

Министерство образования Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Э.З.Мартынов, Ю.В.Никитин

ТЕХНОЛОГИИ ОТРАСЛИ

Конспект лекций (часть 1)

для студентов 2 курса факультета бизнеса

Новосибирск

2000

Мартынов Э.З., Никитин Ю.В. Технологии отрасли : Конспект лекций. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 47 с.

Конспект лекций содержит изложение материала по первой части дисциплины «Технологии отрасли». Первые темы содержат основные определения и понятия о машинах и машиностроении, освещается роль машиностроения в развитии современной цивилизации, излагаются понятия технологии и технологического процесса. Последующие темы посвящены перечислению основных машиностроительных материалов, описанию их свойств, области их применения. Последние темы содержат изложение технологии основных видов заготовительных и формообразующих производств: литейное производство, обработка металлов давлением, сварки и пайка металлов.

Ил. 32, список лит. 5 наименов.

Рецензент Х.М.Рахимьянов, док. техн. наук.

Работа подготовлена на кафедре «Технологии машиностроения».

1. МАШИНЫ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

1.1. История развития и роль машиностроения.

Человеку для его существования необходимы материальные блага и культурные ценности. Источником получения благ являются предметы природы и человеческий труд. Природа предоставляет в распоряжение человека ничтожно малое количество предметов, которые можно использовать непосредственно, без переработки, без приложения труда. Чтобы облегчить себе труд по освоению природы, человек использует различные орудия (нож, топор, молоток – древнейшие орудия). Человек стал собственно человеком, только когда изготовил первое орудие труда, так как и обезьяна использует палку, чтобы достать банан.

Таким образом, считается, что история человечества началась с момента производства орудий. Но в течение очень многих веков это производство осуществлялось только мускульной силой человека и домашних животных (лошадь – транспорт, человек – кузнец). Некоторое использование воды и ветра (водяные и ветряные мельницы) не могло дать значительного количества энергии, а главное, независимо от природы.

Первая промышленная революция началась с изобретения паровой машины, первого независимого от капризов природы и достаточно мощного источника энергии.

В 1765г английский изобретатель Джеймс Уатт построил первую эффективно работающую паровую машину, а плотник и ткач Харгривс – прядильный станок “Дженни”. В 1769г была построена первая прядильная фабрика. В 1784г Джеймс Уатт создаёт машину “двойного действия” - универсальный промышленный двигатель. В 1785г священник Картрайт создаёт первый образец механического ткацкого станка, который мог заменить труд 40 ткачей.

В нашей стране начало машиностроению было положено созданием в 1632г около Тулы заводов для производства литых пушек, ружей. Но действительно интенсивное развитие машиностроения началось в эпоху Петра I. И первым было имя механика А.К. Нартова – изобретателя токарного станка с механическим суппортом. Потом появились металлургические заводы Демидовых на Урале.

С тех пор машиностроение стало приобретать всё большее значение в экономике стран, в истории человечества.

На сегодняшний день в машиностроительном комплексе сосредоточены огромные ресурсы: от 15 % (Франция) до 42 % (Россия) всех работников, занятых в промышленности; сконцентрировано до 32 % (Япония) основных производственных фондов и производится от 21 % (Россия) до 34 % (США) общего объёма валовой продукции промышленности.

Поэтому наша земная цивилизация называется **машинной**. Только ≈1% всех работ в мире выполняется вручную. Благодаря машинам человек приобретает всё большую независимость от природы и создаёт свою искусственную среду обитания **ноосферу** (от греч. noos – ум, разум). Ноосфера –

это новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором развития. И действительно, большинство окружающих нас предметов имеют искусственное происхождение (дома, мебель, одежда и даже пища).

Решающее значение для развития машиностроения имел тот факт, что машины оказались способны к воспроизводству самих себя. В первобытном обществе с помощью кремневого топора люди делали подобные кремневые орудия, в современном мире – металлорежущие станки производят себе подобные станки и все остальные машины.

В середине XX века началась **вторая** научно-техническая революция, связанная с изобретением ЭВМ и автоматизацией управления машинами, оборудовани­ем, предприятиями. Наступает новая эпоха постиндустриального общества – эра автоматизации умственного труда, эра информационных технологий. Развитие безбумажной информатики, на основе единой цифровой формы её представления стало возможно благодаря высокому уровню промышленных технологий в целом.

1.2 Машины и машиностроение.

Машина (от франц. - machine) – механическое устройство с согласованно работающими частями и осуществляющее целесообразные движения для преобразования энергии, материалов или информации. Основное назначение машины - частичная или полная замена производственных функций человека с целью облегчения труда и повышения его производительности.

В зависимости от выполняемых функций различают:

энергетические машины, предназначенные для получения и преобразования энергии (электрогенераторы и электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, турбины, паровые машины и т.п.);

рабочие машины или машины-орудия, осуществляющие изменение формы, свойств, состояния и положения предметов труда (металлорежущие станки, горнодобывающие и строительные машины, автомобили);

информационные машины, предназначенные для сбора, хранения, переработки и использования информации (все типы ЭВМ).

Но чтобы иметь машины, надо уметь их делать, строить. Поэтому появилась такая отрасль человеческой деятельности, как машиностроение.

Машиностроение – это большой комплекс отраслей промышленности, изготавливающих орудия труда или рабочие машины. Собственно машиностроение подразделяется на более мелкие структуры по принципу специализации выпускаемой продукции: топливно-энергетическое; металлургическое; химическое; агропромышленное, транспортное, электротехническое, станкоинструментальное и т.д.

Изготовление машин требует определённого умения, которое называют технологией (или know how).

Технология (от греч. techne – искусство, мастерство, умение и logos – слово, учение): 1) совокупность методов обработки, изменения состояния,

свойств, формы сырья, материала или полуфабриката для получения готовой продукции; 2) наука о способах воздействия на сырьё, материалы или полуфабрикаты орудиями труда. Развитие технологии осуществляется также по отраслям (технология общего машиностроения, приборостроения, автомобилестроения и т.п.)

Уровень развития машиностроения в стране определяет производительность труда в государстве в целом, качество продукции, производимой во всех других отраслях, а также темпы научно-технического прогресса. А из всех отраслей машиностроения важнейшими являются отрасли, производящие машины-орудия и инструменты (станкостроение, инструментальная промышленность, производство кузнечно-прессового оборудования).

Производство совершенных, качественных машин, в свою очередь, определяется уровнем технологии в отрасли, а уровень технологии напрямую зависит от уровня машин-орудий и инструментов, применяемых в данном технологическом процессе. Поэтому описание технологии сопровождается соответствующим описанием применяемого оборудования: литейных машин, прессов, металлорежущих станков и инструментов. С другой стороны, требования технологии приводят к созданию специального оборудования для осуществления новых методов технологии, что в свою очередь приводит к новому витку научно-технического прогресса. И так до бесконечности!

1.3 Машина как объект производства.

В любой машине можно выделить три основные части: двигательный, передаточный и исполнительный (рабочий орган) механизмы. Всякий механизм состоит из отдельных подвижных и неподвижных деталей. Основной неподвижной деталью является корпус, станина, рама, на которой монтируется весь механизм, вся машина.

В качестве двигателей используют: паровую машину, двигатель внутреннего сгорания, газовую турбину, электродвигатель. Передаточный механизм обычно состоит из валов, соединяющих их муфт, шестерён, преобразующих направление и частоту вращения. Это редуктор, коробка скоростей. Рабочий орган определяется назначением машины. Это колёса у автомобиля, гребной винт у судна, суппорт с резцами у токарного станка.

Механизм – функционально самостоятельная часть изделия, выполняющая механические действия: лентопротяжной механизм, рулевой механизм, механизм подачи материала и т.п.

Машины, механизмы и их детали в процессе производства называются изделиями. *Изделием* называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Различают изделия основного и вспомогательного производства. К первым относят изделия, предназначенные для поставки (реализации) на сторону, например, ткацкие станки; ко вторым - предназначенные для собственных нужд производства: инструмент, оборудование, тара.

Принято различать следующие виды изделий.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций (вал, шестерёнка, корпус). У каждой детали есть обрабатываемые (точные, рабочие) поверхности и необрабатываемые («чёрные»). Многие детали особенно точных механизмов обрабатываются полностью, как говорят, кругом.

Сборочная единица (узел) – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций (свинчиванием, сваркой, пайкой и т.п.). На сборочные единицы составляется **спецификация** (перечисление составных частей).

Комплекс – два или более специфицированных изделия, не соединяемых на заводе-изготовителе, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных функций. Например, комплекс, состоящий из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления.

Комплект – два или более изделия, не соединяемых на предприятии-изготовителе и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например, комплект запасных частей, комплект прилагаемых инструментов и т.п.

Для изготовления изделий машиностроительный завод потребляет следующие исходные предметы.

Материалы – это совокупность чёрных и цветных металлов, неметаллических материалов определённой номенклатуры (перечень наименований) и сортамента (совокупность различных сортов, видов и размеров однородных изделий), предназначенных для переработки в изделия.

Полуфабрикаты (заготовки) – продукт труда, прошедший одну или несколько стадий обработки на одном предприятии и предназначенный для обработки на другом предприятии. Например, завод «Сиблитмаш» отливают станины, которые идут на изготовление станков на заводе «Станкосиб».

Комплекующие изделия – это изделия предприятия-поставщика, применяемые как составные части изделия, выпускаемого заводом-изготовителем. Это могут быть как отдельные детали (стёкла для фар), так и сборочные единицы (подшипники, топливные насосы).

На изготавливаемые изделия разработчиком (заказчиком) представляется **конструкторская документация (КД)**, которая определяет состав и устройство изделия, содержит необходимые данные для его изготовления, контроля, приёмки, эксплуатации и ремонта. В состав конструкторской документации входят следующие документы.

Чертёж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия в целом, взаимодействие его частей и поясняющий принцип работы изделия.

Сборочный чертёж – документ, содержащий графическое изображение сборочной единицы и данные, необходимые для её сборки и контроля.

Спецификация – список составных частей (деталей, с. е.) изделия.

Чертёж детали (деталировка) – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.

Технические условия (ТУ) – документ, содержащий совокупность требований к качеству изделия, к технологии его изготовления, требования по контролю качества изделия и его приёмки службой контроля качества.

1.4 Качество машин (изделий).

Качество машины – совокупность свойств, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. Качество машин оценивается с помощью системы показателей.

Установлены следующие группы показателей качества:

1) **показатели назначения** – характеризуют свойства машины применительно к области её использования (например, мощность, коэффициент полезного действия, производительность и т.п.);

2) **показатели надёжности** (долговечности) – характеризуют продолжительность эксплуатации машины без отказов до полного износа;

3) **показатели технологичности** – характеризуют эффективность, целесообразность производства и эксплуатации машины;

4) **эргономические показатели** – характеризуют степень удобства, комфортности при работе человека с машиной;

5) **показатели стандартизации и унификации** – характеризуют степень использования в машине стандартных и унифицированных элементов;

6) **патентно-правовые показатели** – характеризуют степень патентной защищённости изделий на внутреннем и внешнем рынке;

7) **экономические показатели** – отражают материальные и трудовые затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию машины;

8) **показатели безопасности** – характеризуют степень опасности эксплуатации машины как для человека так и окружающей среды.

Для продукции машиностроения главными являются показатели назначения (техническая характеристика), показатели надёжности (долговечности), эргономические и экономические показатели.

Техническая характеристика определяет всё, что может делать данная машина (изделие), для чего она пригодна (производительность, скорость, мощность, грузоподъёмность и т.п.).

Надёжность – это свойство машины сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров качества при условии соблюдения заданных режимов и правил эксплуатации. Показателями надёжности являются вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов и т.п.

Отказ – это событие, заключающееся в том, что изделие стало неспособным выполнять заданные функции с установленными параметрами.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – это вероятность того, что в заданном интервале времени t отказа изделия не произойдёт. Определяется как:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0},$$

где N_0 – число изделий, работающих в начале испытания, $N(t)$ число изделий, работающих в конце промежутка времени t .

Например, если $N_0=50$; $N(t)=45$, то при $t=800$ ч $P(800)=45/50=0,9$.

Средняя наработка на отказ – это усреднённая продолжительность работы изделия без отказа. Например, $t_1=800$ ч, $t_2=600$ ч, $t_3=400$ ч, $t_4=1000$ ч, $t_5=700$ ч, то $t_{cp} = \sum t_i / n = 3500 / 5 = 700$ ч.

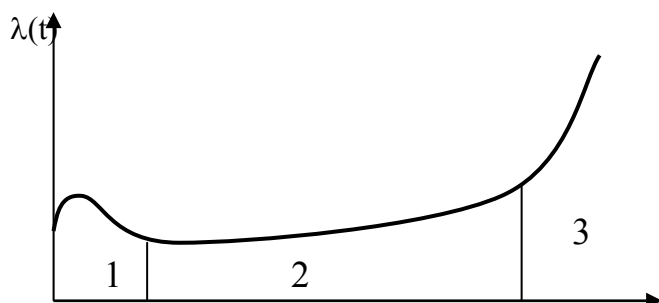


Рис. 1. График интенсивности отказов в зависимости от времени t эксплуатации изделия

Интенсивность отказов – функция времени, показывающая распределение частоты отказов на протяжении всего срока эксплуатации. Различают три этапа эксплуатации (рис. 1): 1-ый этап -

выявление дефектов изготовления машины (приработка во время испытаний на заводе), 2-ой этап – это основной период нормальной эксплуатации; 3-ий этап - этап износа (старения) изделия

Долговечность – это свойство изделия сохранять работоспособность с заданными параметрами до их предельного состояния (при правильной эксплуатации); показателями долговечности могут быть следующие параметры.

Назначенный ресурс – это время работы машины до достижения ею предельного состояния ряда параметров (заданной наработки).

Назначенный срок службы – это срок службы изделия, предельное состояние которого обусловлено достижением календарной продолжительности использования изделия по назначению.

Эргономика – область науки, занимающаяся оптимизацией взаимодействия человека с машиной. Эргономические показатели: удобное расположение органов управления машиной; простота её эксплуатации; обзорность рабочей зоны; гигиенические параметры (уровень шума, вибраций, излучений и т.п.) и др. Машина в эксплуатации не должна вызывать физического или нервно-эмоционального напряжения.

Экономические показатели. Здесь главным является цена изделия на рынке, определяющая целесообразность производства машины и соотносённая с затратами на производство и масштабом сбыта в заданном промежутке времени.

1.5 Точность машин.

В достижении высокого качества изготовления деталей и сборки машин наиболее сложной задачей является обеспечение заданной точности. Проблема точности возникла ещё в средние века при изготовлении ядер к пушкам: необходимо было обеспечить соответствие размеров ядер и каналов стволов.

Точность детали – это степень соответствия готовой детали требованиям чертежа: по размерам, по геометрической форме поверхностей, по степени шероховатости поверхностей.

Размерная точность – степень точности выполнения детали. Невозможно изготовить деталь размером точно 10,000... Фактические размеры всегда отклоняются от заданного: 10,01; 9,98; 10,02; 9,995; 10,004 и т.д. Причём эти цифры могут быть другими, если измерять со всё большей точностью.

С целью нормирования точности вводятся следующие понятия.

Номинальный размер (обозначаемый как D , d , L , l и др.) – заданный, должный размер. Это размер, который определяется конструктором и служит началом отсчёта отклонений. Размер, относительно которого определяют предельные размеры. В машиностроении существует точно определённый ряд номинальных (основных) размеров, рекомендуемых как предпочтительные:

1,0 1,6 2,5 3,2 4,0 6,3 10 16 25 40 50 63 100.

Действительный размер – размер, установленный в процессе измерения с определенной, допускаемой измерительным прибором погрешностью.

Отклонение (погрешность) – разность между действительным и номинальным размерами: $\Delta_1 = 10,1 - 10 = 0,1$; $\Delta_2 = 9,98 - 10 = -0,02$ и т.д.

Чтобы обеспечить допускаемую степень точности изготовления детали стали устанавливать для номинальных размеров **допускаемые отклонения**: ES – верхнее предельное отклонение $ES = D_{max} - D$ и EI – нижнее предельное отклонение $EI = D_{min} - D$. Размеры же D_{max} и D_{min} называются **предельными размерами детали** (наибольшим и наименьшим). Для валов в обозначении приняты маленькие буквы $es = d_{max} - d$ и $ei = d_{min} - d$. На чертежах проставляются так: $42^{-0,013}_{+0,003}$; $60^{+0,11}$ и тп.

Разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми размерами назвали **допуском на размер** (обозначается буквой T):

$T_D = D_{max} - D_{min} = 50,012 - 50,000 = 0,012$ и $T_d = d_{max} - d_{min} = 50,003 - 49,985 = 0,018$. Изображённые на схеме заштрихованные прямоугольники называются **полями допусков** (рис 2).

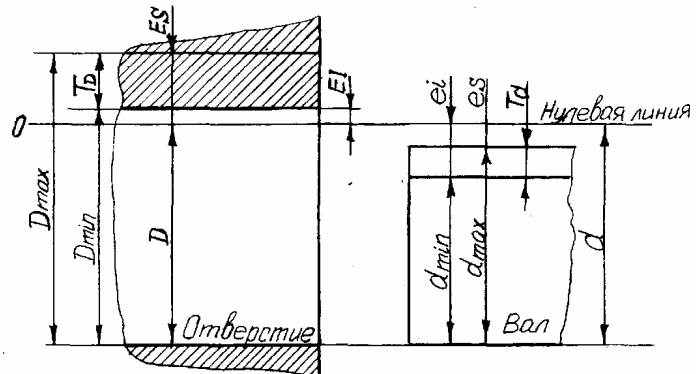


Рис. 2. Схема образования допускаемых отклонений отверстия и вала

Но величина допуска сама по себе ещё ничего не говорит о степени точности. Одно дело, если \square мм имеет допуск 0,05 и совсем другое дело, когда \square мм имеет допуск 0,05. Поэтому установили взаимосвязь между \square допуска и номинальным значением размера. Теперь степень точности \square определяется его **кавалитетом**. Для основного диапазона размеров \square квалитетов: IT01, IT0, IT1, ..., IT17. Буквы IT означают "допуск-ISO" (ISO – международная система стандартов). Например, IT7

означает допуск по 7 качеству. Так для размера 100 допуск IT1=2,5 мкм; IT5=25мкм, IT7=35мкм, IT10=140мкм. В машиностроении качества 7-9 считаются основной нормальной точностью; 5-6 – высокой; 10-14 – низкой точностью; ещё ниже – грубой.

Соединение двух деталей (вал – отверстие) в зависимости от имеющихся отклонений может происходить либо с зазором (свободно) ($D_i > d_i$), либо с натягом ($D_i < d_i$). Но поскольку размеры изготавливаемых деталей находятся в определенном допуске, то говорят, что соединение выполняется с гарантированным зазором, если $D_{min} \geq d_{max}$, или с гарантированным натягом, если $D_{max} \leq d_{min}$. В остальных случаях наблюдаются переходные **посадки**.

Так называется соотношение полей допусков сопрягаемых деталей (рис. 3).

Поля допусков валов обозначают на чертежах маленькими буквами: g; h; js; k; n; p; r; s.

Поля допусков отверстий обозначаются большими буквами: H; Js; K; N; P; F; H; E.

Размер, для которого устанавливается поле допуска обозначают на чертеже числом (номинальное значение), буквой (характер допуска) и цифрой (качество), как например: 20g6 20H8 30h8 30d11 и т.п.

В обозначении посадки в соединении вала и отверстия указывают общий номинальный размер и в виде дроби – допуски отверстия и вала: $50 \frac{H7}{h6}$

1.6 Шероховатость поверхности.

Шероховатость поверхности – это совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, образующих микроскопический рельеф поверхности детали и рассматриваемых в пределах базовой длины

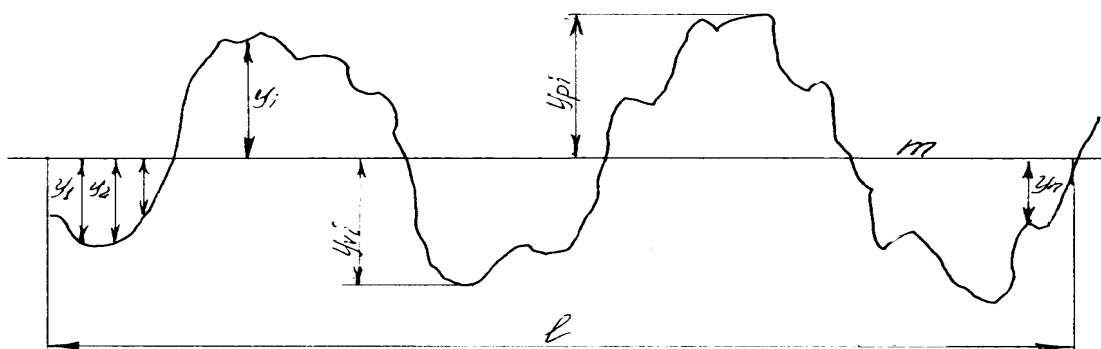


Рис. 4. Профилограмма шероховатости поверхности детали.

Для определения параметров шероховатости «снимают» с поверхности профилограмму путём ощупывания неровностей тонкой алмазной иглой и все величины отсчитывают от средней линии m (рис.4).

Установлено 6 основных параметров шероховатости; рассмотрим два:

1. среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм:

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

где y_i отклонение профиля от базовой (средней) линии.

2. высота неровностей профиля по десяти точкам, R_z , мкм:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{p_i}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v_i}| \right)$$

где y_{p_i} – высота i -го наибольшего выступа профиля от средней линии;

y_{v_i} – глубина i -й впадины от средней линии.

Величина R_a нормируется от 100 мкм до 0,008 мкм. Величина R_z нормируется от 1600 до 0,025 мкм. На чертежах обозначаются $Rz10$, Ra без указания символов, просто цифра 0,63.

Поверхности пониженной чистоты имеют $Rz=40-60$ мкм; поверхности нормальной чистоты - $Rz=20$ или $Ra=3.2-1.6$; поверхности высокой чистоты - $Ra<0.40$ или $Rz<1$ мкм.

2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ

2.1. Производственный и технологический процессы

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий труда, направленных на превращение сырья, материалов и полуфабрикатов в изделие.

Производственный процесс состоит из основных и вспомогательных процессов. Основные процессы направлены непосредственно на изготовление изделий (литьё, обработка, сборка). Вспомогательные процессы необходимы для подготовки и обслуживания основных процессов: ремонт оборудования, хранение материалов, изготовление инструментов и т.п.

Различают 3 этапа производственного процесса: 1) изготовление заготовок (заготовительный); 2) изготовление деталей; 3) сборка изделий (сборочный).

Часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением физического состояния, формы и размеров предметов труда называется **технологическим процессом** (ТП). Технологический процесс представляет собой полное описание последовательности изготовления изделия, применяемых материалов и инструментов, а так же режимов работы оборудования и затрат времени на изготовление изделия.

Технологический процесс состоит из отдельных операций. **Операцией** называется часть ТП, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над изготавливаемым изделием.

Технологическая операция является основной единицей производственного планирования и учета. На основе содержания операций определяется требуемое количество оборудования, приспособлений и инструментов, определяется себестоимость продукции, производится календарное

планирование производства. Кроме основных технологических операций в состав ТП включают вспомогательные операции (контрольные, транспортные).

Каждая технологическая операция выполняется на определенном рабочем месте. **Рабочим местом** называется часть производственной площади, закрепленной за выполняемой операцией. В состав рабочего места входят основное (технологическое) и вспомогательное оборудование (тара для деталей, тумбочка для инструментов), а так же технологическая оснастка.

Технологическое оборудование – комплекс машин и механизмов для выполнения операции технологического процесса (прессы, металлорежущие станки, гальванические ванны, роботы и т.п.).

Технологическая оснастка – это технические средства, обеспечивающие приспособление данного оборудования к выполнению конкретной операции. В состав технологической оснастки входят 1) станочное приспособление для точного и надежного крепления заготовки в процессе обработки; 2) режущий инструмент – для обработки заготовок до нужной формы и размеров; 3) измерительный инструмент – для контроля качества обработки; 4) вспомогательный инструмент – для крепления режущего инструмента в станке.

Совокупность рабочих мест образуют основную организационно-техническую единицу производства – **участок**. Производственные участки специализируются по технологической или предметной форме. При технологической форме специализации на участке выполняются однородные технологические операции (гальванические, токарные). При предметной форме специализации на участках осуществляется производство или сборка отдельных деталей (сборочных единиц). Например, участок изготовления валов, участок сборки коробок передач и т.п.

Совокупность производственных участков, вспомогательных и обслуживающих подразделений образуют экономически автономную структурную единицу - **цех**. В основу организации цехов может быть положена либо технологическая либо предметная форма специализации (литейный цех, цех двигателей и т. п.). В соответствии с тремя стадиями производства основные цехи подразделяются на: 1) заготовительные (кузнечные, литейные, цех раскроя сортового материала); 2) обрабатывающие (механические, холодной штамповки, термические и др.); 3) сборочные (собственно сборочные, механосборочные, сварочно-сборочные и т.п.)

2.2. Типы производства

В зависимости от широты номенклатуры (числа наименований) и объема выпуска изделий (штук/год) современное производство подразделяется на различные типы: **единичное, серийное и массовое**.

Основной характеристикой типа производства является **коэффициент закрепления операций**. Коэффициентом закрепления операций (Кзо) называется отношение всех различных технологических операций (Оп), выполняемых в течение планового периода (месяца) на участке (цехе), к числу рабочих мест (Рм):

$$K_{30} = \frac{O_{п}}{P_{м}} .$$

Если $K_{30} < 10$ – производство крупносерийное, при $K_{30}=1-2$ массовое;

$K_{30} < 20$ – производство серийное

$K_{30} < 40$ – производство мелкосерийное, свыше – единичное.

Единичным называют производство, при котором процесс изготовления одного или нескольких изделий совсем не повторяется, либо повторяется через неопределенные промежутки времени. Единичное производство должно быть очень гибким, приспособленным к выполнению разнообразных заданий. Для этого завод должен располагать комплектом универсального оборудования и технологической оснастки, штатом высококвалифицированных рабочих.

Технологический процесс при этом виде производства имеет уплотненный характер: на одном рабочем месте выполняется несколько операций. Применяемый режущий и измерительный инструмент также должен быть универсальным. Оборудование в цехе располагается по виду станков (участки токарных, фрезерных, шлифовальных станков).

Серийным называют производство, при котором процесс изготовления изделий ведется партиями (сериями), регулярно повторяющимися через определенные промежутки. Понятие «партия» относится к количеству деталей, а понятие «серия» к количеству наименований машин, запускаемых в производство одновременно. Например, планируется в течение года производить 5 видов электрочайников партиями по 5-10 тыс. шт.

Серийное производство должно быть достаточно гибким, приспособленным к выпуску новых изделий, в пределах своей специализации.

Оборудование здесь применяют разнообразных видов: общего назначения (универсальное), специализированное (для отдельных видов деталей), агрегатное (перестраиваемое) и автоматизированное (с ЧПУ). Все оборудование должно иметь возможность переналадки его на производство машин новой серии.

Часть рабочих (т.н. операционники) имеют меньшую квалификацию, чем работники, обслуживающие универсальное оборудование. Широко применяются переналаживаемые приспособления. Наряду с универсальным используется специальный режущий и измерительный инструмент.

Оборудование частично расположено по типу станков (шлифовальные, координатно-расточные, токарно-револьверные автоматы), частично по ходу технологического процесса.

Серийное производство является наиболее распространенным видом производства в общем машиностроении (до 80% объема продукции), это – станкостроение, производство насосов, вентиляторов, тепловозов и т.п.

Массовым называют производство, при котором изделия ограниченной номенклатуры выпускаются в больших количествах и где на большинстве рабочих мест в течение длительного времени (два-три года) выполняются одни и те же операции.

В таком производстве применяется высокопроизводительное оборудование (автоматы и полуавтоматы, агрегатные и специальные станки,

автоматические линии), специальные приспособления, специальные режущие и измерительные инструменты.

Оборудование располагают по ходу технологического процесса (поточно). Участки специализируются предметно (участок коленчатых валов, шестерен, автоматическая линия обработки блока цилиндров и т.п.). Обработанные детали почти сразу идут на сборку. Широко применяется автоматизация производственных процессов, как основных, так и вспомогательных, например, путем использования промышленных роботов.

Этот вид производства отличается самой совершенной формой организации и самыми прогрессивными технологическими процессами.

2.3. Технологическая подготовка производства

Каждое изделие проживает определенный жизненный цикл от своего возникновения до исчезновения. Этапами такого цикла являются:

1. появление потребности (естественной или искусственной);
2. конструирование (проектирование) изделия с заданными свойствами;
3. производство изделия заданного качества и в заданном объеме;
4. эксплуатация изделия (включая ремонт) до срока морального или полного физического износа;
5. утилизация изделия или его компонентов.

Рыночная экономика с конкуренцией производителей определяет особенности этапов жизненного цикла изделий. На этапе формирования потребности большую роль играет искусственный фактор: реклама, престиж. Растет интенсивность смены изделий. Сроки конструирования сокращаются. Необходимость быстрого выхода на рынок требует соединения процесса конструирования с производством. Производство теряет массовый характер, становится серийным, гибким, способным быстро переходить на выпуск новых изделий. Эксплуатация изделий чаще всего идет до морального срока их старения. Утилизация изделий все более усложняется (в части разделения компонентов) и дорожает.

Непосредственно производственный процесс изготовления изделия состоит из двух этапов: 1) подготовка производства к выпуску нового изделия (постановка изделия на производство) и 2) собственно процесс производства изделий на продажу.

Под технологической подготовкой производства понимается комплекс следующих работ:

1. Анализ технологичности конструкции изделия, который предусматривает изучение возможности и целесообразности изготовления нового изделия средствами существующего производства.

2. Анализ состава изделия (спецификаций), составление ведомостей покупных, заимствованных (из ранее изготавливаемых) и оригинальных деталей (узлов).

3. Составление расцеховки изделия, т.е. определения перечня цехов предприятия, через которые должен проходить заказ – новое изделие. Расчет загрузки цеха, требуемое расширение производства.

4. Проектирование технологических процессов изготовления всех деталей, сборочных единиц и сборки изделия в целом.

5. Анализ требуемого оснащения технологических процессов и установление необходимости: 1) закупки на стороне нового оборудования и средств технологического оснащения; 2) использования существующих средств оснащения, их доработки; 3) проектирования и изготовления новых оригинальных средств оснащения.

6. Доработка и изготовление специальных средств технологического оснащения: приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

7. Разработка новой планировки цехов участков.

8. Отладка технологии и оснащения при изготовлении опытной партии.

В прежние годы подготовка производства занимала от 1-2 до 5-7 лет в зависимости от сложности изделия. И это было не так много по сравнению с длительностью производства изделия – 10-15 лет. В наше время, в условиях рынка, когда требуется постоянное обновление продукции, сроки выпуска продукции сокращаются до 3-5 лет (а по некоторым видам до 1,5 года). И процесс подготовки производства из эпизодического становится постоянным, затраты на подготовку производства растут. Причем в некоторых случаях именно подготовка производства определяет темпы научно-технического прогресса.

3. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

3.1 Свойства металлов и сплавов.

Различают механические, физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Механические свойства характеризуют способность материала находиться под нагрузкой не разрушаясь и, вместе с тем, хорошо деформироваться (изменять форму и размеры).

Внешняя нагрузка вызывает в твёрдом теле напряжение и деформацию.

Напряжение - это нагрузка (сила), отнесённая к единице площади сечения:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \frac{H}{m^2}$$

Где P - нагрузка, H; F - площадь, м.

Деформация - изменение формы и размеров тела под влиянием приложенных внешних сил. Деформация может быть упругой, т.е. исчезающей после снятия нагрузки, и пластической, остающейся после снятия нагрузки. Упругая деформация при росте нагрузки переходит в пластическую.

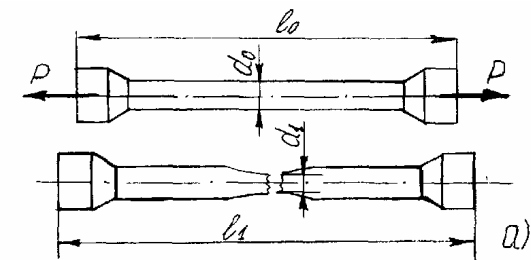


Рис.5. Образцы для испытания металлов на прочность и кривая растяжения $\delta, \text{мм}$

Количественные значения механических свойств определяются в процессе испытания специальных образцов на разрывных машинах, которые фиксируют зависимость деформации (Δl) от нагрузки (P) (Рис. 5).

Прочность – способность твёрдого тела сопротивляться деформации или разрушению под действием внешних сил.

1. **Предел прочности** (временное сопротивление, МПа):

$$\sigma_{\sigma} = P_{\text{max}} / F_0$$

2. **Предел текучести** (МПа):

$$\sigma_T = P_T / F_0$$

Пластичность – способность материала получать остаточное изменение формы и размера без разрушения.

3. **Относительное удлинение**

$$\delta = (l_1 - l_0) / l_0 * 100\%$$

4. **Относительное сужение**

$$\psi = (F_1 - F_0) / F_0 * 100\%$$

Таблица 1

Сравнительные данные по прочности некоторых материалов

Прочность материала	Fe-сплавы	Al-сплавы	Ti-сплавы
Низкая, МПа*	До 650	до 200	до 400
Средняя, МПа	650-1300	200-400	400-800
Высокая, МПа	1300-1400	св. 400	св. 800

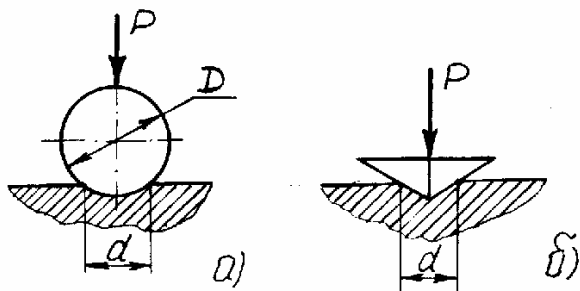


Рис. 6. Испытания на твёрдость

Твёрдость – это способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела. Твёрдость и единицы её измерения определяются методом измерения. Рассмотрим некоторые из них..

5. **Твёрдость по Бринеллю (НВ)** определяется путём вдавливания стального шарика диаметром D в образец (изделие) под действием нагрузки F и измерения диаметра d после снятия нагрузки. Обозначают НВ185 (рис.6,а).

6. **Твёрдость по Роквеллу** определяется путём вдавливания наконечника с алмазным конусом (рис. 6,б) и измерения глубины вдавливания с разной силой (шкалы А и С). По шкале С определяется твёрдость закалённых (очень твёрдых) материалов; обозначается HRC от 22 до 68, (средняя – 45). Шкала А используется

для измерения твёрдости очень тонких (до 1 мм) поверхностных слоёв или очень твёрдых инструментальных материалов; обозначается HRA 70...85.

Физико-химические свойства: плотность материала, температура плавления (легкоплавкие - до 400-500°C, тугоплавкие свыше 1700°C), коэффициент линейного расширения, электропроводность и теплопроводность.

Технологические свойства определяют способность материала подвергаться различным методам холодной и горячей обработки:

1. жидкотекучесть – способность сплава заполнять литейную форму;
2. усадка – сокращение объёмов и размеров отливки после остывания;
3. ковкость – способность материала деформироваться при невысоком сопротивлении и принимать нужную форму без разрушения.
4. свариваемость - способность металлов и сплавов образовывать прочное соединение при совместном расплавлении.

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материалов работать в машине с необходимой надёжностью:

1. хладостойкость – способность материала работать при отрицательных температурах;
2. жаростойкость – способность работать при высоких температурах;
3. износостойкость – способность сопротивляться истиранию в процессе трения деталей друг о друга;
4. циклическая прочность – способность выдерживать знакопеременные нагрузки определённое число циклов (для стали – $5 \cdot 10^6$).

3.2 Чугуны и стали.

Все металлы и сплавы делятся на **чёрные** (железо и сплавы на его основе) и **цветные**, точнее не железные. На долю чёрных металлов приходится 95% мировой металлопродукции. К чёрным металлам относятся чугуны и стали.

Чугун – сплав железа с углеродом (3-4,5%С) и некоторым количеством марганца, кремния, серы и фосфора...

Серый чугун (технический) – это сплав состава Fe-Si-C с постоянными примесями Mn, P и S. Обозначается буквами СЧ и числом, обозначающим предел прочности в кгс/мм² (СЧ32). Широко применяется для изготовления станин машин, корпусов.

Ковкий чугун (более прочный). Обозначается буквами и цифрами: первые две - показывают σ_s , вторые δ , например, КЧ17-32. Этот материал используется для изготовления массивных деталей, работающих при высоких динамических и статических нагрузках: маховики, коленчатые валы, крупные колёса.

Жаростойкий чугун - обладает повышенной стойкостью к воздействию высоких температур (300-400 °С). Обозначается буквой Ч. Последующие буквы обозначают легирующие элементы, а цифры - их содержание: ЧС5 (Si-5%).

Сталь – деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (до 2%). Это основной конструкционный материал в машиностроении. По химическому составу стали подразделяются на углеродистые и легированные. Углеродистые стали помимо Fe и C содержат марганец (до 1%) и кремний (до 0,45%), а также

вредные примеси: серу и фосфор. Легированные стали дополнительно содержат легирующие (примесные) элементы: хром, никель, молибден, марганец, вольфрам.

Сталь углеродистая обыкновенного качества, обозначается буквами Ст и цифрами от 0 до 6, например, Ст3. Увеличение номера обозначает повышение содержания углерода С и величины предела прочности σ_b . Из этих сталей изготавливают прокат для металлоконструкций: уголок, швеллер, тавр и др. Это самый дешёвый металл, применяемый в строительных конструкциях.

Сталь углеродистая качественная. Обозначается только цифрами 08, 10, 15, ..., 85, которые указывают содержание углерода в сотых долях процента. Увеличение содержания углерода повышает прочность, но снижает пластичность стали. Низкоуглеродистые стали (до 0,1%С) используются для холодной штамповки. Среднеуглеродистые стали (до 0,5%С) – для изготовления большинства деталей машин (например, сталь 45). Высокоуглеродистые – для деталей, работающих на износ и закаливаемых до высокой твёрдости.

Сталь легированная конструкционная имеет много марок. Основные недорогие легирующие элементы: марганец, кремний, хром. Более эффективные: никель, молибден, вольфрам. Различают низколегированные стали (общее количество легирующих элементов не более 2,5%), легированные (2,5-10%), высоколегированные (св. 10% добавок, но железа не менее 45%). Легирующие элементы повышают предел текучести (σ_T) и относительное сужение (ψ) при высокой прочности (σ_b).

Легированные стали маркируются цифрами и буквами: первые цифры указывают содержание углерода С в сотых долях %; буквы обозначают легирующие элементы, цифры – их содержание в % (количество добавок до 1% не обозначается). Принято обозначать: Mn–Г; Si–С; Cr–Х; Ni–Н; Mo–М; W–В; V–Ф и т.п. Например: 45Г; 30ХГС; 12Х24Н4А (буква А означает, что сталь высококачественная, содержит меньше фосфора Р и серы S). Рассмотрим некоторые группы легированных сталей.

Строительные низколегированные стали содержат не более 0,22%С; 1,8%Mn; 1,2%Si и 0,8Cr. К ним относятся стали 09Г2, 10Г2С1, 15Г2КФ. Эти стали хорошо свариваются. Применяются для ответственных строительных конструкций.

Конструкционные легированные стали: 1) хромистые - 15Х, 20Х, хорошо закаливаются; 2) хромованадиевые стали: 20ХФ с улучшенными механическими свойствами; 3) хромоникелевые: 12ХН3А – для изготовления ответственных деталей; 4) хромомарганцовистые: 18ХГТ, 25ХГТ; 5) хромомарганцовистоникелевые: 20ХГНМ.

Высоколегированные стали имеют особые свойства: 1) коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии: 12ХН19, 12Х18Н9; 2) жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, работающие при температуре до 800°C без окисления: 08Х17Н5М3 и др. 3) жаропрочные стали и сплавы, работающие при высоких температурах и под нагрузкой: 10Х14Г14М4Т, 03Х16Р15М3 и др.

3.3 Цветные металлы и сплавы.

Алюминий и его сплавы обладают низким удельным электрическим сопротивлением, хорошей теплопроводностью и коррозионной стойкостью. Алюминий выпускают особой чистоты (А999, с 001% примесей), высокой чистоты (А995, А99), технической чистоты и алюминий технический деформируемый. Чистый алюминий применяется в электротехнической промышленности, в машиностроении применяются сплавы алюминия.

Алюминиевые сплавы делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы выпускаются на основе Al-Mn (Амц), Al-Mg (АМг), Al-Ag-Si (АД31), Al-Cu-Mn (Д1) и т.д.

Литейные алюминиевые сплавы делятся на 5 групп: 1) сплавы на основе Al-Si - хорошо лются, работают при 150-200°; 2) на основе Al-Si-Cu (АЛ3, АЛ5) – хуже коррозионная стойкость, рабочая температура – 270°С, 3) на основе Al-Mg (АЛ8, АЛ23) – высокая коррозионная стойкость, но рабочая температура – 100°С, 4) на основе Al-Cu (АЛ7, АЛ19) – хуже лются, но хорошая коррозионная стойкость, 5) сплавы на основе сложных систем (АЛ1, АЛ21) обладают высокой жаропрочностью.

Медь и её сплавы. Медь отличается высокой теплопроводностью, электропроводимостью, коррозионной стойкостью. Хорошо обрабатывается давлением, удовлетворительно - резанием. Применяется в виде сплавов.

Латуни – медные сплавы с основным легирующим элементом – цинком (Zn). По сравнению с чистой медью обладают более высокой прочностью, коррозионной стойкостью. Простые латуни обозначаются буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах (Л80). В специальных латунях после буквы Л пишут заглавную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах (например, Л Ж Мц 59-1-1, т.е. Cu-59%, Fe-1%, Mn-1%, остальные 39%-Zn).

Латуни разделяются на литейные и деформируемые. Все латуни, за исключением свинцовосодержащих, легко поддаются обработке в холодном и горячем состоянии.

Бронзы называются медные сплавы, в которых легирующими элементами являются различные металлы, кроме цинка. Маркируют бронзы буквами Бр, за которыми следуют заглавные буквы легирующих элементов, а через тире – цифры, показывающие их процентное содержание (напр. Бр ОФ 4-0,25 содержит олова-4%, фосфора-0,25%, остальные ≈ 96% - медь.)

По сравнению с латунями бронзы обладают более высокой прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они весьма стойки на воздухе, в морской воде, растворах органических растворителей и др. средах. Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке.

Медно-никелевые сплавы выделяют в особую группу. Эти сплавы разделяют на конструкционные: мельхиор МНЖМц 30-1-1 и МН19, нейзильбер

МНЦ 15-20 (посуда) и электротехнические: константан МНМц 40-45 (нагревательные элементы), копель МНЦ 43-05 и др.

Магнитные материалы подразделяются на магнитомягкие (коэрцитивная сила* $H_c < 800 \text{ А/м}$) и магнитотвёрдые ($H_c > 4 \text{ А/м}$).

Магнитомягкие материалы (чистое железо) применяются для производства магнитопроводов (сердечников трансформаторов, якорей и статоров электродвигателей, электромагнитов).

Магнитотвёрдые материалы выпускают на основе сплавов Fe-Ni-Al (сплавы ЮНД) и Fe-Ni-Co-Al (сплавы ЮНДК) и применяются для изготовления постоянных магнитов в радиотехнике.

Титановые сплавы обладают следующими достоинствами: 1) высокой коррозионной стойкостью, 2) немагнитностью, 3) высокой удельной прочностью, 4) низкой теплопроводностью, 5) низким коэффициентом линейного расширения.

Титановые сплавы разделяются на литейные и деформируемые. Наиболее известны литейные сплавы ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих в диапазоне температур от -253°C до $+350^\circ\text{C}$. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный, предназначен для изготовления деталей, работающих при температуре до $+500^\circ\text{C}$.

Магний в зависимости от чистоты химического состава выпускается марок Мг96, Мг95, Мг90. Магниевые сплавы подразделяются на литейные (Мл) и деформируемые (МА). Применяются для изготовления арматуры повышенной герметичности, деталей самолётов, ракет.

*коэрцитивная сила – напряжение магнитного поля, необходимое для полного размагничивания предварительно намагниченного материала.

3.4 Сортамент металлов.

Сортамент – данные о формах, размерах и материале различных видов однотипных изделий.

Металл для передела литьём, реже ковкой, поступает на завод в виде **чушек** – небольшого слитка металла в виде бруска, отлитого в горизонтальном положении в открытую форму. Металл для передела ковкой поступают в виде **болванок** и **блумсов** (обжатых), также в виде брусков, полученных прокаткой.

Для механической обработки металл с металлургических предприятий поступает в виде **проката**, т.е. длинномерных (от 4 до 12 м) изделий различного профиля, полученных на прокатных станах.

Наиболее распространена поставка чёрных и цветных металлов в виде **прутков** следующих профилей:

1. круглый ($\varnothing 5 \dots \varnothing 250 \text{ мм}$);
2. квадратный (от 5×5 до $200 \times 200 \text{ мм}$);
3. шестигранный ($S =$ от 8 до 100 мм).

Профильный прокат может быть разных форм в поперечном сечении:



уголок уголок швеллер двутавр зетовый рельсовый
равнобокий неравнобокий профиль профиль

Рис.7 Некоторые профили металла, получаемые прокаткой.

Листовой прокат идёт на изделия, получаемые штамповкой, вырубкой, вырезкой; толщина листов 0,4...160, ширина 500...3800 и длина 1000...12000.

Кроме того, выпускается прокаткой **полосовой** материал и **лента** (тонкий, длинный материал в рулонах).

Проволока в бухтах или на катушках идёт на изготовление мелких изделий (гвоздей, шурупов и т.п.).

Трубы, получаемые прокаткой, применяются для разных трубопроводов и получения заготовок для полых деталей.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

4.1. Назначение и виды термических операций

Термической обработкой называется изменение физических свойств или химического состава материала детали в результате структурных превращений, происходящих при сильном нагреве и охлаждении детали в различных средах.

Рассмотрим основные виды операций термической обработки.

Отжиг – термическая операция, состоящая в нагреве металла до высоких температур (800-900⁰С), некоторой выдержке при этой температуре и медленном охлаждении (с печью). Отжиг осуществляется для возвращения металлу пластических свойств, утерянных при пластической деформации или других видах термической обработки..

Нормализация - термическая операция, состоящая в нагреве стальных деталей до средних температур (600-700⁰С), выдержке при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе. По сравнению с отжигом металл только наполовину восстанавливает свою пластичность, частично сохраняя свою твёрдость и пластичность.

Закалка - термическая операция, состоящая в нагреве металла до очень высоких температур (950-1050⁰С), при которых происходят разные фазовые превращения, выдержке при этой температуре и последующего быстрого охлаждения в воде, масле. Закалка придаёт материалу очень высокую твёрдость, жёсткость и упругость. Но при этом сталь почти полностью теряет пластичность.

Отпуск – термическая операция, состоящая из нагрева до низких (300-400⁰С), средних (500-600⁰С) или высоких (700-800⁰С) температур, выдержке при этой температуре и последующего медленного охлаждения. Отпуск применяют для снятия в металле внутренних напряжений, снижения хрупкости при сохранении достаточной твёрдости и упругости. Чем выше температура нагрева

при отпуске, тем ниже становится твёрдость детали. Применяется обычно после операции закалки.

Старение – термическая операция, применяемая для стабилизации свойств и размеров деталей на протяжении срока службы машины. Старение может быть естественное и искусственное. При естественном старении детали, обычно изготовленные литьём, оставляются на открытом воздухе на 3-5 лет. При искусственном старении детали медленно нагревают до невысоких температур (150-250⁰С), подвергают длительной выдержке при этой температуре (5-7 суток), а затем медленно с печью охлаждают.

Таким образом, при термической обработке только за счёт структурных превращений исходному материалу придают широкий диапазон свойств.

Особые свойства материалу можно придать, насыщая его поверхность различными элементами. Поверхность детали становится твёрдой и износоустойчивой, а сердцевина остаётся мягкой. Эти операции носят название **химико-термической обработки**. Рассмотрим некоторые из них.

1. **Цементация** – поверхностное насыщение малоуглеродистых сталей углеродом до 0,8-0,9 % для повышения твёрдости путём последующей закалки и отпуска. Цементация придаёт изделию высокую износоустойчивость поверхности при вязкой сердцевине (зубчатые колёса, валы, пальцы гусеничных траков).

2. **Азотирование** – поверхностное насыщение стали азотом при нагреве до 500-600⁰С в среде аммиака (NH₃). Азотированный слой приобретает при этом высокую твёрдость (до HRC 70-72) и износоустойчивость, а также коррозионную устойчивость. Повышается усталостная прочность.

3. **Цианирование** – одновременное поверхностное насыщение стали азотом и углеродом при длительном нагреве деталей в расплаве (850-930⁰С) цианистых солей (NaCN, Ca(CN)₂, K₄Fe(CN)₆). Поверхностный слой деталей толщиной 0,25-0,5 мм приобретает высокую прочность и твёрдость.

4. **Диффузионная металлизация** – насыщение стали металлами: алюминием (алитирование), хромом (хромирование), кремнием (силицирование), и отчасти бериллием (берилизация).

4.2 Технология термической обработки.

Характер и вид термической обработки определяется конструктивными требованиями (чертежом детали) или требованиями технологии изготовления (отжиг для снятия наклёпа после грубой механической обработки).

Объём термического передела на машиностроительных заводах составляет значительную величину - до 40 % стальных и до 25 % чугуновых и цветных материалов деталей.

Термическая обработка организуется:

1) в специальных термических цехах (крупногабаритные изделия, мелкосерийное производство);

2) в термических отделениях цехов (наиболее часто, некрупные изделия, серийное производство);

3) на рабочих местах в цехе, например, в кузнечном – печь обжига; в механическом – установка ТВЧ (в потоке, массовое производство).

Процесс термической обработки (ТО) состоит из следующих операций:

- 1) подготовка изделий к операции (очистка, мойка);
- 2) нагрев заготовок и выдержка при заданной температуре;
- 3) охлаждение с определённой скоростью и в определённой среде;
- 4) очистка от образовавшейся окалины.

Подготовка заготовок выполняется путём очистки поверхности от загрязнений (масло, пыль), могущих вызвать изменение состава среды нагрева или насытить поверхностный слой неконтролируемыми примесями. Операция выполняется в специальных моющих агрегатах сочетанием механического воздействия (щётки) с химическим (моющие вещества). Сушка - путём обдува деталей горячим воздухом.

Нагрев – самая трудоёмкая, дорогая и ответственная операция термической обработки. Выполняется в специальных термических печах. Они различаются главным образом по способу нагрева:

- 1) газопламенные (крупные детали, большие печи);
- 2) электрические (сопротивления, детали средних размеров);
- 3) токами высокой частоты (мелкие детали, в потоке).

Печи имеют механизм регулирования скорости нагрева и температуры в зоне печи, а также времени выдержки и охлаждения. На рис. 8 изображена камерная печь для нагрева заготовок при термической обработке. Она состоит из металлического кожуха 1, слоя теплоизоляции 2 и внутренней футировки (облицовки) 3 из огнеупорного кирпича. Нагреватели 4 расположены в стенках футировки. Дверь 5 поднимается при загрузке деталей в печь.

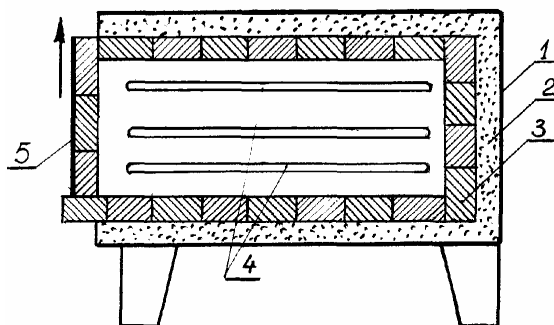


Рис. 8. Печь камерная для нагрева

При нагреве деталей до высокой температуры на воздухе происходит окисление и обезуглероживание (выгорание углерода) поверхностного слоя, что снижает твердость и износостойчивость материала.

Для предохранения поверхности металла от окисления в рабочее пространство печи вводят газовую защитную атмосферу. Чаще всего применяется сжигание природного газа (метана CH_4), чем устраняется кислород из атмосферы печи. В малых объемах печей применяют инертные газы (гелий, аргон).

Хорошие результаты даёт нагрев деталей в специальных ваннах печей. Средой в этих печах является расплавленная соль (часто $NaCl$). Её температура плавления примерно $800^{\circ}C$. В таких ваннах обеспечивается быстрый и равномерный прогрев детали, отсутствует окисление поверхности. Применяется для нагрева деталей под закалку, отпуск, цементацию и т.п.

Охлаждение осуществляется быстрым переносом детали из печи в охлаждающую ванну (при закалке!). В качестве охлаждающей среды в этих

ваннах используют воду, водные растворы солей или щелочей, минеральное масло. Вода и водные растворы дешёвы, доступны, обеспечивают высокую скорость охлаждения, но эффективность процесса часто снижается образованием “паровой подушки”. Закалка в масле характеризуется меньшей скоростью охлаждения и большей стабильностью результатов обработки. Недостатком масляных ванн является их повышенная стоимость и опасность воспламенения паров масла.

Очистка от окалины выполняется либо механическим путём (дробеструйная, пескоструйная) крупных и средних деталей, либо химическим или электрохимическим способом (мелкие детали).

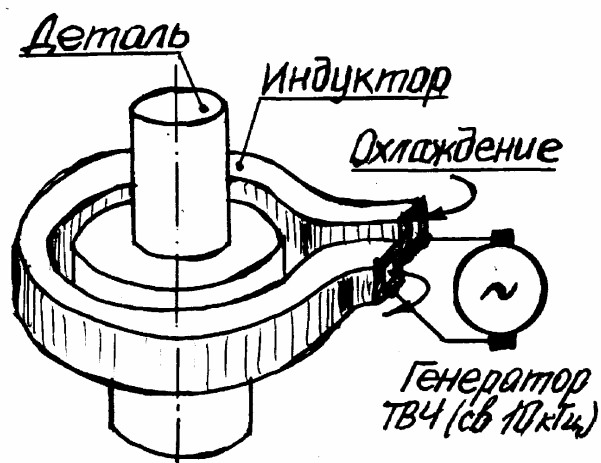


Рис. 9. Схема закалки токами высокой частоты

Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) используется для прогрева тонкого поверхностного слоя (1,5 – 3 мм), который и принимает закалку. Сердцевина остаётся вязкой. Нагрев токопроводящих тел осуществляется за счёт возбуждения в них вихревых токов (рис. 9). Охлаждение – водяным душем. Процесс протекает очень быстро (30-40 сек).

5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ЛИТЬЕМ

5.1. Общие сведения о процессе литья

Литьем называют процесс изготовления фасонных заготовок (деталей) путем заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию деталей. После затвердевания металла в форме получается отливка. Эти заготовки в дальнейшем подвергаются механической обработке.

Литье - наиболее простой, универсальный и дешевый способ формообразования заготовок. Этим способом можно получать очень сложные и очень крупные заготовки. Масса заготовки может быть от нескольких грамм до сотен тонн.

В различных машинах до 50 % всех деталей изготовляют литьем, например, в металлорежущих станках - 80%, в тракторах, автомобилях - 55%. Льются почти все виды черных и цветных металлов и сплавов.

Недостатком этого метода является большой отход металла в литниковую систему (до 35%), большое число ручных операций и тяжелые условия работы в «горячем» и пыльном цехе.

Процесс литья состоит из следующих операций:

- 1) плавка металла из чушек, стального лома и отходов;
- 2) заливка жидкого металла в форму;

- 3) охлаждение и затвердевание жидкого металла в форме;
- 4) извлечение (выбивка) заготовки из формы;
- 5) удаление литников и очистка отливки от формовочной земли.

Основным инструментом (оснасткой) литейного производства является **литейная форма**. От точности и качества изготовления последней зависит качество отливки. Формы делятся на разовые (одна отливка), полупостоянные (несколько штук отливок) и постоянные (от десятков до 10^5 отливок).

Главным оборудованием в литейных цехах являются различные **печи** для плавки металла.

Вагранка (рис. 10) - шахтная печь для получения жидкого чугуна. Ее производительность от 1 до 300 т/ч. Вагранка состоит из металлического корпуса 1 выложенного изнутри огнеупорным кирпичом 2. Шихту 9 загружают сверху. Она состоит из доменного чугуна (в чушках), металлолома и отходов литейного производства. Слой шихты 3 чередуется со слоями кокса и флюсов 4. Для интенсификации процесса плавления применяют кислородное дутьё 5. Расплавленный чугун 8 сливается в ковш-накопитель через лётку 7.

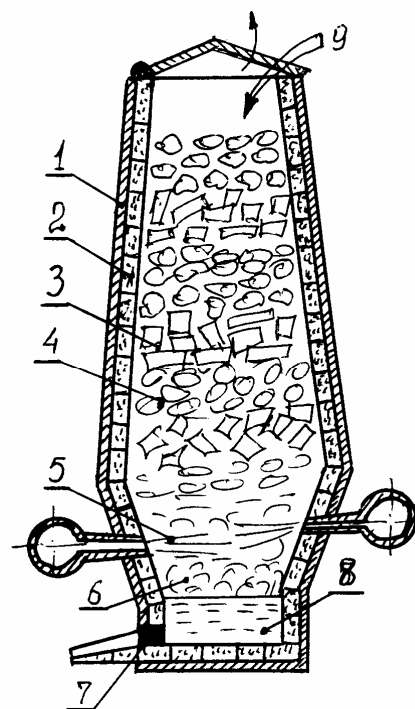


Рис 10. Схема вагранки

Дуговая электропечь (рис. 11) - промышленная печь, в которой тепло электрической дуги 5 используется для плавки металла (сталь, чугун). Металлический корпус 1 выложен огнеупорным кирпичом 2. В крышке 3 укрепляются электроды 4. В такой печи достигается температура $\sim 2500^\circ\text{C}$. Вместимость печей достигает 150 т. Электроды могут быть постоянные (не расходующиеся: графитовые, вольфрамовые) и расходующиеся - из металла близкого по составу к расплавляемому.

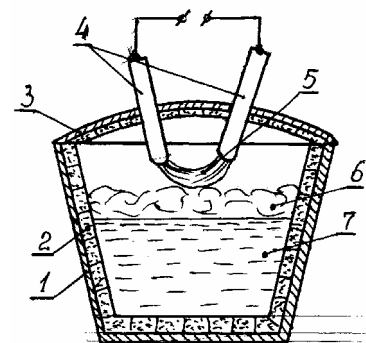


Рис. 11. Дуговая электропечь

Индукционные электропечи - металл помещается в переменное магнитное поле высокой частоты, в результате чего в металле индуцируется переменный электрический ток, разогревающий металл ($1500-1600^\circ\text{C}$).

Электрические печи сопротивления - в них источником тепла является спираль из нихрома; применяют такие печи в основном для плавки цветных металлов и сплавов с невысокой температурой плавления (до 900°C).

5.2. Литье в землю

Древнейший способ литья. Выполняется по двум вариантам: 1) ручной формовкой по деревянным моделям и 2) машинной формовкой по металлическим моделям. До 80% всех отливок получается литьем в землю.

Литье по деревянным моделям используется в единичном и мелкосерийном производстве для получения заготовок сложной конфигурации средних и крупных размеров (до 200 т) из черных и цветных металлов.

Название способа литья происходит от того, что литейная форма изготавливается из специальной земляной смеси.

Сначала разрабатывается чертеж отливки. Необрабатываемые размеры модели делают больше размеров детали на величину усадки – уменьшение размеров после остывания отливки - 3-4%. На обрабатываемые поверхности назначается припуск, т.е. слой металла, удаляемый с заготовки последующей обработкой для получения заданной точности и шероховатости поверхности. Чем выше требуется качество обработки, тем больше назначают припуск (в среднем - 3-5 мм). Для упрощения конфигурации отливки назначают напуски. Для извлечения модели из формы на поверхностях, перпендикулярных плоскости разреза делают уклоны на $2-3^{\circ}$. Для получения плавного перехода в углах отливок делают галтели (радиусы величиной 3-5 мм).

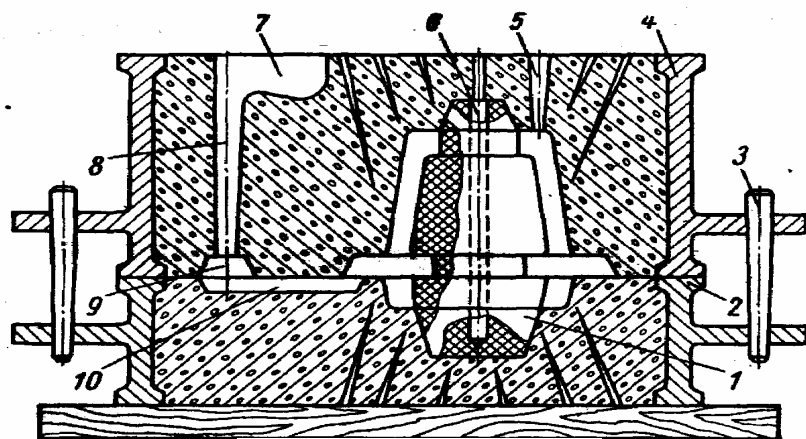
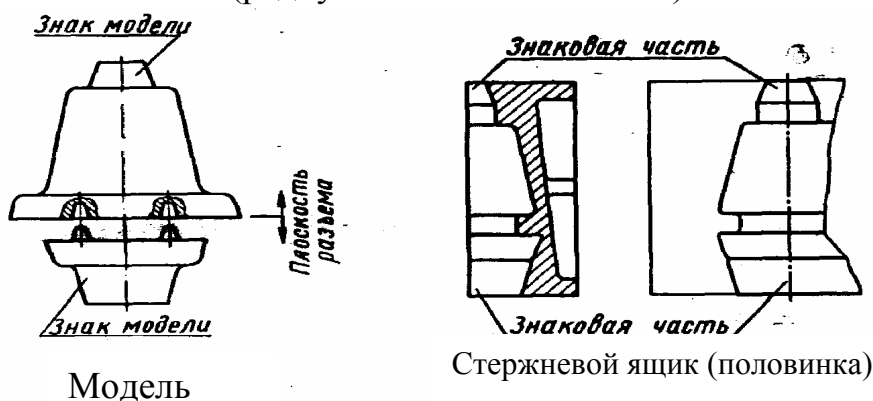


Рис.12.Литейная форма

- 1 — стержень; 2 и 4 — верхняя и нижняя опоки; 3 — штырь;
- 5 — выпор; 6 — канал для отвода газов; 7 — литейная чаша;
- 8 — стояк; 9 — шлакоуловитель; 10 — питатель

Модель делается как минимум из 2-х частей, соединяемых по плоскости разреза с помощью штырей (рис.12). Внутренние полости отливки оформляются с помощью стержней, для установки которых модель заготовки снабжают

знаками. Модель и стержневые ящики изготавливают из дерева, поверхность их полируют, чтобы к ней не приставала земля.

Формовочная смесь (земля) состоит из песка, глины с добавкой воды. Иногда применяют специальные добавки для повышения прочности формы и ускорения высыхания.

Собственно процесс производства начинается с формовки стержней и земляных форм (рис. 12). Формуют верхнюю 2 и нижнюю 4 опоки отдельно, извлекают половинки модели, прорезают каналы 10 литниковой системы, вставляют стержни и собирают форму, фиксируя положение опок штырями 3. Разливочным ковшом берут порцию металла из печи и заливают через литник 7, стояк 8 и питатель 10 в собранную форму.

Затем формы оставляют на несколько часов для охлаждения и затвердевания отливки. После остывания их подвергают выбивке на специальных встряхивающих решетках. Форма от тряски разрушается, отливка остаётся на решётке, а земля просыпается сквозь решётку, собирается, просеивается и отправляется на повторное использование. У отливок отрубают литники, заусенцы, очищают от пригоревшей земли механическими щётками или на дробеструйных установках.

Достоинства метода: 1) получение отливок любой сложности и конфигурации; 2) неограниченные размеры отливок; 3) низкая себестоимость.

Недостатки: 1) низкая производительность; 2) низкая точность (14-17 кв) и качество поверхности (Rz 400-100); 3) значительные расходы на литники (до 30-35% массы отливок); 4) большие припуски и большие отходы на стружку; 5) тяжелые условия труда (жара, пыль).

Литье по металлическим моделям применяется в серийном производстве. Отличается тем, что половинки моделей делают из металла (Al-сплавы) и прикрепляют намертво к подмодельной плите. Заполнение (набивка) опок выполняется на специальных встряхивающих машинах, где опока, установленная на столе, встряхивается с помощью пневмоцилиндра. Затем земля в опоке дополнительно подпрессовывается.

Металлические модели не набухают от влаги формовочной земли, лучше сохраняют размеры, легче извлекаются.

Достоинства этого метода: 1) высокая производительность; 2) хороший уровень механизации; 3) удовлетворительная точность (12-14 кв).

Недостатки: 1) низкое качество поверхности из-за зернистости земли (Rz 60-80); 2) большие отходы металла на литниковую систему; 3) значительная толщина стенок (до 4 мм); 4) ограничение сложности и размеров отливки; 5) очень тяжелые условия труда: грохот машин, пыль, гарь.

Применяется в крупносерийном и массовом производстве при изготовлении небольших и средних отливок.

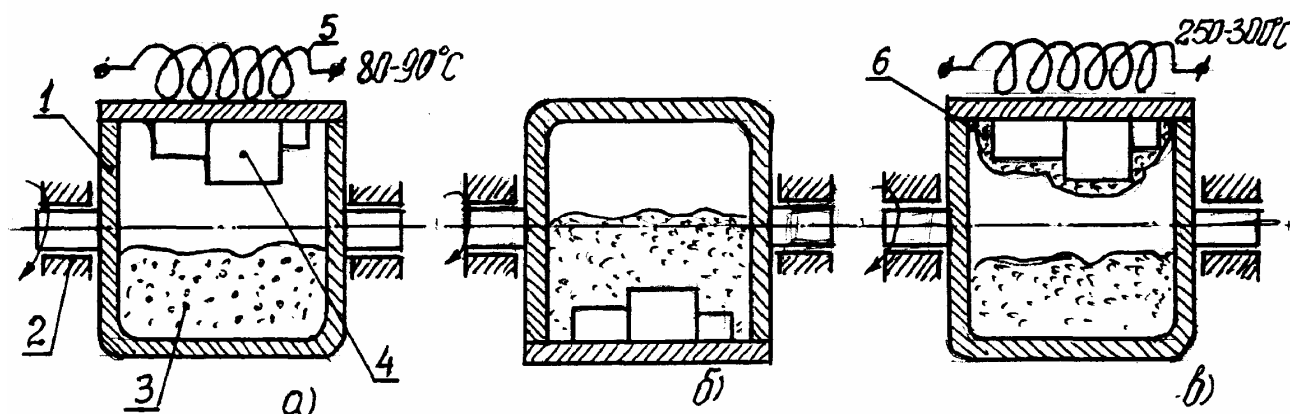
5.3. Литье точных отливок в разовые формы

Развитие массового производства отливок привело к разработке новых специальных способов литья, отличающихся высокой точностью и производительностью. Рассмотрим два из них.

Литье в оболочковые формы применяется в серийном и массовом производстве для получения отливок из черных и цветных металлов и сплавов (массой до 150 кг). Отливки имеют простую конфигурацию без внутренних полостей (плиты, рычаги, кронштейны). Формовочная смесь для оболочек состоит из мелкозернистого кварцевого песка и терморезактивной смолы - пульвербакелита.

Пульвербакелит пластифицируется (становится почти жидким) при 70 - 80°C, а при температуре 120°C расплавляется и через несколько секунд полимеризуется и затвердевает, образуя прочное соединение с кварцевым песком. В пластичном состоянии смола воспринимает точный отпечаток формы модели.

Рис. 13. Схема изготовления оболочковых форм.



Процесс изготовления оболочковых форм выполняется на специальных полуавтоматах (рис. 13). Подмодельную плиту 4 с одной половинкой модели устанавливают на бак 1, в котором находится смола 3 (рис. 13,а). Плита 4 нагревается до температуры 90°C нагревательным элементом 5. Затем бак быстро опрокидывается на цапфах 2, смола оплавляется на горячей поверхности модели (рис. 13,б). Далее бак возвращается в исходное положение, лишняя смола осыпается, включается нагреватель и смола полимеризуется до образования прочной оболочки на модели (рис. 13,в). Остаётся только снять полуформу. Аналогично образуется вторая половинка формы.

Затем обе половины формы склеиваются или скрепляются с точной фиксацией, заливаются металлом. После остывания металла хрупкая оболочка легко разрушается, освобождая отливку. Крупные формы иногда ставят в чугунную опоку и засыпают дробью, чтобы форму не разорвало металлом.

Достоинства метода: 1) высокая производительность; 2) повышенная точность отливок (10-12 квалитет); 3) удовлетворительное качество поверхности (R_z - 100-200 мкм); 4) небольшие припуски на обработку (0,3-1,2 мм); 5) сокращенный расход формовочной смеси (в 10-30 раз); 6) уменьшенная потребность в площадях (в 5 раз).

Недостатки: 1) стоимость 1 кг литья выше, чем в землю на 30-40% (дорогая смола); 2) ограниченность формы и массы отливок; 3) токсическое действие бакелитовой смолы.

Литье по выплавляемым моделям характеризуется тем, что здесь не только форма, но и сама модель разовые. Модели изготавливаются из парафина или стеарина. Модели удаляются из формы плавлением, что не требует разъема формы, и что в свою очередь обеспечивает большую сложность формы и точность литья.

Применяют в крупносерийном производстве для получения деталей сложной конфигурации (лопатки турбин, корпуса приборов, дюзы ракетных двигателей). Льются детали из высоколегированных сплавов, цветных металлов, трудно обрабатываемых материалов массой от нескольких граммов до 150 кг.

Сами выплавляемые модели изготавливают методом прессования на полуавтоматических станках в металлических пресс-формах (рис. 14, а). Пресс-форма состоит из матрицы 1, крышки 2 и пуансона 3, оформляющего внутреннюю полость модели 4.

Разогретый до 50°C композит (смесь) под давлением подается в пресс-форму, где охлаждается и застывает. Затем несколько моделей 4 собирается в блок вместе с литниковой системой 2 и 3 (рис. 14, б).

Процесс изготовления формы осуществляется путем окунания блоков в специальную суспензию, состоящую из 30% этилсиликата (жидкое стекло) и 70 % кварцевого песка. После многократного окунания и промежуточной сушки горячим воздухом получают форму, в виде оболочки 4 с толщиной стенки 5-8 мм (рис. 14 б).

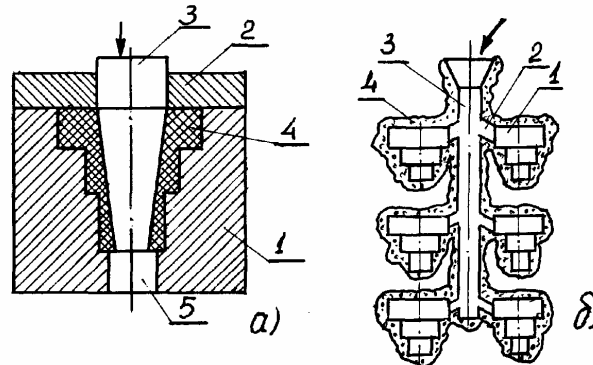


Рис. 14. Схема изготовления формы для литья по выплавляемым моделям

Модель выплавляют из формы горячим воздухом (120-150°C), паром или горячей водой. Выплавленную формовочную смесь используют повторно. Дополнительно готовая форма прокаливается в печи при 500-600°C.

Готовые формы устанавливают в опоки, засыпают крупнозернистым песком для устойчивости и заливают металлом. После застывания форму разбивают, отливку извлекают.

Достоинства метода: 1) высокая производительность и возможность автоматизации процесса; 2) высокая точность получаемых размеров (10-12 квалитет) и качество поверхности ($Rz - 20...6,3$); 3) сокращение объема механической обработки (на 80%); 4) возможность получения армированных отливок. Стенки толщиной 1,5 - 2 мм.

Недостатки: 1) высокая трудоемкость и стоимость отливки; 2) некоторая ограниченность размеров и формы заготовок (нельзя получить внутренние полости).

5.4. Литье в постоянные металлические формы (в кокиль, под давлением)

Кокиль – это разъемная металлическая форма, в которую заливается жидкий металл. Изготавливается кокиль из чугуна или стали. Для получения внутренних полостей используются песчаные или разъемные металлические стержни (рис. 15).

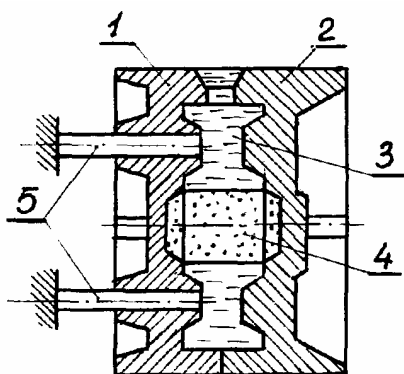


Рис. 15. Схема кокиля.

Конструкция кокиля позволяет получать не очень сложные отливки, особенно по внутренним полостям. Неподвижная часть кокиля 2 закрепляется, подвижная часть 1 со стержнем 4 перемещается пневматическим или гидравлическим устройством. После заливки жидкого металла 3, выдержки и остывания, подвижная часть отходит от неподвижной вместе с заготовкой, а упоры 5 выталкивают заготовку из формы.

Перед заливкой изнутри кокиль смазывают особым составом для устранения пригорания металла к форме. А для лучшего заполнения жидким металлом кокиль подогревают до 150-200°С при отливках простой формы и до 350-400°С для сложных отливок. Разборка кокиля и извлечение заготовок осуществляется при 300-400°С.

Достоинства данного метода: 1) высокая производительность и возможность механизации; 2) многократное использование металлической формы (заготовок из медных сплавов отливают 3-10 тыс. шт., алюминиевых – 50-70 тыс. отливок, магниевых – более 100 тыс.); 3) хорошая точность размеров (11-12 квалитет) и качество поверхности (Rz 80...100 мкм); 4) сокращение объема механической обработки за счет уменьшения припусков; 5) возможность получения армированных заготовок; 6) плотная мелкозернистая структура металла за счет высокой скорости охлаждения; 7) исключение из процесса формовочной земли.

Недостатки: 1) высокая стоимость изготовления металлического кокиля; 2) недостаточная стойкость при отливке черных металлов (крупные стальные – 25-30 шт., мелкие – 600-700; чугунные - 1500-5000); 3) трудность получения отливок из тугоплавких сплавов и получение отливок с резкими переходами от толстой стенки к тонкой (возникают трещины в местах перехода).

Кокильное литье применяют в серийном и массовом производстве отливок из стали (до 6%), чугуна (11%) и цветных сплавов (45 %) массой от нескольких кг до 7 т.

Литье под давлением применяется для получения заготовок сложной конфигурации массой до 100 кг из легкоплавких цветных (например, алюминиевых) сплавов. Это самый производительный способ литья, позволяющий получать до 200-400 заготовок в час.

Процесс литья заключается в том, что расплавленный металл подается под высоким давлением (300-500 МПа) в рабочую полость стальной пресс-формы (постоянной). Литье производится на специальных машинах: автоматах и полуавтоматах литья под давлением.

Существует два основных вида машин литья под давлением: 1) компрессорные машины, в которых давление на металл создается сжатым воздухом и 2) поршневые машины, в которых давление на металл создается поршнем, приводимым в действие гидравлической системой.

Наиболее часто применяют гидравлические машины, которые бывают двух типов: 1) с «горячей» камерой сжатия (металл расплавляется в самой машине) и 2) с «холодной» камерой сжатия (в машину подается порция уже расплавленного металла). В последнем случае камера нагревается меньше, что позволяет заполнить форму при большем давлении (до 700 МПа). Благодаря этому металл лучше заполняет форму, получают более сложные и тонкостенные отливки.

Наиболее трудоёмкой частью процесса изготовления пресс-форм особенно со сложной конфигурацией внутренней полости (пресс-форма может состоять из 30-100 деталей). Сами формы изготавливают из жаропрочной стали типа 3Х2В8, 5ХНМ, 5ХВС. Внутренние поверхности должны быть отполированы до $Ra = 0,1$ мкм. Пресс-форма состоит из неподвижной 2 и подвижной 1 полуформ (рис 1,6). Порция жидкого металла заливается через воронку 7 в камеру, подогреваемую нагревательным элементом 6. Под действием поршня 5 металл заполняет внутреннюю полость 4. Выталкивание затвердевшей отливки осуществляется упором 3. Стержни применяют металлические, простой конфигурации. Вся стоимость пресс-формы переносится на то количество деталей, которое можно в ней изготовить.

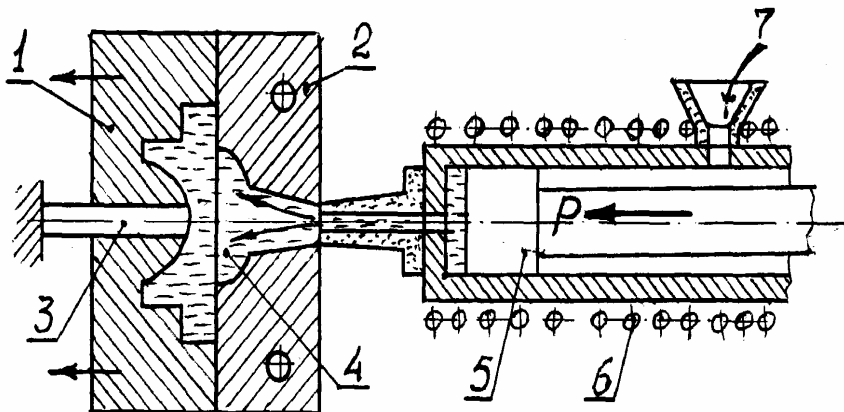


Рис. 16. Схема литья под давлением.

Достоинства метода: 1) очень высокая производительность; 2) почти полная автоматизация; 3) высокая точность размеров (9-10 кв); 4) низкая шероховатость поверхности отливок ($Rz 6,3-10$ мкм), часто не требующая дополнительной механической обработки; 5) толщина стенок - 0,6-1,5 мм; 6) маленькие припуски на обработку (0,3 – 0,8 мм).

Недостатки: 1) высокая стоимость и сложность изготовления пресс-форм; 2) ограничение по размерам отливок и сложности внутренних форм; 3) некоторая пористость отливок из-за газовых пузырьков, не успевающих покинуть пресс-форму при быстром впрыске металла.

Применяется в основном в крупносерийном и массовом производстве.

Существует ещё способ *литья под низким давлением* (0,01-0,08 МН/м²). Сплав, находящийся в герметически закрытом тигле, поступает в полость формы снизу под давлением инертного газа на зеркало металла. Здесь можно применять

песчаные стержни. Применяется для изготовления крупногабаритных отливок из лёгких сплавов.

6. ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ

6.1 Сущность обработки давлением.

Обработка металлов давлением использует способность металлов подвергаться не разрушаясь пластическим (остаточным) деформациям при воздействии на заготовку внешних сил. Сущность метода заключается в том, что заготовка простой формы давлением преобразуется в деталь сложной формы того же объёма (обеспечивается минимум отходов!). Но в процессе пластического деформирования металл упрочняется (теряет пластичность) и дальнейшее деформирование его невозможно из-за опасности разрушения. Чтобы восстановить пластические свойства заготовки, её надо отжечь (см. соответствующую операцию термической обработки, тема 4).

Все процессы обработки давлением подразделяют на два класса:

- 1) обработка заготовок, нагретых до определённой температуры с целью повысить пластичность металлов и снизить сопротивление деформации;
- 2) обработка заготовок в холодном состоянии (при комнатной температуре) за счёт естественной пластичности металла.

По характеру протекания пластической деформации все виды обработки давлением подразделяются на следующие группы:

Прокатка – заключается в обжатии заготовки вращающимися валками (рис. 17,а), что приводит к изменению формы и размеров поперечного сечения заготовки 2. Валки 1 бывают гладкие (для прокатки лент, полос, листов) и калиброванные, имеющие на рабочей поверхности вырезы (ручьи) в соответствии с требуемой формой (профилем) изделия. Совокупность двух ручьёв пары валков образуют калибр. Процесс осуществляется на специальном оборудовании – прокатных станах.

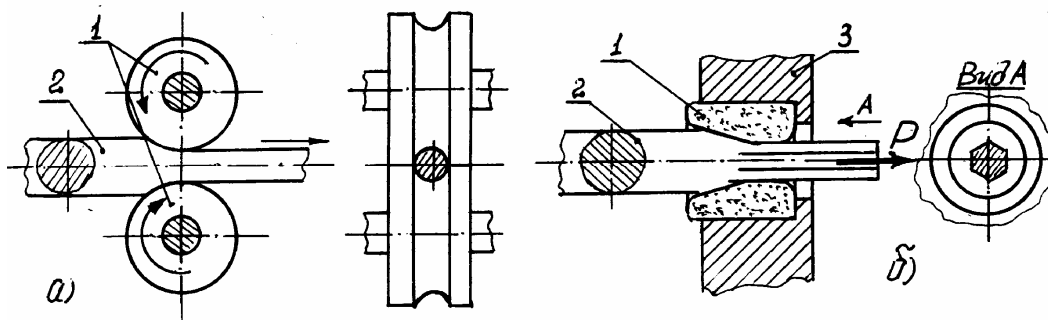


Рис. 17. Схемы обработки металлов прокаткой (а) и волочением (б).

Волочение - заключается в протягивании заготовки 2 через сужающееся отверстие в специальном инструменте 1, называемом волоком, вставляемом в волочильную доску 3 (рис. 17,б). Конфигурация отверстия (*фильеры*) определяет форму получаемого профиля. Процесс обычно выполняется за несколько проходов (с промежуточным отжигом). Оборудование называется - *волочильный*

стан. Этим способом получают проволоку (например, золотую); трубы; мелкие прутки.

Ковка – это деформация заготовки ударами инструмента простой формы (бойка) при свободном течении металла между бойком 1 и наковальней 3 (рис. 18,а). Нанося по заготовке 2, лежащей на наковальне 3, многократные удары, оператор формирует требуемый профиль как в поперечном, так и в продольном сечении. Этим способом получают различные по форме и размерам заготовки массой до 300 т, оборудование – *молоты*.

Штамповка – это обработка давлением с помощью специального инструмента - штампа, внутренняя полость которого имеет конфигурацию штампуемой детали. Штамп состоит из двух частей 2 и 3, закрепляемых соответственно на бойке 1 и наковальне 4. Здесь различают два подвида:

1) листовую штамповку, когда заготовкой является лист; 2) объёмную штамповку, когда заготовкой является обычно прокат. Способ отличается высокой производительностью, распространённых методов обработки давлением.

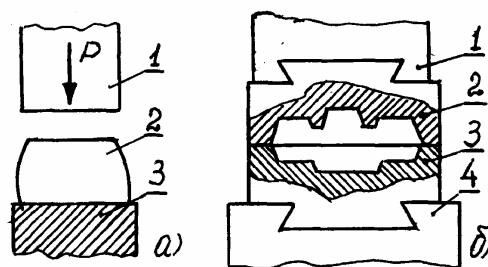


Рис. 18 Схемы штамповки на молотах (а) и в штампах (б).

Для нагрева заготовок (при горячей штамповке или для отжига) используют нагревательные печи (тепло поступает от рабочего пространства печи) и нагревательные устройства (тепло образуется в самой заготовке).

Печи, в свою очередь, бывают *пламенные*, в которых теплота получается за счёт сжигания топлива (газ, мазут) и *электрические* (печи сопротивления). Первые – для крупных, массивных заготовок, вторые – для заготовок помельче.

Нагревательные устройства (чаще электрические) подразделяются на индукционные (ТВЧ с частотой 500-8000 Гц) и электроконтактные, (ток напряжением 5-6 В и силой 5000-6000 А).

6.2 Оборудование для обработки давлением.

Основным видом оборудования для обработки давлением являются молоты (ударное воздействие) и прессы (плавное воздействие).

Паровоздушные молоты (рис. 19) приводятся в действие паром или сжатым воздухом давлением 0,7-0,9 МПа. Удар наносится массивной бабой 1, на которой закрепляется боёк 2. Заготовка размещается на наковальне 3, которая закрепляется на шаботе 4, массивной детали поглощающей энергию удара. Цилиндр 5 служит для подъёма бабы и её разгона при нанесении удара. Ковочные молоты строят с массой падающих частей 1-8 т; на них куят заготовки массой 20-350 кг сравнительно простой формы. Этот вид оборудования самый простой, универсальный и дешёвый. Но молоты работают с ударами, и заготовки получаются низкой точности, с большими припусками.

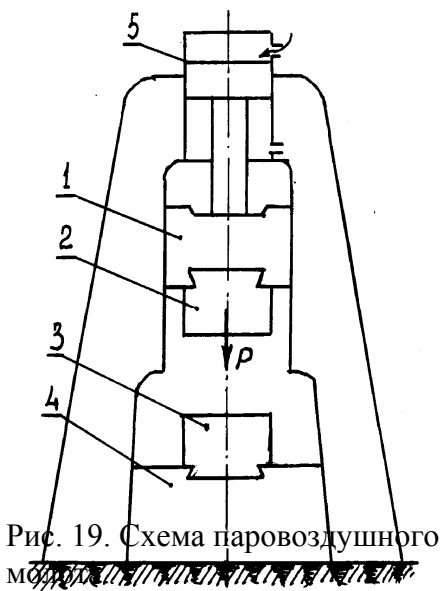


Рис. 19. Схема паровоздушного молота

Кривошипные горячештамповочные прессы используют накопленную механическую энергию маховика, передаваемую через кривошипный механизм. Они работают с меньшими ударами, плавно. Их строят с усилием от 6,3 до 100 Мн. Но стоимость такого прессы в 3-4 раза выше молота.

Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) также используют энергию маховика и сложный кривошипно-шатунный механизм, позволяющий наносить удары в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Штампы состоят из трёх частей: неподвижной и подвижной матриц и пуансона,

который формирует внутреннюю полость штамповки. ГКМ развивают усилие до 30 МН. Позволяют получать заготовки в виде стержня с фланцем или в виде стакана. Обеспечивают получение заготовок высокой точности, но их стоимость в 1,5 раза выше, чем заготовок, полученных на горячештамповочных прессах.

Гидравлические штамповочные прессы – машины условно статического действия: продолжительность деформации на них составляет от единиц до десятков секунд. Усилие создаётся с помощью жидкости (эмульсии или масла) высокого давления 20-30 МПа, подаваемой в гидравлический цилиндр. Усилие, развиваемое современными гидропрессами, достигает 100 МН. На таких прессах получают самые точные и самые крупные заготовки, например, кузова легковых автомобилей. Но это очень дорогие и очень громоздкие машины (высотой 10-15 м).

6.3 Горячая объёмная штамповка.

Горячая объёмная штамповка – это формообразование изделий из нагретого до 1000-1200⁰С металла в фасонных полостях штампов, сдавливаемых со значительным усилием (ударом). Нагрев заготовок снижает сопротивление металла деформированию, обеспечивает хорошее заполнение сложной формы. Однако точность заготовок и качество их поверхностей невысоки, что требует в дальнейшем значительного объёма механической обработки. Процесс характеризуется высокой производительностью, широко применяется в машиностроении.

Технологическая подготовка горячештамповочного производства состоит в проектировании чертежа штамповки, проектировании технологического процесса штамповки, в проектировании и изготовлении штампов.

Чертёж штамповки (рис. 20) отличается от чертежа детали 1 наличием припусков 2 на обрабатываемые поверхности и напусков 4 для упрощения формы заготовки, штамповочных уклонов 3 и радиусов скругления углов 5.

Штампы для штамповки изготавливают из высокопрочных, жаростойких, дорогих сталей:

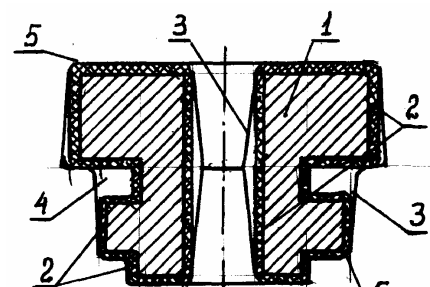


Рис. 20. Чертеж штамповки, наложенный на чертёж детали

3Х2В8Ф, 7Х3, 5ХНМ и др. Изготовление штампов отличается сложностью и трудоемкостью. Штампы стоят дорого. Их стоимость полностью переносится на стоимость получаемых штамповок. В процессе работы штампы изнашиваются. Их стойкость составляет от 3-5 тыс. до 10-15 тыс. штамповок. Если годовой объем производства превышает стойкость одного комплекта штампов, то приходится изготавливать несколько комплектов.

В качестве исходной заготовки для штамповки берут сортовой прокат – круглые или квадратные прутки. Масса исходной заготовки берется несколько больше, чем должна быть масса штамповки на величину отходов на угар (2-3 % за один цикл нагрева).

Технологический процесс горячей штамповки состоит из следующих операций.

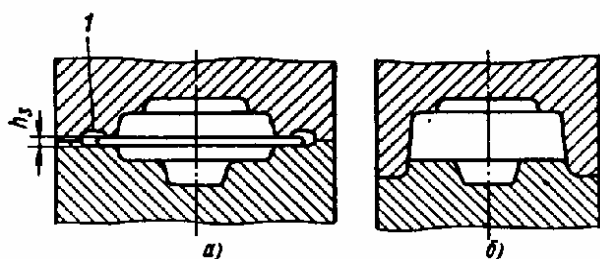
Нагрев заготовок является ответственной операцией, определяющей качество, производительность и стоимость продукции. Нагрев должен быть равномерный, по всему объёму. Нагрев выполняют в специальных печах. Наиболее современными являются электропечи (см. рис. 8), позволяющие автоматизировать процесс нагрева, контроль температуры, время выдержки, создать защитную атмосферу, чтобы снизить окисление металла.

Крупные заготовки нагревают в газопламенных печах, работающих на природном газе. Мелкие заготовки можно нагревать в индукционных печах. Хорошие результаты даёт нагрев в соляных ваннах, высокая стоимость которых окупается большей скоростью нагрева и его качеством (равномерность нагрева, защита от окисления).

Штамповка. Нагретая заготовка извлекается из печи и как можно быстрее перемещается в штамп. Включается рабочий ход молота (пресса) и за 1-2 удара штампуется деталь. Но за 1-2 удара можно отштамповать простые изделия с небольшим перепадом размеров. Для сложных изделий применяют многоручьевые штампы, в которых внутренние полости (ручьи) постепенно усложняются. Штамп может иметь до 3-5 ручьев. Часто заготовка, пройдя 1-2 ручья, остывает; необходимо её снова нагреть и продолжить штамповку.

При штамповке используют два вида штампов (рис. 21). Штамповка в открытых штампах (рис. 21, а) менее требовательна к точности массы заготовки, так как излишки металла выдавливаются в специальную полость, образуя заусенец 1. При штамповке в закрытых штампах (рис. 21, б) заусенец не образуется, но здесь масса заготовки должна очень точно соответствовать массе штамповки.

Обрезка заусенцев (облоя) и пробивка перемычек выполняется в специальных обрезных штампах на кривошипных прессах на отдельном рабочем



месте. У мелких штамповок эту операцию можно проводить и в холодном состоянии, а крупные – надо либо сразу за операцией штамповки, либо потом нагревать ещё раз.

Правка применяется для сложных заготовок, искривляющихся в процессе штамповки и охлаждения. Выполняют в чистовых (последних) ручьях штампов в холодном или нагретом (до 400-500°С) состоянии.

Рис. 21. Схема штамповки в открытых (а) и закрытых (б) штампах

Отжиг штамповок применяется для снятия внутренних напряжений, возникающих в изделиях сложной конфигурации.

Очистка от окалины производится механическим (дробеструйная обработка) и химическим (травление) путём.

Калибровка (холодное обжатие) применяется для некрупных штамповок сложной формы, многие поверхности которых не будут в дальнейшем обрабатываться.

6.4 Холодная штамповка.

Холодная штамповка – это формообразование деталей в штампах пластическим деформированием при комнатной температуре. Обеспечивается высокая точность и малая шероховатость поверхности при малых отходах и высокой производительности. Но материал заготовки должен обладать высокой пластичностью (показатели δ и ψ свыше 12-15 %). И штамповки не должны быть слишком сложной формы.

В процессе холодной штамповки металл сильно упрочняется, что требует промежуточного отжига для восстановления пластичности заготовки, причём многократно.

Холодную штамповку делят на два вида: объёмную (сортового металла) и листовую (листовой металл).

Основными разновидностями объёмной штамповки являются (рис. 22).

Высадка (рис. 22, а) – получение местных утолщений требуемой формы из заготовок малого диаметра, например, высадка головок болтов, винтов, заклёпок и т.п. Заготовкой в этом случае служит холоднотянутый прокат в виде проволоки или прутка $\varnothing 0,5-50$ мм.

Высадку выполняют на специальных холодно-высадочных автоматах. Они могут обеспечить высадку детали за 1-2 удара пуансона. Матрица 1 и пуансон 2 сменные. Производительность такого автомата достигает нескольких сотен изделий в минуту.

Выдавливание – это формообразование изделий путём пластического течения металла из полости штампа 2 через отверстие соответствующей формы. Прямым выдавливанием (рис. 22,в) получают детали в виде стержня с

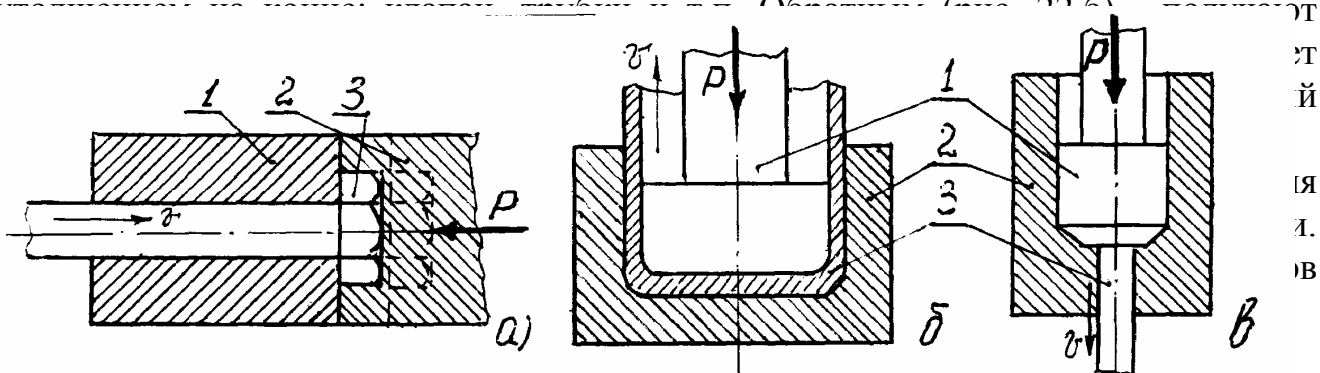


Рис. 22. Примеры операций холодной штамповки: а) высадка; б) обратное выдавливание; в) прямое выдавливание.

металла в специальную полость для образования заусенца; 2) в закрытых штампах без образования заусенца.

Заусенец получается величиной 1,5-2 мм и его обрубает после штамповки в специальных штампах. Величина заусенца зависит от разности фактического объема заготовки и требуемого объема детали. При закрытой штамповке эти объемы должны быть строго равны.

Холодной штамповкой могут быть изготовлены детали достаточно сложной формы, детали сплошные и с отверстием. Но, чем сложнее форма, тем больше ручьев требуется для преобразования формы заготовки к форме детали (часто с промежуточным отжигом!).

Главным инструментом при холодной штамповке является штамп, изготавливаемый из дорогих высокопрочных сталей и сплавов. В качестве оборудования используют прессы.

Способ отличается высокой точностью и качеством поверхности. Коэффициент использования металла составляет до 95 %. Но способ дорогой. Выгодно применять в крупносерийном и массовом производстве.

6.5 Листовая штамповка.

В качестве исходной заготовки при листовой штамповке используют лист, полосу или ленту толщиной не более 10-15 мм (чаще 0,5-1,5 мм). Для изделий, получаемых листовой штамповкой, характерно, что их толщина незначительно отличается от толщины заготовки. Это такие изделия, как различные коробчатые детали (шасси) радиоаппаратуры, плоские детали сложной конфигурации для электротехнических изделий, бытовые изделия (кастрюли, ложки, вилки т.п.).

Материал заготовки должен обладать высокой пластичностью. Это такие материалы как низкоуглеродистые стали, медь, латунь, алюминий, титан, а так же кожа, целлулоид, фетр и т.п. Упрочнение материалов, возникающее при такой обработке, снимается промежуточным отжигом.

Основные операции листовой штамповки следующие.

Вырубка и пробивка – отделение заготовки по замкнутому контуру и образование отверстий производится в вырубных штампах (рис. 23): матрица 4 формирует наружный контур, пуансон 1 – внутренний. Способ позволяет получать готовые детали сложного контура 5 с фасонными отверстиями обычно не требующие дальнейшей обработки. Лист 3 придерживается от деформаций прижимом 2.

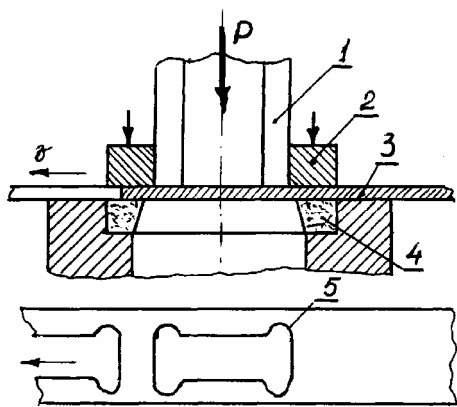


Рис. 23 Схема работы вырубного штампа

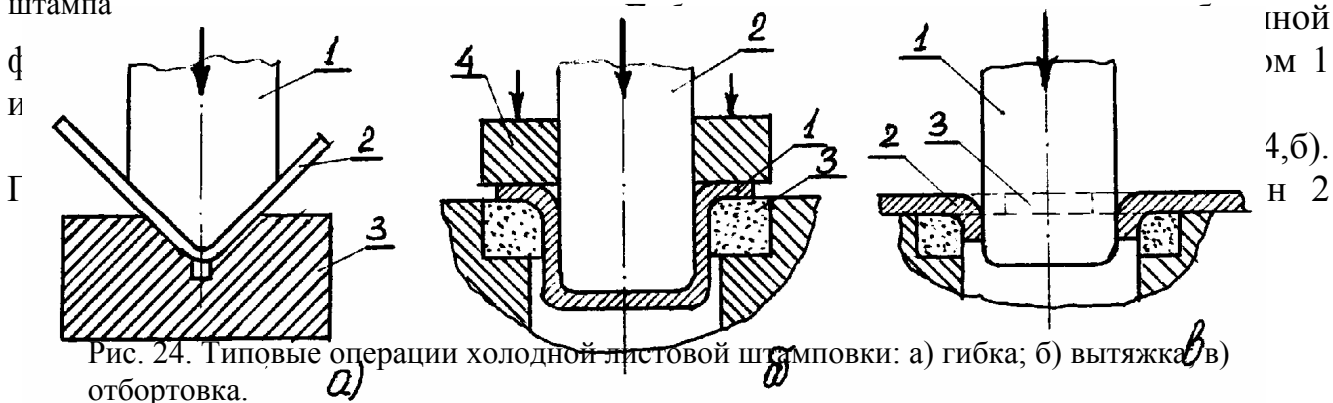


Рис. 24. Типовые операции холодной листовой штамповки: а) гибка; б) вытяжка; в) отбортовка.

проталкивает заготовку через отверстие матрицы, деформируя её соответствующим образом.

Отбортовка – образование борта (горловины) вокруг пробитого ранее отверстия в заготовке (рис. 24,в).

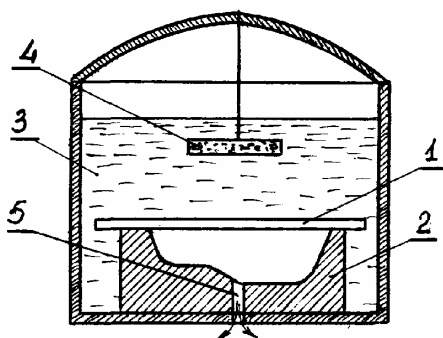


Рис. 25 Схема штамповки взрывом

Высокоскоростная штамповка (рис. 25) характеризуется тем, что кратковременное приложение нагрузки (взрыв) разгоняет заготовку до скорости 150 м/с. Высокая скорость деформации обгоняет скорость образования трещин. Можно деформировать малопластичные материалы. Процесс протекает мгновенно. Пуансона не нужно. Только одна матрица. Удобно деформировать крупные заготовки размером до 2-3 м.

Достоинства методов холодной штамповки: 1) возможность получения изделий минимальной массы и больших габаритов при удовлетворительной прочности и жесткости (ребра жесткости); 2) достаточно высокая точность размеров и качество обработки, дополнительная механическая обработка минимальна (полировать поверхность); 3) обработка за одну операцию; 4) высокий уровень механизации и автоматизации обеспечивает высокую производительность (до 30-40 тыс. деталей в смену).

Главный недостаток: высокая сложность и стоимость инструмента – вырубных штампов; их стоимость полностью переносится на стоимость изготовленных в них изделий.

Листовая штамповка наиболее широко применяется в крупносерийном и массовом производстве.

7. СВАРКА И ПАЙКА.

7.1. Общая характеристика сварочного производства.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений в результате частичного оплавления соединяемых деталей и образования атомно-молекулярных связей. Это один из самых распространенных технологических процессов, включающих собственно сварку, а также наплавку, напыление металлов. С помощью сварки (пайки) можно соединять детали из разнородных материалов: металлов и сплавов, керамических материалов, пластмасс.

Сварка является сравнительно дешевым (низкая фондоёмкость, т.е. стоимость оборудования, зданий, помещений), высокопроизводительным и достаточно механизированным процессом. Сварку широко применяют во всех отраслях машиностроения и строительной промышленности: в строительстве - сварка металлических каркасов зданий, бетонной арматуры; в энергомашиностроении - сварка котлов, паропроводов и т.п.

Сварка позволяет заменить сложную цельнометаллическую конструкцию (литую, кованную) на сборную, состоящую из простых элементов, получаемых прокаткой – уголков, прутков, листов. Особенно широко сварка используется в единичном и мелкосерийном производстве. Применение сварки дает экономию металла (минимум доработки), снижает трудоемкость и себестоимость продукции (прокат относительно дешев).

Но сварные соединения менее прочны (на 20-30 %), чем основной металл по причине окисления места сварки, термических напряжений.

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании связей между атомами на соединяемых поверхностях. Для получения сварного соединения требуется сблизить соединяемые поверхности и увеличить энергию атомов нагревом, давлением. Существует два класса сварочных процессов: сварка плавлением и сварка давлением.

При сварке плавлением происходит расплавление кромок соединяемых деталей, а иногда и присадочного материала (электрода) для заполнения шва между деталями (рис.26). Для этого область шва разогревают до 2000°C .

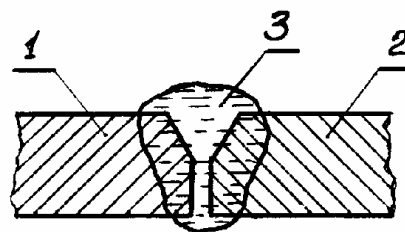


Рис. 26. Схема образования шва при сварке плавлением.

Возникающая область жидкого металла 2 называется сварочной ванной. Остывая, металл образует сварочный шов. Металл сварочного шва значительно отличается от основного: происходит выгорание отдельных элементов, поглощение газов, диффузия примесей. В зоне шва возникают при остывании остаточные напряжения растяжения, которые могут вызвать даже трещины.

Технологический процесс сварки плавлением включает следующие основные операции:

- 1) разделка кромок соединяемых деталей (как на рис. 26);
- 2) установка и закрепление деталей на специальных сварочных стендах для придания им точного и неизменного положения в процессе сварки);
- 3) собственно сварка соединения по периметру;
- 4) очистка шва от остатков шлака;
- 5) контроль сварного шва (осмотром, смачиванием керосином).

Этот класс процессов сварки наиболее распространен, т.к. обеспечивает высокую скорость получения соединений.

При сварке давлением образование соединения деталей происходит за счет диффузии атомов металлов в месте соприкосновения двух поверхностей. Процесс диффузии возможен, если расстояние между поверхностями не превышает 10^{-8} см, причем поверхности должны быть идеально чистыми.

Реальные же поверхности обладают, во-первых, определенной шероховатостью, а, во-вторых, несут на себе слой адсорбированных молекул газов, воды и жировых веществ толщиной 100-200 молекул. Чтобы получить прочное соединение в данных условиях, поверхности контакта должны быть тщательно очищены, сдавлены с усилием, достаточным для смятия неровностей и

плотного соприкосновения и (или) подогреты для повышения подвижности атомов (но не до плавления!).

Технологический процесс сварки давлением включает следующие основные операции:

- 1) очистку соединяемых поверхностей механическим (щётками) и химическим путем (моющими жидкостями);
- 2) сжатие с определенным усилием соединяемых поверхностей;
- 3) иногда подогрев места соединения;
- 4) выдержка (от нескольких минут до нескольких часов).

Способ применяется для соединения достаточно пластичных металлов: низкоуглеродистых сталей, медных и алюминиевых сплавов, а также уникальных материалов (платина, золото) и особых конструкций.

7.2. Виды сварки плавлением

Способы сварки плавлением различаются источниками тепловой энергии в зоне образования сварочной ванны:

Электрическая дуговая сварка (рис. 27) - источником тепла является электрическая дуга - стабильный электрический разряд в ионизированном газе. Наибольшая температура в центре дуги достигает 6000°C . Для питания сварочной дуги применяют специальные источники тока: сварочные трансформаторы и генераторы.

Свариваемые детали 1 и 2 с разделанными кромками располагаются на некотором расстоянии друг от друга. Электрод 5 подводится к деталям. Между ними и электродом вспыхивает дуга 4, которая и оплавляет кромки. Покрытие электрода флюсом 6 при расплавлении даёт слой шлака 3, защищающего расплавленный металл шва от окисления кислородом воздуха.

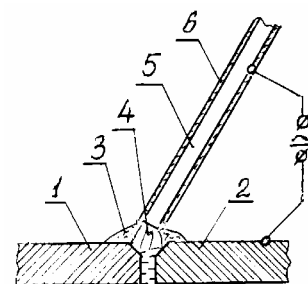


Рис. 27. Схема дуговой сварки.

Инструментом здесь является электрод. Он может быть плавящимся (из металла, близкого по свойствам к свариваемому) и неплавящимся (вольфрамовый). Сварка может вестись с применением присадочного материала (сам электрод или специальная проволока) для заполнения шва при сварке крупных деталей и без присадочного материала. Для защиты сварочного шва от окисления применяют флюсы (вещества, образующие пленку шлака), либо защитные газовые атмосферы (инертные газы: аргон, гелий; а также углекислый газ).

В зависимости от степени механизации процесса различают ручную, полуавтоматическую и автоматическую сварку.

При ручной сварке зажигание дуги, опускание электрода по мере его оплавления и перемещение вдоль шва осуществляется вручную сварщиком. Это самый универсальный вид сварки

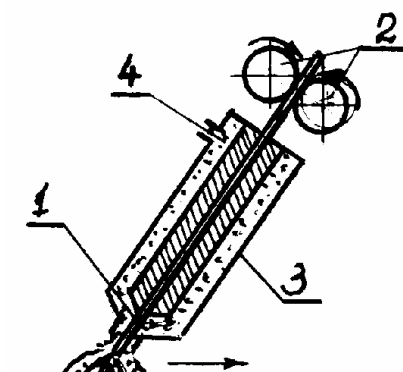


Рис. 28. Сварочная головка, применяемая при автоматической сварке

позволяет варить при любом положении шва: нижнее, вертикальное, потолочное. Но качество шва определяется квалификацией сварщика.

При автоматической сварке все процессы управления осуществляются с помощью механизмов. В качестве электрода используется проволока, диаметром 2 мм, намотанная на барабан. Флюс или защитный газ подаются через специальную головку. Головка (рис. 28) ставится на самодвижущуюся тележку, либо вставляется в руку робота. Применяют в основном для сварки нижних швов. Производительность по сравнению с ручной выше в 10-15 раз.

Газопламенная сварка - источником тепла является пламя горючего газа (ацетилена) в струе кислорода. Температура в пламени достигает 3000°C . В основном, этот способ применяется там, где нет источников электрической энергии. Шов заполняется расплавкой электрода.

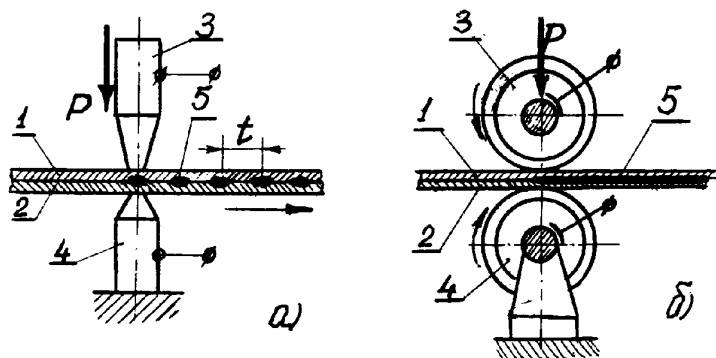
Электрошлаковая сварка - тепловую энергию получают за счет сопротивления при прохождении тока через сварочную ванну. Сначала дуга зажигается как обычно, но после образования достаточно большой сварочной ванны, дуга гасится опусканием электрода в ванну. Здесь нужны специальные источники энергии, работающие в режиме короткого замыкания. Используется для сварки крупных деталей. Толщина свариваемых деталей должна быть не менее 30 мм. Способ применялся при сварке броневых листов для танков.

Электронно-лучевая сварка - тепло образуется за счет удара потока электронов,двигающихся с высокой скоростью (до 150 км/с) в вакууме. Металл в месте удара разогревается до $5000-6000^{\circ}\text{C}$. Поток электронов получают с помощью мощной электронной пушки. Пучок электронов фокусируется в пятно $\varnothing 0,02 - 1,2$ мм. Для такого вида сварки характерно «ножевое» проплавление металла с малой зоной прогрева основного материала. Шов получается высокого качества, так как процесс протекает в вакууме. Применяется для сварки разнородных материалов (металл - керамика) или тугоплавких и химически активных металлов: Nb, Mo, W, Ti, Zr и др. Но при торможении электронов возникает опасное для людей рентгеновское излучение, требующее усиленной защиты.

Лазерная сварка основана на использовании мощных оптических квантовых генераторов (ОКГ), дающих остро сфокусированный световой пучок $\varnothing 0,02-0,2$ мм. Температура поверхности достигает при этом $6000-8000^{\circ}\text{C}$. Достоинством способа является возможность ведения процесса в атмосфере, внутри камеры с прозрачным окном, в глубоком труднодоступном месте. Недостаток: низкий коэффициент полезного действия ОКГ. Применяется при выполнении миниатюрных работ: в электронике, в радиотехнике, приборостроении, когда надо приварить тонкий проводок к толстой подложке.

7.3. Сварка давлением

Контактная электрическая сварка - соединяемые поверхности прогревают электрическим



током сопро­тивле­ния, а затем сдавливают. Самый распро­страненный вид сварки давлени­ем. Вы­пол­ня­ет­ся на спе­ци­аль­ных свароч­ных ма­ши­нах, име­ю­щих мощ­ный ис­точ­ник то­ка и ме­ха­низм для сдавли­ва­ния за­го­тов­ок. Су­ще­ст­ву­ют три раз­но­вид­но­сти этой сварки:

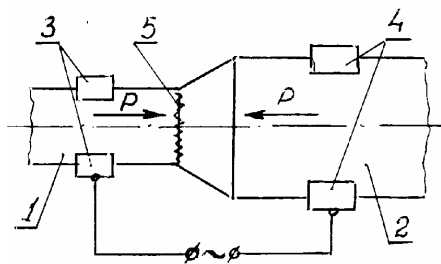


Рис. 29. Схема стыковой сварки деталей.

1) стыковая контактная сварка (рис. 29) применяется для соединения встык деталей типа стержней, толстостенных труб, рельсов и т.п. Детали 1 и 2 зажимаются мощными захватами 3 и 4, проводящими ток. Детали приводятся в соприкосновение и в месте их контакта 5 начинает выделяться тепло. После достаточного разогрева ток выключается, а детали слегка сжимаются. Как правило, этим

Рис. 30. Схемы сварки давлением: а) точечной; б) шовной.

методом соединяют

разнородные материалы (приваривают зубья к буровым колонкам, сваривают режущие инструменты). Способ высокопроизводительный, универсальный.

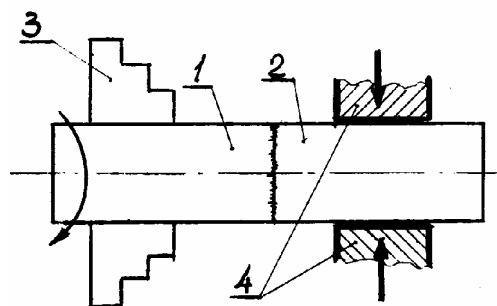
2) Точечная сварка применяется для соединения листовых конструкций. Соединение (шов) получается в виде последовательности точек (рис. 30,а). Широко применяется в автомобилестроении, вагоностроении, в строительстве, при сборке электрических схем приборов.

3) Шовная или роликовая сварка применяется для соединения листовых конструкций для получения сплошного герметичного шва (рис 30,б). Толщина свариваемых листов 0,3-4 мм. Сваривают низкоуглеродистые, легированные, конструкционные стали, легкие сплавы, стальные листы с покрытием (оцинкованные).

Оборудование для контактной сварки - контактные сварочные машины (стыковые, точечные и шовные). Они состоят из 3-х частей: источника тока, прерывателя тока и механизма давления. Источник тока в виде трансформатора дает вторичный ток напряжением $U=1-2В$. и силой $I=1000-10000 А$. Механизм давления имеет либо гидравлический, либо механический привод.

Конденсаторная сварка является отдельным видом контактной сварки. Здесь энергия для нагрева накапливается в конденсаторе и выделяется в виде разряда, длительностью $\sim 0,5 \cdot 10^{-4}$ с. Кратковременность процесса позволяет сваривать заготовки из материалов, различных по своим физико-химическим свойствам (разная теплопроводность). Точная дозировка энергии позволяет сваривать очень тонкие детали (до нескольких мкм) или приваривать тонкие элементы к толстым. Способ широко применяется в радио- и электротехнической промышленности.

Холодная сварка - соединение деталей давлением без подогрева, только за счет совместной пластической деформации и диффузии атомов. Детали тщательно зачищают химико-механическим путем и специальным штампом сдавливают при удельном давлении $150-1000 МН/м^2$.



Этим способом сваривают элементы толщиной 0,2 - 15 мм. Получают точечные, шовные и стыковые соединения. Хорошо свариваются алюминий, дюралюминий, сплавы кадмия, свинца, меди, никеля, золота, серебра, цинка.

Сварка трением образует соединение в результате пластического деформирования заготовок, нагретых в месте контакта теплотой, выделившейся от сухого трения деталей 1 и 2 друг о друга (рис. 31). Этот вид нагрева требует меньше энергии, чем при электроконтактной сварке (в 10-15 раз). Металл в зоне контакта разогревается до 1000-3000°C. В процессе трения происходит автоматическая очистка зоны контакта. Небольшое сдавливание и соединение получено. Этим способом можно соединять заготовки диаметром от 0,75 до 140 мм. Способ высокопроизводительный, Рис. 31. Схема сварки трением соединяются разнородные материалы.

7.4. Пайка

Пайкой называется технологический процесс соединения металлических заготовок без их расплавления посредством вводимого между ними расплавленного металла - припоя. Припой имеет температуру плавления ниже, чем у соединяемых металлов и заполняет зазор между соединяемыми поверхностями за счет действия капиллярных сил. При охлаждении припой кристаллизуется и образует прочную связь между заготовками.

Соединение, полученное пайкой, может быть распаяно, т.е. заготовки могут быть разъединены без нарушения форм и размеров исходного состояния.

Процессы пайки широко используются при различных электромонтажных работах, в производстве радиоаппаратуры, электротехнических изделий, ремонтных работах. Процесс отличается дешевизной используемого оборудования, дороги только материалы (припой).

Процесс пайки включает следующие операции:

- 1) подготовка поверхностей - очистка механическим и/или химическим способом, создание необходимой шероховатости (шкуркой, напильником);
- 2) лужение поверхности – предварительное покрытие соединяемых поверхностей тонкой пленкой припоя;
- 3) нагрев соединяемых поверхностей до температуры плавления припоя и их соединение, иногда под небольшим давлением;
- 4) очистка места пайки от остатков флюсов.

Припой, в зависимости от температуры плавления, делятся на две группы: мягкие и твердые. Мягкие припои имеют температуру плавления ниже 400°C. Это, главным образом, оловянно-свинцовые припои (ПОС) с температурой плавления 183-265°C. Эти припои представляют собой сплав олова и свинца с добавкой 1,5% сурьмы, обозначаемые как ПОС-18, ПОС-30, ..., ПОС-90 (цифра - процентное содержание олова).

Твердые припои имеют более высокую температуру плавления: медные - 1083°C; медно-цинковые - 845-900°C; серебряные - 635-870°C.

Для очистки поверхности от окислов и улучшения их смачиваемости при пайке применяют специальные вещества - флюсы.

При пайке мягкими припоями применяют:

Кислотные флюсы на основе хлористых соединений: хлорид цинка ($ZnCl_2$) 30%-ный водный раствор; флюс-паста хлорид аммония NH_4Cl (нашатырь) в смеси с вазелином, глицерином. Эти флюсы хорошо очищают поверхность, но их остатки вызывают коррозию.

Канифоль - смесь смоляных кислот, получаемая из живицы (сока) сосновых деревьев. Обладает мягким очищающим действием в расплавленном состоянии ($150^\circ C$), не вызывает коррозии, может служить изолятором.

Для пайки твердыми припоями применяют кислотные флюсы: буру ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) и борную кислоту (гидроксид бора $B(OH)_3$). Остатки флюсов необходимо удалять, т.к. они вызывают коррозию.

Подготовка деталей к пайке. Перед пайкой поверхности деталей очищают от пыли, жира, ржавчины. Создают шероховатую поверхность. Зачистку производят напильниками, наждачной шкуркой, металлической щеткой. Обезжиривание производят в бензине или тетрахлориде (CCl_4) с последующей просушкой.

Лужение (рис. 32)- производят для облегчения процесса пайки, особенно мягкими припоями. Лужение производят паяльниками из меди. Жало паяльника 1 гонит перед собой валик припоя, покрытый флюсом 3. На поверхности детали остаётся тонкий слой припоя 4. Большие поверхности лудят в ванночке с расплавленным припоем. Хороший эффект дает лужение ультразвуковым паяльником.

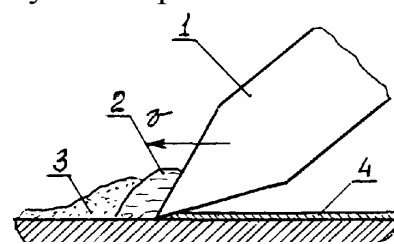


Рис. 32. Схема лужения поверхности детали паяльником.

Пайка - нагрев. При пайке мягкими припоями для нагрева используют электрические паяльники, дающие вполне достаточную температуру (до $300^\circ C$). Высокопроизводительным методом пайки является пайка волной: последовательное погружение соединяемых деталей в слой флюса, а затем в ванну с припоем.

При пайке твердыми припоями требуется значительная температура нагрева, которая достигается при нагреве в электрических печах (с применением защитной атмосферы), в индукционных печах (токами высокой частоты), контактными нагревательными устройствами (ток сопротивления).

Очистка требуется для удаления остатков кислотных флюсов: рекомендуется тщательная промывка в горячей ($50-80^\circ C$) воде с применением кальцинированной соды (Na_2CO_3), которая нейтрализует остатки кислотного флюса.

Основная учебная литература

1. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов, М., Машиностроение, 1977, 664 с.

2. Ковшов А.Н., Технология машиностроения. М., Машиностроение, 1987, 320 с.
3. Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машиноприборостроения: Справочник. – М.:Машиностроение, 1995. – 608 с.
4. Технологические процессы отрасли. Методические указания к проведению практических работ, Новосибирск, 1998, - 60 с.
5. Технологии важнейших отраслей промышленности. 1987

СОДЕРЖАНИЕ

1. МАШИНЫ И МАШИНОСТРОЕНИЕ	
1.1. История развития и роль машиностроения.....	3
1.2. Машины и машиностроение.....	4
1.3. Машина как объект производства.....	5
1.4. Качество машин (изделий).....	7
1.5. Точность машин.....	8
1.6. Шероховатость поверхности.....	10
2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ	
2.1. Производственный и технологический процессы.....	11
2.2. Типы производства.....	12
2.3. Технологическая подготовка производства.....	14
3. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
3.1. Свойства металлов и сплавов.....	15
3.2. Чугуны и стали.....	17
3.3. Цветные металлы и сплавы.....	19
3.4. Сортамент металлов.....	20
4. ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	
4.1. Назначение и виды термических операций.....	21
4.2. Технология термической обработки.....	22
5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ЛИТЬЁМ	
5.1. Общие сведения о процессах литья.....	24
5.2. Литьё в землю.....	26
5.3. Литьё точных отливок в разовые формы.....	28
5.4. Литьё в постоянные металлические формы.....	30
6. ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ	
6.1. Сущность обработки давлением.....	32
6.2. Оборудование для обработки давлением.....	33
6.3. Горячая объёмная штамповка.....	34
6.4. Холодная штамповка.....	36
6.5. Листовая штамповка.....	37
7. СВАРКА И ПАЙКА	
7.1. Общая характеристика сварочных процессов.....	39
7.2. Виды сварки плавлением.....	40
7.3. Сварка давлением.....	42
7.4. Пайка.....	44
Список литературы.....	45