

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСНАСТКИ ПРОКАТНОГО И ВОЛОЧИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности**

**1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»
направления специальности 1-42 01 01-02**

**«Металлургическое производство
и материалобработка (материалобработка)»
специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов
давлением» дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2018

УДК 621.77.07(075.8)
ББК 34.621-5+34.622-5я73
У69

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 22.09.2017 г.)*

Составитель: *А. М. Урбанович*

Рецензент: декан машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн.
наук, доц. *Г. В. Петришин*

У69 **Технология** изготовления оснастки прокатного и волочильного производства :
пособие по одной дисциплине для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое
производство и материалобработка (по направлениям)» направления специальности
1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материало-
обработка)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев.
и заоч. форм обучения / сост. А. М. Урбанович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 119 с. –
Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на
HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены систематизированные данные по теоретическим основам технологии машиностроения, структурным элементам технологических процессов изготовления оборудования и технологической оснастки прокатного и волочильного производства, обеспечению качества и технологичности изделий, основным процессам изготовления, монтажа и ремонта технологического оборудования и проведению технологической подготовки производства на промышленных предприятиях. Рассмотрены важнейшие вопросы по определению жесткости технологической системы и погрешностей обработки поверхностей, обеспечению точности размеров деталей оснастки и качества поверхностей, использованию статистических методов исследования точности механической обработки деталей, получения композиционных материалов и процессов химико-термической обработки.

Для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалообработка)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.77.07(075.8)
ББК 34.621-5+34.622-5я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Одна из главных задач развития общества заключается в том, чтобы на основе широкого внедрения достижений науки и техники постоянно повышать эффективность производства и производительность труда. Её решение, в свою очередь, неразрывно связано с уровнем развития средств производства, созданием, совершенствованием и изготовлением которых занимается такая важнейшая отрасль народного хозяйства, как машиностроение. Машиностроению, в частности, отводится решающая роль при переходе к принципиально новым технологиям и техническому перевооружению всего народного хозяйства. Ближайшая цель машиностроения – изменение структуры производства, повышение качественных характеристик машин и оборудования. В дальнейшем предусматривается осуществить переход к экономике высшей организации и эффективности с всесторонне развитыми производственными силами, отлаженным хозяйственным механизмом. Решением же научно-технических и технологических вопросов в машиностроительной отрасли, занимается такое научное направление, как технология машиностроения.

Технология машиностроения – это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и овеществленного труда, т. е. при наименьшей себестоимости. В настоящее время технологию машиностроения можно трактовать как науку по материализации конструкторских идей, которая должна не только гарантировать заданное качество и эффективность изготовления машин, но и приводить технологическими путями к улучшению их эксплуатационных характеристик. Слово «технология» (образованное из двух греческих слов *techne* – искусство, мастерство, умение и *logos* – слово, учение) означает науку, систематизирующую совокупность приёмов и способов обработки (переработки) сырья, материалов, полуфабрикатов соответствующими орудиями производства в целях получения готовой продукции. Технология является главным организующим звеном в работе всех предприятий, осуществляющих выпуск товарной продукции; ее совершенством определяется эффективность их работы, выражающаяся, главным образом, в себестоимости и конкурентоспособности выпускаемых товаров.

Целью данной дисциплины является получение студентами систематизированных знаний по теоретическим основам технологии машиностроения, структурным элементам технологических процессов изготовления оборудования и технологической оснастки, обеспечению качества и технологичности изделий, основным процессам изготовления, монтажа и ремонта технологического оборудования, а также проведению технологической подготовки производства на промышленных предприятиях. Эти знания необходимы для конструкторско-технологической и практической реализации в производстве проектов по выпуску конкурентоспособной продукции при минимальных затратах на её производство.

1. Основная цель и задачи дисциплины. Понятие об изделии, детали, сборочной единице, комплексе и комплекте, основном и вспомогательном производстве и их продукции

Целью данной дисциплины является получение студентами систематизированных знаний по теоретическим основам технологии изготовления оснастки для прокатного и волочильного производства. Эти знания необходимы для конструкторско-технологической и практической реализации в производстве проектов по выпуску конкурентоспособной продукции.

Изделием называют, любой предмет или набор предметов производства подлежащих изготовлению на предприятии. При этом изделия, изготовляемые для поставки (реализации) относятся к изделиям основного производства. Если же предприятия изготавливают изделия только для собственных нужд, то такие изделия относятся к изделиям вспомогательного производства. В зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей изделия подразделяются на следующих четыре вида:

Детали – изделия, изготавливаемые из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций;

Сборочные единицы – изделия, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе путем сборочных операций (свинчивания, склеивания и т. д.);

Комплексы – два и более специфицированных изделия не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплекты – два и более специфицированных изделия не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

2. Характеристика производственного и технологического процесса. Структура и определения основных элементов технологического процесса

Готовые изделия получают из материалов и полуфабрикатов в результате осуществления отдельных процессов, совокупность которых составляет производственный процесс.

Производственный процесс определяется, как совокупность всех действий людей и орудий, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта изделий. При этом элементарной единицей структуры предприятия является рабочее место, на котором размещаются исполнители работ и средства технологического оснащения.

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и определению состояния предметов труда. Он состоит из циклически повторяющихся для каждого объекта производства компонентов, в результате выполнения которых изменяются размеры, форма, свойства предметов труда, производится соединение деталей в сборочные единицы и изделия, осуществляется наладка и контроль изделий на соответствие требованиям чертежа и технических условий. На первом уровне технологический процесс подразделяется на этапы, совокупность которых образует *типовую схему изготовления продукции*.

Главным признаком *этапа* является определенное состояние изготавливаемой продукции (предметов труда), достигнутое после его выполнения. Каждый этап в свою очередь состоит из одной или нескольких операций.

Технологической операцией называется законченная, повторяющаяся часть технологического процесса, которая выполняется на одном рабочем месте (на определенной технологической машине). Совокупность упорядоченных операций образует *маршрут изготовления* продукции (детали, изделия). На выполнение операций устанавливают нормы времени и расценки. По операциям определяют трудоемкость и себестоимость процесса, необходимое количество производственных рабочих и средств технологического оснащения. Различают операции основные и вспомогательные, к которым относятся транспортирование, контрольные, маркировочные и некоторые другие работы.

Стандартом определены основные элементы технологической операции, такие как переход, проход, прием, установ и позиция.

Переход – это законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при неизменных технологических режимах и установе. При выполнении перехода режимы работы иногда изменяются без воздействия рабочего, т. е. автоматически, например, в станках с программным или с адаптивным управлением.

При этом однократное перемещение инструмента относительно заготовки, которое сопровождается изменением ее размеров, качества и свойств, является законченной частью технологического перехода и определяется как *проход (рабочий ход)*. Однократное же перемещение инструмента относительно заготовки, необходимое для подготовки рабочего хода, представляет собой *вспомогательный ход*.

Все действия рабочего, совершаемые при выполнении технологического перехода, разделяются на отдельные приемы.

Приемом, называют законченную совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части, и объединенных одним целевым назначением.

При изменении положения обработанной заготовки или собираемого изделия операция может состоять из нескольких установов и позиций.

Установом называется часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении изготавливаемого объекта. Основным признаком установа является неизменность положения изготавливаемого объекта относительно станочного приспособления. В каждой операции может быть один или несколько (редко более двух) установов. При одном установе изготавливаемый объект может занимать различные позиции.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленным изготавливаемым объектом с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции. Например, на многопозиционных станках изготавливаемый объект вместе с приспособлением последовательно переходит из одной рабочей позиции в другую, где фиксируется для выполнения соответствующего перехода.

Наладкой, в свою очередь, называется процесс подготовки технологического оборудования и оснастки к выполнению операции.

3. Основные типы производства, их технологическая характеристика

Любое производство характеризуется *программой выпуска изделий* (продукции). Это установленный для каждого предприятия перечень изготавливаемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на плановый период.

Объём выпуска изделий (продукции) характеризуется числом изделий, определенных наименований и типоразмеров, изготавливаемых предприятием или подразделением в течение планируемого периода времени.

Производство изделий обычно осуществляется *производственными партиями*, которые составляют предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени при одном и том же подготовительно-заключительном времени на одну операцию.

Интервал же времени от начала до окончания производственного процесса изготовления изделия, называется *производственным циклом*.

В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска продукции различают три типа производства: единичное, серийное и массовое. Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций ($K_{з.о.}$) – отношение числа всех выполняемых на предприятии в течение месяца операций (O), к числу имеющихся рабочих мест (P):

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}.$$

Единичное производство характеризуется малым объёмом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается. Коэффициент закрепления операций $K_{з.о.} \geq 40$. В таком производстве применяются преимущественно универсальные средства технологического оснащения.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий (продукции) периодически повторяющимися партиями. В зависимости от числа изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелко- ($20 < K_{з.о.} < 40$), средне- ($10 < K_{з.о.} < 20$) и крупносерийное ($1 = K_{з.о.} < 10$) производства. Здесь применяются как универсальные, так и специальные автоматизированные средства технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется большим объёмом выпуска изделий (продукции), непрерывно изготавливаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. В массовом производстве $K_{з.о.} = 1$ и применяются, как правило, высокопроизводительные автоматизированные средства технологического оснащения. В крупносерийном и

массовом производствах широко применяют поточную организацию производства.

4. Точность изделий. Понятие о точности и погрешности обработки. Виды погрешностей обработки

Под *точностью обработки* понимают соответствие формы, размеров и положения обработанной поверхности требованиям чертежа и технических условий. При любых методах обработки полученное значение параметра отличается от заданного, а разность этих значений называют абсолютной погрешностью обработки ΔX .

Отношение же абсолютной погрешности (ΔX) к заданному значению параметра (X_H) называют относительной погрешностью, которая обычно выражается в процентах, т. е.

$$\Delta X_{отн} = \frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100, \%$$

Классификацию погрешностей обработки можно укрупнено представить в следующем виде (рисунке 1):

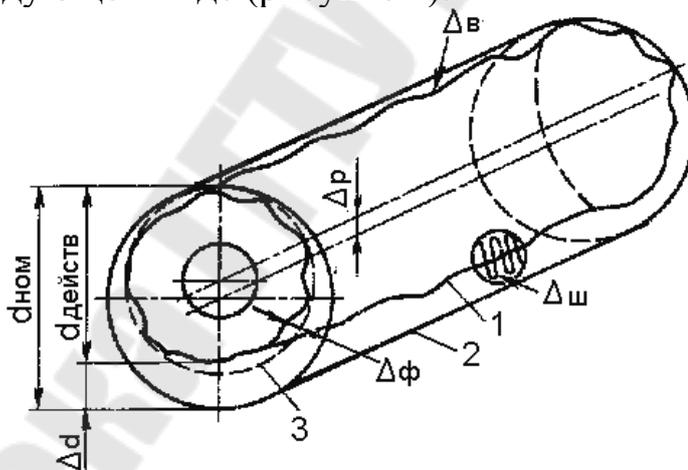


Рисунок 1 - Погрешности обработки: 1 – действительный профиль, 2 – номинальный профиль, 3 – прилегающая к действительному профилю поверхность

Из приведенной схемы, укрупнено можно представить следующие погрешности обработки:

- Δd – погрешность линейных размеров;
- Δp – погрешность расположения поверхностей;
- $\Delta \phi$ – погрешность формы поверхности;
- $\Delta в$ – волнистость поверхности;
- $\Delta ш$ – шероховатость поверхности.

5. Понятие о точности линейных размеров. Степени точности по ЕСТД на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей

Оптимальная точность изготовления деталей обеспечивается ограничением указанных погрешностей, их предельными значениями, т. е. соответствующими допусками, которые устанавливаются соответствующими стандартами.

В частности, стандарты Единой системы допусков и посадок (ЕСДП) распространяются на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10000 мм. Степени точности в этой системе называются квалитетами.

Квалитет – совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346-82 установлено 19 квалитетов, которые обозначаются: 01;0; 1 – 17, при этом точность убывает от квалитета 01 к квалитету 17. Допуск квалитета условно обозначается сочетанием прописных букв «IT» и номера квалитета, например: IT1, IT14 и т. д. Допуски по квалитетам с IT01 до IT1 назначают на концевые меры длины; IT2 – IT4 – на калибры и осеботочные изделия; IT5 – IT12 – на сопрягаемые детали; IT13 – IT17 – для неотчетственных размеров сопрягаемых поверхностей деталей. Ориентировочное соотношение степеней точности по ГОСТ 25346-82 и ОСТ НКМ1011 приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Ориентировочное соотношение степеней точности

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Квалитет по ГОСТ 25346-82 | 01 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Класс точности по СТНKM1011 | | | - | | | | 1 | 2 | 2a | 3 | 3a | 4 | 5 | - | 7 | 8 | 9 | | - |

6. Виды погрешностей формы, расположения, формы и расположения поверхностей. Правила их обозначения в конструкторской документации

Под *отклонением формы поверхности* (профиля) понимают отклонение реальной поверхности от формы номинальной поверхности (номинального профиля). Стандартом установлены следующие виды допусков формы:

-  - допуск прямолинейности
-  - допуск плоскостности
-  - допуск круглости
-  - допуск цилиндричности
-  - допуск профиля
продольного сечения

Под *отклонением расположения поверхностей* понимают отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Стандартом устанавливаются следующие допуски расположения:

-  - допуск параллельности;
-  - допуск перпендикулярности;
-  - допуск наклона;
-  - допуск соосности;
-  - допуск симметричности;
-  - позиционный допуск;
-  - допуск пересечения осей.

Кроме рассмотренных, стандартом устанавливаются и *суммарные отклонения формы и расположения*. Под ними понимают отклонения, являющиеся результатом совместного отклонения формы и расположения рассматриваемой поверхности. Устанавливаются следующие виды этих отклонений:

-  - допуск радиального (торцевого) биения
или биения в заданном направлении;
-  - допуск полного радиального (торцевого)
биения;
-  - допуск формы заданного профиля;
-  - допуск формы заданной поверхности.

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на 2 и более частей, в которых помещают: в 1-ой части – знак допуска по таблице; во 2-й части – числовое значение допуска (мм); в 3-ей и последующих – буквенное обозначение баз (рисунок 2).

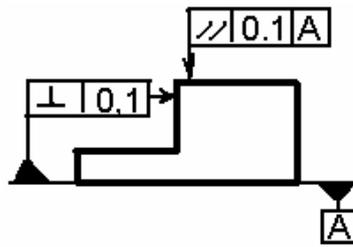


Рисунок 2 - Пример обозначения допусков расположения поверхностей

Допуски формы и расположения поверхностей назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера.

7. Понятие реальной и номинальной поверхности, волнистости и шероховатости поверхности

В процессе изготовления детали, на её поверхности возникают неровности, в поверхностном слое изменяется фазовый состав, а также возникают остаточные напряжения.

Геометрические характеристики качества обработанной поверхности определяются отклонениями реальной поверхности от номинальной. Эти отклонения можно классифицировать на следующие три разновидности, различающиеся в зависимости от отношения шага S к высоте H неровностей:

- макрогеометрические отклонения формы – при отношении $S/H > 1000$;
- волнистость поверхности – при отношении $S/H = 1000 - 50$;
- шероховатость поверхности – при отношении $S/H < 50$.

8. Термины и определения параметров шероховатости поверхности, установленные ГОСТ25142-82

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины l (рисунок 3). Значение базовых длин l стандартизированы и выбираются из следующего параметрического ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм

Значение параметров шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята средняя линия (m) – базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в

пределах базовой длины среднеквадратичное отклонение профиля от этой линии минимально, т. е. выполняется условие:

$$R_g = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx} = \min,$$

где y – расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

Отклонения профиля шероховатости ограничиваются линиями выступов и впадин.

Линия выступов профиля – линия, эквидистантная по отношению к средней линии и проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – линия, эквидистантная по отношению к средней линии и проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

ГОСТ2789-73 устанавливаются следующие шесть параметров шероховатости поверхности:

1) Ra – среднее арифметическое отклонение профиля:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{или} \quad Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где l – базовая длина;

n – число выбранных точек на профиле шероховатости в пределах базовой длины.

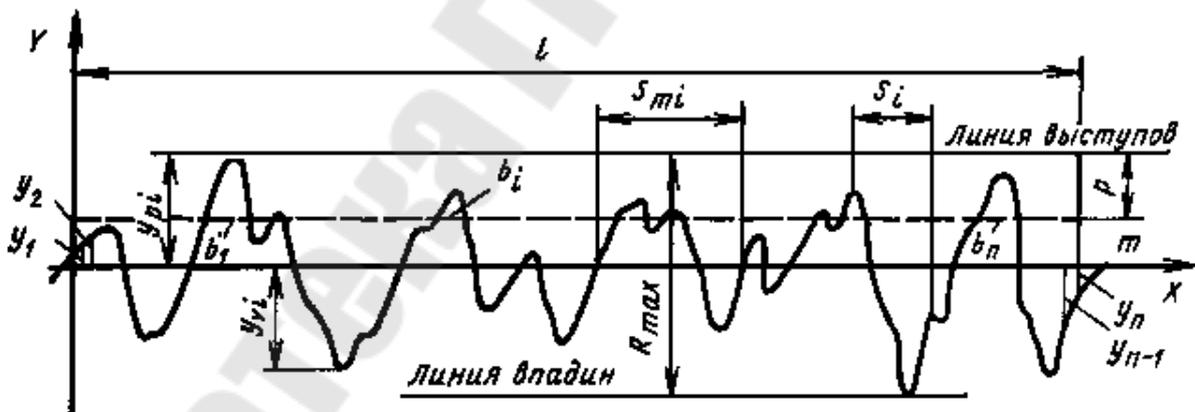


Рисунок 3 - Схема, характеризующая шероховатость поверхности

2) Rz – высота неровности профиля по десяти точкам, т. е. по сумме средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубине пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right),$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля;

y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

3) R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4) S_m – средний шаг неровностей профиля – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^h S_{mi},$$

где n – число шагов в пределах базовой длины l ;

S_{mi} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, ограничивающей неровность профиля.

5) S – средний шаг местных выступов профиля – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i,$$

где n – число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины l ;

S_i – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних местных выступов профиля.

6) t_p – относительная опорная длина профиля – отношение опорной длины η_p профиля к базовой длине l :

$$t_p = \frac{\eta_p}{l},$$

где $\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i$ – опорная длина профиля – сумма длин отрезков b_i в пределах базовой длины, которые отсекаются на заданном уровне в материале профиля линией эквидистантной по отношению к средней линии m .

9. Классы чистоты (шероховатости) поверхностей и предпочтительные значения параметров Ra и Rz для этих классов

Стандартом установлено 14 классов чистоты (шероховатости) поверхности, числовые значения параметров Ra и Rz для которых приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Числовые значения параметров Ra и Rz

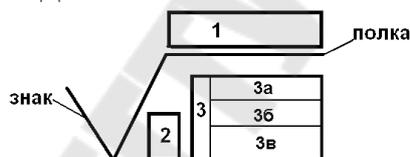
| Классы шерох. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| Ra , мкм | 50 | 25 | 12,5 | 6,3 | 3,2 | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,012 | - |
| Rz , мкм | 200 | 100 | 50 | 25 | 12,5 | 6,3 | 3,2 | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |

Обычно $Rz=4Ra$. Шероховатость обработки поверхностей взаимосвязана со степенью точности выполненных размеров следующей зависимостью: $Ra = (0,1 - 0,15)\Delta$, где Δ – поле допуска на размер.

10. Правила обозначения шероховатости поверхности в конструкторской и технологической документации

Стандартом ГОСТ 2.309-73 установлены следующие обозначения шероховатости поверхности и правила их нанесения на чертежах изделий.

Структура обозначения шероховатости поверхности на чертежах имеет следующий вид:



При этом в обозначении шероховатости поверхности применяются следующие знаки:

- ✓ - для обозначения шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается;
- ▽ - для обозначения шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала;
- ▽ - для обозначения шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, а также поверхностей не выполняемых по данному чертежу.

1 – Указывается способ обработки поверхности и другие дополнительные указания; причем способ обработки указывают, только в случае, когда он является единственным.

2 – Указывается условное обозначение направления неровностей, которые подразделяются на следующие, приведенные в таблице 3. Условные обозначения направления неровностей приводятся на чертеже при необходимости.

3 – Указываются базовая длина, параметр (параметры) шероховатости по ГОСТ 2789-73. Для параметров Ra , Rz , $Rmax$ базовую длину в обозначении не приводят, если она соответствует указанной в приложении данного стандарта. При указании двух и более парамет-

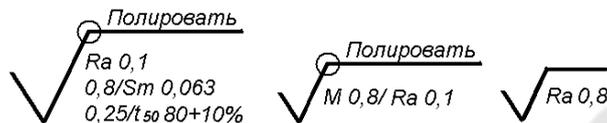
ров шероховатости в обозначении их значения записываются сверху вниз в следующем порядке:

3а – параметр высоты неровности профиля;

3б – параметр шага неровности профиля;

3в – относительная опорная длина профиля.

Примеры обозначения:



Примечание: Одинаковая шероховатость поверхностей замкнутого контура обозначается с дополнительным значком «О», который проставляется на стыке знака с полкой.

Таблица 3 – Условные обозначения направления неровностей

| Обозначение | Направление неровностей | Изображение неровностей |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| | - параллельное | |
| | - перпендикулярное | |
| | - перекрещивающееся | |
| | - произвольное | |
| | - кругообразное | |
| | - радиальное | |
| | - точечное | |

Обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рисунок 4) в следующих случаях:

- при одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия (рисунок 4а);

- при одинаковой шероховатости для части поверхностей, не указанных на изображениях изделия (рисунок 4б);

- при обозначении шероховатости для части поверхностей, не выполняемых по данному чертежу (рисунок 4в).

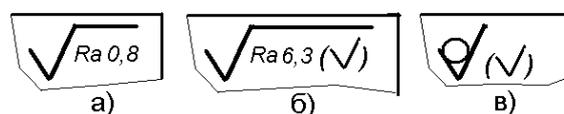


Рисунок 4 - Примеры обозначения шероховатости поверхностей в правом верхнем углу чертежа

11. Понятие базы и виды баз

В процессе обработки заготовка должна занимать вполне определенное положение относительно узлов станка и инструмента. Выбирают же это положение на основе теории базирования, основные определения и термины которой приведены в ГОСТ 21495-76.

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Поверхность или выполняющие ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования называют *базой*. Различают базы конструкторские, технологические, измерительные и сборочные.

Конструкторскими базами называют совокупность поверхностей, линий или точек посредством которых определяется расчётное положение узла или детали относительно других деталей, узлов изделия. На чертеже эти базы часто представляют в виде геометрических элементов (оси симметрии, биссектрисы углов).

Измерительные базы – совокупность поверхностей, линий или точек, от которых производят отсчет выполняемых размеров при обработке деталей или проверку взаимного расположения поверхностей деталей. Если в качестве измерительной базы используют реальные поверхности, то проверка осуществляется обычными методами контроля. При использовании геометрических линий или точек применяют косвенные методы контроля.

Сборочными базами называют совокупность реальных поверхностей определяющих фактическое положение деталей в изделии. Сборку изделия обычно производят, сопрягая сборочные базы его элементов друг с другом без всякой выверки. В отдельных случаях сборка элементов изделия производится с выверкой их взаимного положения по проверочным сборочным базам с последующей фиксацией элементов изделия.

Технологическими или установочными базами называют совокупность поверхностей линий или точек, определяющих положение обрабатываемой заготовки. При установке заготовок используют как реальные поверхности, так и геометрические линии и точки, материально представляемые на заготовке в виде разметочных полос. По месту положения установочных баз их делят на черновые, промежуточные и окончательные, а также основные и вспомогательные. Черновые базы используют на первых операциях обработки, когда никаких

обработанных поверхностей на заготовке еще нет. Они служат для создания промежуточных установочных баз, а часто и сразу окончательных, используемых для завершающей обработки.

Основными базами являются те поверхности, которые предусмотрены конструкцией деталей и выполняют определенную роль при ее работе в изделии.

Вспомогательные базы - это поверхности, искусственно создаваемые на деталях из технологических соображений. Для работы детали в изделии эти поверхности не нужны и после завершающей обработки могут быть удалены (центровые гнезда валов, центрирующие пояски и т.д.).

12. Понятие о схеме базирования и опорных точках. Основное правило базирования (правило 6 точек). Сущность принципов совмещения (единства) и постоянства баз

Положение любого твёрдого тела в пространстве, в том числе и заготовки при обработке, характеризуется 6-ю степенями свободы, определяющими возможность его перемещения и поворота относительно трёх координатных осей. Для ориентации и закрепления заготовки на станке количество и распределение базирующих поверхностей должно быть выбрано так, чтобы обеспечить её статически определённую установку, для чего необходимо связать неподвижными опорами все шесть степеней свободы заготовки.

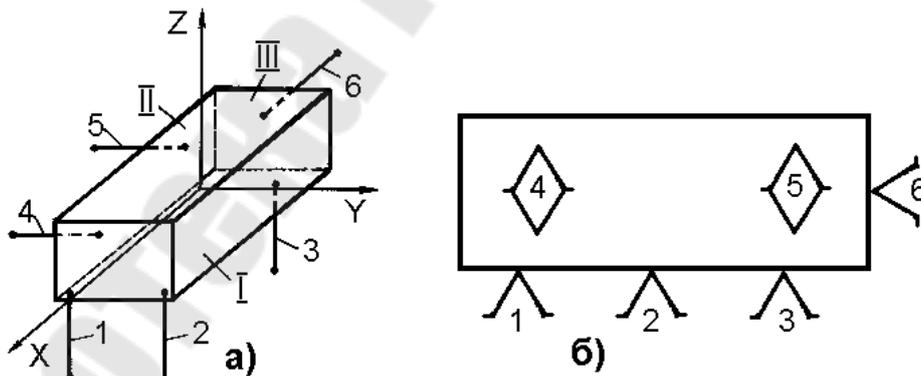


Рисунок 5 - Опорные точки и схема базирования призматической заготовки

Связывание каждой из степеней свободы заготовки может быть произведено путем прижатия её в шести неподвижных опорных точках, расположенных в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях, в том числе:

- к трем установочным точкам (1 – 3) в одной плоскости (рисунок 5а);
- двум направляющим (4 – 5) точкам другой плоскости;
- и одной опорной (6) точке в третьей плоскости. Все остальные неподвижные опоры, используемые при закреплении, являются лишними. Это положение в технологии машиностроения обычно называют *правилом шести точек*.

Опорная точка – это точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат.

Схемой базирования называют в свою очередь схему расположения опорных точек на базах (рисунок 5б), при этом все опорные точки на схеме изображают условными знаками (\wedge , \diamond) и нумеруют порядковыми номерами начиная с базы, на которой располагается наибольшее число опорных точек.

При выборе же установочной базы, необходимо принимать во внимание поверхность на заготовке с наибольшими размерами. Две опорные точки следует располагать с наибольшим удалением друг от друга на поверхности в другой плоскости, имеющей наибольшую длину, а для опорной базы выбирают любой ровный участок соответствующей поверхности заготовки, расположенной в третьей плоскости.

В процессе разработки технологических процессов, решая вопросы выбора баз, следует стремиться к соблюдению принципов совмещения (единства) и постоянства баз.

Принцип совмещения (единства) баз указывает на то, что в качестве технологических баз следует принимать поверхности, которые являются конструкторскими и измерительными базами. Если же технологическая база не совпадает, например, с измерительной, то необходимо пересчитывать размеры, определяющие взаимное расположение поверхностей. Это может привести к уменьшению допусков размеров обрабатываемых поверхностей и соответственно к снижению производительности и повышению себестоимости изготовления детали.

Принцип постоянства баз заключается в том, что для выполнения всех операций обработки заготовки используются одни и те же технологические базы. Осуществление этого принципа снижает погрешности взаимного расположения обработанных поверхностей, т. е. смена баз сопровождается возникновением погрешности установки. Идеально выполняется этот принцип тогда, когда полная обработка

всех поверхностей заготовки производится при одном установе с первоначальных баз.

13. Факторы, влияющие на точность обработки. Сущность упругой деформации и жесткости технологической системы

Точность обработки заготовки на станке зависит от влияния ряда факторов, основными из которых являются такие, как:

- погрешность установки заготовки ε ;
- погрешность, вызванная упругими деформациями технологической системы под влиянием неустойчивости силы резания Δy ;
- погрешность от размерного износа режущего инструмента Δu ;
- погрешность от неточности настройки станка и инструмента на размер Δn ;
- погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы Δt ;
- суммарная погрешность формы обрабатываемого элемента $\Sigma \Delta_\phi$, которая обуславливается геометрическими неточностями станка и приспособления, остаточными напряжениями в материале заготовки и рядом других факторов. Следовательно:
 $\Delta = f(\Delta y, \varepsilon, \Delta n, \Delta u, \Delta t, \Sigma \Delta_\phi)$.

При механической обработке станок – приспособление - режущий инструмент – заготовка представляют собой замкнутую упругую систему, называемую технологической системой. Сила резания при обработке вызывает упругие отжатия перечисленных элементов технологической системы, а их величина зависит как от силы резания, так и от жесткости элементов технологической системы, т. е. их способности противостоять действующей силе.

Жесткостью технологической системы называют отношение составляющей силы резания, направленной по нормали к обрабатываемой поверхности (P_y) к смещению лезвия инструмента относительно заготовки (y), отсчитываемому в том же направлении (рисунок б), т. е.

$$J = \frac{P_y}{y}, \text{ Н/мм.}$$

Понятие жесткости учитывает как упругие свойства системы, так и условия её нагружения; при изменении условий нагружения жесткость так же изменяется.

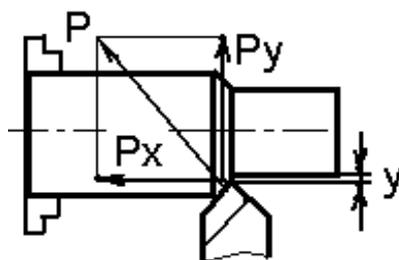


Рисунок 6 - Схема обработки заготовки на токарном станке

Расчеты жесткости технологической системы по жесткости отдельных ее звеньев значительно упрощаются, если пользоваться понятием податливости. Податливостью w (мм/Н) технологической системы называют величину, обратную жесткости, т. е.

$$w = \frac{1}{J} = \frac{y}{P_y}, \text{ мм/Н.}$$

Для определения жесткости станков наиболее широко применяются статический и динамический методы. При *статическом методе* к узлу станка с помощью специальных приспособлений прикладывают нагрузку, а затем с помощью индикаторов снимают величину деформации при неработающем станке. Далее по полученным данным вычисляют жесткость технологической системы и станка. При *динамическом (производственном) методе* жесткость определяют в результате обработки резанием на исследуемом станке жесткой заготовки. При этом по результатам измерений заготовки и обработанной поверхности определяют погрешности заготовки Δ_3 и детали $\Delta_д$, а далее по соответствующей методике, подробно изучаемой в лабораторной работе №1, рассчитывают жесткость технологической системы и станка.

Анализируя конкретные производственные условия необходимо стремиться к максимальному повышению жесткости звеньев технологической системы, а также к выравниванию жесткости составляющих элементов в различных сечениях и направлениях.

14. Влияние на точность обработки заготовок деформаций от действия зажимных сил и размерного износа режущего инструмента

В процессе резания инструмент изнашивается. Его изнашивание может происходить по задней или передней поверхности резца, а

также одновременно по этим поверхностям. На точность обработки оказывает влияние износ (u) лезвия инструмента в направлении перпендикулярном обрабатываемой поверхности, который называется размерным износом. С незначительной погрешностью величину размерного износа вычисляют по формуле (рисунок 7а):

$$u = h_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

или более точно определяют экспериментально. Изучение размерного износа показало, что этот процесс не подчиняется строго линейной зависимости и выражается зависимостью, приведенной на графике (рисунок 7б).

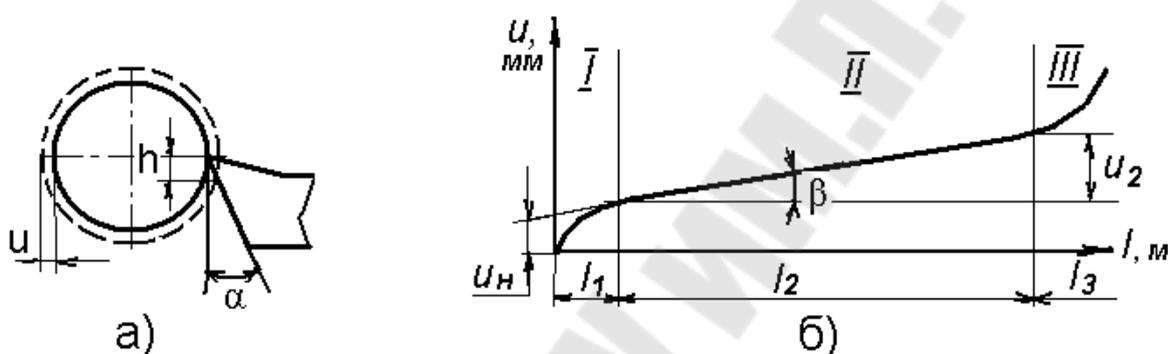


Рисунок 7 - Схема образования (а) и зависимость (б) размерного износа

В начальный период работы режущего инструмента (на участке I) наблюдается его повышенный износ вследствие зачистки неровностей (шероховатости) на режущей поверхности инструмента. Этот участок является незначительным; он обычно не превышает 1000 м работы инструмента и называется начальным износом u_n .

Второй период (участок II) является основным и характеризуется линейным нормальным износом инструмента. Его длина $l_2 = 8000 - 30000$ м, а угол наклона прямой (β) характеризует интенсивность размерного износа режущей кромки инструмента. Величину же $u_0 = \operatorname{tg} \beta = \frac{u_2}{l_2}$ принято называть относительным износом, где u_2 – размерный износ инструмента, получаемый за время основного периода его работы на пути l_2 .

Зная для определенных условий обработки значения u_n и u_0 , можно определить размерный износ инструмента на длине рабочего пути l (в мкм) по формуле:

$$\Delta u = u_H + \frac{u_0 \cdot l}{1000}, \text{ мкм}$$

Это позволяет компенсировать влияние размерного износа на точность обработки, при применении инструмента допускающего поднастройку в процессе обработки. Для мерных режущих инструментов (сверл, зенкеров, фасонных фрез) такая компенсация исключена.

Третий период (участок III) соответствует быстропрогрессирующему износу, при котором через короткий промежуток времени происходит разрушение инструмента. Поэтому работа на участке III не допустима.

15. Понятие погрешности настройки станка и инструмента на размер и методы установки режущего инструмента

Периодическая смена затупившегося инструмента требует каждый раз настраивать станок на выполняемый размер. Задача настройки заключается в том, чтобы выполняемые размеры на всех обрабатываемых заготовках находились в пределах заданного поля допуска. При этом расстояние между двумя предельными положениями инструмента называют погрешностью настройки станка (Δ_H), которая, в свою очередь, зависит от метода выполнения настройки. Применяется же два следующих метода настройки:

- *последовательным приближением* к заданному настроечному размеру в результате обработки на станке пробных заготовок, размеры которых при этом проверяют измерительным инструментом и по этим данным определяют величину и направление необходимой поднастройки инструмента, компенсирующей погрешность;

- *стендовым методом*, при котором режущий инструмент устанавливают в требуемое положение на стенде по специальному эталону. Установку производят в нерабочем (статическом) состоянии станка или вне его при использовании специальных стендов и, например, съёмных суппортов, револьверных головок и других приспособлений.

Настройка последовательным приближением является более точной, но и трудоёмкой, а используемые при этом пробные заготовки могут уйти в брак. Настройка по эталонам менее трудоёмка и позволяет более полно использовать технологическое оборудование во времени.

16. Влияние на точность обработки заготовок геометрической неточности станка, приспособлений, инструмента в следствии тепловых деформаций технологической системы

В процессе обработки происходит нагрев технологической системы в результате выделения теплоты, как в зоне резания, так и в различных узлах из-за трения, а также электродвигателем и другим электрооборудованием металлорежущих станков. Причем в начале работы наблюдается быстрое повышение температуры резца до $800 - 1000^{\circ}\text{C}$ и его удлинение, а затем наступает тепловое равновесие. График изменения точности в зависимости от нагрева резца приведен на рисунке 8.

Если же обработка ведется с перерывами, то в зависимости от их длительности резец в это время может охладиться частично или полностью. Погрешности, вызываемые температурным деформированием режущего инструмента можно практически исключить, если в зону резания подводить большое количество смазочно-охлаждающей жидкости.

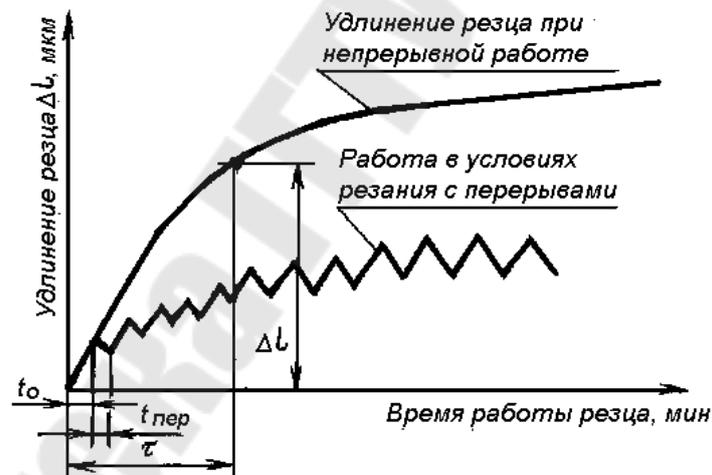


Рисунок 8 - Зависимость удлинения резца от времени его работы

Проведенные исследования показывают, что температурные деформации станин станков общего назначения в свою очередь незначительно влияют на точность обработки. Станины же прецизионных станков, для уменьшения их тепловых деформаций, изготавливают из материалов с малым коэффициентом теплового расширения, а для устранения влияния колебаний температуры окружающей среды такие станки устанавливают в помещениях с постоянной температурой.

17. Определение суммарной погрешности механической обработки. Два закона суммирования первичных погрешностей при изготовлении деталей на предварительно настроенном оборудовании

Суммарная погрешность или поле рассеивания выполняемого размера при механической обработке заготовок на настроенном станке является следствием влияния ряда рассмотренных ранее факторов, каждый из которых вызывает появление отдельной первичной погрешности. Следовательно, в обобщенном виде суммарную погрешность механической обработки можно выразить следующей зависимостью:

$$\Delta = f(\Delta y, \varepsilon, \Delta n, \Delta u, \Delta_T, \Sigma \Delta_\phi),$$

где Δy – погрешность выполняемого размера, вызываемая упругими деформациями технологической системы под влиянием неустойчивости силы резания;

ε – погрешность установки заготовки;

Δn – погрешность настройки станка;

Δu – погрешность, вызываемая износом режущего инструмента;

Δ_T – погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\Sigma \Delta_\phi$ – суммарная погрешность формы обрабатываемого элемента, которая обуславливается геометрическими неточностями станка и приспособлений, деформациями заготовки от влияния сил закрепления, остаточными напряжениями в материале заготовки и рядом других факторов.

Задачу определения суммарной погрешности механической обработки можно решать путем алгебраического суммирования всех первичных погрешностей, т. е.

$$\Delta = \Delta y + \varepsilon + \Delta n + \Delta_T + \Delta u + \Sigma \Delta_\phi.$$

Расчет суммарной погрешности обработки по данной формуле прост, однако значение Δ при этом получается максимально возможным и несколько завышенным. Принятие же технологического припуска по данному значению приводит к увеличению общего припуска на обработку и соответственно трудоемкости изготовления детали.

В связи с этим для определения оптимального значения суммарной погрешности преимущественно пользуются следующей формулой из теории вероятности, по которой суммируют пять первых членов этого выражения:

$$\Delta = t \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot \Delta y^2 + \lambda_2 \cdot \varepsilon^2 + \lambda_3 \cdot \Delta n^2 + \lambda_4 \cdot \Delta u^2 + \lambda_5 \cdot \Delta_T^2}$$

где t – коэффициент, определяющий процент риска получения брака при обработке: при $t = 1$ риск составляет 32%; при $t = 2$ он равен 4,5% и при $t = 3$ он равен 0,27%;

$\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_5$ – коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения соответствующих первичных погрешностей.

Для кривой распределения, близкой к нормальной $\lambda = 1/9$. К такому распределению погрешностей близки Δy , ε и Δn ; следовательно, можно принять $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/9$.

Для распределения погрешности, подчиняющегося закону Симпсона, график которого принимает форму треугольника, $\lambda = 1/6$.

Для распределения погрешности по закону равной вероятности и в случае когда о форме кривой распределения ничего неизвестно $\lambda = 1/3$. Поскольку распределение погрешности Δu подчиняется закону равной вероятности, а характер распределения величины Δ_T мало изучен то $\lambda_4 = \lambda_5 = 1/3$.

Приняв $t = 3$ и поставив его вместе с численными значениями $\lambda_1 - \lambda_5$ в приведённую формулу, после преобразований получим следующую окончательную формулу, обеспечивающую определение оптимального значения суммарной погрешности механической обработки:

$$\Delta = \sqrt{\Delta y^2 + \varepsilon^2 + \Delta n^2 + 3 \cdot \Delta u^2 + 3 \cdot \Delta_T^2} + \Sigma \Delta \phi.$$

Общие пути повышения точности механической обработки реализуются путем минимизации всех факторов, вызывающих возникновение рассмотренных первичных погрешностей.

18. Понятие о припуске и виды припусков на обработку: общий, операционный, промежуточный, симметричный, асимметричный

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Припуском называют слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Припуски в свою очередь подразделяются на общие, операцион-

ные, промежуточные, а также симметричные и асимметричные.

Общий припуск Z_0 удаляется с рассматриваемой поверхности в процессе ее полной механической обработки для получения заданных чертежных размеров и шероховатости. Он определяется разностью размеров между исходной заготовкой L_3 и готовой деталью L_0 , причем:

$$Z_0 = L_3 - L_0 \text{ — для наружных поверхностей;}$$

$$Z_0 = L_0 - L_3 \text{ — для внутренних поверхностей.}$$

Операционный припуск — это часть общего припуска, удаляемая при выполнении одной технологической операции (фрезерование, шлифование), а *промежуточный припуск* Z_i — это часть операционного припуска, удаляемая при выполнении одного технологического перехода.

Исходя из изложенного общий припуск можно представить в следующем виде:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i,$$

где n — число технологических переходов, выполняемых в процессе обработки рассматриваемой поверхности;

Z_i — припуск, удаляемый на соответствующем технологическом переходе.

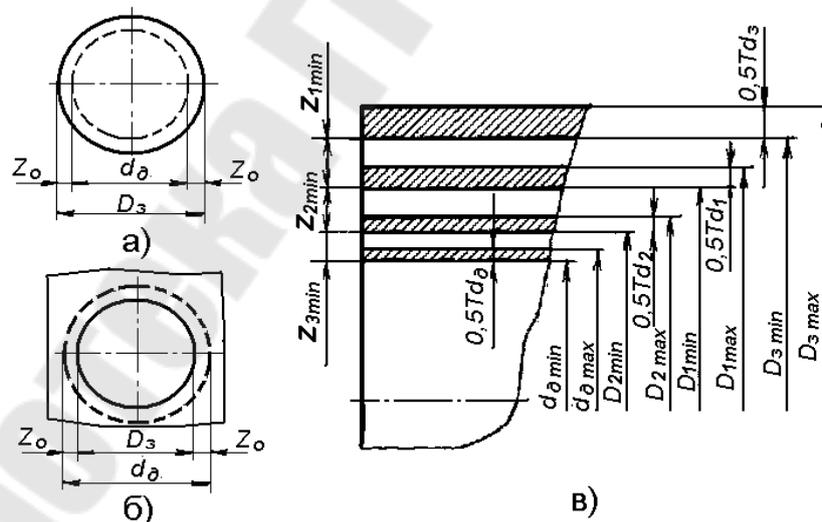


Рисунок 9 - Схемы припусков на обработку поверхностей

Симметричные припуски имеют место при обработке наружных и внутренних поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических), а также при одновременной обработке противоположащих поверхностей с одинаковыми припусками; при этом:

- для наружных цилиндрических поверхностей (рисунок 9а)
 $2Z_0 = D_3 - d_0$;

- для внутренних поверхностей (рисунок 9б) $2Z_0 = d_0 - D_3$.

Ассиметричный припуск будет в том случае, когда противолежащие поверхности обрабатываются независимо одна от другой, а также когда одна из противолежащих поверхностей не обрабатывается.

На припуск устанавливают *допуск T_d* , который является разностью между наибольшим и наименьшим значениями припуска (рисунок 9в).

Установление оптимальных припусков играет важную роль при разработке технологических процессов изготовления деталей. Завышенные припуски приводят к повышенному расходу материалов и энергии, введению дополнительных технологических переходов, а иногда и операций, а уменьшенные припуски не обеспечивают удаления дефектных поверхностных слоев материала и достижение заданных параметров обрабатываемой поверхности, что приводит к появлению брака.

19. Методы определения припусков на обработку и их сущность

Применяется два следующих основных метода определения припусков на механическую обработку: опытно-статистический и расчетно-аналитический.

Опытно-статистический метод находит широкое применение в машиностроении в условиях единичного и мелкосерийного производства. При этом методе припуск на обработку устанавливают по стандартам и таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых предприятий и приводятся в стандартах и технологических справочниках. В этих таблицах припуски даны в зависимости от массы и габаритных размеров деталей, а также их конструктивных форм, заданных параметров точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей. Недостаток этого метода в том, что припуски устанавливают на предельно неблагоприятные условия обработки и поэтому получаются несколько завышенными, что приводит к увеличению расхода материала и трудоемкости изготовления деталей.

Поэтому в серийном и массовом производствах припуски определяют *расчетно-аналитическим методом*, который был разработан

профессором В. М. Кованом. Этим методом минимальные припуски рассчитывают на основе анализа факторов, влияющих на их формирование с использованием нормативных материалов. Причем припуски на обработку рассчитывают таким образом, чтобы на выполняемом технологическом переходе были устранены погрешности обработки, которые остались от предшествующего перехода. На схеме механически обработанного поверхностного (рисунок 10) слоя при этом различают:

Rz_{i-1} – высоту неровностей, характеризующую шероховатость поверхности;

A– удаляемую дефектную часть поверхностного слоя глубиной h_{i-1} ;

Б– неудаляемую часть поверхностного слоя;

В – исходную структуру материала.

Из этой схемы следует, что качество поверхности характеризуется параметром шероховатости, а также состоянием и глубиной поверхностного слоя. При этом надо учитывать глубину не всего поверхностного слоя, а лишь его дефектной части (h_{i-1}). При расчете припуска необходимо стремиться оставить часть (*Б*) наклепанного поверхностного слоя как более износостойкую, чем нижележащие слои исходной структуры, и способствующую получению меньшей шероховатости поверхности при ее обработке в зоне этого слоя.

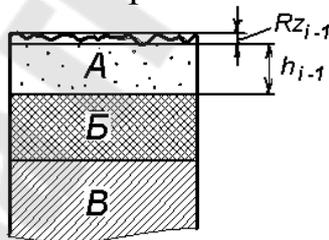


Рисунок 10 - Схема поверхностного слоя после обработки

При расчете припуска следует также учитывать пространственные отклонения ($\Sigma\Delta_\phi$), имеющиеся на обрабатываемой поверхности (кривизну, коробления, эксцентricность, увод оси отверстия, непараллельность и т. д.), а также могущую возникнуть погрешность установки \mathcal{E} .

С учетом изложенного минимальный промежуточный припуск на выполняемом переходе для конкретных видов обработки определяется по следующим формулам:

- для асимметричного припуска при последовательной обработке противоположных плоских поверхностей:

$$Z_{\min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + (\Sigma\Delta\phi_{i-1} + \varepsilon_i);$$

- для симметричного припуска при параллельной обработке противоположащих плоских поверхностей:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot [(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + (\Sigma\Delta\phi_{i-1} + \varepsilon_i)];$$

- для симметричного припуска при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot [(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Sigma\Delta\phi_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}],$$

где $\Sigma\Delta\phi_{i-1}$ – пространственные отклонения обрабатываемой поверхности (кривизна, коробление, эксцентricность);

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Данные формулы являются основными, общими для расчета припусков на механическую обработку. В ряде конкретных случаев отдельные составляющие этих формул могут быть исключены. Например, когда целью обработки поверхности является лишь уменьшение параметров ее шероховатости (полирование, суперфиниширование), минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot Rz_{i-1} \text{ и т. д.}$$

Расчет минимальных промежуточных припусков на обработку производят для определения расчетных размеров обрабатываемой поверхности по всем технологическим переходам от готовой детали до исходной заготовки по следующим формулам:

- для наружных поверхностей:

$$L_{(i-1)\min} = L_{i\min} + Z_{i\min}; \quad L_{(i-1)\max} = L_{(i-1)\min} + TL_{(i-1)};$$

- для тел вращения:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\min} + 2Z_{i\min}; \quad d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{(i-1)};$$

- для внутренних поверхностей:

$$L_{(i-1)\max} = L_{i\max} - Z_{i\min}; \quad L_{(i-1)\min} = L_{(i-1)\max} - TL_{(i-1)};$$

- для внутренних поверхностей тел вращения:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i\max} - 2Z_{i\min}; \\ D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{(i-1)},$$

где $TL_{(i-1)}$, $Td_{(i-1)}$, $TD_{(i-1)}$ – допуски на припуск под обработку; определяются по таблицам справочника технолога в зависимости от точности обработки и величины размера обрабатываемой поверхности.

Максимальные припуски принимают в качестве глубины резания и используют для определения режимов обработки (мощности, подачи, глубины и скорости резания), а также для выбора технологического оборудования по мощности. Схема образования промежуточных размеров наружной цилиндрической поверхности при её обра-

ботке черновым, чистовым и тонким точением приведена на рисунке 9в. В необходимых случаях, продиктованных конкретными условиями, общий припуск на механическую обработку рекомендуется перераспределять следующим образом: 60% суммарного припуска отводить для черновой, а остальную часть (40%) – для чистовой обработки; при черновой, получистовой и чистовой обработке поверхности припуск рекомендуется распределять в пропорциях – 45% на черновую, 30% на получистовую и 25% на чистовую обработки.

20. Методы получения заготовок

Для проектирования технологических процессов необходимо знать характеристику технологических методов, в которых приводятся обобщенные сведения по достижимой точности и шероховатости получаемых поверхностей, диапазону размеров, сложности формы, а также экономической целесообразности применения тех или иных методов получения заготовок. В частности, заготовки для изготовления деталей машин обычно получают методами литья, обработкой материалов давлением, резкой из проката, порошковой металлургией, а также их изготавливают из пластмасс.

21. Методы обработки заготовок лезвийными инструментами. Сущность и характеристика обработки точением и расточиванием

Получение заданных форм, размеров и качества поверхностей деталей машин достигается соответствующей обработкой заготовок, при этом доминирующее значение имеет обработка резанием лезвийными инструментами, методами точения, фрезерования, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания, протягивания, строгания, долбления и шабрения.

Обработка точением осуществляется резцами на токарных станках и характеризуется вращательным движением заготовки и поступательным движением обрабатывающего её резца. Этим методом обычно обрабатываются поверхности в форме тел вращения, ось симметрии которых соосна оси шпинделя станка. Токарные станки в свою очередь подразделяются на универсальные, токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарные полуавтоматы, токарно-револьверные и продольно-токарные автома-

ты, а также токарные многорезцовые и многошпиндельные автоматы. Применяемые же для обработки резцы делятся на проходные, подрезные, отрезные, расточные и фасонные. При обработке заготовок этим методом различают обдирочное, черновое, получистовое, чистовое и тонкое точение.

Обдиркой производится первоначальная обработка заготовок, получаемых литьем и свободной ковкой. При этом уменьшаются пространственные отклонения и погрешности формы заготовки перед черновой обработкой с обеспечением точности размеров по квалитетам *IT16 – IT17* и шероховатости поверхностей по 2 классу.

Черновую обработку применяют для заготовок, подвергающихся обдирке, а также для первоначальной обработки заготовок с несколько меньшими припусками. Такой обработкой достигаются точность размеров по квалитетам *IT15 – IT16* и шероховатость поверхностей по 2 – 3 классам.

Получистовую обработку применяют тогда, когда при черновой обработке не может быть удалена основная часть припуска или когда предъявляются повышенные требования к точности геометрических форм и размеров изготавливаемых деталей. Такой обработкой обеспечиваются размеры с точностью по квалитетам *IT11 – IT12* и шероховатость поверхностей по 2–4 классам.

Чистовую обработку применяют либо как окончательную, либо как промежуточную под последующую отделку поверхности. При этом в зависимости от процесса предшествующей обработки обеспечиваются размеры с точностью по квалитетам *IT10 – IT11* и шероховатость поверхностей по 4 – 6 классам.

Тонкое точение применяют как метод окончательной отделки, заменяющий шлифование и осуществляют при высоких скоростях резания с малой глубиной (0,05 – 0,5 мм) и подачей (0,05 – 0,15 мм/об). Обеспечиваются размеры с точностью по квалитетам *IT7 – IT9* и шероховатость поверхностей по 7 – 8 классам.

Растачивание – обработка резцами предварительно полученных отверстий, для достижения заданного диаметра и обеспечения совпадения оси этого отверстия с осью вращения детали или инструмента. Различают черновое, чистовое и тонкое растачивание. Черновым растачиванием обеспечиваются размеры отверстия с точностью по квалитетам *IT1 – IT13* и шероховатостью поверхностей по 4 – 6 классам; чистовым растачиванием – по квалитетам *IT8 – IT10* с шероховатостью поверхностей по 5 – 8 классам; тонким растачиванием – по ква-

литетам *IT5–IT7* с шероховатостью поверхностей по 8 – 11 классам. Тонкое (алмазное) растачивание является окончательной отделочной обработкой. Осуществляется растачивание двумя основными способами:

- при вращающейся заготовке – выполняется на станках токарной группы, при этом резами растачиваются отверстия, соосные оси вращения обрабатываемой заготовки;

- при вращающемся инструменте – выполняется на расточных, сверлильных и фрезерных станках, при этом растачивают параллельные и соосные отверстия, оси которых совпадают с осью вращения инструмента. Режущими инструментами служат резцы, закрепленные в державках (борштангах), расточные пластины, а также расточные блоки и головки. Расточные пластины являются мерным и основным инструментом при обработке отверстий диаметром более 40мм. Расточной блок представляет собой корпус со вставными резцами, положение которых можно регулировать. Для чистового и тонкого растачивания применяют плавающие державки.

22. Сущность и характеристика методов обработки фрезерованием, строганием, долблением и шабрением

Фрезерование – обработка снятием стружки, при которой режущий инструмент – *фреза* – совершает вращательное движение, а обрабатываемая заготовка – поступательное. Этим методом обрабатывают плоские поверхности, разнообразные пазы и уступы, криволинейные, винтовые и резьбовые поверхности, а также зубчатые и червячные колеса, другие фасонные поверхности. Обработка производится на фрезерных станках, которые разделяются на универсальные общего назначения (горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, продольно-фрезерные) и специализированные (шпоночно-фрезерные, шлице-фрезерные, карусельно-фрезерные) станки. Режущим инструментом служат многолезвийные фрезы, которые подразделяются:

- по виду поверхности, на которой располагаются зубья – на цилиндрические, торцевые, дисковые, угловые и фасонные;
- по форме зуба – на фрезы с прямыми, винтовыми и разнонаправленными зубьями;
- по конструктивному исполнению – на цельные, составные, комплектные и сборные со вставными зубьями.

При обработке поверхностей различают обдирочное, черновое, получистое, чистовое и тонкое фрезерование. Назначение этих видов обработки, а также обеспечиваемые ими качества точности и классы шероховатости поверхностей такие же, как при точении.

Строгание – обработка плоских и фасонных поверхностей с прямолинейной образующей снятием стружки при относительном возвратно-поступательном перемещении обрабатываемой заготовки и инструмента. Различают черновое, чистовое и тонкое строгание. Черновым строганием размеры выполняются с точностью по квалитетам *IT11 – IT13* и шероховатостью поверхностей по 4 – 5 классам; чистовым строганием – по квалитетам *IT9 – IT10* с шероховатостью поверхностей по 5 – 6 классам; тонким строганием – по квалитетам *IT6 – IT8* с шероховатостью поверхностей по 6 – 9 классам. Этот метод является гибким, универсальным и малопроизводительным, т. к. обработка ведется однолезвийным инструментом (строгальным резцом) на невысоких режимах резания (до 100 ходов/мин) и наличием вспомогательных (холостых) ходов. Широко применяется в единичном и мелкосерийном производствах благодаря тому, что для работы на строгальных станках не требуется сложных приспособлений и инструмента. Строгальные станки в свою очередь подразделяются на поперечно-строгальные, продольно-строгальные и долбежные. Главное движение у поперечно-строгальных станков (шепингов) совершает резец вместе с ползуном, а у продольно-строгальных – обрабатываемая заготовка.

Долбление – этим способом на долбежных станках обрабатывают прямоугольные и фасонные канавки на труднодоступных наружных и внутренних поверхностях (в т. ч. несквозные), а также шпоночные и шлицевые пазы в отверстиях и т. д. Долбежный станок – это металлорежущий станок строгального типа с вертикальным возвратно-поступательным движением резца и прямолинейным периодическим движением подачи, совершаемым обрабатываемой заготовкой, закрепленной на его столе. Некоторые такие станки имеют круглые столы, сообщающие обрабатываемой заготовке периодическое вращательное движение подачи.

Шабрение – отделочная обработка поверхности путем снятия тонкой стружки режущим инструментом шабером, который приводится в действие вручную или механическим путем. Шабрят плоские и цилиндрические поверхности деталей подвижных и неподвижных соединений, когда необходимо обеспечить их точное сопряжение или

геометрическое соединение. Шабрение вручную малопроизводительный процесс, требующий больших затрат времени, высокой квалификации рабочего и обеспечивающий более качественную обработку. Механическое шабрение осуществляется на специальных станках, придающих шаберу возвратно-поступательное движение. Сущность шабрения заключается в том, что вначале берут инструментальную плиту, покрывают ее рабочую поверхность тонким слоем краски, затем переворачивают, укладывают на обрабатываемую поверхность и после этого убирают с нее. При этом на выступающих участках поверхности отпечатываются следы краски, которые соскабливаются с помощью шабера (рисунок 11), удаляющего слой материала толщиной около 0,005мм.

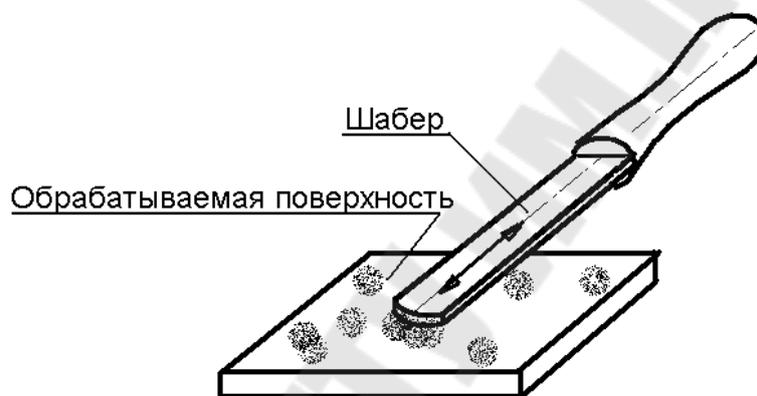


Рисунок 11 - Схема процесса шабрения

Этот процесс повторяют до тех пор, пока не достигнут требуемой точности обработки, которая контролируется по числу пятен, оставляемых краской с контрольной плиты на площадке 25×25 мм. Чем больше пятен, тем точнее обработка. Шабрение называют тонким, если число пятен более 22 и шероховатость поверхности не ниже 10-го класса, и чистым, если число пятен 6 – 10 и шероховатость поверхности не ниже 7-го класса.

23. Сущность и характеристика методов обработки сверлением, зенкерованием, развертыванием и протягиванием

Сверление – образование снятием стружки отверстий диаметром до 80 мм в сплошном материале при помощи сверла, а также обработка этим же инструментом (рассверливание) отверстий в отливках, поковках и штамповках с точностью по квалитетам *IT11 – IT12* и шероховатостью поверхностей по 2 – 5 классам. В зависимости от конст-

руктивного исполнения различают сверла спиральные (винтовые), пушечные, перовые, центровочные, а также специальные, например, кольцевые сверлильные головки. Сверление производится на сверлильных, радиально-сверлильных, расточных, токарных, револьверных и других станках, а также ручными сверлильными машинами. При сверлении отверстий на сверлильных и расточных станках вращается инструмент (сверло), а при сверлении на токарных станках и станках для глубокого сверления – вращается обрабатываемая заготовка и достигается при этом более высокая точность обработки. При сверлении отверстий диаметром более 30 мм целесообразно вначале сверлить отверстие малого диаметра (на одну треть от заданного), а затем производить его рассверливание. Из-за сравнительно невысокой точности сверление часто является подготовительной операцией для последующего растачивания, зенкерования, развертывания и протягивания.

Зенкерование применяется для чистовой обработки отверстий диаметром до 120 мм в черновых литых и штампованных заготовках, а также для дальнейшей обработки предварительно просверленных или расточенных отверстий с точностью по квалитетам *IT8 – IT10* и шероховатостью поверхностей по 4 – 8 классам. Зенкеры изготавливаются цельными (рисунок 12а) диаметром 3 – 40 мм, с числом режущих зубьев 3 – 8 и в сравнении со сверлом менее глубокими винтовыми канавками для отвода стружки на цилиндрической поверхности, а также насадными диаметром 32 – 100 мм и сборными регулируемые диаметром 40 – 120 мм. Зенкерованием повышается точность формы исходного отверстия, а также выправляется увод и смещение его оси за счет направления зенкера цапфой, содержащейся на конце (рисунок 12б). Производят зенкерование на тех же станках, что и сверление.

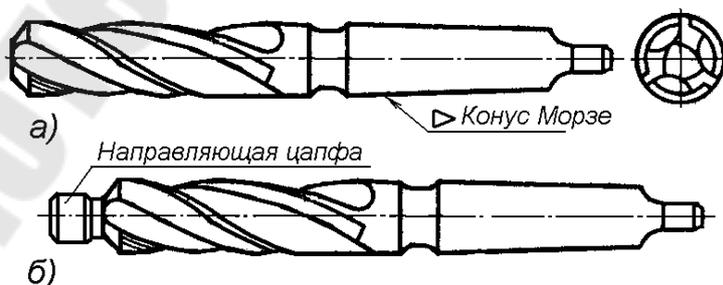


Рисунок 12 - Зенкеры цельные с коническим хвостовиком

Развертывание применяют как метод окончательной обработки отверстий диаметром до 120 мм или как метод предшествующий хо-

нингованию, тонкому растачиванию или притирке. Развертыванием обеспечивается получение точного диаметрального размера отверстия, без исправления увода и смещения его оси. Различают нормальное, точное и тонкое развертывание. Нормальным развертыванием обеспечиваются размеры отверстия с точностью по квалитетам $IT10 - IT11$ и шероховатостью поверхностей по 6 – 8 классам; точным развертыванием – по квалитетам $IT7 - IT9$ с шероховатостью поверхностей по 7 – 9 классам; тонким развертыванием – по квалитетам $IT5 - IT6$ с шероховатостью поверхностей по 10 – 12 классам. Применяемые для обработки развертки подразделяются на ручные и машинные, а выполняются они цельными и раздвижными. Ручные развертки (рисунок 13) имеют более длинные зубья и удлиненную коническую часть, которая называется заборной. Выполняются зубья на развертках обычно прямыми, но для получения отверстий повышенной точности и при обработке отверстий с продольными пазами применяют развертки с винтовыми зубьями.

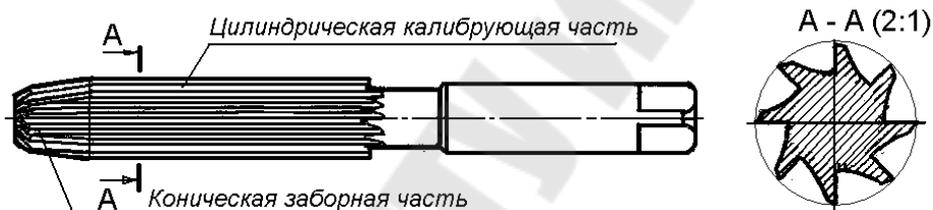


Рисунок 13 - Развертка цельная ручная

Количество зубьев, которое должно быть на развертке, определяется по следующей формуле (с последующим округлением полученного значения до ближайшего четного числа):

$$Z = 1,5 \cdot \sqrt{D} + G,$$

где D – диаметр развертки, мм;

$G = 2$ – для разверток из инструментальной стали;

$G = 4$ – для разверток повышенной точности из твердых сплавов;

$G = 0$ – для разверток с пластинами из твердых сплавов.

Обычно на развертках выполняется 6 – 14 зубьев. При обработке разверткой отверстие получается несколько большим ее диаметра, т. е. разбивается на величину 0,005 – 0,08 мм. Для уменьшения разбивки обрабатываемых отверстий развертки закрепляют в плавающих патронах. Производят развертывание на тех же станках, что и сверление, а также вручную.

Протягивание применяют для обработки многолезвийным инструментом, называемым протяжкой, сквозных отверстий и пазов

любого профиля, а также наружных поверхностей вращения и располагающихся на них продольных конструктивных элементов. Внутренняя шлицевая протяжка состоит, например, из следующих частей (рисунок 14): передней замковой 1, шейки 2, передней направляющей 3, режущей 4, калибрующей 5 и задней направляющей 6. Этот метод позволяет упростить обработку, т. к. одна протяжка обычно заменяет комплект инструментов. Протягиванием обрабатывают отверстия, содержащиеся в отливках и поковках, а также просверленные в заготовках. Различают черновое и чистовое протягивание. Черновой обработкой обеспечиваются размеры с точностью по квалитетам *IT10 – IT11* и шероховатостью поверхностей по 5 – 7 классам; чистовой – по квалитетам *IT6 – IT9* с шероховатостью поверхностей по 7 – 9 классам.

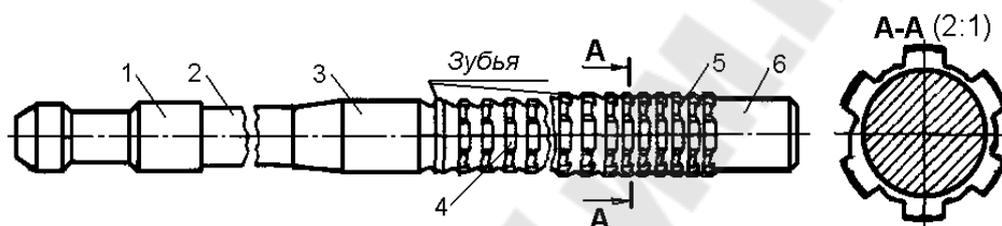


Рисунок 14 - Внутренняя шлицевая протяжка

Выполняется этот процесс на специальных станках, которые по расположению инструмента подразделяются на горизонтальные и вертикальные протяжные станки-полуавтоматы. Горизонтальные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания, а вертикальные используются как для внутреннего, так и наружного протягивания и при этом занимают в 2 – 3 раза меньшие площади. Применяется протягивание обычно в крупносерийном и массовом производствах. В мелкосерийном же и единичном производствах, протягивание применяется тогда, когда сложнопрофильные поверхности невозможно обработать другими более универсальными методами.

24. Методы обработки абразивными инструментами.

Характеристика метода обработки шлифованием

Обработку поверхностей заготовок абразивным инструментом производят методами шлифования, хонингования, доводки, притирки, суперфиниширования и полирования.

Шлифование – чистовая обработка поверхностей заготовок вращающимися абразивными кругами, сегментами или шлифовальными шкурками для получения точных размеров, придания им правильной геометрической формы и снижения шероховатости, а также обеспечивающая заточку режущих инструментов. Обычно на шлифование заготовки подают после их предварительной обработки и выполнения термических операций (закалки, улучшения). Шлифование может быть и единственным методом обработки. Основным инструментом при шлифовании являются шлифовальные круги, которые по форме могут быть цилиндрическими (гладкие и профильные), дисковыми, чашечными, тарельчатыми, стержневыми и т. д. Они должны отвечать условиям прочности, сбалансированности, безопасной работы при окружных скоростях 80 м/с и выше. Различают предварительное, чистовое и тонкое шлифование.

Предварительное шлифование предусматривается для необработанных поверхностей, имеющих припуски от 1 до 2 мм. Осуществляется оно кругами зернистостью 50 – 80 и обеспечивает выполнение размеров с точностью по квалитетам *IT8 – IT9* и шероховатость поверхностей по 6–8 классам.

Чистовым шлифованием обычно обрабатывают поверхности после термообработки со снятием припуска 0,1 – 0,3 мм. Выполняется оно кругами с зернистостью 12 – 40, а размеры выполняются при этом с точностью по квалитетам *IT – IT8* и с шероховатостью поверхностей по 8 – 10 классам.

Тонкое шлифование применяют для получения высокого качества поверхности в условиях единичного и мелкосерийного производства. Осуществляется оно кругами зернистостью 6 – 10 и обеспечивает размеры по квалитетам *IT6 – IT7* и шероховатость поверхностей по 9 – 11 классам.

Шлифовальные станки в зависимости от назначения подразделяются на следующие основные группы: круглошлифовальные (центровые и бесцентровые), внутришлифовальные, плоскошлифовальные, заточные и специализированные (ленточношлифовальные, для шлифования резьб, зубьев колес, шлицов и т. д.).

Шлифование наружных поверхностей деталей тел вращения производится на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных и бесцентровошлифовальных станках, полуавтоматах, автоматах. При обработке на круглошлифовальных и торцекруглошлифовальных станках заготовки устанавливают в центрах, в патроне, цанговом зажиме или в специальных приспособлениях.

Окружная скорость заготовки при такой обработке составляет 10 – 50 м/мин в зависимости от её диаметра, а сопрягающийся с ней шлифовальный круг при этом вращается встречно со скоростью 30 – 60 м/мин.

Сущность бесцентрового шлифования заключается в том, что шлифуемая заготовка 1 (рисунок 15) помещается между шлифовальным 2 и ведущим 3 кругами и поддерживается снизу ножом (опорой) 4. Центр заготовки при этом должен быть несколько выше линии, соединяющей центры обоих кругов.

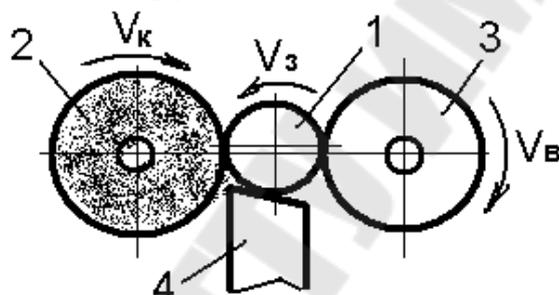


Рисунок 15 - Схема бесцентрового наружного шлифования

Внутреннее шлифование применяется для окончательной обработки отверстий закаленных деталей или в тех случаях, когда нельзя применить для их обработки другие, более производительные методы. Оно осуществляется на внутришлифовальных станках и бесцентрововнутришлифовальных автоматах. Различают три основных вида внутреннего шлифования: во вращающейся заготовке (рисунок 16а); в неподвижной заготовке (планетарное) (рисунок 16б) и бесцентровое внутреннее шлифование (рисунок 16в).

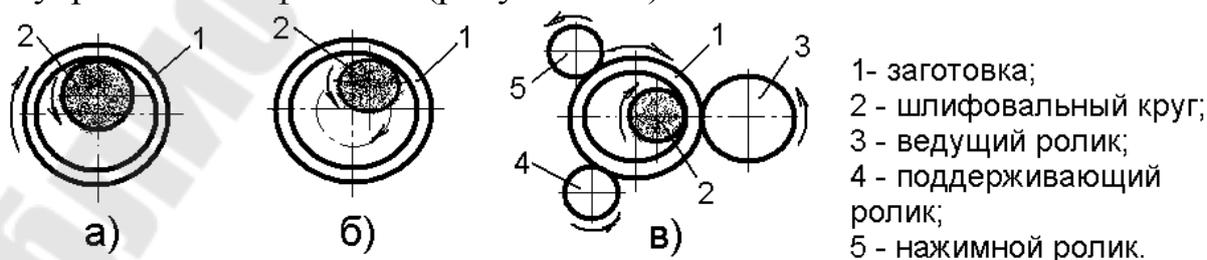


Рисунок 16 - Схемы внутреннего шлифования

Шлифование плоских поверхностей осуществляется на плоскошлифовальных станках с крестовым или круглым столом, обычно оснащаемым электромагнитной плитой. Им обеспечивается достижение требуемого качества обработки плоскостей, особенно на закаленных деталях. При этом детали на таких станках могут обрабатываться как радиальной торцевой (рисунок 17а), так и плоской боковой поверхностями шлифовального круга (рисунок 17б).

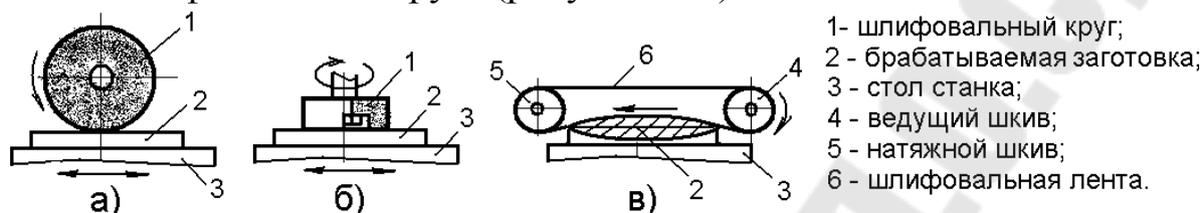


Рисунок 17 - Схемы шлифования наружных поверхностей

Ленточношлифовальные станки обычно используют для отделки криволинейных поверхностей фасонных деталей типа турбинных лопаток, лопастей гребных винтов и т. д. *шлифовальной лентой* – гибким абразивным инструментом, представляющим собой бумажное или тканевое полотно с закрепленным на нем абразивным материалом различной зернистости. В этих станках бесконечная лента 6 (рисунок 17в) размещается на двух шкивах, ведущем 4 и натяжном 5, придающим ей непрерывное движение. При этом рабочая поверхность ленты прогибается сопрягающейся криволинейной поверхностью обрабатываемой заготовки 2, установленной на столе 3 станка, и в процессе движения по ней осуществляет обработку. Так как рабочая поверхность такой ленты в несколько раз превышает рабочую поверхность шлифовального круга, то происходит большее рассеивание тепла, образующегося в зоне шлифования, и благодаря этому создаются более благоприятные условия обработки.

25. Сущность и характеристика методов обработки хонингованием, доводкой и притиркой

Хонингование – один из методов отделочной обработки поверхностей, который осуществляется специальным инструментом – *хоном*, в котором по периметру оправки 1 (рисунок 18) закрепляются мелкозернистые абразивные бруски 2. В процессе обработки хон совершает одновременно возвратно-поступательное и вращательное движения, в результате которых его абразивные зерна создают на обрабатываемой

мой поверхности детали 3 сетку из мелких пересекающихся рисок, хорошо удерживающих смазку. Хонингованием исправляется исходная погрешность геометрической формы, повышается размерная точность, уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности. При применении брусков с зернистостью M40 – 25 обеспечивается выполнение размеров с точностью по квалитетам IT 5 – IT6 и шероховатость поверхностей по 6 – 10 классам. Этим методом обрабатывают внутренние цилиндрические, конические и другие поверхности вращения диаметром 5 – 750 мм, а также наружные цилиндрические и плоские поверхности.

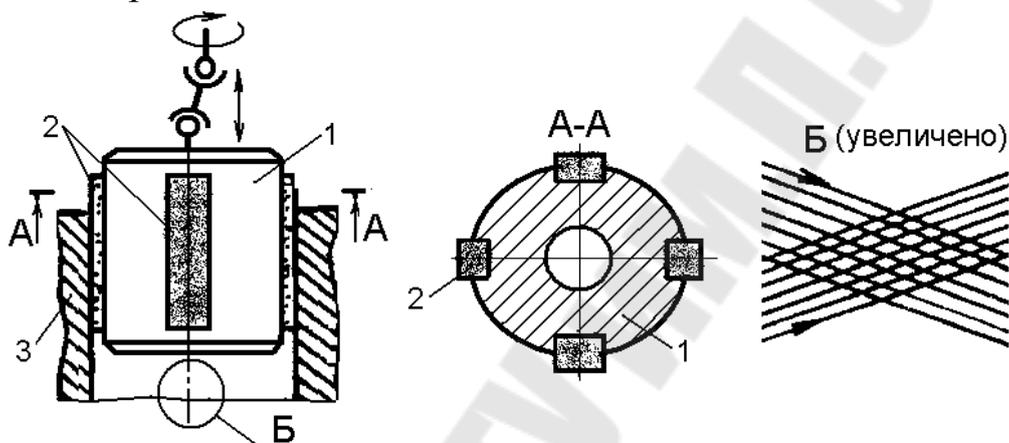


Рисунок 18 - Схемы хонингования внутренней поверхности

Выполняется такая обработка на хонинговальных станках, которые бывают общего назначения и специализированные, одно- и многошпиндельные, с вертикальным, горизонтальным и наклонным расположением шпинделей.

Смазывающе-охлаждающей жидкостью при обработке служит керосин или смесь керосина с 10 – 20 % машинного масла.

Доводка – окончательная обработка отшлифованных деталей для получения на обрабатываемых поверхностях точных размеров и геометрической формы, а также малой шероховатости.

Этот метод характеризуется одновременным протеканием механических и физико-химических процессов при обработке поверхностей притирами с нанесенным мелкозернистым абразивным порошком или пастой, истирающими обрабатываемые поверхности. В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости при этом применяются специальные эмульсии (например, содержащие в одном литре воды 8–10 г кальцинированной соды и 3 – 5 г нитрита натрия) или дизельное топливо. Доводка производится в 2 – 4 стадии с постепенным уменьшением зернистости применяемого абразива. Различают предварительную, получистовую, чистовую и тонкую стадии доводки. Предварительная доводка производится абразивными порошками зернистостью М20 – М40, а получистовая – зернистостью М5 – М10. Чистовая доводка осуществляется абразивными пастами зернистостью М3 – М5 и обеспечивает выполнение размеров с точностью по квалитетам *IT3 – IT5*, а также шероховатость поверхностей по 11 – 12 классам. Тонкая доводка производится абразивными пастами зернистостью М1 – М3 и обеспечивает выполнение размеров с точностью по квалитетам *IT3 – IT4*, а также шероховатость поверхностей по 12 – 13 классам. Методы доводки по способу подачи абразива в зону обработки подразделяются на следующие:

- с непрерывной подачей абразивной суспензии на рабочие поверхности притиров;
- с намазкой (нанесением) абразивной (алмазной) пасты на притиры;
- доводку притирами или плитами, предварительно шаржированными зёрнами абразивных (алмазных) паст.

Обработка осуществляется вручную, а также на доводочных станках с планетарным или эксцентриковым механизмом привода. В частности, универсальный доводочный станок снабжен двумя плоскими чугунными дисками (притирами), между которыми в держателе помещаются обрабатываемые заготовки. К специализированным относятся станки для доводки отдельных деталей, например, шеек коленчатых валов, концевых мер, калибров и других. Скорость относительного движения притира по детали при предварительной доводке назначается в пределах 50 – 250 м/мин, а затем постепенно снижается до 15 – 30 м/мин при чистовой и до 2 – 10 м/мин при тонкой доводке.

Притирка – доводка деталей, работающих в паре, для обеспечения наилучшего контакта между их сопрягающимися рабочими поверхностями. Притирка, например, клапанов двигателей к седлам, плунжеров топливной аппаратуры к гильзам, стеклянных пробок к горловинам флаконов и т. д. Притирка аналогична доводке наружных поверхностей и обеспечивает достижение аналогичных параметров качества, при этом притираемые детали становятся не взаимозаменяемыми и могут применяться только комплектно.

26. Сущность и характеристика методов обработки суперфинишированием и полированием

Суперфиниширование – тонкая отделочная обработка поверхности заготовки с малым удельным давлением (до 0,3 МПа) брусками из микропорошковых абразивных материалов зернистостью М20 – М40, совершающими колебательные (амплитудные) движения и продольную подачу (рисунок 19). Предварительно обработанная заготовка при этом вращается или движется поступательно. Обработка происходит без существенного изменения размеров и макрогеометрии поверхности при небольших скоростях (до 2,5 м/с) с подачей в зону обработки смазочного вещества (смеси керосина (85 – 90%) с индустриальным маслом (10 – 15%) и добавлением 3 – 5 % олеиновой кислоты). В процессе обработки по мере зачистки вершин гребешков шероховатости увеличивается контактная поверхность и соответственно уменьшается удельное давление на нее брусков, а при зачистке всех неровностей до сплошного металла удельное давление становится настолько малым, что процесс обработки самопрекращается.

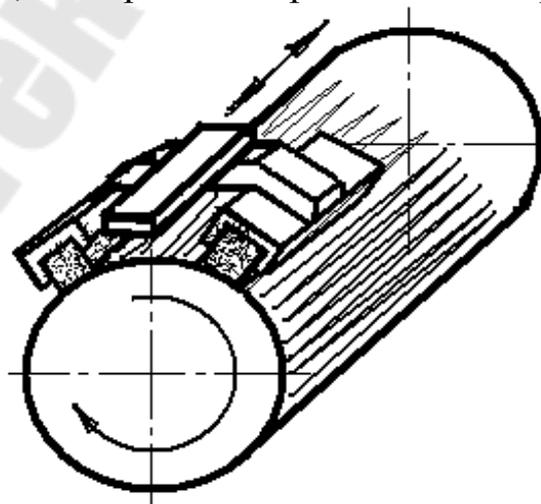


Рисунок 19 - Схема обработки суперфинишированием

Этим способом обрабатывают плоские, цилиндрические, конические и сферические поверхности деталей, выполненных из стали, чугуна, нержавеющей и цветных сплавов. Достигается выполнение размеров с точностью по квалитетам *IT3 – IT4* и шероховатостью поверхности по 13 – 14 классам.

Полирование – обработка (отделка) качественно обработанных поверхностей деталей для получения их зеркального блеска путем уменьшения шероховатости без исправления погрешности геометрической формы. Наиболее широко полирование применяется для декоративной отделки и чистовой обработки фасонных поверхностей, где размерная и геометрическая точность получена на предшествующей обработке или вовсе не требуется. Полирование производится в 2 – 3 стадии с постепенным уменьшением зернистости применяемого абразива. Различают предварительную, получистовую и чистовую стадии полирования. Предварительное полирование производится абразивными пастами зернистостью 8 – 12, а получистовое – зернистостью М6 – М20. Чистовое полирование осуществляется абразивными пастами зернистостью М5 – М10 и обеспечивает получение поверхностей с шероховатостью по 11 – 12 классам. Производится такая обработка на полировальных станках быстровращающимися мягкими кругами, выполненными из войлока, фетра, кожи, резины или быстро движущимися лентами, на поверхность которых наносится полировальная паста. В качестве дополнительных материалов применяется керосин. В ряде случаев применяется электролитическое полирование (посредством электролиза). Автоматизированное полирование мелких деталей производится во вращающихся бункерах или вибробункерах, в которые эти детали загружаются совместно с гранулированными свободными абразивами. Полирование может выполняться и в струйно-абразивных установках.

27. Сущность и характеристика методов механической поверхностной упрочняющей обработки

Механические методы поверхностной упрочняющей обработки – один из наиболее простых и эффективных технологических путей повышения работоспособности и надежности деталей. В результате такой обработки повышается твердость и прочность поверхностного слоя, в нем формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается параметр шероховатости, увеличиваются радиусы за-

кругления вершин неровностей и, соответственно, относительная опорная длина профиля. К этим методам относится обкатывание и раскатывание поверхностей шариковыми и роликовыми обкатками, прошивание отверстий шариками и дорнами, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка и другие методы.

Обкатыванием и раскатыванием наружных и внутренних цилиндрических, а также плоских и фасонных поверхностей шариковыми и роликовыми обкатками обрабатывают достаточно жесткие детали из стали, чугуна и цветных сплавов. Поверхности для этого должны быть предварительно обработаны по квалитетам точности *IT7 – IT9* и с шероховатостью не ниже 6 класса, а припуск на обработку принимается обычно в пределах 0,005 – 0,02 мм. При такой обработке между поверхностью заготовки и инструментом возникает трение качения с возможным проскальзыванием. В результате снижается шероховатость, повышается твердость поверхностного слоя и в нем создаются сжимающие остаточные напряжения.

Дорнование (калибрование) отверстий относится к способам их окончательной обработки выглаживанием. Осуществляется оно проталкиванием шарика, диаметром несколько большим за отверстие, а также выглаживающей протяжкой или прошивкой, которую называют дорном. Такой обработкой обеспечивается шероховатость поверхности по 9 – 11 классам, а ее прочность при этом повышается на 30 – 60 %. Процесс выполняется на прессах или протяжных станках с обязательным применением смазочно-охлаждающей жидкости.

Дробеструйная обработка заключается в том, что на деталь, помещенную в камеру, специальной установкой подается с большой скоростью поток чугунной или стальной дроби диаметром 0,4 – 2 мм, от ударных воздействий которой в поверхностном слое создается наклеп на глубину до 1,5 мм. В результате повышается твердость поверхностного слоя на 20 – 50 %, в нем возникают сжимающие остаточные напряжения, а шероховатость поверхности обеспечивается при этом по 5 – 7 классам. Этот процесс легко автоматизируется и по продолжительности обработки обычно не превышает 10 минут. При такой обработке применяются механические и пневматические дробеметы. В первых поток дроби создается радиальными лопатками ротора, вращающегося со скоростью 2000 – 3500 оборотов в минуту. Вторые имеют одно или несколько сопел, через которые дробь выбрасывается сжатым воздухом; их применяют для обработки деталей с труднодоступными поверхностями.

28. Сущность и характеристика метода поверхностной упрочняющей обработки алмазным выглаживанием

Алмазное выглаживание заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней выглаживателем, представляющим собой закрепленный в оправке алмазный кристалл. Шероховатость, оставшаяся на поверхности от предыдущей обработки, сглаживается при этом полностью или частично, поверхность приобретает зеркальный блеск, а также повышается твердость поверхностного слоя и в нем создаются сжимающие остаточные напряжения. После выглаживания поверхность остается чистой без вырывов и задигов, а также не шаржированной осколками абразивных зерен, что обычно происходит при ее абразивной обработке. Деформирующим элементом при такой обработке является закрепленный в оправке алмаз, обладающий высокой твердостью, малым коэффициентом трения по металлу и повышенной теплопроводностью. Высокая твердость алмаза позволяет обрабатывать детали практически из всех металлов, поддающихся пластической деформации – как мягких, так и закаленных до твердости 60 – 65 HRC_Э с достижением параметров шероховатости по 11 – 12 классам. Малый же радиус рабочей поверхности алмазного инструмента (0,75 – 4 мм) обуславливает небольшую величину прилагаемой силы выглаживания (50 – 250 Н), обеспечивающей обработку этим методом, в том числе тонкостенных и нежестких деталей.

29. Сущность и разновидности электрофизических методов обработки

Электрофизические методы обработки заключаются в изменении форм, размеров и параметров шероховатости поверхности заготовки путем применения электрических разрядов, магнитострикционного эффекта, электронного и оптического излучения, а также энергии плазменной струи. К ним относятся такие методы, как электроэрозионная обработка, которая подразделяется на электроискровой, электроимпульсный и электроконтактный методы, а также, ультразвуковой, плазменный, лазерный и электронно-лучевой методы обработки.

30. Сущность, схемы и характеристика электроэрозионных

Электроэрозионная обработка основана на разрушении обрабатываемого материала тепловым воздействием на него импульсных дуговых электрических разрядов, возбуждаемых между электродом-инструментом и обрабатываемой поверхностью. При таких искровых разрядах сфокусированный поток электронов воздействует на обрабатываемую поверхность, разогревает её и создает ударные волны сжатия, вследствие чего происходит расплавление и выброс частиц металла из этой зоны (электроэрозия), а электрод-инструмент постепенно погружается при этом в заготовку, копируя в ней свою форму. Разновидностями этого метода являются электроискровая, электроимпульсная и электроконтактная обработки.

Электроискровая обработка основана на использовании кратковременных искровых разрядов, которые следуют с частотой 0,4 – 10 кГц и большой скважностью. При этом к отрицательному полюсу импульсного генератора 1 (рисунок 20а) подключается электрод-инструмент 2 (катод), а к положительному полюсу – обрабатываемая заготовка 3 (анод). Обработка производится в жидкой диэлектрической среде 4 (например, дистиллированной воде или трансформаторном масле) путем последовательного возбуждения через зазор величиной 0,2 – 0,6 мм между электродом и заготовкой искровых разрядов, вызывающих на обрабатываемой поверхности микроскопические расплавления металла, выбрасываемого в межэлектродное пространство. Обработка осуществляется на следующих режимах: напряжение пробоя $U=40 - 120$ В; длительность импульсов $\tau_{им}=5 - 200$ мкс; сила тока $I=0,5-5$ А.

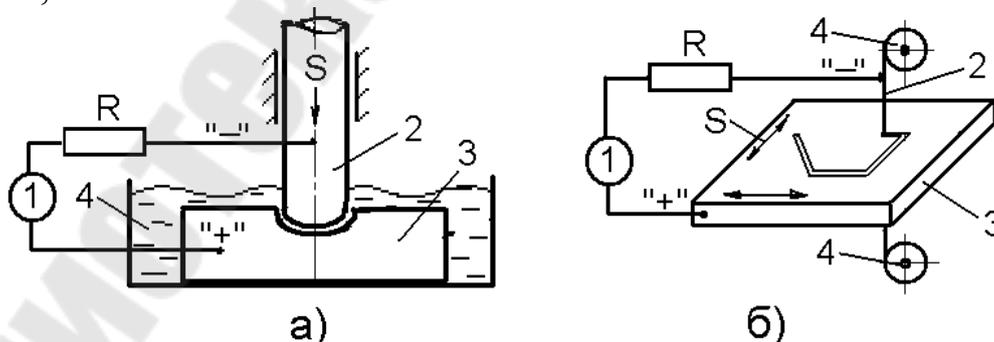


Рисунок 20 - Схемы электроискровой обработки

Этот метод малопродуктивный ($0,6 \text{ см}^3$ удаляемого металла в минуту) из-за высокой скважности разряда и используется для прошивки отверстий диаметром до 2 мм, прорезки узких пазов, вырезки

фигурных отверстий по контуру, а также для чистовой обработки поверхностей после предварительной электроимпульсной обработки. При вырезке в заготовках 3 (рисунок 20б) фигурных отверстий по контуру в качестве непрофилированного инструмента 2 применяют медную или вольфрамовую проволоку диаметром 0,05 – 0,2 мм, перематываемую в процессе обработки с одной катушки 4 на вторую. Точность выполнения размеров при обработке профильным электродом-инструментом обеспечивается по квалитетам *IT6 – IT7* и шероховатость поверхности по 9 – 10 классам, а при обработке непрофилированным проволочным инструментом – по квалитетам *IT – IT6* при шероховатости поверхности по 9 – 11 классам.

Электроимпульсная обработка осуществляется более продолжительными и мощными импульсными дуговыми разрядами регулируемой энергии и частоты на следующих режимах: напряжение пробоя $U = 18 - 36$ В; длительность импульсов $\tau_{им} = 200 - 100\ 000$ мкс; сила тока $I = 20 - 120$ А. Производительность достигает 15 см^3 удаляемого металла в минуту. В электроимпульсных станках, в отличие от электроискровых, обрабатываемая заготовка является катодом (-), а инструмент – анодом (+). Обработку обычно проводят в два этапа: сначала на черновых режимах удаляют основную часть металла, оставляя припуск порядка 0,5мм, а затем снижают энергию разрядов и на режимах чистовой обработки удаляют оставшийся припуск более точным электродом-инструментом, обеспечивая при этом точность выполнения размеров по квалитетам *IT9 – IT11* и шероховатость поверхности по 4 – 6 классам.

Для изготовления электродов-инструментов применяют материалы с высокой теплопроводностью такие, как обычная и пористая медь, латуни, графитовые и медно-графитовые композиции, алюминий и цинковые сплавы. Для выполнения мелких отверстий часто используют дорогие вольфрамовые или молибденовые инструменты, которые обладают высокой абразивной стойкостью. Если площадь рабочей поверхности электрода-инструмента достаточно велика (больше 1000 мм^2) или прошиваются глубокие отверстия, то применяют искусственную прокачку жидкой диэлектрической среды через межэлектродный зазор, подавая ее со скоростью 0,03 – 0,5 м/с через отверстия в электроде-инструменте. Этим методом обычно обрабатывают формообразующие детали, изготавливаемые из закалённых и труднообрабатываемых металлов для средних и крупных штампов, пресс-форм и другой аналогичной инструментальной оснастки.

31. Сущность, схемы и характеристика электроконтактного и электромеханического методов обработки

Электроконтактная обработка – разновидность электроэрозионной обработки, при которой происходит размерное разрушение поверхностного слоя металла заготовки вследствие его оплавления под воздействием импульсных дуговых разрядов и контактного нагрева. Импульсы тока формируются при этом непосредственно в промежутке между инструментом и заготовкой вследствие их относительного движения и наличия микровыступов на рабочей поверхности инструмента. Напряжение применяемого источника постоянного или переменного тока составляет 1 – 20 В. Например, при разрезании этим методом заготовку 1 (рисунок 20в) и дисковый электрод-инструмент 2 проводами 3 подключают к клеммам питания генератора 4. Далее проходящий через место их контакта электрический ток разогревает и плавит металл поверхностного слоя заготовки, облегчая тем самым его удаление из зоны обработки вращающимся дисковым электродом-инструментом, который совершает поперечную подачу и во избежание расплавления дополнительно охлаждается водой 5, поступающей из сопла 6.

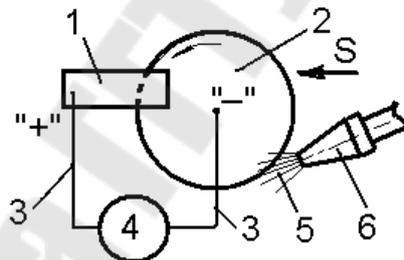


Рисунок 20в - Схема электроконтактной обработки

Этот метод применяют для очистки чугунных и стальных отливок, обдирки слитков, резки проката, грубой обработки поверхностей, а также для наплавки деталей с целью их поверхностного упрочнения. Производительность достигает 900 см^3 удаляемого металла в минуту. Точность выполнения размеров обеспечивается по квалитетам *IT16 – IT17*, а шероховатость поверхности по 1 – 2 классам. Электрод-инструменты для такой обработки изготавливают из меди, латуни, чугуна и стали. В частности, инструмент из серого чугуна имеет удовлетворительную эрозионную стойкость при обработке на всех режимах.

Электромеханическая обработка – способ окончательной обработки металлических изделий резанием или давлением, сопровож-

дающийся местным нагревом обрабатываемой поверхности электрическим током большой силы (300 – 1000А) и малого напряжения (1 – 5 В) до температуры 800 – 900 °С вблизи формообразующего инструмента. Например, при точении таким нагревом охватывается зона обрабатываемой поверхности заготовки непосредственно перед режущей кромкой резца, что снижает силу резания, а скользящим вслед за резцом роликом или полировальником одновременно сглаживаются микронеровности на разогретой поверхности и тем самым существенно уменьшается ее шероховатость. Сочетание же теплового и силового воздействия изменяет структуру и механические свойства поверхностного слоя, повышая тем самым его твёрдость на глубину до 0,15 мм и износостойкость. Такой обработкой обеспечивается при точении точность выполнения размеров по квалитетам *IT6 – IT9*, а шероховатость обработанной поверхности повышается до 9-го класса.

32. Сущность, схемы и характеристика ультразвукового, плазменного, лазерного и электронно-лучевого методов обработки

При *ультразвуковой обработке* электрическая энергия с помощью пьезо- или магнестрикционных элементов преобразуется в энергию упругих волн, которые распространяются в твердых, жидких и газообразных средах. Ультразвуковая установка содержит магнестрикционный преобразователь 1 (рисунок 21а), который располагается под кожухом 2, охлаждаемым от перегрева проточной водой, и питается переменным током ультразвуковой частоты (16 – 30 кГц) от генератора 3. К сердечнику же преобразователя 1 припаяна магнестрикционная пластина 4, преобразующая создаваемые электромагнитные импульсы в механические колебания, которые акустическим концентратором 5 усиливаются и передаются на инструмент 6, колеблющийся с амплитудой порядка 35 – 45 мкм. Торце́ц инструмента 6 придаёт в свою очередь движение абразивным зёрнам, содержащимся в суспензии, подаваемой через сопло 7 в зону обработки заготовки 8. В результате большим количеством ударяющихся зёрен (от 30 до 100 тысяч на квадратный сантиметр) при высокой частоте колебаний обеспечивается удаление материала заготовки в зоне обработки с производительностью около 0,2 см³ в минуту. Абразивная суспензия в зону обработки может подаваться насосом через сопло 7, а также свободным наливом либо под давлением через отверстие в инстру-

менте. В качестве абразива используются алмазные микропорошки, а также микропорошки из карбида бора и кремния.

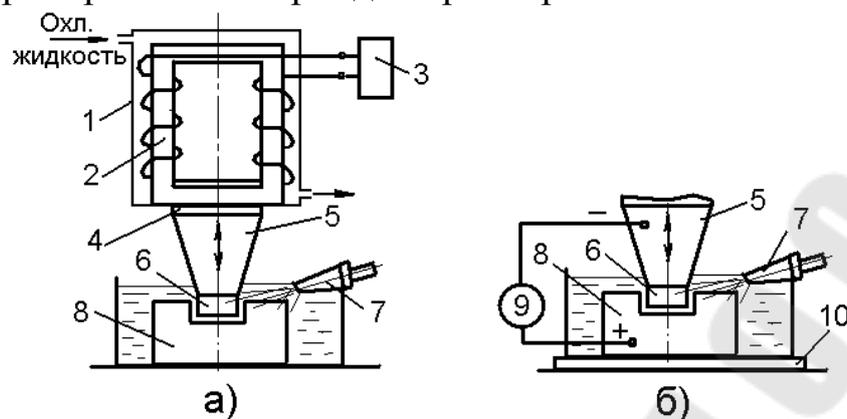


Рисунок 21 - Схемы ультразвуковой обработки

Этим способом обычно обрабатывают заготовки из сверхтвердых сплавов и хрупких материалов, таких как стекло, ситаллы, керамика, кремний, германий, алмазы и других. Точность выполнения размеров обеспечивается по квалитетам $IT6 - IT9$, а шероховатость поверхности по 9 – 12 классам. Инструмент изготавливают из углеродистых сталей марок 45, 40X или из инструментальных сталей марок У8А, У10А. Следует отметить, что по мере углубления инструмента в обрабатываемую заготовку производительность обработки этим способом существенно снижается.

Обрабатывать же заготовки, выполненные из токопроводящих материалов, с более высокой производительностью позволяет комбинированный метод, совмещающий *ультразвуковую обработку с электрохимической*. В процессе такой обработки через рабочий зазор дополнительно пропускается постоянный электрический ток от источника питания 9 (рисунок 21б), при этом к его положительному полюсу подсоединяется обрабатываемая заготовка 8, изолируемая от станка диэлектрической прокладкой 10, а к отрицательному – акустический концентратор 5 или инструмент 6. В суспензии же вместо воды используется электролит в виде 20 – 40 % водного раствора поваренной соли, в котором под действием электрического тока происходит растворение обрабатываемого металла. При этом на его поверхности образуется тонкая плёнка, обладающая высоким сопротивлением и малой механической прочностью. Эта плёнка легко удаляется вместе с обрабатываемым материалом, находящимися в суспензии абразивными зёрнами, и в результате существенно возрастает интен-

сивность процесса обработки до $0,4 \text{ см}^3$ удаляемого материала в минуту.

Плазменная обработка осуществляется низкотемпературной плазмой, выходящей из генерирующих её электродуговых или высокочастотных плазмотронов в виде ярко светящейся струи с температурой $10000 - 20000^\circ\text{C}$. Плазма – это частично или полностью ионизированный газ, в котором плотность отрицательных и положительных зарядов практически одинаковы, а концентрация этих частиц сравнительно велика. Например, в электродуговых плазмотронах, подсоединяемых к источнику электропитания 1 (рисунок 22), рабочий газ (водород, азот, аргон, гелий, воздух и т. д.), подаваемый в разрядную камеру через канал 2, превращается в плазменную струю 3 в дуговом разряде между тугоплавким катодом 4 (вольфрамовым, молибденовым) и присоединенным к корпусу 5 через изолятор 6 водоохлаждаемым медным анодом 7, выполненным в виде узкого кольца – сопла. Более же «чистую» плазму, не содержащую частиц вещества электродов, дают высокочастотные плазмотроны, в которых рабочий газ ионизируется в безэлектродном высокочастотном разряде, возбуждаемом в камере электромагнитным полем катушки-индуктора.

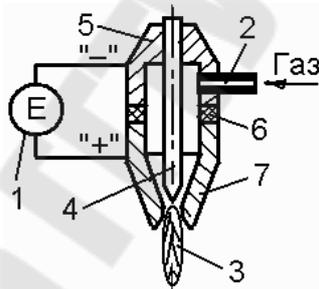


Рисунок 22 - Схема дугового плазмотрона

Плазменная обработка используется для вырезки заготовок из проката, удаления с их поверхности части припуска при размерной обработке, а также для сварки металлов, нанесения покрытий напылением тугоплавких материалов, получения порошковых материалов и т. д. При такой обработке изменяются как форма и размеры заготовки, так и структура поверхностного слоя материала. Высокая производительность, а также стабильная плазменная струя регулируемой мощности позволяют широко применять такую обработку, как в единичном, так и в массовом поточном производстве.

Лазерная обработка производится излучением оптического квантового генератора (ОКГ) – прибора в котором осуществляется генерация монохроматических электромагнитных волн оптического

диапазона вследствие их индуцированного излучения активной (рабочей) средой с избытком атомов на возбужденном энергетическом уровне. Для технологических целей применяют мощные лазеры с твердотельной (рубин, неодимовое стекло) и газообразной (смесь углекислого газа и азота) активной средой, которые могут работать в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах электромагнитных волн, как в непрерывном, так и в импульсном режимах. Например, лазерная технологическая установка с твердотельной активной средой включает в себя зарядное устройство 1 (рисунок 23), емкостной накопитель 2, систему управления 3, блок поджига 4, лазерную головку 5, систему охлаждения 6, устройство стабилизации энергии излучения 7, датчик энергии излучения 8, оптическую систему 9, фокусирующую луч лазера 10, а также обрабатываемую заготовку 11, устанавливаемую на координатном столе 12, и систему численного программного управления 13.

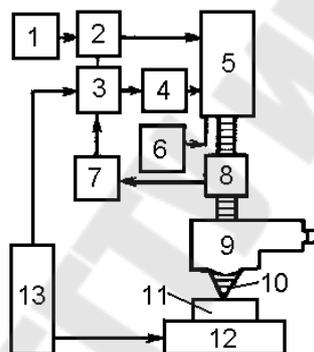


Рисунок 23 - Типовая структурная схема лазерной установки

Основными характеристиками лазерного излучения являются мощность излучения (Вт), длина волны (0,4 – 10,6 мкм), длительность и форма импульсов, расходимость рабочего луча. Мощными лазерами производят контурную резку проката на заготовки, вырезку в заготовках отверстий, пазов и других конструктивных элементов, сварку, а также упрочнение и поверхностное легирование деталей, выполняемых как из традиционных материалов, так и материалов любой твердости, включая алмазы и рубины. При обработке сфокусированным лазерным лучом на поверхности заготовки создается источник тепла с температурой в несколько тысяч градусов и сразу начинается испарение материала, при этом под гидродинамическим воздействием этих паров плавящийся металл удаляется из зоны обработки в виде факела, распространяющегося в направлении перпендикулярном обрабатываемой поверхности. Этим способом обеспечивается, напри-

мер, резка материалов толщиной до 50 мм со скоростью 0,5 – 10 м/мин и шириной реза в пределах 0,1 – 1мм без возникновения в зоне обработки механических напряжений, которые неизбежны при обычной механической обработке. Точность выполнения размеров соответствует качествам *IT9 – IT11*, а шероховатость поверхности – 7 – 9 классам.

Электронно-лучевая обработка основана на использовании тепловой энергии, выделяющейся при столкновении быстро движущихся электронов с обрабатываемой поверхностью. Применяют такую обработку для изготовления деталей из твёрдых сплавов, алмазов, титана и других труднообрабатываемых материалов. Этим методом производят прошивку отверстий, размерную обработку поверхностей, а также резку и сварку материалов. Производительность обработки невысока: на черновых режимах составляет 20 мм³ удаляемого материала в минуту; на чистовых режимах – 1мм³/мин. Точность выполнения размеров обеспечивается по качествам *IT9 – IT10*, а параметр шероховатости обработанной поверхности – по 6 – 8 классам. Недостатки этого метода обработки заключаются в необходимости защиты от рентгеновского излучения, применении систем высокого вакуума, а также в относительно высокой стоимости и сложности исполнения технологического оборудования.

33. Сущность и разновидности электрохимических методов обработки

Электрохимические методы обработки основаны на принципе локального анодного растворения материала обрабатываемой заготовки при высокой плотности тока (20 – 250 А/см) и малых межэлектродных зазорах (0,02 – 0,5 мм) в проточном электролите. К ним относятся анодно-гидравлическая обработка, электрохимическое профильное фрезерование (шлифование, полирование) и обработка непрофилированным инструментом, а также электрохимическая маркировка.

34. Сущность, схема и характеристика анодно-гидравлического метода обработки и электрохимического полирования

Анодно-гидравлическая обработка выполняется на электрохимических станках и позволяет изготавливать сложнопрофильные детали

из любых токопроводящих металлов с высокой точностью выполнения размеров и качеством поверхностей. Основана она на принципе локального анодного растворения обрабатываемого материала в среде электролита при высокой плотности тока (20 – 250А/см) и малых межэлектродных зазорах (0,2 – 1,0 мм). Для этого профилированные электроды 1 (рисунок 24) подключаются к отрицательному полюсу источника питания 2, а обрабатываемая заготовка 3 (турбинная лопатка) размещается между этими электродами и подключается к положительному полюсу. Далее электроды сближаются и через зазор 4 между их рабочими поверхностями и заготовкой со скоростью 5 – 20 м/с насос 5 прокачивает электролит, в котором материал поверхностного слоя заготовки растворяется. При этом интенсивность растворения будет большей там, где зазор между сопрягающимися поверхностями меньше, и в результате к концу обработки поверхность заготовки в точности повторяет конфигурацию рабочей полости охватывающих ее профилированных электродов 1.

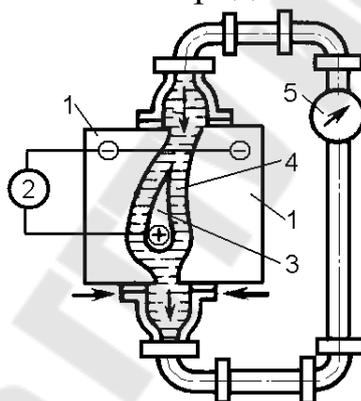


Рисунок 24 - Функциональная схема анодно-гидравлической обработки

В качестве электролитов используются водные растворы неорганических солей (NaCl , NaNO_3 и др.), реже кислот или щелочей, а обработка обычно проводится при напряжении электропитания 6 – 30 В с производительностью 4,2 – 8,3 см³ удаляемого металла в минуту. При этом электролит обеспечивает протекание электрохимического процесса, вынос продуктов электродных реакций, а также отвод теплоты, выделяющейся в процессе прохождения через него электрического тока. Точность выполнения размеров при такой обработке соответствует качествам *IT8 – IT10*, при параметре шероховатости поверхности по 5 – 7 классам.

Электрохимическое полирование основано на том, что под действием электрического тока, протекающего в электролите между плоской поверхностью электрода-инструмента (катода) и сопрягающейся поверхностью заготовки (анода), на поверхности последней происходит более интенсивное растворение выступов шероховатости по отношению к впадинам и в результате этого обрабатываемая поверхность выравнивается с достижением параметра шероховатости по 9 – 10 классам.

35. Сущность, схемы и характеристика электрохимического профильного фрезерования и обработки непрофилированным инструментом, а также электрохимической маркировки

Электрохимическое профильное фрезерование осуществляется вращающимся электродом– инструментом 1 (рисунок 25а), на цилиндрической поверхности которого выполнен негативный профиль обрабатываемой поверхности на заготовке 2. Для этого инструмент 1 подключается к отрицательному полюсу источника питания 3, а обрабатываемая заготовка 2 – к положительному, а в зазор между их сопрягающимися поверхностями через сопло 4 насосом подается электролит, в котором материал поверхностного слоя заготовки растворяется. При этом интенсивность растворения будет большей там, где зазор между сопрягающимися поверхностями меньше, и в результате обработанная поверхность в точности повторяет профиль рабочей поверхности электрода – инструмента 1. Процесс обработки может осуществляться как на постоянном, так и переменном токе. Точность выполнения размеров при такой обработке соответствует квалитетам *IT8 – IT10*, при параметре шероховатости поверхности по 5 – 7 классам.

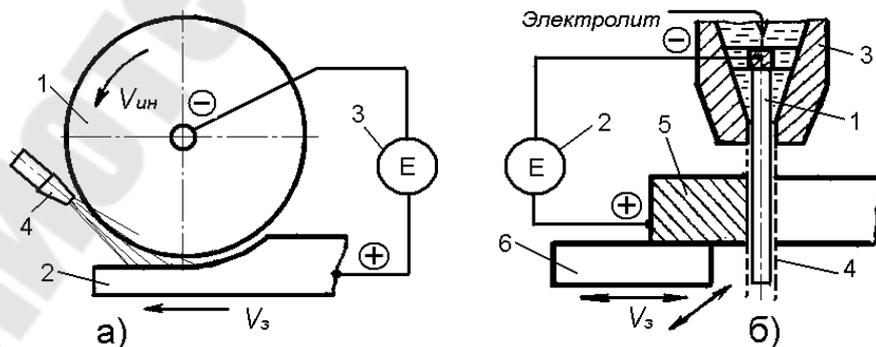


Рисунок 25 - Функциональные схемы электрохимической обработки

Электрохимическая обработка непрофилированным электродом-инструментом применяется в свою очередь при выполнении в заготовках фасонных отверстий, пазов (в том числе и глухих), а также для чистовой резки различных труднообрабатываемых материалов. При этом стержневой электрод 1 (рисунок 25б), подключенный к отрицательному полюсу источника питания 2, устанавливается в воронке 3 так, чтобы его поверхность постоянно смачивалась вытекающим через ее кольцевой зазор электролитом 4. Обрабатываемая же заготовка 5 закрепляется на координатном столе 6 станка, обеспечивающем ее перемещение по требуемой траектории в процессе резки по сопрягающейся с электродом поверхности в результате локального растворения материала в проточном электролите.

Процесс электрохимической маркировки детали (анода) осуществляется в свою очередь путём наложения на ее поверхность клеше (катода) с выступающим профилем, предварительно смоченного в электролите. При этом происходит электролитическое растворение сопрягающейся поверхности детали под выступающим профилем клеше и воспроизведение его изображения на поверхности в виде адекватных углублений величиной до 20 мкм с параметром шероховатости по 7 – 10 классам. Продолжительность маркировки составляет 0,5 – 1,5 секунды при подаваемом на электроды напряжении в 5 – 10 В.

Электроэрозионно-химическая обработка представляет собой комбинированный процесс, в котором анодное электрохимическое растворение материала заготовки сочетается с электроэрозионным воздействием на обрабатываемую поверхность.

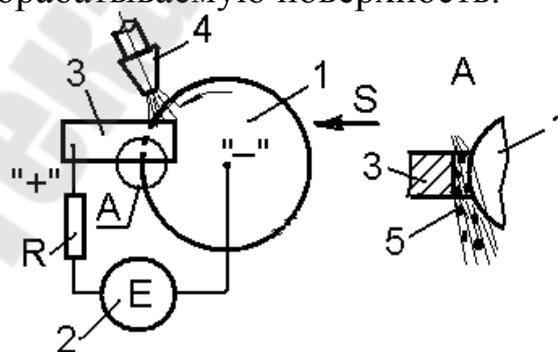


Рисунок 26 - Функциональные схемы электроэрозионно-химической обработки

При такой обработке вращающийся инструмент 1 (рисунок 26), выполненный в форме диска и подключенный к отрицательному полюсу источника питания 2, подаётся к обрабатываемой поверхности

заготовки 3, подключенной к положительному полюсу. Одновременно в зону обработки из сопла 4 поступает электролит, в котором под действием электрического тока происходит растворение обрабатываемого металла. При этом на его поверхности образуется тонкая плёнка 5, обладающая малой механической прочностью и высоким сопротивлением. Эта плёнка легко удаляется от контакта с вращающимся инструментом, при этом в момент её удаления между сопрягающимися поверхностями возникают искровые разряды, обеспечивающие электроэрозионное удаление материала. Затем образуется новая пленка, и эти процессы чередуются с высокой частотой. Обработка осуществляется при плотности тока $100 - 800 \text{ А/см}^2$ и среднем рабочем напряжении $17 - 30 \text{ В}$ с производительностью $3 - 7 \text{ см}^3$ удаляемого металла в минуту. Этим методом обычно разрезают заготовки из высоколегированных и труднообрабатываемых сплавов, а также используют его для шлифования труднообрабатываемых поверхностей. Скорость резания диском достигает 35 см/мин , при ширине реза $1,5 - 3,0 \text{ мм}$. Точность выполнения размеров соответствует квалитетам $IT7 - IT10$, при параметре шероховатости поверхности по 5 – 8 классам. Обрабатывающий инструмент обычно изготавливают из низкоуглеродистой стали, а в качестве электролита, применяется водный раствор жидкого стекла.

36. Назначение, виды и методы выполнения лакокрасочных покрытий. Правила записи лакокрасочных покрытий в технической документации

Покрытия наносят на изделия из различных материалов для защиты их от коррозии, придания декоративного вида, а также создания специальных поверхностных свойств (электропроводности, теплопроводности, электроизоляционных, магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей и светопоглощающей способности, износостойкости и др.).

При выборе покрытий необходимо учитывать их назначение, условия эксплуатации, материал детали, свойства и характеристику покрытий, способ нанесения, допустимость и недопустимость контактов сопрягаемых материалов.

Лакокрасочные поверхностные покрытия являются простым, универсальным и широко распространенным средством защиты изделий от разрушающих воздействий окружающей среды, а также для

придания их поверхностям электроизоляционных свойств и декорирования. Они наносятся на разнообразные изделия, выполненные из металла, древесины, пластмассы, стекла, керамики, картона, бумаги, тканей, различных композиционных и других материалов. Декоративные лакокрасочные покрытия выполняются как однотонными, так и имеющими рельефный или разноцветный рисунок. По характеру рисунка их подразделяют на «молотковые», «шагрень», трескающиеся, кристаллизующиеся («мороз»), морщинистые («муар») и многоцветные. «Молотковые» покрытия имеют как бы чеканную поверхность со следами удара молотком. Рисунок «шагрень» напоминает по внешнему виду фактуру шагреновой кожи. Трескающийся рисунок по внешнему виду напоминает крокодиловую кожу. Внешний вид кристаллизующегося покрытия («мороз»), напоминает узоры, образуемые кристаллами льда на стекле. Многоцветные покрытия представляют собой однослойные покрытия, по которым «разбросаны» разноцветные пятна различной формы. Морщинистый рисунок («муар») применяется редко, так как его получение связано с определенными технологическими трудностями. Для выполнения таких покрытий промышленностью выпускается широкая гамма разнообразных лакокрасочных материалов.

Лакокрасочные материалы – многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверхность изделий высыхать с образованием тонкой пленки, удерживаемой силами адгезии. По назначению они подразделяются на грунтовки, шпатлевки, краски, эмали и лаки.

Грунтовки – лакокрасочные композиции, наносимые непосредственно на декорируемую поверхность и обладающие высокой адгезией, как к ней, так и к наносимому последующему слою краски (эмали).

Шпатлевки служат для выравнивания неровностей на покрываемых поверхностях и обладают хорошей адгезией к грунту и последующему слою краски (эмали).

Пленкообразующими компонентами в лакокрасочных материалах служат растительные масла, естественные и синтетические смолы, а также эфиры целлюлозы, которые для возможности нанесения пленки в жидкой фазе растворяют в растворителях. Такие растворы называют *лаками* (лак-основа и покрывные лаки).

Лаки представляют собой прозрачные бесцветные или окрашенные затвердевающие жидкости. При введении в лак-основу пиг-

мента, то есть вещества, придающего ему непрозрачность и окрашенность в заданный цвет, образуется *эмалевая краска – эмаль*, которая дополнительно характеризуется видом пленкообразующего, например, перхлорвиниловая эмаль, нитроэмаль.

Растительные масла, загущенные пигментами, называют *масляными красками* или просто *красками*, которые при большом содержании пигментов именуется *густотертными красками*.

Пигменты – тонкодисперсионные порошкообразные вещества, вводимые в состав лакокрасочной композиции для придания ей определенного цвета и укрывистости (непрозрачности), а также повышения световой, атмосферной, коррозионной, эрозионной, термической стойкости и механической прочности образующейся пленки. Пигменты, в отличие от красителей, нерастворимы в воде, маслах, смолах и растворителях и при введении в лакокрасочные композиции образуют с ними суспензии.

В лакокрасочные композиции вводят также легирующие добавки (или присадки), которые подразделяются на: пластификаторы (смягчители) – для повышения пластичности пленки; сиккативы – для ускорения высыхания; разбавители – для придания краскам малярной консистенции; наполнители (улучшители) – для удешевления и придания покрытию твердости, химической стойкости, светостойкости, теплостойкости и т. д.

По составу пленкообразователя лакокрасочные материалы подразделяются на следующие основные группы: ацетобутиратцеллюлозные (АБ), полиамидные (АД), полиакриловые (АК), алкидно-акриловые (АС), алкидно-уретановые (АУ), ацетилцеллюлозные (АЦ), битумные (БТ), поливинилацетатные (ВА), поливинилацетальные (ВЛ), винил- и дивинилацетиленовые (ВН), сополимервинилацетатные (ВС), глифталевые (ГФ), полиамидные (ИД), кремнийорганические (КО), копаловые (КП), сополимерокарбонольные (КС), ксифталевые (КТ), канифольные (КФ), масляные (МА), меламинные (МЛ), масляно- и алкидно-стирольные (МС), мочевиные (МЧ), нитроцеллюлозные (НЦ), полиэфирные насыщенные (ПЭ), полиуретановые (УР), фенолоалкидные (ФА), фторопластовые (ФП), фуриловые (ФР), перхлорвиниловые-поливинилхлоридные (ХВ), хлорированные полиэтиленовые (ХП), сополимеровинилхлоридные (ХС), циклогексановые (ЦГ), политуры шеллачные (ШЛ), эпоксидные (ЭП), этрифталевые (ЭТ), эпоксидоэфирные (ЭФ), этилцеллюлозные (ЭЦ), янтарные (ЯН) и т. д.

По назначению они разделены на группы со следующими условными обозначениями: 1 – атмосферостойкие; 2 – ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений); 3 – консервационные; 4 – водостойкие; 5 – специальные; 6 – маслобензостойкие; 7 – химически стойкие; 8 – термостойкие; 9 – электроизоляционные.

В обозначение марки лакокрасочного материала входят буквенное обозначение группы и несколько цифр, первая из которых указывает назначение материала, а остальные составляют порядковый номер его регистрации. Например, обозначение эмали марки ХВ-16 означает: ХВ – перхлорвиниловая эмаль; 1 – атмосферостойкая; 6 – её регистрационный номер.

В чертежах и других технических документах лакокрасочные покрытия записываются по следующему примеру:

Покрытие: Грунтовка ФЛ-03К ГОСТ9109-81; Эмаль ПФ-218, светло-оранжевая ГОСТ 21227-75. II. УХЛ4;

где II – требования к внешнему виду покрытия (от I до VII со снижением качества);

УХЛ4 – условия эксплуатации по ГОСТ 9.104-79.

Процесс нанесения лакокрасочных покрытий (ЛКП) включает следующие основные этапы: подготовку поверхности, её окраску, сушку и отделку окрашенного слоя.

Подготовка поверхности предусматривает её очистку, грунтовку и шпатлевку со шлифованием. Очистку поверхностей производят химическим воздействием или механическими средствами (пескоструйной обработкой, зачисткой шлифовальными шкурками и проволочными щетками). Затем на очищенную поверхность наносят грунтовку. По условиям работы грунтовки должны иметь высокую адгезию к покрываемому материалу, заполнять все его неровности и поры, обладать защитными (антикоррозионными) свойствами и хорошей адгезией к последующему слою краски (эмали). Поэтому каждому виду покрываемого металла или другого материала соответствуют грунтовки определенного состава. Загрунтованную поверхность, при необходимости, подвергают шпатлевке. Шпатлевки состоят из минеральной части – пигмента и наполнителей (до 85 – 90 %), затертых на специальных шпатлевочных лаках (или других пленкообразующих) с добавлением пластификаторов, отвердителей, поверхностно-активных и других легирующих веществ до образования однородной тонкодисперсионной пластичной (пастообразной) массы. Шпатлевками выравниваются неровности на поверхностях изделий перед окра-

шиванием, а также на уже окрашенных участках, при устранении обнаруженных дефектов. Шпатлевки обладают хорошей адгезией, обеспечивающей прочное сцепление с грунтованной и негрунтованной (грунтшпатлевки, подмазки) поверхностями и достаточной пластичностью, способствующей отверждению шпатлевочного слоя оптимальной толщины (0,1 – 0,4 мм) без образования трещин и отслоений. Некоторые шпатлевки обладают особыми свойствами – термостойкостью, химической стойкостью, малой теплопроводностью и другими. Затем затвердевшая шпатлевка шлифуется пемзой или специальными шкурками с водой для получения качественной поверхности под последующую окраску.

Окраску поверхностей производят в один или несколько слоев следующими способами: ручной окраской кистью, накаткой валками, окунанием, наливом, а также воздушным распылением и распылением в электростатическом поле. В частности, крашение распылением в электростатическом поле характеризуется тем, что аэрозольным частицам краски придается в процессе распыления отрицательный заряд, вследствие чего они более целенаправленно переносятся воздушным потоком и осаждаются на положительно заряженном окрашиваемом изделии. Этот способ окраски характеризуется более высокой производительностью, минимальными потерями краски и относительно высоким уровнем механизации процесса на стационарных окрасочных линиях. Особенно он эффективен при окраске изделий сложной формы, а также решетчатых конструкций.

Отверждение нанесенных лакокрасочных покрытий осуществляется в результате испарения из них растворителей (углеводородных, спиртовых, кетонных, из сложных и простых эфиров), либо в результате реакции окисления (масляные краски и лаки), либо за счет реакции полимеризации или конденсации, либо за счет испарения растворителей с одновременными химическими превращениями. Из этого следует, что термин «сушка», которым называют процесс отверждения покрытия, не вполне отражает физико-химическую сущность протекающих при этом процессов. Различают сушку естественную, протекающую при температуре воздуха 18 – 23°С, и горячую, продолжительность которой по сравнению с естественной уменьшается в 5 – 6 и более раз, а также высокоэффективную УФ-сушку. Естественная сушка может продолжаться от 30 – 40 мин (нитроэмали) до 48 и более часов (масляные и спиртовые лакокрасочные материалы).

Существуют следующие виды горячей сушки: конвективная, терморadiационная (лучевая) и с предварительным аккумулярованием тепла.

При конвективной сушке нагрев изделий в сушильной камере осуществляется потоками воздуха с температурой 40 – 80°C. При этом процесс высыхания начинается на наружной поверхности покрытия, и образовавшаяся пленка препятствует свободному удалению паров растворителя с его нижних слоев. Это увеличивает время сушки и может привести к ухудшению качества покрытия (образованию в нем пузырьков и кратеров).

Терморadiационная сушка основана на способности лакокрасочного материала пропускать основной поток инфракрасных лучей, нагревающих в результате покрываемую поверхность. В этом случае пленкообразование начинается на внутренней поверхности покрытия, а направление потока тепла (от изделия к поверхности покрытия) совпадает с направлением движения испаряющихся летучих частиц. Этим улучшается качество покрытия и сокращается продолжительность сушки. Обычно в таких сушильных камерах в качестве источников тепла применяются трубчатые электронагреватели (ТЭНы), реже – электролампы и обогревающие панели.

Сушка с предварительным аккумулярованием тепла заключается в том, что декорируемое изделие предварительно нагревают, а затем на его горячую поверхность наносится лакокрасочное покрытие. При этом пленкообразование начинается на внутренней поверхности покрытия и этим улучшается его качество, а также сокращается продолжительность сушки. Кроме этого предварительный нагрев изделия способствует частичному удалению воздуха из его поверхностных пор, что также способствует повышению качества покрытия.

Наряду с рассмотренными применяется также и высокоэффективное фотохимическое отверждение полиэфирных покрытий ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 320 – 400 нм (УФ-сушка). При такой сушке молекулы покрытия, поглощая энергию УФ-лучей, переходят скачкообразно в электронно-возбужденное состояние и более активно вступают в реакцию. В результате этого продолжительность отверждения соответствующих покрытий сокращается до нескольких десятков секунд. Чтобы повысить чувствительность к УФ-облучению, например, в полиэфирный лак вводят сенсibilизатор, который непосредственно в реакции сополимеризации не участвует, а служит только для переноса поглощенной им энергии на молекулы

реагирующих компонентов, так как он интенсивнее, чем ненасыщенные смолы, поглощает ультрафиолетовое излучение. Поверхности, декорированные беспарафиновыми полиэфирными лаками и эмалями, при отверждении облучают ультрафиолетовыми лампами высокого давления (ДРТ-12000) мощностью 1 – 12 КВт и после сушки таким покрытиям, как правило, не требуется отделочная обработка.

Отделка и облагораживание окрашенных поверхностей предусматривает их выравнивание и полирование, печатание рисунков и изображений, например, эмитирующих текстуру, а также лакирование. Выравнивание поверхности лакокрасочного покрытия производится последовательным её шлифованием шлифшкурками: вначале с зернистостью №4 – 5, а затем №3 – 4. Толщина удаляемого при этом слоя составляет 50 – 100 мкм, а глубина рисок после шлифования не должна превышать 2 мкм. Выполняется этот процесс на разнообразных ленточношлифовальных станках, выбор которых определяется размерами и формой изделия. Полирование покрытий производится в основном полировочными пастами, содержащими абразивный материал различной зернистости. При этом мажеобразную полировальную пасту наносят обычно на полируемую поверхность, а твердую – на полирующий инструмент. Например, широко применяемая мажеобразная полировочная паста №221 содержит оксид алюминия, аэросил, масла и уайт-спирит; размер входящего абразива – не более 35 мкм. Выполняется полирование на однобарабанных или многобарабанных полировальных станках. При этом наряду с механическим срезанием микровыступов происходит и нагрев поверхности за счет трения до температуры 60 – 70°С. В результате поверхность лакокрасочного покрытия становится пластичной и процесс механического удаления микронеровностей дополняется выглаживанием размягченной поверхности. После полирования остатки паст и масел удаляют составами, которые содержат мягкие минеральные или синтетические порошкообразные материалы, хорошо адсорбирующие масла, или органические растворители. Для обработки поверхностей с нитроцеллюлозными покрытиями используют безабразивные полировочные составы и разравнивающие жидкости. Их действие основано на растворении выступающих микронеровностей и заполнении впадин. Обработка такими составами придает покрытиям блеск на уровне 3 – 4-й строк по рефлектоскопу Р-4. Из разравнивающих жидкостей используют РМЕ (смесь органических растворителей с добавкой вазелина и поверхностно-активных веществ) и НЦ-313 (раствор коллоксилина и

циклогексанон-формальдегидной смолы в органических растворителях с добавлением пластификаторов).

Нанесение на лакокрасочные покрытия декоративных рисунков и графических изображений с последующим их защитным лакированием осуществляется полиграфической печатью и другими методами.

37. Назначение и виды металлических и неметаллических неорганических покрытий и способы их выполнения. Обозначение этих покрытий в технической (конструкторской) документации

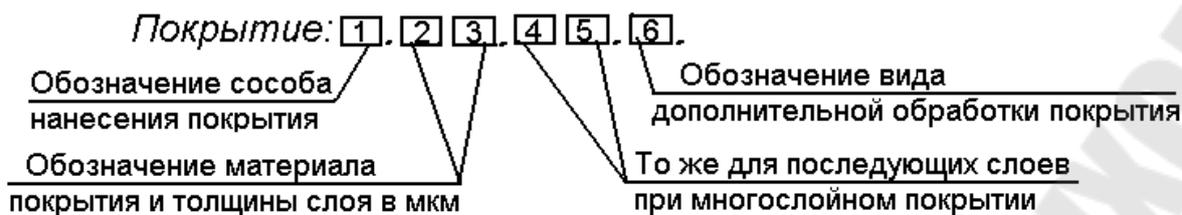
Металлические покрытия применяют как защитные, декоративные, износостойкие и технологические. Наиболее распространенными из них являются следующие:

- цинковое (Ц) – защита от коррозии стали, чугуна, меди и её сплавов;
- кадмиевое (Кд) – защита от коррозии, в том числе и морской воде, стали, чугуна, меди и ее сплавов;
- никелевое (Н) – защита от коррозии, декоративная отделка, получение светопоглощающей и светоотражающей поверхности;
- хромовое (Х) – защита от коррозии, декоративная отделка, повышение твердости, получение светопоглощающей и светоотражающей поверхности;
- медное (М) – обеспечение способности к пайке, повышение электропроводности, экранирование от электромагнитных излучений;
- оловянное (О) – обеспечение способности к пайке, защита от коррозии;
- серебряное (Ср) – повышение электропроводности, получение светоотражающей поверхности и декоративная отделка;
- золотое (Зл) – повышение электропроводности, защита от коррозии и декоративная отделка дорогостоящих изделий.

Металлические покрытия могут быть анодными и катодными.

Первые обеспечивают лучшую защиту, срок которой определяется лишь скоростью разрушения металла покрытия и не зависит от его пористости (например, цинк и кадмий). Катодные покрытия защищают основной металл только при отсутствии пор в покрытии (например, никель).

Структура записи металлических покрытий в конструкторской и другой технической документации следующая:



1 – обозначение способа нанесения покрытия. Применяются следующие способы нанесения металлических покрытий: катодное восстановление (не обозначается); анодное окисление (Ан.); химический (Хим.); горячий (Гор.); диффузионный (Диф.); металлизационный (Мет.); конденсационный (Кон.); контактный (Кт.); вжигание (Вж.) и катодное распыление (Кр.);

2 и 3 – обозначение материала покрытия и толщины первого слоя в микрометрах. Металлические покрытия могут быть однослойными и многослойными, а также выполняться из сплавов металлов. Толщина металлических покрытий может составлять от десятых долей до нескольких десятков микронов и выбирается из соответствующего параметрического ряда;

4 и 5 – то же для последующих слоев при многослойном покрытии;

6 – обозначение вида дополнительной обработки покрытий: фосфатирование (фос.); хромирование (хр.); оксидирование (окс.); оплавление (опл.); пропитка (прп.); гидрофобизирование (гфз); пропитка маслом (прм.); наполнение в воде (нв.); нанесение лакокрасочного покрытия (лкп.).

Примеры обозначения покрытий:

Покрытие: Ц12.хр.;

Покрытие: МЗН12 тв;

Покрытие: Хим. Окс. прм.

Металлизацией изделий, в том числе и пластмассовых, называют процесс нанесения на их поверхность металлических покрытий, в результате чего изделия приобретают особые декоративные свойства и улучшаются их эксплуатационные характеристики. Такие покрытия обычно выполняются из алюминия, меди, никеля и хрома. Металлические покрытия на пластмассы можно наносить несколькими способами, однако наиболее экономичными и распространенными из них являются химико-гальваническая и вакуумная металлизация.

Сущность процесса *химико-гальванической металлизации* заключается в том, что на покрываемых поверхностях 1 пластмассовых изделий (рисунок 27а) химическим осаждением металла из раствора

его солей создается электропроводящий подслоу 2, на который затем электрохимическим способом наносится основной слой 3 металлического покрытия. Этим способом, например, на пластмассовую тару для косметической и парфюмерной продукции, а также пластмассовые корпуса часов, авторучек и других изделий можно наносить блестящие элементы декоративной отделки, имитирующие серебро, золото и другие металлы.

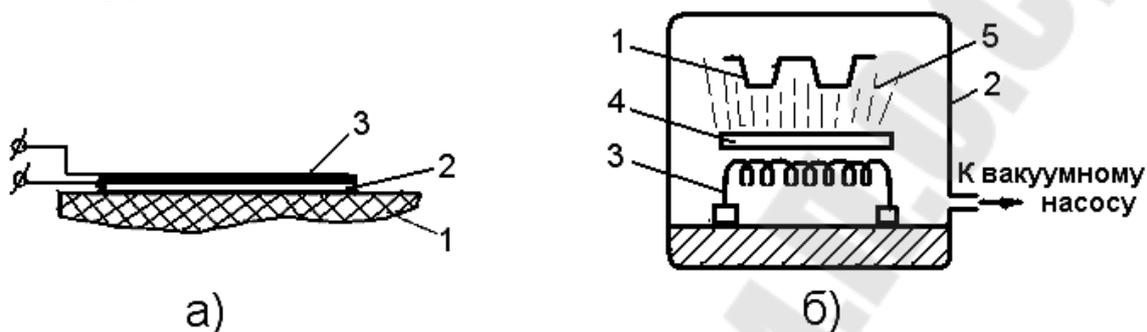


Рисунок 27 Схемы процессов металлизации

При металлизации напылением в вакууме изделие 1 (рисунок 27б) помещается в герметичную камеру 2, которая затем закрывается и в ней создается вакуум путем откачивания воздуха вакуумным насосом. Далее раскаленной спиралью 3 или электрическим дуговым разрядом в камере испаряется наносимый металл навески 4, и его пары 5 осаждаются на покрываемой поверхности изделия 1, образуя металлическое покрытие толщиной до 1 мкм. Этим способом металлические покрытия наносятся как на отдельные изделия, так и на упаковочные материалы. В частности, этим способом наносят алюминиевое покрытие толщиной 0,03 – 0,05 мкм на бумагу или полимерные пленки в процессе их перемотки в камере с одного рулона в другой. Причем такая металлизация может производиться путем прямого напыления на их поверхность алюминиевого покрытия в вакууме, либо трансфертным способом – когда металлизированный слой вначале напыляется в вакууме на полимерную пленку, а затем с нее полимерной композицией переклеивается, например, на бумажную основу. В результате этого поверхность металлизированного слоя получается глянцево-блестящей. Такие оберточные металлизированные материалы сочетают в себе высокие барьерные и технологические свойства с оптимальной стоимостью. В выполненные из них красочные обертки упаковывают карамель, чай, кондитерские изделия, сливочное масло, пищевые жиры и концентраты, сырково-творожные продукты, фармацевтические, табачные и многие другие товары.

Неметаллические неорганические покрытия получают, например, оксидированием или фосфатированием. Этими способами на поверхности металла создаются неорганические защитные пленки путем химической или электрохимической обработки изделий в специальных растворах, а также термическим способом.

К химическим способам относятся щелочное и кислотное оксидирование. В первом случае обработку стальных деталей производят в горячем концентрированном растворе щелочи, содержащем окислители; во втором – рабочий раствор содержит ортофосфорную кислоту и окислители.

Электрохимическое оксидирование деталей из черных и цветных металлов и сплавов производят в растворе едкой щелочи. На деталях из алюминия и алюминиевых сплавов анодно-оксидные покрытия получают в сернокислотном, хромовокислотном или щавелевокислотном электролитах. Причем, в хромовокислотном электролите покрытия получают более эластичные и с меньшей шероховатостью поверхности, чем в сернокислотном электролите. Анодно-оксидные покрытия с толщиной 24 – 100 мкм являются износостойкими, а также обладают тепло- и электроизоляционными свойствами. Для придания деталям декоративного вида анодно-оксидные покрытия наполняются в растворах различных красителей. Эти покрытия являются также хорошей основой для нанесения лакокрасочных покрытий, клеев и герметиков.

При фосфатировании на поверхности металла химическим путем создается пленка нерастворимых фосфорнокислых солей марганца и железа или железа и цинка. Толщина фосфатной защитной пленки может быть от 2 до 15 мкм и более. Фосфатные покрытия обладают сравнительно низкими защитными свойствами в связи с пористым строением. Для повышения коррозионной стойкости фосфатированные детали необходимо подвергать окраске, промасливанию, гидрофобизированию или другой обработке в зависимости от условий эксплуатации.

Термический способ заключается в нагреве стальных деталей на воздухе в среде водяного пара или расплавленной селитре, при этом на поверхности образуется защитная пленка толщиной около 1 мкм.

38. Назначение и виды пластмассовых и резиновых покрытий

Пластмассовые и резиновые покрытия позволяют применять углеродистые стали вместо легированных и цветных металлов в

химическом машиностроении, в машинах для производства пищевых продуктов, а также в многих других областях. Применяются они в качестве декоративных, антикоррозионных и антифрикционных покрытий. Для их нанесения используются термопластичные и термореактивные пластмассы (полиэтилен, полипропилен, фторопласт, полиуретан и др.), которые наносятся на поверхность металлов в виде мелкодисперсного порошка, переходящего при нагреве в вязкотекучее состояние. Толщина таких покрытий обычно составляет 0,15 – 0,35 мм. Изделия перед напылением обычно нагреваются до температуры 180 – 300°С. Иногда в качестве грунта под покрытие, повышающего адгезию, используются клеи (88-Н, ХГС и другие).

39. Характеристика основных методов обеспечения точности сопряжения деталей при сборке

Сборка – процесс, содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей изделия (ГОСТ23887-79). Требуемая точность сопряжения деталей при сборке может быть обеспечена методами полной взаимозаменяемости, неполной (частичной) взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, а также регулировки и индивидуальной пригонки.

Метод полной взаимозаменяемости заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев (деталей) без выбора, подбора или изменения их величин. При этом методе размерные цепи рассчитываются на максимум-минимум, то есть он основывается на расчете крайних предельных отклонений размеров цепи при неблагоприятном их сочетании. Метод прост и обеспечивает стопроцентную взаимозаменяемость деталей, однако имеет существенный недостаток – уменьшенные допуски на составляющие звенья, что приводит к увеличению трудоёмкости и себестоимости их изготовления. Этим методом обеспечивается организация поточной сборки изделий в серийном и массовом производствах, а также упрощается ремонт машин в процессе эксплуатации и снабжение их запасными частями.

При *методе неполной (частичной) взаимозаменяемости* допуски на размеры сопрягаемых деталей (составляющих звеньев) берутся несколько большими, чем при полной взаимозаменяемости. Требуемая точность замыкающего звена достигается при этом не у всех со-

бираемых объектов. В основе этого метода лежит известное положение теории вероятности, по которому крайние величины отклонений звеньев размерной цепи встречаются гораздо реже, чем средние. Поэтому процент изделий, у которых величина замыкающего звена будет выходить за пределы требуемого допуска, окажется незначительным. А дополнительные затраты, связанные с исправлением небольшого количества несобирающихся изделий, будут при этом малы в сравнении с экономией труда и средств, полученной от изготовления входящих деталей по менее жестким допускам. Этот метод широко применяется в серийном и массовом производствах.

Метод групповой взаимозаменяемости заключается в том, что если назначенные на собираемые детали конструкторские допуски оказываются труднодостижимыми, то эти детали изготавливают экономическими методами обработки по производственным или технологическим допускам, превышающим в несколько раз конструкторские. Требуемая точность сборки обеспечивается при этом непосредственным подбором сопрягаемых деталей, предварительной сортировкой их на группы или сочетанием сортировки деталей на группы с непосредственным подбором.

Непосредственный подбор собираемых деталей (селективная сборка) заключается в том, что под фактический размер одной детали из числа изготовленных подбирается такая вторая сопрягаемая деталь, которая в соединении с нею обеспечивала бы заданный допуск замыкающего звена.

Сортируют же детали на группы по их действительным размерам таким образом, чтобы в каждой группе сборка обеспечивалась с заданной точностью замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости. Выполняется это следующим образом:

- определяют по чертежу соединения, допуск требуемой посадки путем суммирования конструктивных допусков δ_A и δ_B на размеры сопрягаемых элементов деталей, например отверстия δ_A втулки и сопрягаемого с ним наружного диаметра δ_B вала.

- устанавливают приемлемые для производства расширенные допуски на изготовление сопрягаемых деталей, т. е. технологические допуски δ_{AT} и δ_{BT} , которые по величине должны быть кратными конструкторским допускам.

- затем определяют число групп сортировки деталей по следующей формуле:

$$n = \frac{\delta_{AT} + \delta_{BT}}{\delta_A + \delta_B}.$$

Далее определяют предельные отклонения размеров для каждой группы деталей следующим образом: для первой группы деталей предельные отклонения размеров принимаются равными конструкторским значениям, а для каждой последующей группы к значениям предельных отклонений предыдущей группы прибавляется соответствующее значение конструкторского допуска.

При сочетании сортировки деталей на группы с подбором в пределах каждой группы рассортированных деталей производится еще и непосредственный подбор сопрягаемых деталей для достижения оптимального значения посадки.

Метод групповой взаимозаменяемости применяется при сборке прецизионных подшипников и других высокоточных изделий. При этом дополнительные затраты, связанные с сортировкой деталей на размерные группы и их подбором при сборке окупаются за счет экономии, получаемой от изготовления этих деталей экономическими методами обработки по расширенным технологическим допускам.

Метод регулировки заключается в том, что на размеры сопрягаемых деталей, входящих в узел или комплект, устанавливают технологические допуски, а требуемую посадку обеспечивают при этом введением в размерную цепь дополнительного компенсирующего звена. В качестве же компенсаторов применяют резьбовую пару, наборы прокладок, клинья и другие конструктивные элементы. Достоинства этого метода, широко применяемого в машиностроении, заключаются в возможности производить обработку деталей по расширенным допускам, простоте сборки, обеспечении высокой точности соединений и в возможности их регулировки (поднастройки) в процессе эксплуатации. К недостаткам следует отнести увеличение числа деталей в изделии, что несколько усложняет его конструкцию, технологию сборки и трудоемкость изготовления.

Метод индивидуальной пригонки заключается в том, что в сборочную размерную цепь включается дополнительное, так называемое, компенсирующее звено, при этом на все составляющие звенья размерной цепи назначаются легкодостижимые допуски. Требуемая же точность соединения достигается при сборке за счет дополнительной обработки (пригонки) этого компенсирующего звена путем снятия с него слоя материала шлифованием, притиркой, шабрением, опиливанием, зачисткой, обработкой отверстий по месту и другими способами.

ми. В качестве компенсатора обычно используется одна из деталей сборочного соединения или дополнительная деталь в виде прокладки, проставочного кольца или другого конструктивного элемента. Достоинства этого метода заключаются в получении высокой точности сборки при расширенных допусках на составляющие звенья цепи, что снижает трудоемкость механической обработки входящих деталей, при этом трудоемкость сборки существенно повышается, а детали собранного узла можно использовать только комплектно. Сборка этим методом целесообразна в единичном и мелкосерийном производствах.

40. Виды неподвижных и подвижных разъемных сборочных соединений: их характеристика, назначение и методы выполнения

Сборочные соединения деталей подразделяются на подвижные и неподвижные, а неподвижные соединения выполняются в свою очередь разъёмными и неразъёмными.

В *подвижных соединениях* сопрягающиеся детали образуют кинематические пары, что обеспечивается соединением их по переходным посадкам и посадкам с зазором, обеспечивающим требуемую подвижность сочленений.

Неподвижными разъёмными называются такие соединения, которые могут быть разобраны и повторно собраны без повреждения сопрягающихся элементов или крепежных деталей. В ряде случаев эти соединения выполняются в сочетании с переходными посадками и с посадкой на конус. К ним относятся резьбовые, шпоночные, шлицевые и штифтовые соединения.

В частности, *резьбовые соединения* выполняются посредством шпилек, болтов, винтов и гаек, часто с использованием различных шайб (плоских, пружинных, стопорных). В массовом производстве трудоемкость сборки резьбовых соединений составляет от 25 до 40 % общей трудоемкости сборочных работ, поэтому механизации и автоматизации этих процессов должно уделяться повышенное внимание. При выполнении многоболтовых соединений затяжку гаек и болтов на собираемых деталях необходимо производить в определенной последовательности. Например, в соединениях с прямоугольным расположением крепежных деталей затяжку гаек или болтов следует начинать с тех, которые расположены в средней части. При расположении

же крепежных деталей по окружности или овалу – их затягивают «накрест» (вначале расположенные на одной оси симметрии, затем расположенные на перпендикулярной к ней оси симметрии, а затем в том же порядке затягивают остальные – расположенные на промежуточных осях симметрии). Затяжка при этом должна производиться постепенно в 2 – 3 приема до достижения заданной прочности соединения. Требуемое усилие затяжки при необходимости обеспечивается применением тарированных и динамометрических ключей. В конструкторской и другой технической документации стандартные резьбовые крепежные детали записывают по следующим примерам:

Болт $M12 \times 1,25-6g \times 60.58.019$ ГОСТ 15163-69

где $M12$ – диаметр резьбы; 1,25 – шаг резьбы; 6g – класс точности резьбы (поле допуска); 60 – длина болта; 58 – класс прочности материала; 01 – вид покрытия (цинковое) и 9 – его толщина в мкм.

Гайка $2M12 \times 1,25-6H.12.40X.019$ ГОСТ 15522-70

где 2 – исполнение по стандарту; $M12$ – диаметр резьбы; 1,25 – шаг резьбы; 6H – класс точности резьбы (поле допуска); 12 – класс прочности материала; 40X – марка материала; 01 – вид покрытия (цинковое) и 9 – его толщина в мкм.

Шпоночные соединения – неподвижные соединения вала и надетой на него детали (зубчатого колеса, шкива, муфты и т. п.) с помощью шпонки, обеспечивающей передачу крутящего момента. В таких соединениях применяются, как правило, разнообразные стандартные шпонки, которые подразделяются на призматические (ГОСТ 23360-78), призматические высокие (ГОСТ 10748-79), призматические направляющие с креплением на валу (ГОСТ 8790-79) и призматические скользящие (ГОСТ 12208-66) шпонки, а также на сегментные (ГОСТ 8795-68) и клиновые (ГОСТ 8792-68) шпонки.

Шлицевые соединения – соединение с тугой или скользящей посадкой двух деталей, имеющих сцепляющиеся пазы и выступы, обеспечивающие передачу больших крутящих моментов. Применяются прямоблочные (ГОСТ 1139-58) шлицевые соединения, которые являются наиболее распространенными, а также эвольвентные (СТ СЭВ 268-76) и мелкозубые треугольные шлицевые соединения. При тугой посадке, которую обычно выполняют с предварительным подогревом охватываемой детали до температуры 80 – 120°C, шлицевое соединение получается неподвижное, а при скользящей – возможно взаимное осевое перемещение сопрягаемых деталей. Допуски в таких соединениях устанавливают с центрированием сопрягаемых де-

талей по внешнему диаметру, по внутреннему диаметру или по боковым сторонам зубьев.

Штифтовые соединения применяют для неподвижного соединения двух деталей, а также в качестве установочных элементов, координирующих точное взаимное расположение сопрягаемых деталей. В отличие от болтов и шпилек, работающих на растяжение, штифты от воспринимаемой нагрузки работают на срез. В таких соединениях широко применяются стандартные штифты, которые подразделяются на цилиндрические с засверленными концами (ГОСТ10774-75), цилиндрические для глухих отверстий (ГОСТ12207-66) и конические штифты (ГОСТ3129-70), а также на конические штифты с внутренней резьбой (ГОСТ9464-70), резьбовой цапфой (ГОСТ9465-70) и разводные штифты (ГОСТ19119-73).

41. Характеристика, назначение и методы выполнения неразъемных соединений с гарантированным натягом, развальцовкой и клепкой

Неподвижными неразъемными называются такие соединения, разборка которых при эксплуатации не предусматривается и сопровождается либо повреждением сопрягаемых элементов, либо разрушением крепежных деталей или скрепляющего шва. К ним относятся соединения, выполняемые с гарантированным натягом, развальцовкой, клепкой, сваркой, пайкой, склеиванием и сшиванием.

Соединения с гарантированным натягом осуществляют на прессах или путем теплового воздействия на сопрягаемые детали. На величину натяга оказывают существенное влияние шероховатость посадочных поверхностей, которые назначаются не ниже 6 – 7 класса. Качество соединений контролируется по величине силы запрессовки. Сборка с тепловым воздействием обеспечивает прочность соединения в 1,5 – 2,5 раза выше обычных прессовых посадок, т. к. в этом случае сглаживания микронеровностей на сопрягаемых поверхностях не происходит, и поэтому сопрягаемые поверхности можно обрабатывать менее тщательно. Температура нагрева охватывающей детали при тепловой сборке находится в пределах 75 – 450°С в зависимости от требуемой величины натяга. Время и интенсивность нагрева устанавливаются опытным путем.

Развальцовывание применяется при сборке герметичных неразъемных соединений. Осуществляется путем пластической раздачи

(увеличения диаметра) полый охватывающей детали в результате создаваемого на нее в месте выполняемого соединения давления вращающимся роликовым инструментом, который называется вальцовкой. Выполняется развальцовка на сверлильных, токарных и специальных станках или вручную.

Клепка применяется для прочного и герметичного соединения деталей. С развитием технологий сварочного производства, область применения заклепочных соединений постепенно сокращается. В настоящее время заклепки применяют в тех случаях, когда нагрев сопрягаемых деталей не желателен (узлы приборов, закрепление плоских пружин), а также при сборке деталей из разнородных материалов (сталь-чугун, металл-пластмасса) сварка и пайка которых затруднена, а склеивание не обеспечивает требуемой прочности. Для клепки применяют стандартные заклепки с потайной (ГОСТ10300-80), сферической (ГОСТ10299-80) и плоской (ГОСТ10303-80) головками нормальной и повышенной точности; пустотелые заклепки (трубчатые) со скругленной (ГОСТ12638-67), потайной (ГОСТ12640-67) и плоской (ГОСТ12639-67) головками; а также заклепки полупустотелые с полукруглой (ГОСТ12641-80), потайной (ГОСТ123634-80) и плоской (ГОСТ123642-80) головками. Клепку в труднодоступных местах (сборка резервуаров с узкими наполнительными отверстиями) производят взрывными заклепками или заклепками, которые можно ставить с одной стороны («слепая» клепка). Стальные заклепки диаметром более 14 мм устанавливают в горячем состоянии, нагревая их до температуры 1000 – 1100°С. Для установки заклепок диаметром до 10 мм применяют пневмомолотки, а диаметром свыше 10 мм – пневмогидравлические и гидравлические прессы. При горячей клепке на прессах создаваемое усилие в тоннах должно быть не менее $10F$, а при холодной клепке – $25F$, где F – площадь поперечного сечения стержня заклепки в см^2 .

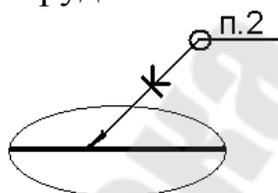
42. Характеристика, назначение, область применения и технология выполнения клеевых соединений. Обозначение клеевых соединений в конструкторской документации

Склеивание позволяет производить соединение деталей, выполненных как из однородных, так и разнородных материалов. Такие соединения снижают вес изделий, обеспечивают, при необходимости, герметичность и коррозионную стойкость соединительных швов, а

также во многих случаях снижают себестоимость сборочной операции.

Клей – это вещество, способное соединять между собой твердые тела за счет образования между их поверхностями и клеевой прослойкой прочной адгезионной связи, т. е. связи, образуемой силами как межмолекулярных, так и химических связей, включая обобществление электронов. Интенсивность таких взаимодействий, а, следовательно, и прочность клеевого соединения, существенно зависит как от химической природы клея, так и склеиваемых поверхностей. Клей должен содержать молекулы, способные взаимодействовать с молекулами веществ, соединяемых твердых тел. Поскольку на практике приходится соединять весьма разнообразные по химическому составу детали, постольку и клеи оказываются весьма многообразными.

По сравнению со сварными, паянными и заклепочными соединениями клеевые соединения дают равномерное распределение напряжений в соединяемых материалах и не вызывают их коробления. Они хорошо работают на сдвиг, равномерный отрыв и плохо на неравномерный отрыв (отдир); хорошо переносят динамические и переменные нагрузки. К недостаткам клеевых соединений можно отнести их невысокую теплостойкость, склонность к ползучести при длительном приложении больших статических нагрузок, потребность в длительной выдержке соединения под постоянным давлением в процессе полимеризации клея, а также сопутствующие этим операциям вредные условия труда.



2. Клей 88 -Н ТУ38 -105.1061-82

Рисунок 28 - Пример обозначения клеевого шва

На чертежах клеевые швы обозначаются утолщенной линией (2S), а также идущей от нее выносной линией со стрелкой и условным знаком (рисунок 28), заканчивающейся полкой над которой приводится пункт технических требований чертежа, где записана марка клея.

Применяемые в производстве клеи делятся на фенольные, бакелитовые, эпоксидные, полиамидные, карбонатные, полиуретановые, перхлорвиниловые, цианакриловые т. д. Используются также и специальные клеи, обладающие повышенной теплостойкостью, достига-

щей до 500°С и обеспечивающие прочность соединения на сдвиг в 600 – 700 кг/см².

При склеивании сопрягаемые поверхности деталей очищают, обезжиривают и в некоторых случаях обрабатывают механическим или химическим путем для получения шероховатости, обеспечивающей лучшую адгезию клея. Затем соединяемые поверхности смазывают клеем, соединяют между собой и выдерживают соединение под давлением до полной полимеризации клея. Наряду с чисто клеевыми в настоящее время применяются и комбинированные соединения, например, клеезаклепочные.

43. Соединения сваркой: виды сварных швов, характеристика способов сварки, технологические материалы и свариваемость металлов

Сварка – технологический процесс образования неразъемного соединения между деталями и элементами конструкций путем их местного сплавления или совместного деформирования, в результате чего возникают прочные связи между атомами (молекулами) соединяемых тел. Существует свыше 60 методов сварки, которые подразделяют на следующие основные группы:

- сварка плавлением – газовая, электродуговая, аргонодуговая, высокочастотная, электрошлаковая и другие;
- сварка пластическим деформированием – горновая, холодная и газопрессовая сварки, а также контактная, стыковая и точечная электросварки;
- специальные методы сварки – диффузионная сварка в вакууме, сварка трением, сварка электронным лучом, химическая, лазерная и ультразвуковая сварки.

В производстве сварных конструкций применяются следующие типы сварных соединений: стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные.

Стыковое соединение (рисунок 29а-б) – это сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями.

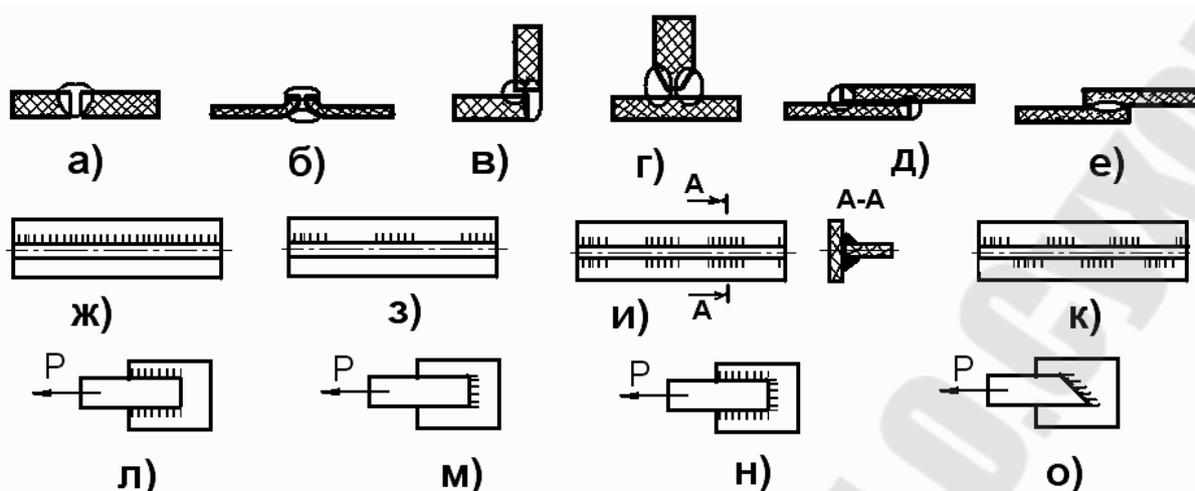


Рисунок 29 - Конструктивные исполнения сварных соединений

Угловое соединение (рисунок 29в) – это сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте прилегания их краев.

Тавровое соединение (рисунок 29г) – это сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приваривается к боковой поверхности другого элемента.

Нахлесточное соединение (рисунок 29 д-е)– это соединение, в котором свариваемые элементы расположены параллельно и перекрывают друг друга.

В зависимости от толщины свариваемых материалов швы могут выполняться с различным способом подготовки кромок – с отбортовкой кромок (рисунок 29б), без скоса кромок (рисунок 29а, в, д, е), со скосом одной или двух кромок (рисунок 29г). По способу же выполнения сварные швы делятся на односторонние (рисунок 29а, е) и двусторонние (рисунок 29 б-д). По протяженности различают непрерывные (рисунок 29 ж), прерывистые и точечные швы. Прерывистые швы в свою очередь подразделяются на односторонние (рисунок 29з) и двусторонние (рисунок 29и) цепные, а также двусторонние шахматные (рисунок 29к). Непрерывные швы обычно применяются для получения высокопрочных и герметичных сварных соединений. Прерывистые же швы создают меньшие деформации сварной конструкции, обеспечивают экономию присадочного материала, времени и стоимости сварки. По отношению к действующим усилиям P сварные швы также подразделяются на фланговые (рисунок 29л), лобовые (рисунок 29м), комбинированные (рисунок 29н) и косые (рисунок 29о). Основ-

ные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений регламентированы:

- ГОСТ 16037-80 «Сварные соединения, выполняемые ручной дуговой сваркой»;

- ГОСТ 14806-69 «Дуговая ручная сварка в защитных газах неплавящимся металлическим электродом»;

- ГОСТ 8713-79 «Автоматическая и механизированная сварка под флюсом»;

- ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитных газах» и другими.

В машиностроении широкое распространение получили следующие способы сварки:

Электродуговая сварка – способ электросварки, при котором кромки соединяемых деталей расплавляются электрическим дуговым разрядом, возникающим между свариваемым (основным) металлом и электродом. Различают электродуговую сварку плавящимся электродом, обеспечивающую заполнение сварочного шва дополнительным электродным металлом, и неплавящимся электродом (угольным, графитовым, вольфрамовым), при которой требуется дополнительный присадочный материал, подаваемый в зону дуги.

Электродуговая сварка плавящимся покрытым электродом – сварка с применением электродов с обмазкой, защищающей металл от окисления и азотирования. Осуществляется обычно вручную и является наиболее универсальной.

Электродуговая сварка в защитных газах – сварка, при которой в сварочное пространство подается газ (водород, углекислый газ, азот, аргон, гелий) с целью защиты дуги и сварочной ванны от атмосферного воздуха. Такую сварку осуществляют вручную и механизированным способом неплавящимся электродом, а также на автоматических и полуавтоматических установках плавящимся электродом.

Электродуговая автоматическая сварка под флюсом – сварка с защитой металла флюсом от окисления и азотирования. Обеспечивает повышение производительности в 3 – 6 раз в сравнении с ручной сваркой покрытым электродом. Осуществляется при помощи самоходных сварочных головок или сварочных тракторов. Сварной шов под флюсом получается проваренным по всей толщине, высокого качества.

Газовая сварка (ацетиленовая, водородная, на природных газах, пропанобутановой смеси, пиролизном, коксовом и сланцевом газах) – это сварка плавлением, при которой источником тепла является высо-

котемпературное пламя, образующееся в горелке от сгорания горючего газа в смеси с техническим кислородом. Применяю для сварки тонкостенных изделий из стали, цветных металлов и сплавов, а также для наплавки твердых сплавов при восстановлении изношенных поверхностей деталей.

Электрошлаковая сварка – разновидность электросварки, при которой расплавление основного металла и электрода происходит за счет сообщения тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через шлаковую ванну. Применяется для соединения толстостенных деталей и выполняется: электродной проволокой – для образования швов неограниченной длины при толщине металла до 500мм; пластинчатым электродом – для сварки швов, не превышающих 1,5м; плавящимся мундштуком – для сварки прямолинейных швов на заготовках большой толщины (> 500мм) и для соединения деталей сложной формы.

Контактная электросварка – способ неразъемного соединения металлов, при котором свариваемые детали нагреваются проходящим в месте контакта электрическим током до расплавленного или пластичного состояния с одновременным их сжатием (осадкой). По виду сварного соединения она может быть стыковой, точечной (наиболее распространена), рельефной (разновидность точечной) и шовной (роликовой). Применяют для соединения рельсов, труб, изготовления баков и сосудов, работающих под давлением, изготовления штамповочных конструкций посредством сварки тонких штампованных деталей и др.

Специальные методы сварки, такие как сварка световым лучом, плазменно-дуговая и диффузионная сварка, сварка ультразвуковая, трением, взрывом и другие.

44. Соединения сваркой термопластичных пластмасс: способы сварки, обозначение сварных соединений в конструкторской документации

Процесс сварки пластмасс осуществляется при определенных условиях: повышенной температуре в месте соединения, плотном контакте свариваемых поверхностей и оптимальном времени протекания процесса. В частности, температура в месте соединения должна быть выше температуры размягчения, но ниже температуры разложения полимера, то есть такой, когда пластмасса приходит в так называемое

вязкотекучее состояние. В этом состоянии под воздействием давления протекает процесс самослипания (аутогезии), при котором сваривание происходит главным образом вследствие диффузии частей молекулярных цепей из одного объема пластмассы в другой. По использованию источников нагрева способы сварки пластмасс можно разделить на две группы.

В первую группу входят способы сварки с использованием теплоты посторонних источников нагрева; это сварка нагретым газом, нагретым инструментом и нагретым присадочным материалом. При применении перечисленных способов теплота передается к месту соединения свариваемых деталей за счет конвекции, теплопроводности и частично лучеиспускания (радиации).

Ко второй группе относятся способы сварки пластмасс, при которых теплота генерируется в зоне сварки преобразованием различных энергий; это сварка трением, сварка ТВЧ и ультразвуковая сварка. Здесь используется энергия трения, токов высокой частоты, ультразвуковых колебаний или инфракрасного излучения.

При выборе того или иного способа сварки необходимо учитывать специфику технологического процесса, производственные затраты, а также физико-механические свойства соединяемых пластмасс.

Швы сварных соединений условно изображаются и обозначаются на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.312-72 следующим образом. Сплошной шов независимо от способа сварки обозначается сплошными основными линиями, невидимые швы – штриховыми линиями, а сварную точку обозначают знаком «+». Условное обозначение стандартного сварного шва имеет следующую структуру (рисунок 30).

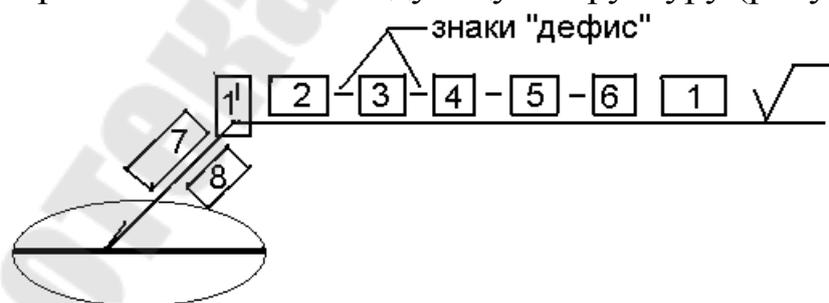


Рисунок 30 - Структура условного обозначения стандартного сварного шва

где 1 – вспомогательные знаки шва (1' - вспомогательные знаки «О» или «7»), к которым относятся следующие:

О – шов по замкнутой линии;

- – шов по незамкнутой линии;
- – усиление шва снять;
- ∞ – наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;
- 7 – шов выполнить при монтаже изделия;
- / – шов прерывистый или точечный с цепным расположением;
- Z – шов прерывистый или точечный с шахматным расположением;
- 2 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;
- 3 – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту;
- 4 – условное обозначение способа сварки по стандарту (допускается не указывать);
- 5 – знак Δ и размер катета сварного шва;
- 6 – для прерывистого шва – длина провариваемого участка, знаки «/» или «Z» и размер шага;
- 7 – количество одинаковых швов и номер шва;
- 8 – обозначение контрольного комплекса или категории контрольного шва.

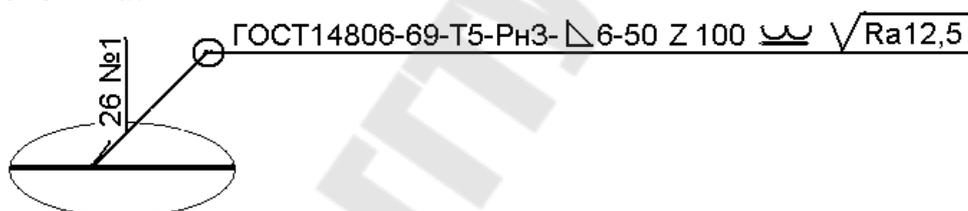


Рисунок 31 - Пример условного обозначения стандартного сварного шва

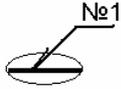
В качестве примера (рисунок 31) приведено обозначение следующего сварного шва – шов таврового соединения без скоса кромок, двухсторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый дуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии с высотой катета шва 6 мм; длина провариваемого участка 50 мм при шаге 100 мм; на изделии выполнить 26 швов такого типа в указанных местах, наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу с параметром шероховатости поверхности Ra 12,5 мкм.

Примечания:

1. Условное обозначение шва наносят под полкой линии выноски, проведенной от изображения шва с обратной стороны;

2. При наличии на чертеже нескольких типов швов, выполняемых по одному стандарту, обозначение этого стандарта указывают в технических требованиях чертежа;

3. Места выполнения одинаковых швов обозначаются на черте-

же следующим образом:  .

45. Соединения пайкой: сущность, область применения, способы и технология пайки, технологические материалы, обозначение паяных соединений на чертежах

Пайка – соединение деталей в твердом нагретом состоянии посредством расплавленного присадочного материала – припоя. Пайка осуществляется путём введения в зазор между сопрягаемыми поверхностями расплавленного припоя с последующим охлаждением и затвердеванием его, что приводит к соединению этих частей. Припой при этом растекается и затягивается в зазор между паяемыми поверхностями в результате эффекта капиллярности, под которым понимается способность расплавленных металлов затекать в тончайшие зазоры. Пайкой соединяются главным образом металлические детали, реже керамические, из стекла, а также металлические со стеклянными и др. Различают пайку твёрдыми (на серебряной, медной и никелевой основе) и мягкими (оловяносвинцовистыми) припоями. Твёрдые припои имеют температуру плавления выше 550°C и предел прочности до 50 кг/см^2 , а у мягких припоев температура плавления ниже 400°C и предел прочности составляет $5 - 7 \text{ кг/см}^2$.

При пайке применяют различные флюсы – химически активные вещества (хлористый цинк, хлористый аммоний, канифоль, бура и др.), которые обеспечивают очистку соединяемых поверхностей от окислов и загрязнений, а также их защиту при нагреве от новых образований. Состав флюса зависит от материала соединяемых деталей, припоя и метода пайки.

Пайку производят с местным или общим нагревом соединяемых деталей вручную, а также на специальных механизированных и автоматизированных установках. В единичном и мелкосерийном производстве широко применяются такие способы пайки, как термическим контактом (паяльником) и газовой горелкой. Паяльник – это ручной инструмент, медная рабочая часть которого нагревается внешним источником тепла – чаще всего электрическим током (элек-

тропаяльник). Существуют также ультразвуковые паяльники, у которых колебания нагретого стержня разрушают окисную пленку на паяемой поверхности под слоем припоя, обеспечивая тем самым бесфлюсовую пайку.

В крупносерийном и массовом производствах нагрев деталей перед пайкой осуществляется газовыми горелками, индукционным способом, кварцевыми лампами, в соляных ваннах, в муфельных, туннельных и других печах. В приборостроении применяют, например, высокопроизводительные методы групповой пайки в припойных ваннах и волной припоя, которые в 20 раз производительнее ручной пайки обычным паяльником.

На чертежах паяные швы обозначаются утолщенной линией (2S), а также идущей от нее выносной линией со стрелкой и условным знаком (рисунок 32), заканчивающейся полкой, над которой приводится пункт технических требований чертежа, где записана марка припоя.



Рисунок 32 - Пример обозначения паяного шва

Технологический процесс пайки включает в себя следующие основные операции:

1. Очистка соединяемых поверхностей деталей перед сборкой под пайку;
2. Нанесение флюса или применение других методов для удаления окислов и улучшения смачивания поверхностей припоем;
3. Сборка деталей под пайку;
4. Нагрев паяемых деталей и введение припоя;
5. Удаление избытков припоя и охлаждение изделия;
6. Удаление остатков флюса.

46. Определение и назначение композиционных материалов

Композиционные материалы (композиты) – это материалы, обладающие следующей совокупностью свойств: материалы состоят из двух или более композитов, которые различаются по химическому составу, разделены в материале выраженной границей на макроуровне и равномерно распределены относительно друг друга в композите;

свойства материала определяются каждым из его компонентов, которые должны присутствовать в материале в достаточном количестве, больше некоторого критического содержания, вызывающего сверхсуммарный эффект действия имеющихся композитов; материал обладает такими свойствами, которых не имеют его компоненты, взятые по отдельности; состав, форма и распределение компонентов материала проектируются перед изготовлением.

Композиционный материал состоит из двух или более компонентов, один из которых выполняет функцию основного материала и называется матрицей, а другой или другие компоненты, распределенные в матрице называются наполнителями. Наполнители могут иметь дисперсную или порошковую, волокнистую или слоистую структуры.

Если наполнитель выполняет функцию увеличения прочности композита, то такой наполнитель называется нормирующим элементом.

Область применения композитов определяется основными преимуществами этих материалов относительно других:

1. высокие прочностные характеристики при малой плотности материала, то есть возможность создания легкого и прочного материала;
2. возможность получения специальных эксплуатационных свойств, например, антифрикционных, фрикционных, защитных, жаростойких и других, значительно превышающих эксплуатационные характеристики других материалов.

В этой связи композиты применяются в авиастроении, космической технике, судостроении, в современном автомобилестроении, в машиностроении и других отраслях.

Малый вес при высокой прочности увеличивает эффективность транспортной техники за счёт снижения масс конструкций. Самыми эффективными материалами работающими в условиях трения, например тормозные колодки, являются материалы, имеющие структуру композита.

В машиностроении наиболее распространены композиты, относящиеся к области порошковой металлургии.

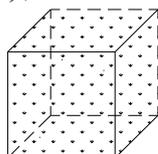
47. Классификация композиционных материалов

Композиты, имеющие матрицу и наполнитель классифицируются по следующим признакам:

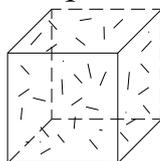
1. по геометрии наполнителя;
2. по расположению наполнителя в матрице;
3. по природе матрицы;
4. по методу получения композита.

По геометрии наполнителя или компонента композиты подразделяются на следующие виды:

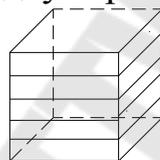
1. с дисперсным или нульмерным наполнителем (порошок, гранулы, короткие волокна);



2. с волокнистым или одномерным (линейным) наполнителем. Это непрерывные или дискретные волокна;



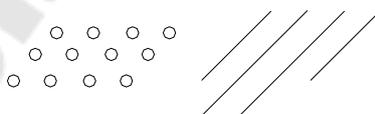
3. со слоистым или двумерным (плоским) наполнителем;



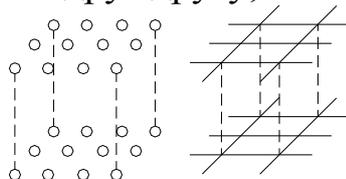
4. с комбинированным наполнителем.

По расположению наполнителя в матрице или компонентов композиты подразделяются на следующие виды:

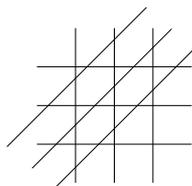
1. с хаотическим расположенным наполнителем;
2. с одноосным (линейным) расположением волокон порошка;



3. с двуосным (плоским) расположенным наполнителем, когда дисперсные волоконные или слоистые композиты расположены в плоскостях параллельных друг другу;



4. с трёхосным (объемным) расположением наполнителя;



5. со сложным расположением наполнителя.

Если наполнитель повышает прочность композита в 2 – 10 раз, то его называют армирующим компонентом.

Наполнитель чаще всего имеет дисперсную форму, а армирующий компонент – волоконную и слоистую.

Композит может иметь два и более различных наполнителя. По природе матрицы композиты подразделяются на следующие виды:

1. с металлической матрицей;
2. с неорганической матрицей: керамика, минералы, углерод, различные неорганические полимеры;
3. с органической матрицей. Это различные полимеры, включая термопласты, реактопласты и смеси;
4. с комбинированной матрицей. Это полиматричные композиты.

По методу получения композиты подразделяются на следующие виды:

1. формируемые путем соединения компонентов в твердой фазе – прессованием, уплотнением, сваркой;
2. формируемые путем соединения компонентов в жидкой фазе (для псевдопластов);
3. формируемые путем соединения компонентов в вязкотекучей фазе – для полимерных матриц;
4. формируемые путем соединения компонентов с использованием газофазных процессов, то есть в фазе газов, когда материал компонента при обработке в газо- или парообразном состоянии;
5. формируемые путем соединения компонентов с помощью комбинаций вышеприведенных методов.

Основными технологическими этапами, определяющими форму и свойства композита, являются прессование и спекание.

48. Схема получения композиционных материалов и формирование проектных данных

Процесс создания композиционных материалов осуществляется проведением следующих основных этапов:

1. формирование проектных или исходных данных по свойству композита;
2. выбор состава и структуры композита;
3. выбор технологии изготовления. Состав, структура и технология композита тесно взаимосвязана, так как любое изменение состава и структуры композита влечет к изменению ее технологии;
4. изготовление материала или изделия (если оно не материалоемко);
5. оценка свойств полученного материала или изделия и сравнение с проектными данными;
6. в случае необходимости корректировка состава структуры и технология композита.

Формирование проектных данных охватывает эксплуатационные характеристики, экономические параметры и социальные факторы.

Эксплуатационные характеристики определяют работоспособность изделия, они включают в себя: физические, механические и специальные параметры.

Экономические параметры включают в себя: стоимость компонента композита, потребность и предполагаемый объем производства композиционного материала и изделий из него, ресурс (срок действия изделия), его ремонтпригодность, трудозатраты на его изготовление, средства на исследования и испытание материала, наличие сырьевой базы основных компонентов композиций, возможность утилизации отходов производства, необходимость капитальных вложений в производство и так далее.

Социальные факторы определяют условия и степень безопасности труда при изготовлении и применении композита, влияние производства на окружающую среду, необходимый уровень квалификации персонала и так далее.

49. Выбор состава и структуры композитов

Выбор состава композиций – это оптимизаций объёмного соединения матрицы и армирующих элементов. Вначале осуществляют ориентировочный выбор материала матрицы. Металлические матрицы обеспечивают высокую прочность, тепло- и электропроводность, размерную стабильность материала, однако такие матрицы имеют высокую прочность и недостаточную химическую и износостойкость.

В качестве металлической матрицы чаще используется медь, алюминий, титан, железо, вольфрам. В качестве полимерной матрицы чаще используются эпоксидные композиции, фторопласт, колианиды, кремнийограника и другие.

В качестве керамической матрицы используются стекло, углерод, техническая керамика, включающая оксиды, карбиды, нитриды, бориды металлов.

После определения ориентировочного состава матрицы выбирают материал и структуру наполнителя или армирующего элемента.

Дисперсные (порошковые) наполнители применяются в дисперсноупрочненных материалах, псевдосплавах, порошковых композициях. Они могут служить твердыми включениями сравнительно с матрицами, более тугоплавкими или иметь специальные свойства (например, твердая смазка).

Определение и содержание различных армирующих элементов или наполнителей в матрице зависит от исходных требований.

50. Основные критерии сочетания компонентов композита

Для успешного определения оптимальной технологии, состава и структуры композита необходимо знать процессы, происходящие в материале при его изготовлении, переработки в изделие и эксплуатации.

В процессе образования композиционного материала происходит механическое, физическое и химическое взаимодействие компонентов в различных состояниях. Это взаимодействие приводит к формированию границ раздела в различных агрегатных состояниях.



Зона раздела фаз определяет большинство свойств, характеризующих композит как материал. К этим свойствам относятся: прочность, способность к деформации, стойкость к механическому изнашиванию, к коррозии, теплопроводность, электропроводность и так далее.

Межфазное взаимодействие компонентов в композиционных материалах зависит от их термодинамической, кинетической и механической совместимости.

Термодинамическая совместимость – это свойство матрицы и армирующих элементов находится в состоянии термодинамического равновесия при различных температурах на стадиях изготовления и эксплуатации. Такое состояние достигается при взаимном растворении компонентов. Полное термодинамическое равновесие в композициях достигается редко, так как количество хорошо растворимых друг в друге компонентов ограничено.

Кинетическая совместимость – это свойство компонентов находится в состоянии относительно устойчивого (метастабильного) равновесия вследствие адсорбции, диффузии. Химических реакций. Кинетическая совместимость может присутствовать, но не иметь место термодинамическая совместимость, а в целом композит может иметь при этом требуемое свойство.

Механическая совместимость – это соответствие в допустимых пределах характеристик упругости, пластичности, коэффициента теплового расширения для компонентов композита.

В упрощенном представлении в композите между компонентами могут существовать следующие основные типы адизиионной связи, обеспечивающих целостность и эксплуатационные свойства материала: механические, физические, химические связи и их сочетания.

Механические связи – сцепление микро- и макронеровностей поверхностей компонентов композита.

Физические связи – взаимодействие поверхностей компонентов на молекулярном уровне. Это силы Ван-дер-Ваальса, поверхностного натяжения, капиллярные эффекты и тому подобной.

Химические связи – взаимодействие поверхностей композитов на атомарном уровне, осуществляется за счет химических реакций.

51. Выбор технологии изготовления композиционных материалов

Выбор технологии получения композиционных материалов в основном определяется свойствами компонентов композита. Однако кроме этого на выбор технологии влияет: программа выпуска продукции или производительность, имеющиеся производственные площади и мощности, квалификация производственного персонала, требования техники безопасности и охраны окружающей среды. С учетом этого при одинаковом химическом составе композита, но с различием в программе выпуска возможны самые широкие комбинации технологических этапов производства одного и того же композита.

Возможность переработки композита зависит от его состава, геометрических, прочностных и других характеристик, армирующих элементов или наполнителей.

Важнейшей характеристикой композита, в части его технологии изготовления является технологичность – комплекс технологических и конструктивных параметров при создании материала и конструкции, обеспечивающие заданные эксплуатационные качества продукции и максимальную производительность процесса производства при минимальных затратах труда и сырьевых ресурсов.

Несмотря на широкую гамму композитов, имеются некоторые постоянно присутствующие технологические этапы для определенных типов материалов. Так композиты из смесей металлических и керамических порошков обязательно должны обрабатываться высокотемпературным спеканием. Высокопрочные изделия изготавливаются намоткой из волокон и жгутов каркаса, который затем пропитывается связующим или матричным веществом. Пропитанный каркас затем отверждают или спекают.

Под технологичностью композитов понимается степень эффективности их получения в производственных условиях. Она зависит от энергоемкости, обрабатываемости материала, возможности автоматизации и других условий.

Технологичность композитов определяется типом матрицы армирующего элемента или наполнителя, способа изготовления композита и его обработки.

52. Оценка свойств композиционного материала

Оценка свойств композита проводится расчетными и экспериментальными методами. Расчетные методы применяются для оценки правильности выбора и уточнения состава материала в ответственных случаях, чтобы избежать больших расходов на экспериментальные исследования, связанные со значительными материальными затратами.

Для расчетной оценки свойств композита и изделий из них применяют метода макро- и микромеханики композитов, оптимизации физических характеристик композита по свойствам компонентов.

Кроме этого используется справочники и руководства по конструированию композиционных материалов, где изложена характеристика уже имеющих или прогнозирующихся к производству компо-

зитов. В связи с тем, что номенклатура композиционных материалов, производимых в мире, интенсивно растет, то перед созданием нового композита необходимо тщательно проанализировать мировой опыт в области получения аналогичных по свойствам материалов.

Экспериментальная оценка свойств проводится либо на самих изделиях, либо на модельных образцах стандартной или специальной формы. Экспериментальная оценка свойств всегда проводится в соответствии с предварительно создаваемой программой и методикой испытаний. Полученные данные сопоставляют с исходными проектными данными и в случае несовпадения, каких либо параметров, корректируют состав и структуру композита, технологию его изготовления.

53. Основные виды технологических схем получения дисперсных композиционных материалов на металлической матрице

Основным видом технологической схемы получения дисперсных композитов методами порошковой металлургии является следующая схема:

1. получение металлических порошков и других порошковых материалов для наполнителя;
2. получение порошковых смесей или шихты путем смешивания компонентов композиций;
3. прессовка или формирование шихты в холодном состоянии;
4. спекание прессовки в защитной (восстановительной) среде при температуре 0,7 – 0,9 температуры плавления основного композита шихты;
5. обработка спеченной прессовки: пропитка пористого каркаса различными веществами, термообработка, химическая обработка, обработка резанием или давлением.

Основными технологическими этапами. Определяющими форму и свойства композита, являются прессование и спекание.

54. Механические методы диспергирования твердых материалов

Все методы получения порошковых материалов условно разделяются на:

1. механический, заключающийся в диспергировании или размоле, распылении твердых материалов или расплавов;
2. физический, заключающийся в получении порошков из газовой фазы, сублимацией или конденсацией;
3. химический и электрохимический, который проводится химическим восстановлением или электролизом.

Механический метод диспергирования твердых материалов подразделяется на:

1. диспергирование твердых материалов предварительным дроблением на специальных дробилках (применяется для железа, алюминия, латуни, бронзы и некоторых других металлов, частицы имеют форму чешуи или стружки);
2. диспергирование твердых материалов размолем в шаровых или вибрационных мельницах (применяется для различных материалов, частицы имеют игольчатую и неправильную форму);
3. диспергирование твердых материалов самоизмельчением в вихревых и струйных мельницах (используются для различных металлов, частицы имеют тарельчатую или чешуйчатую формы);
4. диспергирование твердых материалов измельчением ультразвуком в воде, спирте или ацетоне, частицы имеют неправильную форму.

Действие механического измельчения основано на использовании энергии движения, развиваемой в размольном аппарате. Практически механическим методом можно превратить в порошок любой металл или сплав.

55. Механические методы получения порошков из расплавов

Порошки из расплавов металлов и сплавов получают многими способами. Это самый дешевый способ получения легированных порошков из сплавов. Эти методы основаны на том, что расплав подвергают действию потока сжатого газа или струи жидкости, действию центробежных сил и вращающихся твердых поверхностей, при этом расплав получают в виде мелких капель, которые затвердевают после охлаждения в камере, иногда с применением охлаждающих средств. Размер частиц порошка, их форма и структура регулируется изменением энергии, действующей на расплав, его температуры, вязкости, поверхностного натяжения и условия охлаждения.

Все методы диспергирования расплавов разделены на следующие виды:

1. гранулирование в воде (для железа, меди, свинца, серебра, частицы сферической формы);
2. гранулирование в воде перемешиванием расплавов при охлаждении (для алюминия, олова, цинка, кадмия, форма частицы зернистая или неправильная);
3. распыление через сопло сжатым воздухом, частицы зернистой или неправильной формы;
4. распыление через сопло водородом в вакууме (для жаропрочных сплавов, форма частиц зернистая и неправильная);
5. распыление через сопло аргоном или азотом под давлением (для различных металлов и не металлов);
6. распыление через сопло паром (для различных материалов);
7. распыление через сопло водой под давлением (для различных материалов);
8. распыление под действием центробежных сил.

56. Физические и химические методы получения порошков

К физическим методам получения порошков относятся: распыление материала в электрической дуге, осаждение в газовой фазе путем сублимации (испарение из твердой фазы) и конденсации. Эти методы применяются для цинка, магния, серебра, кальция, висмута и оксида тонкой молибдена. Получающиеся порошки грубой или тонкой фракции.

К химическим методам получения порошков относят: восстановление соединений, включающих элемент порошка твердыми или газообразными веществами. Они разделены на следующие виды:

1. получение из газовой фазы восстановлением водорода или метаном. Процесс называется диссоциацией, используется плазменная горелка, применяется для твердых сплавов, тугоплавких соединений оксидов, форма частиц порошка обычно сферическая;
2. получение порошка из газовой фазы карбонильными методами, то есть с использованием термического разложения; форма частиц сферическая или губчатая, применяется для различных материалов, наиболее широко используется для производства никелевого порошка;

3. получение порошка химическим восстановлением металлических соединений с помощью водорода или углерода; используется для железа, никеля, кобальта и рения; форма частиц может быть различная;

4. получение порошка химическим восстановлением растворов металлических соединений с помощью водорода или углерода, применяется для никеля, кобальта, серебра, золота, платины; форма частиц обычно зубчатая или игольчатая;

5. получение порошков химическим восстановлением расплавов или газов металлических солей, применяется для тантала, ниобия, титана, циркония, тория, ванадия, урана; форма частиц зубчатая или игольчатая;

6. получение порошков электролизом, осаждением из водных растворов методами электролиза с помощью твердых или жидких катодов; применяется для железа, меди, олова, свинца, цинка, никеля; форма частиц игольчатая или дендритная;

7. получение порошков электролизом расплавов; используется для меди, железа, тория, ниобия, титана, ванадия и циркония; форма частиц обычно неправильная.

57. Подготовка порошков к формованию

Почти во всех случаях перед формованием порошков возникает необходимость в проведении операции подготовки порошков. Это необходимо для придания порошку определенных технологических характеристик. Обычно подготовка порошков включает в себя отжиг, рассев и смешивание.

Отжиг – термообработка порошка в защитной среде (восстановительной, инертной, в вакууме) при температуре 0,4 - 0,6 от температуры плавления металла порошка.

Отжиг повышает пластичность порошка, а следовательно его уплотняемость, прессуемость и формуемость.

Рассев и классификация необходима для получения порошковых смесей, содержащих требуемый процент нужного размера частиц. Порошки непригодные к фракции подвергают дополнительной обработке: для крупных – размол, для мелких – укрупнение.

Рассев для частиц с размерами выше 50 мкм проводят на ситах, а до 50 мкм – на воздушных сепараторах, где частицы высаживаются из газового потока под действием сил трения.

Смешивание порошков заключается в приготовлении однородной смеси из порошков различного состава. Это важнейшая операция при изготовлении композиционных порошковых материалов.

Задача смешивания состоит в превращении отдельных компонентов в макрооднородную смесь. Эффективность смешивания зависит от формы и размеров частиц, числа компонентов их соотношения по количеству, по плотности, по коэффициенту трения, по способности частиц к агрегации от конструкции смесителя.

Длительность смешивания составляет менее одного часа, но не более трех часов, так как после трех часов однородность уже не изменяется.

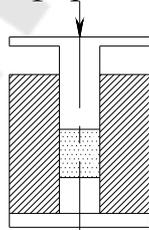
Наиболее качественное смешивание порошков достигается в шаровых мельницах, но в них к смешиванию добавляется размол. Если размол и смешивание сочетать нельзя, то используют смесители других конструкций: барабанные, лопаточные, центробежные и другие.

58. Основные виды схем формования порошков

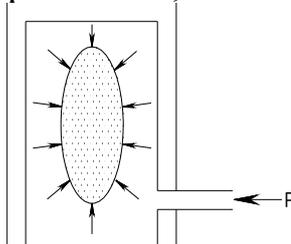
В общем случае формование порошков представляет собой технологическую операцию, в результате которой из порошка образуется формовка, то есть тело с заданной формой, размерами и плотностью.

Основные схемы формования:

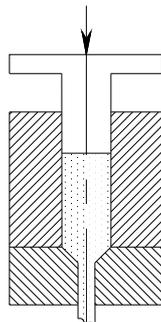
1. прессование в пресс-форме;



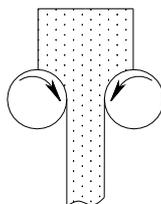
2. изостатическое формование;



3. мундштучное формование (прямое выдавливание);



4. прокатка порошка.



5. шликерное формование – формование с применением суспензии порошка или шликера. Суспензия заливается в форму и после выделения суспензии из порошка происходит формование порошка;

6. вибрационное формование – прессование в вибрирующей пресс-форме;

7. импульсная формовка – уплотнение ударными волнами с длительностью менее одной секунды.

59. Назначение и виды спекания при получении порошковых композиционных материалов

Спрессованные порошковые формовки в большинстве случаев не обладают необходимым уровнем эксплуатационных свойств. Это связано с низкой степенью взаимодействия между спрессованными частицами порошка. Для улучшения этого взаимодействия проводят спекание.

Спекание – нагрев и выдержка порошковой формовки ниже температуры плавления основного компонента порошковой шихты. Целью является достижение заданных механических и физических свойств, которые окончательно формируются после спекания.

Спекание производят при температуре от 0,75 до 0,95 от температуры плавления основного компонента композиционного материала. При спекании порошковой формовки особенно важно отсутствие основного компонента. Однако это не означает, что в процессе нагрева вообще отсутствует расплавление какого-либо компонента. В случае если температура плавления не основного материала значительно

меньше чем основного, то при спекании расплавляется он, распределяясь среди не расплавленного основного компонента. Если температура плавления не основного компонента выше чем основного, то расплав при спекании не образуется вообще. В этой связи возможны две основные разновидности спекания: твердофазное и жидкофазное.

Спекание представляет собой сложный комплекс большого количества изотермических явлений протекает одновременно при нагреве формовок или свободно насыпанного порошка. Один из методов этих явлений связанных с обычными эффектами влияния повышения температур на любое поликристаллическое тело, другие явления специфицируются явлениями для пористых порошковых тел. Эта специфика связана с тем, что любое порошковое спеченное тело (порошковая формовка, свободно насыпанный порошок) обладают нестабильностью или метостабильностью, вследствие большого избытка свободной энергии. Избыток свободной энергии для порошка связан с наличием очень большой межфазной поверхности раздела частиц порошка либо твердое вещество – воздух.

При нагреве порошкового тела его свободная энергия снижается за счет структурных изменений, которые приводят к консолидации частиц порошка и к увеличению его плотности.

60. Получение порошковых фрикционных и антифрикционных композиционных материалов

Технология получения фрикционных и антифрикционных композиционных материалов из порошков основана на традиционных операциях порошковых металлов с применением некоторых специфических технологических этапов. Антифрикционные материалы обладают высоким износом и малым коэффициентом трения. Используются в качестве подшипников, направляющих и других элементов скольжения. Фрикционные материалы обладают высокой износостойкостью и большим коэффициентом трения. Применяются в тормозных и передаточных системах. Эти материалы в качестве металлической матрицы содержат железо, медь, алюминий. Никель, а также их смеси и в том числе с другими металлами.

Композиционные антифрикционные и фрикционные материалы имеют наполнители. Эти наполнители придают материалу специальные свойства. Для повышения износостойкости и коэффициента трения для фрикционных материалов вводятся элементы с одной сторо-

ны увеличивающие коэффициент трения (асбест, тальк, силициум и другие), а с другой стороны – повышающие износостойкость через некоторое уменьшение коэффициента трения (графит, дисульфид молибдена и фторид кальция).

Заполнение пор кристаллической матрицы маслами. Для антифрикционных материалов используют наполнители, снижающие коэффициент трения. Твердые смазки (молибден S₂, фторид кальция) помогают работе материалов в условиях отсутствия жидких смазок, то есть обеспечивают режим сухого трения.

Порошковая металлургия в большинстве случаев является единственным способом получения композиционных антифрикционных и фрикционных материалов в широких диапазонах свойств.

К технологическим операциям, отличающих процесс изготовления таких материалов от других относятся:

1. операции пропитки пористого металлического каркаса жидкими или металлическими смазками;
2. изготовление композиционных материалов в виде многослойного изделия, где несущим слоем является относительно недорогой металлический компактный материал.

61. Получение пористых порошковых материалов

Возможность получения пористого материала методами порошковой металлургии определило создание технологии получения фильтрующих элементов, предназначенных для очистки различных газов и жидкостей. Порошковые фильтры изготавливают обычно из порошков металла или металлических сплавов однородной фракции с заданным химическим составом. Порошки имеют частицы сферической и несферической формы. Основное преимущество фильтров изготовленных из несферических порошков это повышенная механическая прочность за счет улучшенного контакта частиц неправильной формы с развитой поверхностью, сравнительно с точечным контактом у сферических порошков.

Несферический порошок имеет более экономичный способ изготовления, а фильтры, изготовленные из него, обладают более равномерной и регулируемой проницаемостью. Это определяет более широкое использование сферических порошков. Технологию изготовления фильтров выбирают с учетом заданной тонкости фильтрации, производительности, размера фильтрующего элемента, его проч-

ности. Фильтры малых размеров изготавливают методом спекания свободно-насыпанного порошка, при этом для равномерного распределения частиц используют вибрированные формы и вследствие этого в таких случаях используют только сферические порошки, что сохраняет максимальную проницаемость. Наиболее распространенным способом изготовления спеченных фильтров является получение порошковых прессовок с последующим спеканием.

Способ прессования порошка выбирается в зависимости от размеров, формы и требуемых свойств изготавливаемых элементов.

Для получения фильтрующих материалов с повышенной пористостью (до 75%) и с достаточной прочностью в порошки вводят специальные наполнители. Они не вступают в химическое взаимодействие с порошком при спекании и разлагаются при температуре выше комнатной, но ниже температуры спекания порошка наполнители вводятся в порошок перед прессованием. После спекания они улетучиваются, оставляя после себя поры.

Кроме наполнителя в порошок могут вводиться активирующие добавки, улучшающие взаимодействие металлических порошков и увеличивающих прочность спеченного пористого каркаса. Часто наполнитель и активирующая добавка совмещены в одном веществе.

Для пористых порошковых материалов применяются порошки с бронзы, титана, нержавеющей сталей. Менее всего распространены металлы и сплавы на основе меди, никеля, кобальта, алюминия, серебра, вольфрама, хрома, бериллия и других материалов.

Фильтрующий композиционный материал имеет вид пористой матрицы.

62. Основные типы дисперсных композиционных материалов на керамической матрице

Одним из самых перспективных классов композиционных материалов являются материалы на основе неорганических полимеров. Эти вещества широко распространены в природе или искусственно создаются по простым технологиям из дешевого сырья. Они отличаются особыми свойствами, заключающимися в высокой твердости неорганического полимера. В дисперсных композитах на неорганической основе в качестве матрицы обычно используется керамика. Керамика бывает оксидная и безоксидная.

К оксидной керамике относятся разнообразные соединения металлов с кислородом. Наиболее распространенные композиционные материалы: оксид алюминия, оксид циркония, оксид калия, оксид магния, оксид бериллия и другие.

К безоксидной керамике относятся разнообразные карбиды, бориды, нитриды и силициды металлов.

В качестве наполнителей в дисперсных керамических композиционных материалах обычно используются различные металлы, реже оксиды и карбиды, равномерно распределенные в керамической матрице.

Керамическая матрица образует прочную каркасную структуру, образованную на ковалентной связи в полимерной цепи. Наполнитель в данном случае играет роль связующего вещества. Он позволяет регулировать свойства композиционных материалов в широких пределах путем изменения своей концентрации.

К основным типам дисперсных композиционных материалов на керамической матрице относят:

1. жаропрочные или тугоплавкие композиционные материалы;
2. карбидные твердые сплавы;
3. минералокерамические твердые сплавы;
4. сверхтвердые композиционные материалы.

Карбидные твердые сплавы и минералокерамические твердые сплавы – наиболее распространенные керамические композиционные материалы.

В свою очередь карбидные твердые сплавы подразделяются на: износостойкие, коррозионностойкие, окалиностойкие и термообрабатываемые.

63. Тугоплавкие композиционные материалы на керамической матрице

Композиты на основе тугоплавких соединений, в основном боридов, реже карбидов, содержащие металлическую связку, позволяют эффективно использовать высокие физико-механические свойства боридов, карбидов и нитридов переходных металлов и уменьшить влияние низких характеристик при изгибе вследствие наличия вязкого металла. В качестве металлической связки используют железо, кобальт, никель, молибден.

Технологический цикл начинается с переработки исходного природного сырья с целью получения чистой керамики в виде порошков, а также получение металлических порошков по известным способам.

Порошковые материалы замешиваются в определенных пропорциях, обычно в шаровых мельницах. После этого порошковая шихта гранулируется путем добавления в шихту вязких, жидких веществ. Это позволяет спрессовать довольно прочный керамический порошок. Далее следует спекание порошковых прессовок, обычно в вакуумных, реже в водородных средах. После спекания материал может обрабатываться алмазным инструментом.

64. Назначение и основные виды карбидных твердых сплавов

Карбидные твердые сплавы – это керамикометаллические композиционные материалы, состоящие из карбидов тугоплавких металлов и пластично связующего металла или сплава металла, содержащие керамической составляющей свыше 50%.

Твердый сплав – это один из важнейших и широко распространенных материалов, полученный методом порошковой металлургии.

Различают следующие виды твердых сплавов:

1. карбидовольфрамовые (олово-карбид вольфрама, связка – кобальт);
2. титановольфрамовые (основа – карбид вольфрама, карбид титана, связка – кобальт);
3. титанотанталовольфрамовые (основа – карбиды вольфрама, титана, тантала, связка – кобальт).

Карбидовольфрамовые твердые сплавы обозначаются ВК с добавлением цифры, указывающей содержание кобальта в процентах.

Титановольфрамовые твердые сплавы обозначаются ТК с добавлением цифры обозначающей процентное содержание карбида титана и кобальта, остальное – карбид вольфрама.

Титанотанталовольфрамовые твердые сплавы обозначаются ТТК.

Большая часть сплавов предназначена для использования в качестве инструментального материала, обладающего высокой твердостью и высоким качеством обработки материала. Эти материалы имеют твердость не менее 80 HRA и временное сопротивление на изгиб не менее 1000 МПа. Обладают высоким значением модуля упру-

гости и малым коэффициентом линейного температурного расширения.

Твердые сплавы на кобальтовой связке обычно являются износостойкими.

Карбидные твердые сплавы имеют две основные структуры:

1. основа карбид хрома, связка – никель;
2. основа карбид вольфрама, связка – платина.

65. Минералокерамические твердые сплавы

Минералокерамическими твердыми сплавами называют дисперсные композиционные материалы на керамической матрице оксида алюминия в сочетании с наполнителем, представляющим собой другие оксиды металлов, карбиды и чистые металлы. Минералокерамика используется при производстве режущего инструмента, в обработке материалов давлением, в контрольно измерительной аппаратуре и в других конструкционных изделиях, где требуется высокая твердость, износостойкость и в некоторых случаях абразивность материалов.

Исходным материалом при производстве металлокерамики является технический глиноземный оксид алюминия Al_2O_3 , имеющий чистоту 98 - 99,5%. Технический глинозем обжигают при температуре $1400^\circ - 1600^\circ C$ для предотвращения γ -модификации глинозема в α -модификацию (то есть отличие в типе элементарной ячейки кристаллической решетки).

Корунд (обожженный глинозем) размачивают до зернистости 1-3 мкм обычно в шаровых мельницах.

Получение меньшей и большей дисперсности ведет к потере свойств изделий. Далее размолотый корунд обрабатывают кислотами для отмывки железа, перенесенного в корунд при размоле. После этого корунд высушивают и далее обрабатывают по схеме операций порошковой металлургии с добавлением в исходную порошковую шихту необходимого количества требуемого наполнителя.

Используется прессование порошка с последующим спеканием, либо горячее прессование. В зависимости от вида монолита существуют следующие особенности дальнейшей обработки порошкового металла.

Минералокерамический материал со стеклофазой представляет собой оксид алюминия – 97 - 99%, с наполнителем: оксид хрома, же-

леза, кремния или магния. Эти изделия уступают карбидным твердым сплавам по величине сопротивления на изгиб, имеют высокую хрупкость, крошатся при незначительных ударах. Все это исключает их использование в качестве инструментального материала. Однако материал имеет твердость в 2 и более раз больше обычного твердого сплава, что обеспечивает его использование в специальных методах металлообработки.

Минералокерамический материал с наполнителем из чистого молибдена (2 - 10%) используется как теплостойкий и окалиностойкий материал. Вместо молибдена иногда используется хром. Этот материал имеет уже повышенную вязкость, менее хрупок. При спекании оксид алюминия взаимодействует с металлом связки с образованием интерметаллической фазы, что обеспечивает формирование прочных связей.

Свойства металлокерамики на металлической связке зависят от содержания металла в связке и условий спекания. Материалы, спеченные при температуре 1800°C, с 2% молибдена имеют плотность около 4 г/см³ при твердости 91 - 92 HRA. Обладает повышенной стойкостью при высоко скоростном резании. Увеличение связки молибдена до 10% приводит к достижениям этой же твердости, но лучшая стойкость при резании имеется при меньших скоростях.

Если вместо металлической связки используется оксидокарбидная связка Mo₂C или Mo₂C+W₂C, то применяется горячее прессование порошковой шихты. Эти изделия имеют плотность около 4,5 г/см³, предел прочности 450 - 700 МПа, твердость 92 - 94 HRA.

Инструмент из этого материала обладает повышенными эксплуатационными свойствами. Позволяет в 2 - 3 раза увеличить скорость обработки сравнительно с другими твердыми сплавами. Также этот материал имеет более дешевые компоненты, но более сложную технологию.

66. Классификация процессов термической обработки

Любой процесс термической обработки можно описать графиком, показывающим изменение температуры во времени (рисунок 33).

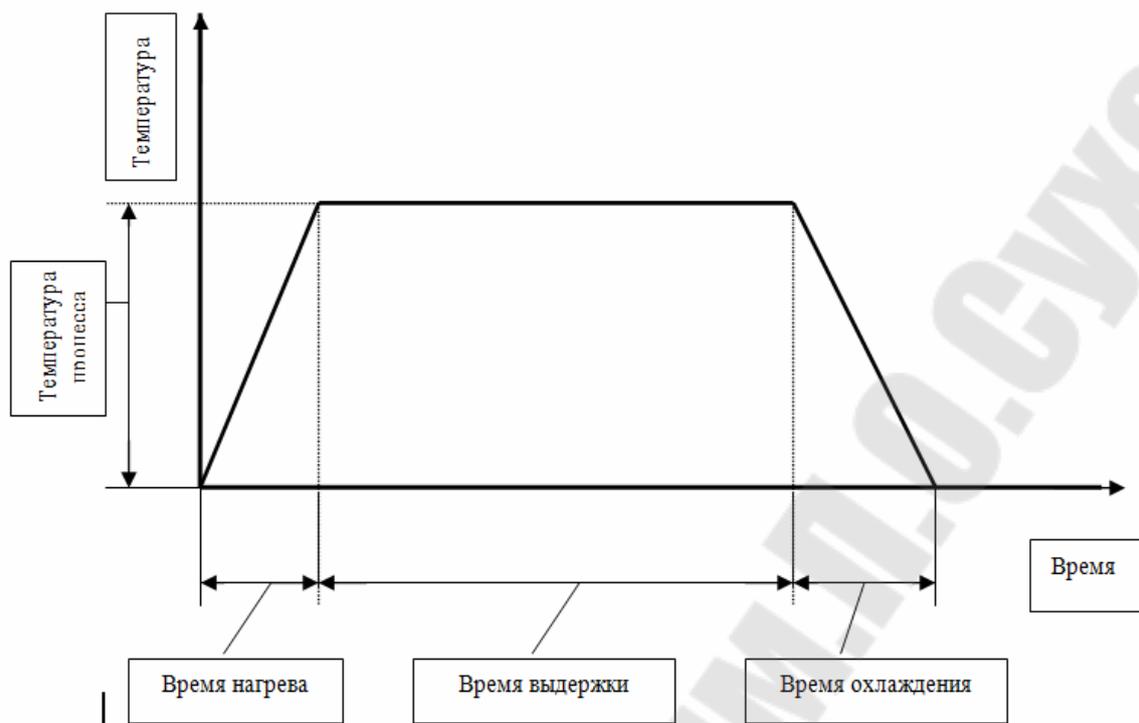


Рисунок 33- График изменения температуры во времени

По такому графику можно определить температуру нагрева, время выдержки и охлаждения, время выдержки при температуре нагрева и общую продолжительность технологического цикла. Но по форме этого графика ничего нельзя сказать о том с каким видом термической обработки мы имеем дело. Вид термообработки определяется не характером изменения температуры во времени, а типом фазовых и структурных изменений в металле. Основываясь на этом признаке А. А. Бочвар разработал классификацию, охватывающую все разновидности термической обработки чёрных и цветных металлов.

Термическая обработка подразделяется на собственно термическую, химико-термическую и термомеханическую (рисунок 34).

Собственно термическая обработка заключается в термическом воздействии на металл или сплав, химико-термическая в термическом воздействии на металл в сочетании с химическим, термомеханическая — в сочетании термического воздействия и пластической деформации.

Собственно термическая обработка включает в себя следующие основные виды: отжиг первого рода, отжиг второго рода, закалку с полиморфным превращением, закалку без полиморфного превращения, отпуск и старение.

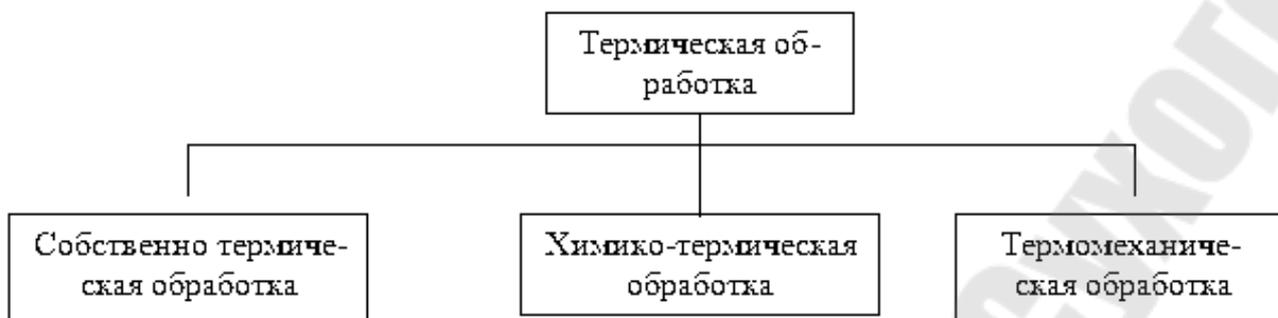


Рисунок 34- Классификация процессов термической обработки.

Виды химико-термической обработки будут рассмотрены ниже.

67. Элементарные процессы при химико-термической обработке

Химико-термическая обработка является сложным процессом. Она складывается из трех элементарных процессов, каждый из которых вносит решающий вклад в этот процесс. Первый из них протекает в объеме, окружающем обрабатываемый металл или сплав. Этот объем заполнен насыщающей средой, в которой происходит выделение насыщающего элемента в атомарном или ионизированном состоянии. Следующим этапом является захват атомов поверхностью насыщаемого тела, это процесс сорбционного типа. Третий процесс заключается в диффузионном проникновении атомов насыщающего элемента в поверхностный слой изделия.

Рационально построенный режим химико-термической обработки представляет сбалансированное протекание всех трех процессов.

Чрезмерная активность среды насыщения приводит к торможению процесса химико-термической обработки вследствие образования на поверхности изделия сплошного слоя насыщающего элемента. Поэтому активность среды должна соответствовать скорости диффузионного отвода атомов внутрь изделия.

Второй подпроцесс (адсорбции), заключающийся в захвате поверхностью атомов (ионов) из насыщающей среды наименее изучен. Это связано с тем, что, по-видимому, на поверхности образуется одноатомный слой, исследования которого представляют большие экспериментальные трудности. Ясно одно, что поверхность насыщаемого изделия должна быть предельно очищенной от оксидов, жировых

пятен и т. д. Без выполнения этого условия нельзя рассчитывать на однородность диффузионного насыщения по всей обрабатываемой поверхности.

Третий подпроцесс, заключающийся в диффузии насыщающего элемента в поверхностный слой, достаточно точно может быть описан количественно.

68. Методы химико-термической обработки

В промышленности применяют множество способов Химико-термической обработки, различающихся диффундирующими элементами, типом и составом внешней среды, химизмом процессов в ней, техникой исполнения и другими признаками.

В зависимости от агрегатного состояния внешней среды, в которую помещают обрабатываемое изделие, различают химико-термическую обработку в твёрдой, жидкой и газовых средах.

Атомы диффундирующего вещества поступают из твёрдого вещества в местах прямого контакта его с поверхностью изделия. Этот процесс мало эффективен, и применяют его редко. Обычно твёрдую среду используют для создания активной газовой или паровой фазы, из которой атомы поступают в изделие. Например, при цементации в твёрдом карбюризаторе (древесном угле) атомы углерода, диффундирующие в сталь, образуются из окиси углерода ($2CO \rightarrow C + CO_2$), а древесный уголь необходим лишь для образования газовой фазы. Другой пример – диффузионное хромирование в «твёрдой среде», когда изделие упаковано с порошком хрома или феррохрома. При нагреве хром испаряется и его атомы поступают в изделие главным образом из паровой фазы, а не в местах прямого контакта порошка с поверхностью изделия.

При химико-термической обработке в жидкой среде атомы элемента, диффундирующего в изделие, образуются в результате химических реакций в расплавленной соли (например при цианировании стали) или непосредственно поступают из расплавленного металла (например, из расплава алюминия при диффузионном алитировании).

Основываясь на физико-химической характеристике активной фазы, поставляющей диффундирующий элемент предложена следующая классификация методов химико-термической обработки: насыщение из твёрдой фазы, насыщение из паровой фазы, насыщение из газовой фазы и насыщение из жидкой фазы.

Согласно этой классификации, цементацию стали в твёрдом карбюризаторе следует относить к методу насыщения из газовой фазы, а диффузионное хромирование в порошке хрома к методу насыщения из паровой фазы.

По характеру изменения химического состава обрабатываемого изделия все разновидности химико-термической обработки можно разделить на три группы: диффузионное насыщение неметаллами, диффузионное насыщение металлами и диффузионное удаление элементов.

Каждый процесс химико-термической обработки может осуществляться разными методами (насыщение из газовой, паровой, жидкой или твёрдой фазы) и в самом разнообразном техническом исполнении.

Диффузионное насыщение неметаллами

Поверхностное насыщение стали углеродом, азотом, бором, кремнием или совместно этими элементами наиболее широко применяемые процессы химико-термической обработки.

Углерод и азот растворяются в железе по способу внедрения и поэтому быстро диффундируют на значительную глубину. Активные среды, содержащие эти элементы, дешёвы, а фазы, образующиеся с участием углерода и азота в процессе насыщения или при последующей термической обработке, резко изменяют механические и физико-химические свойства стали.

Диффузионное насыщение металлами

Металлы растворяются в железе и других металлах и сплавах по способу замещения и поэтому медленнее, чем неметаллы, диффундируют в изделие. Как правило, диффузионное насыщение металлами проводят при более высоких температурах, чем насыщение неметаллами.

Диффузионное удаление элементов

Удаление вредных примесей при нагреве в вакууме и других средах – это важная для ряда изделий разновидность химико-термической обработки. В основе её лежит диффузионный процесс перемещения атомов из сердцевины к поверхности изделия и удаления изделия с поверхности. Как правило, требуется сквозное удаление вредных примесей. Примером является обезводороживание титановых сплавов при нагреве в вакууме для предотвращения водородной хрупкости и повышения ударной вязкости.

69. Сущность и назначение процесса алитирования

Алитирование - процесс диффузионного насыщения поверхности металлов и сплавов алюминием с целью повышения жаростойкости, коррозионной и эрозионной стойкости. В настоящее время алитированию подвергают углеродистые и легированные стали, чугуны, жаростойкие и жаропрочные стали и сплавив тугоплавкие металлы и сплавы на их основе, титан, медь и другие материалы.

Разработано много методов алитирования, однако промышленное применение нашли в основном три: алитирование в порошковых смесях, в ваннах с расплавленным алюминием или его сплавами и металлизация поверхности металлов и сплавов алюминием с последующим диффузионным отжигом. Остальные методы находятся в стадии промышленных или лабораторных разработок.

Насыщающий элемент - алюминий - является легкоплавким металлом и сам по себе не может быть защитой против окисления при высоких температурах и атмосферной коррозии. Однако в результате легкого окисления он образует оксид Al_2O_3 , который находится в хорошем структурном и ориентационном соответствии с железом и его сплавами. Слой Al_2O_3 образуют оксиды типа шпинели, кристаллическая решетка которой связана с кристаллической решеткой сплава железа. Температура плавления этого оксида около $2000^\circ C$. Поэтому при нагреве плотный и тугоплавкий слой Al_2O_3 представляет механическую преграду между кислородом атмосферы и сплавом. В связи с этим при нагреве до самых высоких температур окисления защищаемого сплава не происходит.

Насыщение поверхностного слоя алюминием осуществляется из твердой, жидкой и газообразной среды. При использовании твердой и газовой среды механизм насыщения практически одинаков.

70. Сущность и назначение процесса диффузионного хромирования

Хромирование - это процесс диффузионного насыщения поверхностных слоёв сплава хромом.

Хромированию подвергают изделия, работающие:

а) в условиях износа, в том числе кавитационного, и эрозии при низких и высоких температурах;

- б) под напряжением (или без него) при высоких и криогенных температурах в средах, вызывающих химическую коррозию;
- в) под напряжением (или без него) в средах, вызывающих электрохимическую коррозию;
- г) на усталость - механическую, термическую, коррозионную;
- д) в условиях действия магнитных и электрических полей.

71. Виды и технология диффузионного хромирования

В зависимости от физико-химических характеристик активной фазы (или среды), содержащей хром, различают четыре метода диффузионного хромирования: твердый, из паровой фазы, газовый и жидкий.

Твердый метод применяют тогда, когда упругость паров насыщаемого металла при температуре процесса меньше, чем у хрома.

Этот метод осуществляется при контакте твердых кусочков (или порошка) хрома с поверхностью изделия. Поступление элемента на поверхность изделия происходит через места контактирования взаимодействующих металлов.

Хромирование из паровой фазы проводят двумя способами: контактным и неконтактным. Благодаря возможности передачи вещества через паровую фазу неконтактный способ целесообразнее, так как при этом образуется более качественное покрытие, хотя глубина насыщения меньше.

Газовый метод хромирования основан на взаимодействии газовой фазы, которая содержит хром, связанный в химические соединения, с поверхностью насыщаемого металла. В качестве активной газовой фазы служат различные галогениды хрома ($CrCl_2$, CrF_2 , CrI_2 и др.). Газовый метод осуществляют контактным и неконтактным способами. При контактном способе газовая фаза, генерируясь в непосредственной близости от поверхности изделия, возникает в результате взаимодействия твердых фракций порошкообразного хрома с одним из галоидных газов (HCl , HF , HI , HBr и др.). При неконтактном способе изделия находятся в окружении одной только газовой фазы, содержащей галогенид хрома.

При жидком методе хромирования активной фазой, участвующей в передаче хрома к обрабатываемой поверхности, является расплав соли, содержащей хром, или расплав хрома. В первом случае на границе раздела металл - расплав соли происходит электрохимиче-

ская реакция, благодаря которой оказывается возможным процесс насыщения; во втором - насыщение осуществляется непосредственно из расплава жидкого металла.

Наибольшее распространение получили методы хромирования из паровой фазы (неконтактный) и газовый.

При выборе метода хромирования следует руководствоваться не только толщиной слоя, но и концентрацией хрома на его поверхности, качеством, равномерностью слоя, технологичностью процесса, удобством осуществления его, экономической рентабельностью и др.

72. Сущность и назначение процесса цементации

Цементация - насыщение углеродом - древнейший процесс химико-термической обработки. Возникновение этого процесса связано с использованием для ковочного нагрева угля и неумышленного при этом насыщении поверхностного слоя углеродом.

Источником получения углерода для цементации является карбюризатор. В зависимости от агрегатного состояния карбюризатора цементация может быть газовой; цементацией из твердой фазы; цементацией из расплавленных карбюризаторов и, наконец, цементацией из паст. Карбюризатор при температуре насыщения должен выделять углерод в атомарном или ионизированном состоянии.

Процесс цементации стальных изделий назначается для повышения износостойкости и предела усталости. Для этого необходимо придать поверхностному слою высокую твердость и создать большие напряжения сжатия. Эти свойства получаются после закалки и отпуска при 160°C - 200°C для уменьшения хрупкости закаленной стали. По этому закалка от температур, лежащих выше A_{c1} , приводит к образованию мартенситной структуры, удовлетворяющей обоим требованиям. Постепенный переход к пластической феррито-перлитной структуре сердцевины способствует получению оптимального сочетания свойств твердого поверхностного слоя, определяющего большую износостойкость и высокое сопротивление усталостному разрушению с вязкой сердцевиной, гасящей динамические нагрузки.

73. Назначение и виды процесса азотирования

Азотирование стали и чугуна заключается в насыщении поверхностного слоя изделий азотом. В зависимости от назначения это-

го процесса различают высокотемпературное и низкотемпературное азотирование. Эти два процесса имеют различное назначение. Низкотемпературное азотирование (ниже 600°C) имеет целью повышение сопротивления износу и увеличения предела усталости, т. е. улучшения эксплуатационных характеристик изделий из стали и чугуна.

Высокотемпературное азотирование проводят при более высоких температурах ($600 - 1200^{\circ}\text{C}$); используют для повышения эксплуатационных характеристик ферритных и аустенитных сталей и тугоплавких металлов.

В промышленном производстве азотирование является последним этапом термической обработки. Поэтому необходимые структурные изменения в объеме изделия получаются в результате предварительного улучшения, состоящего из закалки и высокотемпературного отпуска для получения структуры сорбита отпуска. Поэтому температура азотирования не должна превышать температуру отпуска при улучшении.

Высокая твердость азотированного слоя способствует увеличению износостойкости. Как правило, азотируемые детали работают в условиях циклического напряжения, т. е. существенным является влияние азотирования на предел выносливости. В условиях получения диффузионного слоя высокой прочности с определенным уровнем напряжений сжатия следует ожидать увеличения предела выносливости. Это общее положение подтверждается экспериментально. Таким образом, при азотировании повышается предел выносливости в соответствии с изменением состояния поверхностного слоя. Однако неожиданным является в этом случае повышение конструктивной прочности. В отличие от гладких образцов реальные детали характеризуются наличием концентраторов напряжений в виде надрезов, отверстий и т. д. Высокая конструктивная прочность в этом случае объясняется повышенной пластичностью, так как более высокое напряжение у концентраторов приводит к большой пластической деформации.

Литература

1. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения: Учебник.- Мн.: Вышэйшая школа, 1997.- 423 с.
2. Материаловедение: учебное пособие для вузов / И. М. Жарский [и др.]. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 557 с.
3. Ворошнин Л.Г. Теория и технология химико-термической обработки: учебное пособие для вузов / Л.Г.Ворошнин, О.Л.Менделеева, А.А.Сметкин. – Москва: Новое знание: Минск: Новое знание, 2010.- 303 с.
4. Теория термической обработки. Учебник для вузов. Блантер М.Е.- М.: Металлургия. 1984.- 328с.
5. Болховитинов Н.Ф. Металловедение и термическая обработка стали. М.: Машиностроение, 1965.- 500с.
6. Справочник по композиционным материалам: В кн.2 /Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера и др.; Под ред Б.Э. Геллера.- М.: Машиностроение, 1988. -448 с.
7. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов/ В.Н.Анциферов и др.: Под общ.ред. Б.С. Митина.- М.: Металлургия, 1987.-792с.
8. Мосталыгин Г.П., Толмачевский М.М. Технология машиностроения.- М.: машиностроение, 1990.- 288 с.
9. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. -М.: Машиностроение, 1987. -320 с.
- 10.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.- 4-е изд.-М.: Машиностроение,1985.- 656 с.
- 11.Геллер Ю.А.. РахштадтА.Г. Материаловедение, М.: Металлургия, 1984..
- 12.Ляхович Л.С., Материаловедение. -Мн.: Вышэйшая школа, 1985.
- 13.Витязь Л.А., Канцевич В.М., Шелег В.К. Пористые порошковые материалы. - Мн.: Высш. школа, 1987.
- 14.Ложечников Е.Б. Прокатка в порошковой металлургии М.: Металлургия, 1987.
- 15.Роман О.В., Габриенов И.П. Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы. - Мн.: Беларусь, 1988.- 175 с.
- 16.Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. - М.: Издательство стандартов,1992.-464 с.
- 17.Белькевич Б. А., Тимашков В. Д. Справочное пособие технолога машиностроительного завода. Мн., "Беларусь", 1972.- 640 с.
- 18.Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник.- Борисёнок Г.В., Васильев Л.А., Ворошнин Л.Г. и др. М.: Металлургия, 1981.-525с.

19.Металловедение и термическая обработка стали: Справочник: в 3 т./ Под ред. М.Л.Бернштейна, М.: Металлургия, 1991.

20.Композиционные материалы: Справочник/ В.В.Васильев и др.; Под общ. Ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990.-512 с.

21.Батищев А.Н., Чижикова Т.В.Голубев И.Г. и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования перерабатывающих отраслей АПК / Справочник.- М.: Информагротех, 1997.- 288 с.

Оглавление

| | |
|---|--------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | стр. 3 |
| 1. Основная цель и задачи дисциплины. Понятие об изделии, детали, сборочной единице, комплексе и комплекте, основном и вспомогательном производстве и их продукции..... | 5 |
| 2. Характеристика производственного и технологического процесса. Структура и определения основных элементов технологического процесса..... | 5 |
| 3. Основные типы производства, их технологическая характеристика | 7 |
| 4. Точность изделий. Понятие о точности и погрешности обработки. Виды погрешностей обработки..... | 9 |
| 5. Понятие о точности линейных размеров. Степени точности по ЕСТД на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей..... | 10 |
| 6. Виды погрешностей формы, расположения, формы и расположения поверхностей. Правила их обозначения в конструкторской документации..... | 10 |
| 7. Понятие реальной и номинальной поверхности, волнистости и шероховатости поверхности..... | 12 |
| 8. Термины и определения параметров шероховатости поверхности, установленные ГОСТ 25142-82..... | 12 |
| 9. Классы чистоты (шероховатости) поверхностей и предпочтительные значения параметров Ra и Rz для этих классов... | 14 |
| 10. Правила обозначения шероховатости поверхности в конструкторской и технологической документации..... | 15 |
| 11. Понятие базы и виды баз..... | 17 |
| 12. Понятие о схеме базирования и опорных точках. Основное правило базирования (правило 6 точек). Сущность принципов совмещения (единства) и постоянства баз..... | 18 |
| 13. Факторы, влияющие на точность обработки. Сущность упругой деформации и жесткости технологической системы... | 20 |
| 14. Влияние на точность обработки заготовок деформаций от действия зажимных сил и размерного износа режущего инструмента..... | 21 |
| 15. Понятие погрешности настройки станка и инструмента на размер и методы установки режущего инструмента..... | 23 |

| | | |
|-----|---|----|
| 16. | Влияние на точность обработки заготовок геометрической неточности станка, приспособлений, инструмента в следствии тепловых деформаций технологической системы..... | 24 |
| 17. | Определение суммарной погрешности механической обработки. Два закона суммирования первичных погрешностей при изготовлении деталей на предварительно настроенном оборудовании..... | 25 |
| 18. | Понятие о припуске и виды припусков на обработку: общий, операционный, промежуточный, симметричный, асимметричный..... | 26 |
| 19. | Методы определения припусков на обработку и их сущность..... | 28 |
| 20. | Методы получения заготовок..... | 31 |
| 21. | Методы обработки заготовок лезвийными инструментами. Сущность и характеристика обработки точением и растачиванием..... | 31 |
| 22. | Сущность и характеристика методов обработки фрезерованием, строганием, долблением и шабрением..... | 33 |
| 23. | Сущность и характеристика методов обработки сверлением, зенкерованием, развертыванием и протягиванием..... | 35 |
| 24. | Методы обработки абразивными инструментами. Характеристика метода обработки шлифованием..... | 38 |
| 25. | Сущность и характеристика методов обработки хонингованием, доводкой и притиркой..... | 41 |
| 26. | Сущность и характеристика методов обработки суперфинишированием и полированием..... | 44 |
| 27. | Сущность и характеристика методов механической поверхностной упрочняющей обработки..... | 45 |
| 28. | Сущность и характеристика метода поверхностной упрочняющей обработки алмазным выглаживанием..... | 46 |
| 29. | Сущность и разновидности электрофизических методов обработки..... | 47 |
| 30. | Сущность, схемы и характеристика электроэрозионных | 48 |
| 31. | Сущность, схемы и характеристика электроконтактного и электромеханического методов обработки..... | 50 |
| 32. | Сущность, схемы и характеристика ультразвукового, плазменного, лазерного и электронно-лучевого методов обработки..... | 51 |
| 33. | Сущность и разновидности электрохимических методов | |

| | |
|--|----|
| обработки..... | 55 |
| 34. Сущность, схема и характеристика анодно-гидравлического метода обработки и электрохимического полирования..... | 55 |
| 35. Сущность, схемы и характеристика электрохимического профильного фрезерования и обработки непрофилированным инструментом, а также электрохимической маркировки..... | 57 |
| 36. Назначение, виды и методы выполнения лакокрасочных покрытий. Правила записи лакокрасочных покрытий в технической документации..... | 59 |
| 37. Назначение и виды металлических и неметаллических неорганических покрытий и способы их выполнения. Обозначение этих покрытий в технической (конструкторской) документации..... | 66 |
| 38. Назначение и виды пластмассовых и резиновых покрытий.. | 69 |
| 39. Характеристика основных методов обеспечения точности сопряжения деталей при сборке..... | 70 |
| 40. Виды неподвижных и подвижных разъемных сборочных соединений: их характеристика, назначение и методы выполнения..... | 73 |
| 41. Характеристика, назначение и методы выполнения неразъемных соединений с гарантированным натягом, развальцовкой и клепкой..... | 75 |
| 42. Характеристика, назначение, область применения и технология выполнения клеевых соединений. Обозначение клеевых соединений в конструкторской документации..... | 76 |
| 43. Соединения сваркой: виды сварных швов, характеристика способов сварки, технологические материалы и свариваемость металлов..... | 78 |
| 44. Соединения сваркой термопластичных пластмасс: способы сварки, обозначение сварных соединений в конструкторской документации..... | 81 |
| 45. Соединения пайкой: сущность, область применения, способы и технология пайки, технологические материалы, обозначение паяных соединений на чертежах..... | 84 |
| 46. Определение и назначение композиционных материалов.... | 85 |
| 47. Классификация композиционных материалов..... | 86 |
| 48. Схема получения композиционных материалов и формиро- | |

| | |
|---|-----|
| вание проектных данных..... | 88 |
| 49. Выбор состава и структуры композитов..... | 89 |
| 50. Основные критерии сочетания компонентов композита..... | 90 |
| 51. Выбор технологии изготовления композиционных материалов..... | 91 |
| 52. Оценка свойств композиционного материала..... | 92 |
| 53. Основные виды технологических схем получения дисперсных композиционных материалов на металлической матрице..... | 93 |
| 54. Механические методы диспергирования твердых материалов..... | 93 |
| 55. Механические методы получения порошков из расплавов... | 94 |
| 56. Физические и химические методы получения порошков..... | 95 |
| 57. Подготовка порошков к формованию..... | 96 |
| 58. Основные виды схем формования порошков..... | 97 |
| 59. Назначение и виды спекания при получении порошковых композиционных материалов..... | 98 |
| 60. Получение порошковых фрикционных и антифрикционных композиционных материалов..... | 99 |
| 61. Получение пористых порошковых материалов..... | 100 |
| 62. Основные типы дисперсных композиционных материалов на керамической матрице..... | 101 |
| 63. Тугоплавкие композиционные материалы на керамической матрице..... | 102 |
| 64. Назначение и основные виды карбидных твердых сплавов... | 103 |
| 65. Минералокерамические твердые сплавы..... | 104 |
| 66. Классификация процессов термической обработки..... | 105 |
| 67. Элементарные процессы при химико-термической обработке..... | 107 |
| 68. Методы химико-термической обработки..... | 108 |
| 69. Сущность и назначение процесса алитирования..... | 110 |
| 70. Сущность и назначение процесса диффузионного хромирования..... | 110 |
| 71. Виды и технология диффузионного хромирования..... | 111 |
| 72. Сущность и назначение процесса цементации..... | 112 |
| 73. Назначение и виды процесса азотирования..... | 112 |
| Литература..... | 114 |

Урбанович Александр Маркович

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСНАСТКИ
ПРОКАТНОГО И ВОЛОЧИЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Пособие

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности**

**1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»**

направления специальности 1-42 01 01-02

«Металлургическое производство

и материалобработка (материалобработка)»

**специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов
давлением» дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 19.11.18.

Рег. № 82Е.

<http://www.gstu.by>