во время действия сил резания (иногда инерционных сил) и определения необходимого усилия на ручках ручного зажима или штоках приводов. По значениям этих усилий определяются, затем размеры силовой части привода (диаметр поршня, мембраны и т.д.) с учетом давления рабочей среды. Силовой расчет приспособлений производится на основе управлений станка, с учетом давления рабочей среды. Силовой расчет приспособлений производится на основе уравнений статики, с учетом действий сил и моментов резания и коэффициента запаса  $K=1.5-2$ . Расчет приспособлений на прочность и жесткость ведется с учетом размеров отдельных элементов приспособления и действующих сил. Цель расчета- проверка размеров, исключающих поломку комплектующих деталей и возникновение чрезмерных деформаций под действием сил зажима и сил резания.

Экономический расчет приспособления предназначен для выявления экономической целесообразности его изготовления и определения годовой экономии при его использовании.

Применение приспособления целесообразно , если выдержано условие :

$$\mathcal{E} \geq C_{\text{п}}$$

где  $\mathcal{E}$ - годовая экономия от применения приспособления без учета затрат на его эксплуатацию;  $C_{\text{п}}$ - годовые затраты на изготовление и эксплуатацию приспособления.

Годовая экономия ( в руб.) определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (t_{\text{ш}} - t_{\text{ш.пр}}) \frac{C_{\text{ч}} N}{60 \cdot 100},$$

где  $t_{\text{ш}}$ - штучное время при обработке детали без приспособления или с использованием универсального приспособления, мин;

$t_{ш. пр.}$  - штучное время при обработке детали с применением проектируемого приспособления, мин;

$C_ч$  - стоимость станко- часа рабочего места руб./ч;

$N$  - годовая программа, шт.

Экономический эффект от применения приспособления определяется как разность между годовой экономией и годовыми затратами на приспособление:

$$\mathcal{E}_п = \mathcal{E} - C_п.$$

#### 6.4. Конструирование приспособления и его принципиальная схема

При выполнении проекта аспирант должен подобрать и усовершенствовать приспособление для одной из операций технологического процесса.

Конструкция приспособления должна обеспечить:

Требуемую точность установки и надежность крепления обрабатываемой детали.

Быстроту действия.

Применение незначительных усилий для приведения в действие зажимов, удобство и безопасность работы.

Невысокую стоимость изготовления приспособления и надежность его эксплуатации.

При расчете и конструировании приспособления необходимо в первую очередь тщательно изучить чертеж детали и технические требования, предъявляемые к точности и шероховатости обработанной детали на заданной операции.

Затем подробно проанализировать и уточнить выбранную при разработке технологического процесса схему установки и закрепления обрабатываемой детали в приспособлении.

Дальнейшее конструирование сводится к последовательному вычерчиванию элементов приспособления вокруг контура обрабатываемой детали с параллельным проведением необходимых расчетов.

Рекомендуется придерживаться следующего порядка:

На листе бумаги вычертить условными линиями (штрих пунктиром) контуры обрабатываемой на данной операции детали с необходимым числом проекций в масштабе 1:1. Главный вид должен соответствовать рабочему положению детали на станке. Деталь изобразить в таком виде, какой она получается после произведенной ранее обработки. Выделить жирными линиями поверхность детали, обрабатываемую в проектируемом приспособлении.

Проекция контура детали надо располагать на достаточном расстоянии друг от друга с тем, чтобы между ними могли разместиться соответствующие проекции общего вида приспособления.

В процессе проектирования обрабатываемая деталь считается прозрачной и на изображении элементов приспособления в проекции общего вида не влияет.

Выбрать конструкцию, определить направление элементов приспособления (кондукторные втулки у кондукторов или установки для установки фрез) и вычертить их вокруг контура обрабатываемой детали во всех проекциях.

В соответствии с принятой схемой установки обрабатываемой детали и ее конфигурацией определить места расположения, конструкцию и размеры установочных элементов приспособления и вычертить их.

Исходя из принятых режимов резания определить величину и направление сил резания.

Руководствуясь основными принципами закрепления обрабатываемых деталей в приспособлениях, определить направление и точку приложения усилий зажима. Необходимо стремиться к тому, чтобы давление со стороны режущих инструментов воспринималось опорами, а не зажимами и не силой трения.

Точку приложения усилий зажима следует выбирать с таким расчетом, чтобы исключить возможность появления опрокидывающих моментов, отрывающих обрабатываемую деталь от установочных элементов приспособления, или сил, сдвигающих обрабатываемую деталь относительно их, а также, чтобы обеспечивались минимальные деформации при зажиме обрабатываемой детали.

Для выполнения первого условия точку приложения усилия зажима надо располагать над опорной или так, чтобы она проектировалась в пределах площади опорной фигуры.

Для выполнения второго условия силу зажима прикладывают к наиболее жесткой части обрабатываемой детали и возможно ближе к месту обработки детали.

Рассчитать величину необходимого усилия зажима из условия статистического равновесия обрабатываемой детали под действием всех приложенных к ней сил и их моментов (сил резания, массы, трения, инерционных сил и т.д., включая реакции опор).

Выбрать конструкцию и размеры зажимных элементов приспособления, исходя из величины необходимого усилия зажима, регламентированного времени на закрепление и открепление обрабатываемой детали в приспособлении, типа приспособления (одно- или многоместное), конфигурации и точности обрабатываемой детали.

Провести проверочный расчет на прочность особо нагруженных деталей приспособления (1-2 детали).

Определить конструкцию и размер необходимых вспомогательных элементов и механизмов приспособления (выталкиватели, делительные устройства, фиксаторы и т.д.).

При выборе этих элементов следует в максимальной степени использующиеся нормы и стандарты.

Объединить все элементы общим корпусом приспособления, используя по возможности стандартные заготовки корпусов.

Разработать способ центрирования на станке и соединение его со станком.

Опорные поверхности приспособления, а также проушины для крепления его к стану, и в справочной литературе.

Посадочные места станков приводятся в технической документации, прилагаемой к каждому станку, и в справочной литературе.

При конструировании приспособления следует вычертить необходимые сечения, поясняющие конструкцию и дать спецификацию

При выборе конструкции приспособления необходимо уделить особое внимание удобства установки обрабатываемых деталей, очистке приспособления от стружки и подводу охлаждающей жидкости.

## 6.5. Нормализация, унификация и стандартизация приспособлений

Данное направление обусловлено частой сменой продукции и стремлением оставить приспособление без изменений.

Это противоречие разрешается нормализацией, унификацией и стандартизацией деталей и сборочных единиц приспособлений. При этом снижается объем конструкторских работ, сокращается номенклатура и увеличивается количество подлежащих изготовлению деталей одного наименования и размера. Нормализованные или стандартные детали можно изготавливать большими партиями централизованным порядком, что снижает их стоимость. Нормализованные и стандартные детали, сборочные единицы могут быть сняты с использованных приспособлений и после частичного ремонта (если необходимо) переданы на склад. В случае необходимости их повторно применяют при сборке новых приспособлений.

В области приспособлений стандартизацией охвачены:

- конструктивные и размерные элементы деталей (резьбы, конусы, шпоночные соединения, уклоны, посадки и т. д.);
- заготовки корпусов;
- сборочные единицы приспособлений;
- некоторые конструкции приспособлений;
- элементы силовых приводов;
- элементы приспособлений.

Проведенная стандартизация в области оснастки позволяет проектировать приспособления с применением стандартных деталей и сборочных единиц в объеме от 30 до 90% от общего количества деталей в конструкции.

Нормализация (упорядочение) проходит следующие этапы:

- нормализация общих конструктивных и размерных элементов. Объектом нормализации является установление размерных рядов на элементы приспособлений, установление габаритных и присоединительных размеров, нормализация конструктивных элементов (резьб, деталей крепления, штифтов, шпоночных соединений, уклонов и т. п.), установление посадок для применяемых сопряжений и допусков на основные детали;
- нормализация деталей специальных приспособлений (установочные элементы, детали зажимных устройств, корпуса приспособлений и их элементы, установки для проверки положения инструментов, детали вспомогательных устройств), а также их заготовок (отливки, поковки);
- нормализация сборочных единиц приспособлений различного функционального назначения: пневмо- и гидроцилиндров, пневмокамер, делительных и поворотных механизмов, фиксаторов, выталкивателей и др. Применение стандартных и нормализованных элементов и узлов позволяет снизить затраты на изготовление приспособлений на 20-30% и сократить цикл освоения новых изделий.

Технический прогресс влечет за собой быстрое увеличение номенклатуры изделий машиностроения, постоянное усложнение конструкций машин и оборудования при возрастающих требованиях к их точности и эксплуатационной надежности. Это предъявляет все более жесткие требования к подготовке производства и технологии изготовления машин. Создаются новые более производительные и эффективные технологические процессы, повышается их стабильность, внедряются гибкие производственные системы и новое высокопроизводительное переналаживаемое оборудование. В этих же направлениях осуществляется и совершенствование технологической оснастки, в том числе станочных приспособлений и инструментов.

Технологическую оснастку проектируют в стране десятки тысяч конструкторов; свыше 500 тыс. работников заняты ее изготовлением в инструментальных цехах предприятий. Трудовые затраты на проектирование и изготовление оснастки и инструмента составляют до 70 % трудовых затрат на постановку новых изделий на производство. Много времени затрачивается на изготовление оснастки. Так, при общей продолжительности технологической подготовки производства грузового автомобиля, равной 26 мес., разработка технологии занимает 7 мес., а изготовление только специальной оснастки — 20 мес. Значительное количество приспособлений обновляется каждые 3—4 года, в то время как их физический износ составляет при этом не более 30 %.

Весьма широкая номенклатура приспособлений, особенно-специальных, каждое из которых практически является оригинальной конструкцией, предопределяет низкий уровень специализации их производства (примерно 7 % от общего числа приспособлений), отличающийся низкой эффективностью, большими затратами времени и средств, расхода металла и других материалов. Достаточно сказать, что производительность труда в инструментальных цехах почти в 2 раза ниже, чем на специализированных заводах.

Таким образом, проблема совершенствования конструкций приспособлений, улучшения организации проектирования и изготовления является весьма важной и в условиях действия ЕСТПП подлежит полному решению в сжатые сроки.

Одним из путей коренного изменения технологической подготовки производства является повышение уровня применения унифицированной и стандартной оснастки и, в первую очередь, станочных приспособлений с последующей специализацией производства. При этом эффективное сокращение трудовых и материальных ресурсов, а также времени на ТПП достигается за счет возможности агрегатирования и многократного применения приспособлений при смене объектов производства, соответствия конструкций приспособлений условиям их эксплуатации, например, таким, как тип производства, организация производства и др. В результате унификации и стандартизации создаются конструкции, отвечающие наиболее полному и эффективному использованию высокопроизводительного оборудования (станков с ЧПУ, многооперационных станков) и автоматических линий, а также конструкции, которые обеспечивают минимальные сроки технологической подготовки производства, например, позволяющие использовать для проектирования средства вычислительной техники или системы автоматизированного проектирования (САПР).

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое станочные приспособления и для чего их применяют? 2. По каким признакам классифицируются приспособления? Назовите основные элементы и механизмы, приспособлений, их назначение. 4. В чем заключается преимущества пневмопривода для зажима заготовок? 5. Перечислите основные приспособления к токарным и круглошлифовальным, фрезерным и сверлильным станкам. 6. Какие существуют основные разновидности специальных приспособлений? 7. Каков общий порядок проектирования специальных приспособлений? 8. Как определяют экономическую эффективность приспособления.

## Основная литература

1. **Некрасов, С. С.** Технология сельскохозяйственного машиностроения. [Текст]: учебник / С. С. Некрасов, И. Л. Приходько, Л. Г. Баграмов. - М. : КолосС, 2005. - 360 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0148-6 .

2. **Лебедев, Л. В.** Технология машиностроения. [ Текст]: учебник для студ. вузов по спец. «Технология машиностроения" по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"; доп. МОН РФ. / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 528 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение). - ISBN 978-5-7695-5634-0 .

### *б) дополнительная литература*

- **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО « Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

- **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

- **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

Лекция 7. Исследование процесса формирования и технологических возможностей управления состояниями обрабатываемых элементов.

### 7.1. Факторы, влияющие на точность обработки

В процесс обработки заготовки возникают отклонения от геометрической формы и размеров, заданных чертежами. Эти отклонения обязаны находиться в пределах допусков, определяющих наибольшие допустимые значения погрешностей. Суммарная (окончательная) погрешность складывается из целого ряда факторов, определяющих значения этих погрешностей. Рассмотрим основные из них.

#### 7.1.1. Погрешность установки заготовки ( $\Delta\epsilon_y$ )

Возникает при установке заготовки непосредственно на станке или в приспособлении и определяется как:

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{\Delta\epsilon_6^2 + \Delta\epsilon_3^2 + \Delta\epsilon_{пр}^2},$$

где  $\Delta\epsilon_6$  - погрешность базирования;  $\Delta\epsilon_3$  - погрешность закрепления;  $\Delta\epsilon_{пр}$  - погрешность положения заготовки в приспособлении.

Составляющие  $\Delta\epsilon_y$  - случайные величины, поэтому суммируются по правилу геометрического сложения.

$\Delta\epsilon_{пр}$  - возникает вследствие неточности изготовления станочного приспособления, не связана с процессом установки заготовки и поэтому часто учитывается в расчётах отдельно. Значения  $\Delta\epsilon_{пр}$  определяют по справочникам.

*Погрешность базирования  $\Delta\epsilon_6$*  - возникает в результате базирования заготовки по технологическим базам, несвязанным с измерительными базами. Численное значение определяют при помощи геометрических расчётов для конкретной схемы установки детали (приводится в справочной литературе).

*Погрешность закрепления  $\Delta\epsilon_3$*  - возникает в процессе закрепления заготовки в связи с колебаниями величины контактных деформаций стыка "заготовка-опора-приспособление" (рис. 13). Зависит от условий контакта, материала и твёрдости базовой поверхности заготовки (коэффициент  $C$ ), силы, действующей на опору ( $Q$ );

направления наибольшего смещения ( $\alpha$ )

$$\epsilon_3 = C \cdot Q^n \cdot \cos\alpha,$$

где  $\epsilon_3$  - смещение из-за контактного деформируемого стыка;  $n$  - эмпирический коэффициент. Значения  $\Delta\epsilon_3$  - справочные данные.

### 7.1.2. Погрешность, вызванная не жесткостью технологической системы

Обрабатываемая заготовка, установленная на станке с приспособлениями и режущим инструментом, представляет собой замкнутую упругую систему

На точность обработки влияют преимущественно те деформации, которые изменяют расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью, т.е. направленные нормально (перпендикулярно) к обрабатываемой поверхности (составляющая  $P_y$ ).

*Жёсткостью технологической системы* ОЗПИ (оборудование, заготовка, приспособление, инструмент) называется отношение радиальной составляющей силы резания  $P_y$  к смещению режущей кромки резца относительно обрабатываемой заготовки, отсчитываемое в направлении действия этой системы.

$$J = \frac{P_y}{y}$$

где  $J$  - жесткость, (н/м; кг/мм);  $P_y$  - радиальная составляющая силы резания, (н; кг);  $y$  - смещение (мм).

Упругие свойства составляющего элемента технологической системы характеризуются *податливостью*, т.е. величиной обратной жёсткости (отношение перемещения к силе).

$$\omega = \frac{J}{P_y}, \text{ (м/н; мм/кг)}.$$

*Жёсткость* технологической системы - способность противостоять действию силы, вызывающий деформацию.

Податливость технологической системы - способность деформироваться под действием силы резания.

Жёсткость станков (нормальной точности)  $j = 2000 \dots 4000$  кгс/мм, но есть станки с  $j$  до 10 000 кгс/мм. Методы исследования жесткости:

- а) статистический (нагружение узлов неработающего станка);
- б) производственный (динамический).

В результате отжаты элементов ОЗПИ изменяются технологические параметры режима резания и, в частности,  $t_3$  — заданная глубина резания;  $y_1$  - смещение заготовки;  $y_2$  - смещение инструмента;  $P_y$  -

составляющая силы резания по нормали.

Фактическая глубина резания  $t_\phi$

$$t_\phi = t_3 - (y_1 + y_2),$$

где  $t_3$  - заданная глубина резания.

$$y_1 = P_y \omega_1;$$

$$y_2 = P_y \omega_2;$$

где  $\omega_1$  - податливость элемента технологической системы, включающей заготовку, станочное приспособление и узел станка, на котором закрепляется станочное приспособление;  $\omega_2$  - податливость элемента технологической системы, включающего инструмент, приспособление для крепления инструмента и узел станка, на котором это приспособление закреплено;  $P_y$  - радиальная составляющая силы резания.

Сумма смещений  $y = y_1 + y_2$  - есть погрешность размера, и определяется как

$$y = t_z + t_\phi = P_y(\omega_1 + \omega_2) = P_y \omega_c;$$

где  $\omega_c$  - податливость технологической системы.

Жёсткость элементов технологической системы статическим методом находится экспериментально. Для этого проводят статическое нагружение от нуля до некоторой наибольшей величины. Для каждого значения измеряется отжатие по нормали к обрабатываемой поверхности. Далее ведут ступенчатое разгружение при тех же значениях и фиксируют *остаточное* отжатие

По данным при нагружении и разгрузке строят зависимости  $y = f(P_y)$ . Истинную жёсткость для каждого текущего момента можно найти по отношению приращения силы в данной точке кривой к приращению перемещения. В упрощённых технологических расчётах берётся средняя жёсткость (абсцисса точки  $A$  как среднее значение силы).

Повышение жесткости достигают:

- 1) улучшением конструкции станков и приспособлений;
- 2) затяжкой стыков;
- 3) подгонкой сопряжённых поверхностей;
- 4) уменьшением высоты вылета элементов технологической системы;
- 5) увеличением опорных поверхностей;
- 6) использованием дополнительных опор и другие приемы.

Все перечисленное увеличивает жёсткость, что, в свою очередь, повышает точность и производительность обработки. На практике важно не только увеличивать жёсткость отдельных элементов системы, но и выравнивать её по всем направлениям и в различных сечениях технологической системы. Необходимо учитывать не статический а динамический характер силы резания, так как она изменяется скачкообразно (по амплитуде колебаний) и точка её приложения в процессе обработки меняется. В технологических расчётах упругих отжатий значение силы резания умножают на динамический коэффициент. Его принимают при предварительной обработке  $K = 1,2 \dots 1,4$ ; при чистовой  $K = 1,0 \dots 1,2$ , причём меньшие значения соответствуют безвибрационной механической обработке.

### 7.1.3. Погрешность за счет износа режущего инструмента ( $\Delta_{ин}$ )

В процессе механической обработки режущий инструмент подвергается износу. При обработке деталей на настроенном станке размерный износ приводит к изменению размеров обрабатываемых заготовок (увеличение размера).

Режущая кромка отдаляется от обрабатываемой поверхности, что свидетельствует об износе режущего инструмента по задней стенке, причём износ идет непрерывно. Возможно округление режущей кромки (для инструмента из стали типа ХВГ) и выкрашивание контактных поверхностей (для твердосплавного инструмента ТК, ВТК, ВК).

Величину износа приближённо можно считать прямо пропорциональной времени резания или пути, пройденному инструментом по металлу.

Величину размерного износа инструмента определяют по нормали к обрабатываемой поверхности.

Более точное исследование износа показало - процесс не подчиняется линейному закону. Различают три этапа.

Первый - непродолжительный - сопровождается повышенным износом, второй - (основной период) - характеризуется нормальным износом (участок прямолинейен), третий - период быстрого износа и разрушения.

Первый период характеризуется начальным износом (рис. 17)  $U_n$ , мкм. Вторым - относительным (удельным) износом  $U_0 = \text{tg}\beta = \frac{U_2}{l_2}$ , мкм/км. Зная  $U_n$  и  $U_0$  можно определить размерный износ (мкм) на длине пути резания:

$$\Delta U = U_n + \frac{U_0 L}{1000},$$

где  $L$  – в метрах.

Для различных методов обработки эта формула видоизменяется, например:

- при протягивании деталей

$$\Delta U = U_n + \frac{U_0 l_n}{10^5},$$

где  $L$  - длина протягивания;  $h$  - количество деталей в партии;

- при строгании:

$$\Delta U = U_n + U_0 \frac{lB}{10^6 \cdot S},$$

где  $l$  и  $B$  — длина и ширина обрабатываемой плоскости;  $S$  - подача на один двойной ход;

- при продольном точении:

$$U_n + U_0 \frac{\pi dl}{10^6 \cdot S},$$

где  $d$ ,  $l$  - диаметр и длина обрабатываемой поверхности;  $S$  - подача на оборот.

Для уменьшения влияния размерного износа на точность применяется подналадка станка (наиболее эффективен - автоматический подналадчик).

Пример: значения износа при чистовом точении:

Конструкционный материал	Инструмент	$U_n$ , мкм	$U_{отн}$ , мкм/км
--------------------------	------------	-------------	--------------------

Сталь углеродистая	T15K6	2...8	2...10
Сталь углеродистая	Цм332	1...3	0,5...1
	эльбор	1...3	
	алмаз	1...3	

#### 7.1.4. Погрешность за счет настройки станка ( $\Delta_{\text{настр}}$ )

Величина погрешности, возникающая из-за необходимости периодической смены затупившегося инструмента, т.е. настройки и поднастройки. Зависит от методов настройки. Таких методов два:

1. Установка режущего инструмента последовательным приближением к заданному размеру при обработке на станке пробных деталей.
2. Установка режущего инструмента по шаблону (эталону).

В расчетах принимают эту погрешность равной  $2\sigma$  или  $0,1\delta$ , где  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение;  $\delta$  - допуск на размер.

#### 7.1.5. Погрешность за счет тепловых деформаций технологической системы ( $\Delta t$ )

Учёт *тепловых деформаций* важен. Нагреву и охлаждению подвержена вся система, т.е. станок-инструмент-деталь. Тепловое состояние  $V$  различают как стационарное и нестационарное. Считают, если станок предварительно разогреют и обрабатывается небольшая заготовка, то тепловое состояние системы стационарно. Нестационарное появляется при запуске станка после длительной остановки. Влияние тепловых деформаций на точность растёт когда поглощение тепла заготовкой увеличивается, например, при обработке внутренней поверхности тонкостенной втулки. Общие тепловые деформации складываются из: а) тепловых деформаций станка, б) заготовок, в) инструмента:

а) нагрев деталей станков происходит от потерь на трение в механизмах, электроустановках, гидро- системах. Тепло может передаваться от внешней среды, например: перепад температур в корпусе передней бабки может составлять  $50^{\circ}\text{C}$ ;

б) при резании происходит передача тепла заготовке. Основная часть тепла уходит со стружкой, так при токарной обработке с большой скоростью резания со стружкой уходит свыше 90% тепла. При принудительном охлаждении заготовка практически не нагревается;

в) резец в целом также при активном охлаждении не перегревается, в то время как в некоторых случаях режущая кромка нагревается до  $850^{\circ}\text{C}$ .

Величину погрешности можно определить, зная перепад температур, коэффициент линейного расширения и размеры детали.

Пример: нельзя проводить чистовую обработку заготовки сразу после черновой, так как в результате обдирочной операции происходит значительный нагрев заготовки.

Меры снижения влияния  $\Delta t$ :

- 1) предварительный прогрев станков на холостых оборотах;
- 2) использование СОЖ;

### 3) термостатирование цехов.

#### 7.1.6. Погрешности, вызванные остаточными напряжениями в материале заготовок ( $\Delta_{ост}$ )

*Остаточные* (собственные) напряжения - напряжения, существующие в заготовке или готовой детали при отсутствии внешних нагрузок. Остаточные напряжения полностью уравниваются и внешне не проявляются. Однако, при нарушении значительного равновесия, вызываемого сжатием материала при механической обработке, химическим или термическим воздействием, - деталь начинает деформироваться с целью восстановления стабильности внутренних напряжений. Остаточные напряжения делятся на две группы: конструктивные и технологические.

*Конструктивные* - возникают в деталях в процессе их эксплуатации в результате взаимодействия конструктивных элементов изделия.

*Технологические* — возникают на стадии изготовления детали в результате:

- а) неоднородного (неравномерного) нагрева или охлаждения;
- б) фазовых, структурных превращений в металле;
- в) диффузионных процессов в металле;
- г) пластических деформаций (наклёп).

Технологические остаточные напряжения в зависимости от способа изготовления делятся на:

- а) литейные;
- б) сварочные;
- в) термические;
- г) ковочные;
- д) от наклепа;
- е) от холодной правки и т.д.

С целью уменьшения погрешностей, связанных с остаточным напряжением, применяют специальные методы, например: термические обработки (отжиг, нормализация и т.д.); механические обработки (вибрации, обкатка и т.д.)

#### 7.1.7. Погрешность от геометрических неточностей станка ( $\Delta_{ст}$ )

Следующая причина возникновения погрешностей механической обработки - *геометрические неточности* станка. Узлы станка вместе представляют собой единую технологическую систему. Одни узлы связаны с режущим инструментом, другие - с обрабатываемой заготовкой. Погрешности взаимного положения узлов станка оказывают влияние на форму и расположение поверхностей обработки, но не влияют на размер детали. Причиной может служить неточность сборки станка, неправильная обработка основных деталей станка, неточность его установки, неправильное крепление на фундаменте, например: биение переднего центра (эксцентricность относительно оси вращения шпинделя при обтачивании за два установа) - "двухосность" детали.

Геометрические погрешности станка могут быть следствием старения, т.е. износа станка. Эти погрешности регламентированы нормами точности, указанными в соответствующих ГОСТ. Точность станка и точность обработки взаимосвязаны и первая влияет на вторую. Но надо уточнить, что возможности станка выше, т.е. нормы точности обработки всегда ниже норм точности соответствующих станков.

В этих нормах ГОСТ даются методы проверки точности, осуществляемые в ненагруженном состоянии при неподвижном положении узлов или медленном их перемещении вручную. Погрешности, указанные в ГОСТ соответствуют новым станкам, после ремонта нормы точности принимают ниже.

## 7.2.2. Образование отклонений качества поверхностного слоя детали

Поверхностный слой детали формируется под воздействием технологических факторов и внешней среды, в свою очередь технологические факторы, их уровень и степень воздействия зависят от метода, режима обработки и материала детали.

Основными причинами, вызывающими шероховатость поверхности, являются геометрические факторы режущего инструмента, пластические и упругие деформации металла в поверхностном слое и вибрации.

*Геометрия режущей части кромки инструмента* оказывает влияние на шероховатость поверхности. Характер влияния этого фактора зависит от кинематики относительного движения режущего инструмента и заготовки. При токарной обработке поверхностей детали за один оборот заготовки вершина резца переместится вдоль образующей цилиндрической поверхности на шаг, равный подаче, из одного положения в другое. При этом на обработанной поверхности останется часть материала, не снятая резцом и образующая гребешок. Величина и форма гребешка зависят от подачи на оборот и формы режущей части резца, характеризуемой углами  $\phi$  и  $\phi_1$  и радиусом вершины резца. По мере затупления лезвия на режущих кромках появляются зазубрины, что также влияет на шероховатость. По данным исследований, при точении шероховатость от затупления возрастает на 50...60%; при фрезеровании цилиндрическими фрезами – на 100...115%. Торцовыми фрезами – на 35...45%. Сверлении – на 30...40% и развертывании – на 20...30%.

При шлифовании на шероховатость поверхности оказывают влияние геометрические характеристики абразивных зерен, расстояние между ними. При шлифовании каждое абразивное зерно прорезает в материале царапину. После правки шлифовального круга абразивным инструментом на его поверхности появляются винтовые неровности, которые тоже переносятся на обрабатываемую поверхность.

*Пластические и упругие деформации материала* оказывают при обработке резанием влияния на поверхностный слой детали. Поверхностный слой детали из пластических материалов деформируется, в результате возникают неровности обработанной поверхности. При обработке хрупких металлов имеет место вырывание отдельных частиц металла.

Пластические деформации при обработке лезвийным инструментом зависят от скорости резания, в диапазоне скоростей 20...40 м/мин под действием усилий, прижимающие слои металла привариваются к передней и частично к задней поверхности резца, образуя нарост, который изменяет форму режущей кромки. Лезвия и резко увеличивает шероховатость. По мере возрастания скорости резания количество теплоты,

выделяемой в процессе образования стружки, увеличивается, нарост, нагреваясь быстрее остальной части зоны деформации, разрушается и шероховатость уменьшается.

Во время отделения стружки резцом часть металла заготовки, лежащей под ним, поднимется его закругленной частью, подвергаясь упругой и пластической деформации. После прохождения резца этот несрезанный слой металла частично и неравномерно упруго восстанавливается и вызывает трение задней поверхности, тем самым увеличивается высота неровности профиля поверхности. При высоких скоростях резания глубина пластически деформированного слоя уменьшается.

Вибрации, возникающие в технологической системе и создающие относительные колебания движения заготовки и режущего инструмента, также являются причиной возникновения шероховатости. При этом, чем выше амплитуда колебания, тем больше шероховатость.

### 7.2.3. Образование отклонения физико- механических свойств поверхностного слоя обработанной детали

Физико- механические свойства поверхностного слоя характеризуется структурой, степенью упрочнения (наклепа), остаточными напряжениями. Эти свойства изменяются под влиянием совместного силового и теплового воздействий. В зависимости от метода обработки может доминировать одно из них.

Различают три зоны напряженно- деформированного состояния поверхностного слоя: 1- резко выраженной пластической деформации, которая характеризуется значительными искажением кристаллической решетки, измельченными зернами и значительным увеличением микротвердости; 2- упругопластической деформации, характеризуемой вытянутыми зернами, наволакиванием одних зерен на другие и значительным уменьшением микротвердости; 3- переходной упругодеформированной, представляющей зону влияния деформации и зону перехода к строению основного металла

*Глубина упрочненного слоя* колеблется от двух до сотен микрометров, Степень упрочнения  $u_n, \%$ , характеризует отклонения твердости поверхностного слоя  $H_n$  от твердости основного материала  $H_0$ .

Обычно  $u_n$  составляет 120...160%. наиболее простым способом определения глубины  $h_n$  наклепа является измерение микротвердости исследуемого образца на притертой отполированной поверхности косого среза под небольшим углом . применяют также и рентгеновские методы.

*Остаточные напряжения* в поверхностном слое могут быть приблизительно равны пределу текучести материала, а глубина их распределения может превышать глубину наклепа.

Различия поверхностного слоя по глубине пластических деформаций напряженно- деформированного и структурных состояний обуславливают появление в нем остаточных напряжений.

Остаточные напряжения измеряют по деформации образца, происходящей после снятия с него напряженного слоя химическим и электрохимическим способом. Широко распространено определение напряжений по методике академика Н.Н. Давиденкова.

*Упрочнение поверхностного слоя* происходит при силовом воздействии в процессе резания, в результате которого возникают пластические деформации, сопровождающиеся измельчением и вытягиванием кристаллических зерен в направлении деформации, искривлением плоскостей скольжения, возникновением напряжений и искажениями кристаллической решетки. Ст

епень и глубина упрочнения возрастают с увеличением сил и продолжительности их воздействия, а также степени пластической деформации.

Пластическая деформация означает сдвиговые взаимоперемещения элементов структуры металл по слабым направлениям. Сопротивление металла деформации возрастет и происходит его упрочнение.

В процессе деформации металл поглощает часть энергии, становится термически неустойчивым и в нем самопроизвольно возникают процессы «отдыха»- разупрочнение, частично восстанавливающие его первоначальные свойства.

Таким образом, пластическая деформация сопровождается упрочнением и разупрочнением, соотношение которых зависит от условий деформации и определяет качество поверхностного слоя. При большей температуре и длительности теплового воздействия возможно полное снятие упрочнения, возникающего в результате силового воздействия.

Степень и глубина упрочнения зависит от метода и режима механической обработки

Силовой фактор вызывает пластические деформации и порождает только снижение напряжения; тепловой фактор вызывает растягивающие напряжения в поверхностном слое. Все это объясняется следующим образом.

*Силовой фактор* Вследствие действия сил трения по заданной поверхности инструмента поверхностный слой подвергается растяжению. При этом деформация его верхней части до какой-то глубины будет пластической, а ниже – только упругой. После прохода инструмента упругорастянутая часть (нижняя) слоя, стремится сжаться, сожмет пластические деформирующие поверхности (верхнюю) часть слоя.

*Тепловой фактор* верхняя часть поверхностного слоя (как более нагретая) стремится увеличиться, а нижняя, более холодная, препятствует этому. Поэтому в верхней части возникают напряжения сжатия. А нижняя часть- растяжения. При дальнейшем повышении температуры напряжения в верхней части поверхностного слоя превысят предел текучести, что вызывает в нем дополнительную пластическую деформацию сжатия.

При последующем охлаждении верхняя часть поверхностного слоя стремится укоротиться на величину большего растяжения вследствие пластической деформации (нижняя часть не претерпела пластической деформации). В результате в верхней части возникают растягивающие напряжения, а нижней – напряжения сжатия.

Большое влияние на степень и глубину упрочнения оказывает скорость резания. Влияние скорости резания на степень и глубину упрочнения не является монотонным. Существует оптимальная скорость резания при которой эти показатели будут минимальными. Увеличение подачи не меняет характер влияния скорости резания на степень и глубину упрочнения, а только уменьшает значение оптимальной скорости резания.

При уменьшении переднего угла от + 15 до -15 глубина упрочнения увеличивается почти в 3 раза, а степень упрочнения – на 13 %. Увеличение радиуса скругления режущего

лезвия повышает степень и глубину упрочнения при всех подачах, особенно если он большой, чем толщина слоя среза. Существенно влияет на упрочнение увеличение износа инструмента по задней поверхности. Наибольшее влияние на упрочнение оказывает фаска износа на задней поверхности грани при скоростях резания, больших или меньших оптимальных, например, при увеличении фаски износа от 0 до 0,4 мм и оптимальной скорости резания глубина упрочнения увеличивается на 20 мкм, а степень упрочнения – на 4%. А при обработке со скоростями, меньшими или большими оптимальной, глубина упрочнения возрастает на 55 ... 70 мкм, а степень упрочнения – на 8...10%.

Стали и сплавы, обладая различными прочностными и пластическими свойствами, по-разному упрочняются при обработке резанием.

Марка инструментального материала в широком диапазоне скоростей резания значительно влияет на коэффициент трения на задней поверхности инструмента, а следовательно, на степень и глубину упрочнения. Инструментальный материал, обеспечивающий меньшее значение коэффициента трения, формирует подповерхностный слой детали с меньшей степенью и глубиной упрочнения. Например, поверхность, обработанная резцом из сплава Т14 К8, имеет меньшую глубину и степень упрочнения по сравнению с поверхностью, обработанной резцом сплава ВК\*. Это связано с тем, что с увеличением содержания карбидов вольфрама, повышается склонность к адгезионному взаимодействию материалов инструмента и заготовки, увеличивается коэффициент трения на задней поверхности.

Формирование подповерхностного слоя у закаленных и незакаленных сталей (чугунов) при шлифовании происходит по-разному. Кратковременные тепловые импульсы при шлифовании незакаленной стали не могут привести к структурным изменениям в подповерхностном слое, так как не успевают произойти необходимые для этого диффузионные преобразования. Процесс стружкообразования, при шлифовании сопровождается значительными пластическими деформациями в подповерхностном слое, что способствует упрочнению. Однако высокие температуры в зоне резания вызывают разупрочнение материалов, и его наклеп при этом снижается.

Особенностью формирования подповерхностного слоя при шлифовании закаленной стали является то, что ее структура может изменяться под действием даже кратковременных тепловых импульсов, так как при этом в основном происходят бездиффузионные процессы, а распад твердых растворов требует значительно меньших тепловых затрат, чем их образование. При низкой производительности процесса и нормальной (30 м/с) или пониженной скорости шлифования подповерхностный слой упрочняется (наклепывается) так же, как у незакаленной стали. При повышении производительности и недостаточном охлаждении происходит отпуск мартенсита (прижог отпуска) и микротвердость материала становится ниже исходной. При дальнейшем повышении производительности и обильном охлаждении наблюдается вторичная закалка (прижог, закалка).

#### 7.2.4 Образование погрешностей изготовления деталей на технологическом переходе

Погрешность обработки является результатом нарушения заданного закона относительного движения технологических баз и рабочих поверхностей инструмента.

Нарушение закона относительного движения заготовки и инструмента происходит в процессе статической и динамической настройки технологической системы.

Задача статической настройки технологической системы – достижение заданного относительного положения и траектории движения рабочей поверхности технологической системы без рабочих нагрузок.

Задача динамической настройки технологической системы – достижение заданного относительного положения и траектории движения рабочих поверхностей технологической системы при рабочих нагрузках

Отсюда суммарная геометрическая погрешность изготовления детали :

$$\dot{\omega} = \dot{\omega}_y + \dot{\omega}_c + \dot{\omega}_d$$

где  $\dot{\omega}_y$  – погрешность установки ;  $\dot{\omega}_c$  – погрешность статической настройки технологической системы;  $\dot{\omega}_d$  – погрешность динамической настройки технологической системы.

#### 7.2.5. Статическая настройка включает:

Настройку размеров и кинематических цепей на заданный закон относительного движения рабочих поверхностей технологической системы с заданной точностью при отсутствии рабочей нагрузки.

На точность статической настройки оказывают влияние, главным образом , собственные геометрические погрешности технологической системы и погрешности установки сменных элементов.

При обработке в результате действий нагрузок возникают упругие и тепловые перемещения, вибрации и др., которые нарушают заданное относительное движение рабочих поверхностей, достигнутое во время статической настройки. Поэтому , чтобы достичь заданной геометрической точности детали , необходимо учитывать обе составляющие суммарной погрешности и еще на этапе проектирования технологического процесса предусматривать мероприятия, обеспечивающие сумму погрешностей меньше заданного допуска.

Описать аналитически нарушение закона относительного движения заготовки и инструмента, а следовательно, и погрешность обработки можно через отклонения величины замыкающего звена размерной цепи технологической системы, Замыкающим звеном размерной цепи технологической системы является расстояние между технологическими базами заготовки и рабочими поверхностями ( например, режущие кромки резца) обрабатываемого инструмента.

В процессе статической настройки на этапе установки заготовка и инструмент включаются в размерные и кинематические цепи технологической системы. Для этого они должны знать требуемое положение относительно соответствующих баз станка.

Заготовка устанавливается на столе станка или в приспособлении технологической системы и должна быть координирована своими технологическими базами относительно вспомогательных баз станка, по которым перемещается или вращается сборочная единица системы, несущая заготовку.

*Основными причинами погрешности установки заготовки и инструмента являются :*

Погрешности технологических баз, исполнительных поверхностей станка, приспособления или рабочего стола,- используемые для определения положения заготовки и инструмента;

Нарушение правила шести точек при определении положения заготовки и инструмента;

Неправильное положение силового замыкания ( создание недостаточной величины силы зажима, неправильный выбор точек применения сил зажима и последовательности приложения);

Неправильный выбор измерительных баз, метода и средств измерения;

Неорганизованная смена баз в процессе закрепления заготовки и инструмента;

Недостаточная квалификация рабочего и ряд других причин.

*Основными причинами образования погрешности статической настройки размерных и кинематических цепей технологической системы являются*

Неправильный выбор измерительных баз и методов измерения;

Неправильный выбор метода и средств статической настройки размерных и кинематических цепей;

Геометрическая погрешность оборудования, приспособлений и режущего инструмента ( погрешности изготовления, состояния и т.п)

Недостаточная квалификация и ошибки , допущенные рабочим или наладчиком, производящим статическую настройку, и ряд других причин.

*Основными причинами, порождающими погрешность динамической настройки размерных и кинематических цепей технологической системы , являются:*

Неоднородность материала;

Колебания припусков на обработку;

Недостаточная жесткость технологической системы по координате перемещения режущего инструмента и заготовки;

Изменение направления и величины сил, действующих в процессе обработки;

Качество и состояние режущего инструмента ;

Состояние оборудования и приспособления;

Температура обрабатываемой заготовки, оборудования, приспособлений, обрабатывающего и измерительного измерительного инструмента и среды, и особенно ее колебания;

Свойства, способ применения и количество СМО;

Неправильный выбор методов и средств для измерения погрешности динамической настройки;

Вибрация технологической системы;

Недостаточная квалификация и ошибки рабочего или наладчика и ряд других причин.

В соответствии с изложенным, в результате обработки заготовки возникает погрешность обработки, в общем случае равная:

А) алгебраической сумме погрешностей установки, статической и динамической настройки ( при изготовлении одной заготовки обработки):

Б) сумма абсолютных значений полей рассеивания погрешностей установки, статической и динамической настройки ( при изготовлении партий заготовки:

7.3. Образование отклонений качества изделия на протяжении технологического процесса (после)

7.3.1. Образование погрешностей измерения

Вопросы измерения точности деталей играют чрезвычайно важную роль в достижении заданной точности как детали, так и изделия в целом в процессе изготовления. Ошибки в измерении погрешностей изготовленного изделия могут иметь существенные негативные последствия . например, неправильная оценка погрешности обработки детали приводит к статической и динамической погрешности настройки технологической системы, неправильному назначению допусков на меж переходные размеры и т.д.

Проблема оценки точности изделия с точки зрения соответствия его служебному назначению является комплексной, когда должен учитываться целый набор его характеристик с учетом их взаимосвязей.

Главной причиной, порождающей основные трудности в измерении геометрической точности изделия, является отличие формы реальных поверхностей от заданных на чертеже их геометрических прототипов. У реальных деталей форма поверхности всегда отличается от заданной конструктором, это и приводит к дополнительным геометрическим характеристикам, таких как отклонение от плоскостности, прямолинейности, цилиндричности, круглости ( элементами которой является овальность, огранка), отклонение профиля в продольном сечении ( конусность, бочкообразность, седлообразность, изогнутость) и др.

Другой причиной повышенной трудоемкости процесса измерения точности является наличие многочисленных геометрических характеристик, отклонения которых надо измерять. К ним относятся отклонения от параллельности, биение, отклонение от перпендикулярности перекос осей, отклонения от соосности, симметричности, перпендикулярности осей и др.

В зависимости от типа контролируемого изделия появляются дополнительные геометрические характеристики, учитывающие его специфику. Например, при контроле точности зубчатого колеса измеряют погрешность шага между зубьями, накопленную ошибку шага, толщину зуба и его направление. При этом каждая из геометрических характеристик требует своего метода и средств измерения.

Наличие такого многообразия геометрических характеристик привело к появлению множества методов и средств измерений. Поэтому одной из важных задач совершенствования процесса измерения является унификация геометрических характеристик.

Все разнообразие методов измерения точности деталей можно свести к двум принципиально отличным видам: комплексному и дифференцированному.

Сущность комплексного метода – получение непосредственно ответа о результате измерения (годен или непригоден). Типичным примером такого метода является измерение с помощью проходного и непроходного калибра. Кроме того, в процессе измерения непосредственно можно контролировать и показатели служебного назначения объекта (например, при контроле плунжерной пары измеряют объем утечки рабочей среды за ед. времени и каким образом определяют годность этой плунжерной пары).

Однако его применение наталкивается на ряд трудностей, как недостаточное знание явлений, которые имеют место при выполнении изделием служебных функций, Другим недостатком комплексного метода является отсутствие информации об отклонениях геометрических характеристик, что затрудняет совершенствование технологии изготовления и восстановления точности, теряем в процессе эксплуатации.

#### Выводы

1. К основным причинам, снижающим качество и эффективность процесса измерения точности детали, относятся:

- многоступенчатость процесса измерения, приводящая к существенному накоплению погрешностей измерений;
- многочисленность и разнообразие геометрических характеристик, требующих контроля;
- отсутствие строгих связей между отклонениями геометрических характеристик;
- отсутствие связей между методиками их определения со служебным назначением контролируемого объекта.

2. Устранение указанных недостатков должно вестись в направлении математического описания процесса измерения, который сведется только к измерению поверхностей контролируемого объекта, унификации геометрических характеристик, что значительно снизит объем измерений и существенно уменьшит разнообразие методов

Лекция 8. Проектирование технологических процессов механической обработки деталей с учетом имеющегося технологического оборудования и современных информационных технологий

### 8.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При разработке технологических процессов в основу положены два принципа: технологический и экономический. Технически предполагается обеспечение выполнения всех требований рабочего чертежа и технических условий на обработку конкретного изделия. По экономическому принципу изготовление изделия проводится с минимальными затратами труда и издержками производства.

Таким образом технологический процесс изготовления должен выполняться с полным использованием технических возможностей средств производства при наименьших затратах времени, минимальной себестоимости.

Из нескольких возможных вариантов технологического процесса изготовления изделия, равноправных с точки зрения технического принципа, выбирают наиболее эффективный, производительный и рентабельный вариант. При равной производительности выбирают наиболее рентабельный, а при равной рентабельности - наиболее производительный. Выявление эффективности и рентабельности разрабатываемого процесса ведут по всем элементам, из которых они складываются, но иногда определяют расчётом по укрупнённым показателям

Многообразие элементов, факторов, обуславливающих проектирование технологического процесса, затрудняет возможность создания общих правил построения. Однако, обобщая опыт промышленности, выделены некоторые положения, которые необходимо учитывать при проектировании технологических процессов.

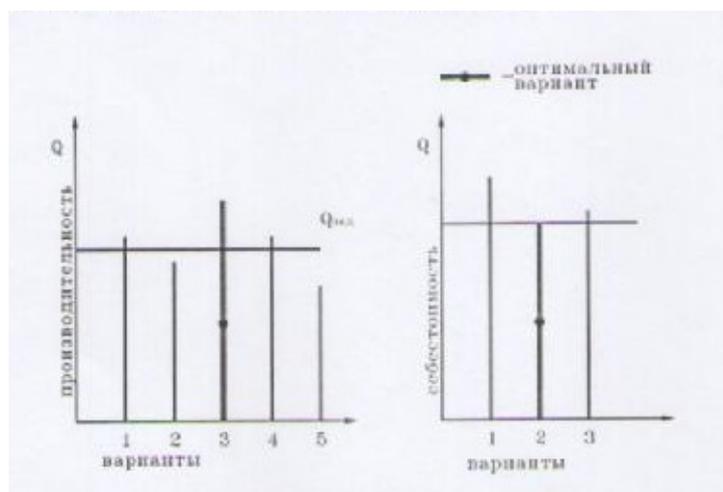


Рис.8.1. Выбор оптимального варианта

1. Процесс должен обеспечивать выполнение требований к изделию при минимальных затратах и наибольшей производительности.
2. Первыми при механической обработке следует выполнять те операции, на которых удаляется наибольший припуск в связи с тем, что в этом случае перераспределяются напряжения, возникающие при изготовлении заготовок и происходит деформация в начале технологического процесса, которая на последующих операциях исправляется, т.е. достигается необходимая форма и точность. Так же при снятии значительного припуска могут быть выявлены дефекты металла заготовки и такую заготовку не пускают на дальнейшую обработку.
3. При механической обработке операции, при выполнении которой значительно уменьшается жёсткость детали, следует проводить после тех, в которых жёсткость уменьшается незначительно.
4. Рекомендуется выполнять черновую и чистовую обработку в различных операциях и на различных станках, так как в одной операции может быть затруднено достижение заданной точности.

8.1.2. Исходными данными при разработке технологических процессов для новых заводов являются: рабочий чертеж, технологические условия на изготовление (точность, структура, термообработку); программа выпуска; срок выполнения.

Для действующих или реконструируемых заводов необходимы сведения о наличии оборудования, площадях и других местных производственных условиях. При заданном виде исходной заготовки возможности технолога ограничиваются при проектировании. При разработке технологических процессов используют справочные и нормативные материалы: каталоги и паспорта оборудования и приспособлений; ГОСТ и нормы на режущий инструмент и измерительные приборы, нормативы на точность, шероховатости, расчеты припусков, режимов резания и техническое нормирование времени; тарифно-квалификационные справочники; другие вспомогательные материалы.

При оформлении разработок данные заносятся в специальные бланки технической документации.

8.1.3.. Анализ чертежа, технических условий и служебного назначения детали

Пробное изучение рабочего чертежа, технических условий на изготовление и условий работы детали в изделии- всё это предшествует проектированию технологического процесса. Проверяется достаточность проекций, резервов, правильность простановки размеров, изучаются требования на точность и шероховатость поверхностей и другие требования.

При завышенных классах точности и чистоты, усложняется технологический процесс изготовления и по согласованию с конструктором вводятся соответствующие коррективы. При контроле чертежа выявляются возможности улучшения технологичности конструкции детали. Например: возможное уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей снижает трудоёмкость механической обработки; повышение жесткости детали, дает возможность много инструментальной обработки; облегчение повода и отвода режущего инструмента, что уменьшает основное и вспомогательное время; унификацию размеров пазов, конавок, отверстий и других элементов, что сокращает номенклатуру размерных и профильных инструментов и уменьшает время обработки; обеспечение надежности и удобства базирования заготовки; возможность совмещения установочных и измерительных баз; удобство многоместной обработки заготовок. При улучшении технологичности конструкции значительно снижается трудоемкость и повышается рентабельность процессов механической обработки.

#### 8.1.4 Рекомендации системы технологической подготовки производства

Проектирование технологических процессов отличается трудоемкостью и характеризуется много вариантносью решений. Проектирование выполняют в нескольких стадий. Вначале составляют предварительные наброски технологического процесса, далее их уточняют и конкретизируют на основе детальных технологических расчетов. Приемлемое решение принимают после разработки и сравнения нескольких технологических вариантов.

В условиях массового производства технологический процесс разрабатывают подробно для всех оригинальных деталей изделия. На нормализованные и стандартные детали используют типовые процессы. В единичном производстве ограничиваются сокращенной разработкой, так как подробная- экономически не оправдана. Исключение составляют сложные и дорогие детали. В условиях серийного производства составляют групповые технологические процессы. На оригинальные детали разрабатывают индивидуальные процессы.

Процесс проектирования состоит из комплекса взаимосвязанных этапов, которые рекомендуются

Выполнять в определенной последовательности:

- 1) определение типа производства и методов работы;
- 2) выбор метода получения заготовки и установления предъявляемых к ней требований; выбор установленных баз;
- 3) выбор маршрута обработки отдельных поверхностей;
- 4) составление маршрута обработки детали в целом;
- 5) предварительная наметка операций; расчет межоперационных припусков;

- б) установление технологических допусков и предельных размеров заготовки по технологическим переходам;
- 7) уточнение содержания операций;
- 8) выбор оборудования, инструментов и приспособлений;
- 9) установление режимов резания;
- 10) выявление настроечных размеров;
- 11) уточнение схем установки, закрепление заготовки для разработки технического задания на конструирование приспособления;
- 12) установление норм времени и квалификации рабочих;
- 13) оформление технологической документации.

## 8.2 Этапы построения технологического процесса изготовления детали

### 8.2.1. Выбор маршрута обработки поверхностей детали

На начальной стадии разработки ТП составляют перечень технологических переходов, которые могут быть применены для достижения заданной чертежом точности и шероховатости. Учитывая, что каждому методу обработки соответствует определенное качество поверхности ( $R < JT$ ) методом окончательной обработки (последнего перехода) подсказывается рабочим чертежом.

Вид (конфигурация) и точность заготовки облегчает определение первого технологического перехода, например:

- а) в исходной заготовке есть отлитое отверстие - поэтому переход сверления отсутствует и обработка выполняется растачиванием или зенкерованием;
- б) заготовка для гладкого вала - калиброванный прокат. Обтачивание не требуется - сразу шлифование.

Зная содержание первого и последнего переходов устанавливают промежуточные, при этом исходя из того, что каждому методу окончательной обработки предшествуют несколько предварительных (менее точных).

Пример: чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное, а предварительному развертыванию - чистовое зенкерование или сверление.

Число вариантов маршрута обработки может быть довольно большим. Выбор варианта производится приближенно, оценивая трудоемкость по нормативным вариантам. Более точно маршрут обработки определяют при сравнении суммарной себестоимости обработки всего изделия. Значительную помощь при этой работе может оказать ЭВМ.

### 8.2.2 Проектирование технологического маршрута изготовления детали.

Цель составления технологического маршрута - дать общий план обработки детали, наметить содержание операций, выбрать тип оборудования. Задача сложная и многовариантная. При её решении следует руководствоваться следующей примерной схемой:

1. Рассматривают процесс изготовления как операций черновой, чистовой и отделочной обработки. Это позволяет:

- а) своевременно выявить дефекты материала уже на стадии черновой обработки(брак);
- б) увеличить разрыв времени между черновой и последующей обработкой для снижения влияния термических и механических остаточных деформаций в материале;
- в) снизить требования и квалификацию рабочих на начальных стадиях ТП;
- г) уменьшить риск случайного повреждения окончательно обработанных деталей.

2. Сначала обрабатывают установочные поверхности, затем остальные в последовательности, обратной точности. В конце маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например резьбы.

3. Если деталь термообрабатывается, то маршрут расчленяют на две части: до и после термообработки.

Это необходимо для устранения коробления.

4. В первую очередь необходимо обработать ту поверхность, относительно которой на чертеже координированы другие поверхности детали, например: сначала обрабатывают поверхность, а затем поверхность 3, а потом- остальные

5. вспомогательные операции и второстепенные(сверление местных отверстий, снятие фасок, прорезка канавок) выполняют на стадии чистовой обработки.

6. Обработку зубьев колес, нарезание шлицев, обработку пазов выделяют как самостоятельные операции.

7. Необходимо учесть возможность объединения операций, выполняемых на одном станке.

8. Исходя из условий конкретного производства учитывают при составлении маршрута: наличие специализированных цехов, соответствие такту выпуска(массовое производство). Для тяжелых заготовок предусматривают минимум перестановок.

9. всемерно применять принципы типизации ТП.

### 8.2.3. Проектирование технологических операций

При разработке структуры операций механической обработки стремятся к наиболее экономическим вариантам.

С этой целью стремятся к перекрытию элементов основного  $t_0$  и вспомогательного  $t_v$  времени, тем самым уменьшая  $t_{шт}$  и, как следствие, повышая производительность процесса. Имеются следующие схемы построения операций, отличающиеся:

- а) числом одновременно устанавливаемых заготовок: одноместные и многоместные;

б) числом участвующих в обработке инструментов: одно инструментальные и много инструментальные;

в) порядком использования инструментов - последовательная, параллельная и параллельно- последовательная. в

Путем сочетания указанных схем достигают различных схем обработки.

Средства контроля выбирают исходя из их метрологических показателей и их соответствия требуемой точности изготавливаемого изделия, производительности контроля.

Погрешности контроля:

-ответственные детали 0.08

-менее ответственные детали 0.12-0.2

-неответственные детали 0.3

Число контрольных операций выбирается из соображений минимального влияния на себестоимость при обеспечении минимума брака.

Выбор схемы построения операций выбирается из соображений минимального влияния на себестоимость при обеспечении минимума брака.

Выбор схемы построения операций в значительной степени зависит от программы выпуска, например: при единичном- одноступенчатая, одно инструментальная последовательная при серийном, массовом- местная, много инструментальная, параллельная или параллельно-последовательная.

Оценку эффективности построения операций производят по коэффициенту совмещения оперативного времени.

Основные понятия: исходная заготовка отличается от детали тем, что на всех обрабатываемых поверхностях предусмотрены припуски- слои материала, подлежащие удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения заданной точности и шероховатости. Материал, оставленный в выемках, пазах и отверстиях отливок и поковок образует напуск, так же удаляемый при обработке. Напуском является так же слой материала проката, превышающий размеры заготовки с учётом припуска на обработку. Напуск удаляют как правило в два подхода( 60...70%- первый, 40-30%- второй.)

Припуски разделяют на общие- удаляемые в течении всего процесса обработки и межоперационные (промежуточные) удаляемые при выполнении отдельных операций. Межоперационный припуск определяется разностью размеров заготовки, полученных на смежных предшествующем и выполняемом переходах.

Общий припуск равен сумме межоперационных припусков по всем технологическим операциям.

Припуски могут быть симметричными (для тел вращения) и асимметричными – (призматические детали).

Различают номинальный, минимальный и максимальный припуск.

Минимальный припуск, т.е. наименьший слой металла, снимаемый при обработке, есть разность между наименьшим размером заготовки и наименьшим размером после выполнения данного перехода. Максимальный припуск равен номинальному припуску минус допуск на выполнение данного перехода.

Номинальный припуск- это разность между номинальными размерами пов-ти после предшествовавшего и после данного перехода.

Максимальный припуск есть разность между наименьшим размером пов-ти после выполнения предшествовавшего перехода и наименьшим её размером после выполнения данного перехода.

Существуют нормативные данные, суммируя которые можно получить величину минимального припуска. Имеются так же ГОСТ на значения общих припусков на обработку отливок и поковок. При оценке величины общего припуска учитываются факторы: 1) размер и конструктивные формы 2) материал и способ получения заготовки 3) величина дефектного слоя 4) погрешность установки 5) степень деформации.

Важно, чтобы припуски на обработку были возможно меньшими в целях экономии металла, времени и т.д. Для этого, чтобы ограничить значения промежуточных припусков, назначают технологические допуски на отдельные переходы.

Обычно технологические промежуточные допуски на охватываемую пов-ность (шейка вала) назначают в минус, а на охватывающую (отверстия)- в плюс.

В любом случае промежуточный допуск направлен в тело металла.

Минимальный припуск- минимальная необходимая толщина слоя мат-ла для выполнения данной операции. Он является исходной величиной при расчёте припусков.

Припуски на обработку определяются 2-мя методами:

1) Опытно-статистический- при котором значение общих и промежуточных припусков определяют по справочным таблицам, составленным на основе обобщения производственного опыта. Недостаток метода- нет учёта конкретных условий построения ТП. Полученные припуски, как правило, завышены, т.к. ориентируются на полное отсутствие брака.

2) Расчётно- аналитический метод( профессор В.М. Кован), согласно которому промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующем переходе, а так же погрешности, установки на данном переходе.

Основа метода- определение  $Z_{\min}$

## Факторы, определяющие минимальный припуск

Величину минимального промежуточного припуска определяют следующие факторы:

1) Высота неровностей  $R_{zi-1}$ , полученная на смежном предшествующем переходе.

Зависит от условий этого перехода (режим резания, метод резания и т.д.).

2) Состояние и глубина  $T_{i-1}$ , поверхностного (дефектного) слоя- дефекты, полученные так же на смежном предшествующем переходе, подлежащие частичному ( после поверхностной закалки) или чаще полному удалению. У отливок состоит из перлитной корки с включением формовочного песка и т. д. У стальных поковок- это обезуглероженный слой.

3) Пространственное отклонение  $\rho_{i-1}$  расположения обрабатываемой пов-сти относительно базовой. Например: несоосность наружной (базовой) пов-сти и растачиваемого отверстия, неперпендикулярность торцевой плоскости оси базовой цилиндрической пов-сти, нецилиндричность обрабатываемой пов-сти, относительно базовой оси .

4) Погрешность установки  $\varepsilon_i$ , возникающая на выполняемом переходе, за счёт нестабильности положения обрабатываемой пов-сти вследствие её смещения. Это смещение возникает при закреплении заготовки из- за неточностей установочных элементов приспособления и других причин.

Общая величина минимального припуска определяется суммированием указанных выше величин  $R_{zi-1}, T_{i-1}, \rho_{i-1}, \varepsilon_i$ . Учитывая, что  $\rho_{i-1}, \varepsilon_i$  векторные величины, в случае цилиндрических заготовок их суммирование производят по правилу квадратного корня.

Таким образом получены следующие зависимости для определения  $Z_{min}$

а) обработка плоских поверхностей

$$Z_{imin} = (R_{zi-1} + T_{i-1}) + (\rho_{i-1} + \varepsilon_{i-1})$$

б) обработка тел вращения

$$2Z_{imin} = 2 \left[ (R_{zi-1} + T_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]$$

На базе указанных зависимостей могут быть получены формулы для конкретных случаев. При развёртывании плавающей развёрткой и протачиванием

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1})$$

При суперфинише и полировании

$$2Z_{imin} = 2R_{zi-1}$$

Следует отметить, что при обработке цилиндрической заготовки в центрах  $\varepsilon_i$  не учитывается.

Определение промежуточных и исходных размеров заготовки

для определения размеров заготовки, значений операционных припусков воспользуемся методом графического построения.

Для однопроходной обработки вала: построение схемы операционных допусков и припусков начинают прибавлением  $Z_{\min}$  к максимальному размеру детали  $d_{\max}$ . Получаем минимальный размер заготовки  $D_{\min}$ , прибавляя к которому значение технологического допуска на заготовку  $\delta_{\text{заг}}$  получаем максимальный размер заготовки.

Таким образом:

$$Z_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$$

$$Z_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$$

$$Z_{\text{ном}} = D_{\max} - d_{\max}$$

$$Z_{\max} = Z_{\text{ном}} + \delta_{\text{д}}$$

Для многопроходной обработки процедура определения составляющих общего технологического припуска аналогична. Следует отметить, что рассмотренная

схема построения полей припусков и допусков справедлива при индивидуальной настройке станка на изготавливаемую деталь.

При обработке на предварительно настроенных на размер станках в результате упругих отжаты элементов СПИД возникают явления копирования, т.е. при обработке заготовки с наименьшим предельным размером  $D_{\min}$  выдерживаемый размер получается наименьшим  $d_{\min}$ . При обработке заготовки с наибольшим предельным размером  $D_{\max}$  выдерживаемый размер получается наибольшим  $D_{\max}$ .

В этом случае

$$Z_{\min} = D_{\min} - d_{\min}$$

$$Z_{\max} = D_{\max} - d_{\max}$$

Так как:

$$D_{\max} = D_{\min} + \delta_{\text{зар}}$$

а

$$d_{\max} = d_{\min} + \delta_{\text{д}}$$

тогда

$$Z_{\max} = D_{\min} + \delta_{\text{зар}} - \delta_{\text{д}} - d_{\min},$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_{\text{зар}} - \delta_{\text{д}}$$

Схема расположения полей допусков и припусков в таком случае будет выглядеть следующим образом.

При выполнении контрольной или курсовой работы, определение составляющих общего припуска приводят для одной самой точной пов-сти.

Пример: определить припуски, предельные и промежуточные размеры заготовки при обработке шейки вала  $50_{-0,05} R_a=0,63$  на предварительно настроенном станке.

Заготовка- штамповка. Материал- СТ10.

Маршрут обработки.

1. Предварительное точение.
2. Чистовое точение.
3. Предварительное шлифование.
4. Чистовое шлифование.

Карта расчёта припусков

Маршрут обработки	Элементы минимального припуска, мкм.				Расчётный минимальный припуск $Z_i^{min}$ , мкм.	Расчётный минимальный припуск заготовки, мкм.	Допуск на промежуточные размеры	Размеры заготовки по переходам		Предельные значения припусков	
	$R_{i-1}$	$T_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\epsilon_i$				наибольшее	наименьшее	$Z_{max}$	$Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка	-	-	-	-	-	-	2000	55,50	53,50	-	-
Точение предварительное	200	300	700	200	2800	53,39	500	51,10	50,60	4400	2900
чистовое	50	55	75	15	390	50,59	150	50,35	50,20	750	400
Шлифование: предварительное	25	35	15	5	160	50,20	100	50,14	50,04	210	160
чистовое	15	25	5	-	90	50,04	50	50	49,95	140	90

- 
1. Составляем карту расчёта припусков.
  2. Заносим в графу 1 маршрут обработки: 1 строка- заготовительная операция и т.д.
  3. Графы 2-5 по справочным данным.
  4. Графу 6 получаем путём суммирования и удвоения граф 2-5.
  5. Расчётный наименьший размер заготовки графы 7 получаем последовательного прибавления к минимальному размеру готовой детали (49,95) соответствующих величин расчётных минимальных припусков  $Z_{\min}$ .
  6. Графу 8- допуски на промежуточные размеры определяем по табличным данным.
  7. Графа 10- заполняется по данным графы 7 с округлением в большую сторону.
  8. Графа 9- заполняется суммированием значений графы 10 и 8.
  9. Графа 12- по данным графы 6 с округлением.
  10. Графа 11- заполняется анализом карты или по формуле:

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{д}} = 90 + 100 - 50 = 140 \text{ мкм (чистовое точение).}$$

11. Общий номинальный припуск:

$$Z_{\text{о ном}} = Z_{\text{о min}} + H_3 - H_{\text{д}} = 3550 + 1000 - 50 = 4500 \text{ мкм.}$$

$H_3$ - нижнее предельное значение заготовки,  $H_{\text{д}}$ - нижнее предельное отклонение детали.

### 2.5.7 Выбор оборудования, приспособлений, инструментов

Металлорежущие станки с технологических позиций классифицируют на:

- 1) станки общего назначения, т.е. с наибольшими технологическими возможностями (горизонтально и вертикально фрезерные, токарно-винторезные, вертикально-радиально сверлильные);
- 2) станки повышенной производительности. У этой группы возможности ограничены по технологическому принципу (продольно-фрезерные, токарные полуавтоматы, безцентрошлифовальные);

- 3) станки определенного назначения, т.е станки на определенную технологическую операцию(станки для нарезания цилиндрических или конических зубчатых колес);
- 4) специализированные -любой из первых трех групп, но приспособленный на одну технологическую операцию в массовом производстве(изменен угол наклона шпинделя);
- 5) агрегатные станки, многошпиндельные (сверление, фрезерование, растачивание отверстий в корпусах)
- 6) специальные -конструируются по особому заказу в единичном экземпляре, для определенной технологической операции на определенной заготовке.

При выборе оборудования следует учитывать следующие факторы:

- 1) соответствие рабочей зоны станка габаритам детали, например: диаметр заготовки над станиной; расстояний между центрами; диаметр заготовки над суппортом и т.д. -для токарно-винторезных станков, расстояние от торца шпинделя до стола -для сверлильных станков;
- 2) возможность достижения требуемой точности и шероховатости;
- 3) соответствие мощности, жесткости и кинематических данных наилучшим режимам выполнения операции;
- 4) обеспечение требуемой производительности в соответствии заданной программой;
- 5) соответствие техники безопасности и промышленной санитарии;
- 6) соответствие оборудования заданной программе по критерию себестоимости. Окончательный выбор оборудования из ряда приемлемых осуществляется по данным экономических расчетов.

Выбор приспособлений зависит в основном от программы выпуска:

- единичные, мелкосерийное -универсальные приспособления(тиски, кулачковые патроны, делительные головки);
- серийное - универсальные, переналаживаемые;
- массовое - специальные приспособления.

Выбор режущего инструмента ориентируется на стандартный инструмент, с учетом метода обработки, материала детали, размера и конфигурации, качества поверхности, программы выпуска.

Выбор измерительных средств определяется в первую очередь соответствием требуемой точности изготавливаемой детали.

- единичное, мелкосерийное -универсальные инструменты(микрометры, штангенциркули, нутромеры, индикаторы)
- серийное, массовое -калибры, шаблоны, автоматические измерительные средства

Вопросы для самоконтроля:

- 1.Какие необходимо иметь исходные данные для разработки технологического процесса обработки детали? 2. Какие две задачи решают при проектировании технологических процессов? 3.Перечислите состав работ при проектировании процессов обработки деталей? 4. Назовите общие положения, которыми руководствуются при составлении плана работ (порядка операций) обработки деталей. 5. Какие работы производят при разработке отдельных операций.

исок литературы:

*а) основная литература (библиотека СГАУ)*

- **Базров, Б. М.** Основы технологии машиностроения [ Текст ]: учебник / Б. М. Базров. - 2-е изд. - М.: Машиностроение, 2007. - 736 с. : ил. - (В для вузов). - ISBN 978-5-217-03374-4

- **Гусев, А. А.** Машиностроение: энциклопедия: в 40 т. Т. III-5. Технология сборки в машиностроении; Раздел III. Технология производства машин / А. А. Гусев, В. В. Павлов, А. Г. Андреев ; ред. К. В. Фролов, П. Н. Белянин. - М.: Машиностроение, 2006. - 640 с. : ил. - ISBN 5-217-01959-X

- **В.А. Абрамов** Обработка металла резанием: Учеб. пособие / В.А. Абрамов, Н.В. Хитрова, С. В. Абрамов, А.А. Жиздюк; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2006.- 296с. ISBN 5-7011-0415-X

- **В. А. Абрамов** Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов [и др.] ; ред. В. А. Абрамов. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2003. - 272 с. - ISBN 5-7011-0378-1

- **В. А. Абрамов.** Тестовые задания по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / В. А. Абрамов, А.А. Жиздюк ; ред. : Г. Д. Золотова. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005. - 120 с. - ISBN 5-7011-0354-4.

- **В. Н. Чупырин.** [ Текст ] Технология технического контроля в машиностроении : справочное издание / ред. В. Н. Чупырин. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 400 с. : ил.

- **Байкова В.Н.,** Приходько И.Л., Колокатов А.М. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие.- М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2005.- 105с.

- ГОСТ 3.1407-86 ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.

- ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием  
[<http://docs.cntd.ru/document/1200012135>]

- ГОСТ 3.1103-82 Единая система технологической документации. Основные надписи.

- ГОСТ 3.1104-81.. Единая система технологической документации. Общие требования к формам, бланкам и документам.

- ГОСТ 3.1105-84. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения

- ГОСТ 3.1118-82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.

ГОСТ 3.1127-93 - Единая система технологической документации. Общие правила выполнения текстовых технологических документов.

- ГОСТ 3.1128-93 - Единая система технологической документации. Общие правила выполнения графических технологических документов.

- ГОСТ 3.1129-93 - Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.