

А.Ю. Боташев
Р.А. Байрамуков
Р.С. Малсугенов

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие
для обучающихся направления подготовки 15.03.02 –
Технологические машины и оборудование.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

А.Ю. Боташев
Р.А. Байрамуков
Р.С. Малсугенов

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие
для обучающихся направления подготовки 15.03.02 –
Технологические машины и оборудование

Черкесск
2022

УДК 621
ББК 34.5
Б86

Рассмотрено на заседании кафедры «Технологические машины и переработка материалов».

Протокол № от « » . 2021г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СКГА.

Протокол № от « » 2021 г.

Рецензент: Казиев Ш.М. – к. т. н., доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин»

Б86 Боташев, А.Ю. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие для обучающихся направления подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование / А. Ю. Боташев, Р.А. Байрамуков, Р.С. Малсугенов. – Черкесск: БИЦ СевКавГА, 2022. – 100 с.

Учебное пособие разработано согласно учебному плану образовательной программы бакалавров по направлению подготовки 15.03.02. Технологические машины и оборудование. Оно предназначено для формирования у обучающихся знаний, умений и навыков согласно рабочей программе дисциплины «Технология конструкционных материалов».

УДК 621
ББК 34.5

© Боташев А. Ю., 2022
© ФГБОУ ВО СевКавГА, 2022

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
1.МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	7
1.1 Производство чугуна.....	8
1.2 Производство стали.....	11
1.2.1. Производство стали в кислородных конверторах.	11
1.2.2 Производство стали в мартеновских печах.....	13
1.2.3. Производство стали в электропечах	14
1.3. Разливка стали	19
1.3.1 Разливка стали в изложницы	19
1.3.2 Сифонная разливка стали.....	19
1.3.3 Непрерывная разливка стали	20
1.4. Кристаллизация и строение стальных слитков.....	21
1.5. Производство цветных металлов	23
1.5.1. Производство меди	23
1.5.2. Производство алюминия	27
1.5.3 Производство магния.....	27
1.5.4. Производство титана	29
2. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК В МАШИНОСТРОЕНИИ	32
2.1. Классификация методов получения заготовок.....	32
2.1.1. Материалы и требования, предъявляемые к качеству детали	33
2.2. Производство заготовок литьем.....	34
2.2.1. Литье в формы одноразового применения	34
2.2.1.1. Литье в песчано-глинистые формы.....	34
2.2.1.2. Литье в оболочковые формы	35
2.2.1.3. Литье по выплавляемым моделям.....	37
2.2.2. Литье в формы многоразового применения.....	39
2.2.2.1. Литье в кокиль.....	39
2.2.2.2. Центробежное литье	42
2.2.2.3. Литье под давлением	43
2.3. Производство заготовок обработкой давлением	44
2.3.1. Прокатка	44
2.3.2. Прессование.....	46
2.3.3. Волочение	48

2.3.4. Ковка	49
2.3.5. Объемная штамповка.....	50
2.3.6. Листовая штамповка	51
2.4 Производство биметаллических изделий.....	54
2.4.1. Диффузионная сварка.....	54
2.4.2. Сварка взрывом	58
2.4.3. Контактная сварка биметалла	61
2.4.4. Магнитно-импульсная сварка.....	65
2.4.5. Ультразвуковая сварка	68
2.4.6. Сварка биметалла прокаткой	69
2.5 Обработка металлов резанием.....	72
2.5.1 Материалы применяемые для изготовления режущего инструмента	73
2.5.2. Металлорежущие станки.....	75
Список используемой литературы	90
Приложение 1.....	93

ВВЕДЕНИЕ

История развития мировой цивилизации неразрывно связана с развитием орудий труда, изготавливаемых из различных материалов. Свидетельством этому являются названия исторических эпох: каменный век, бронзовый век, железный век. С развитием техники неуклонно расширяется ассортимент материалов используемых для производства различных видов и вооружения.

В современных условиях роль материалов еще больше возросло. Техничко-экономические характеристики машин, аппаратов и других устройств существенно зависят от качества применяемых материалов, поэтому роль материалов в современном производстве еще больше возросло. Это связано также с появлением новых отраслей промышленности. Так появление атомной и аэрокосмической отраслей обусловило необходимость создания высокопрочных и жаропрочных сплавов титана, вольфрама, молибдена и других металлов. Появление электронной отрасли в промышленности вызвало необходимость в производстве особо чистых металлов. Дальнейшее развитие техники неразрывно связано с повышением качества существующих материалов и созданием новых материалов и технологий их производства.

Дисциплина «Технология конструкционных материалов» изучает технологические методы получения металлов и сплавов из металлов и неметаллов, а так же технологические методы получения и обработки заготовок для производства деталей. Объектом изучения этой дисциплины являются так же физико-механические свойства и технологические свойства конструкционных материалов.

Данное учебное пособие составлено применительно к учебному плану подготовки бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. В ней изложены способы производства чугуна, стали и цветных сплавов. Представлены методы получения и обработки заготовок, предназначенных для производства машин и аппаратов и других устройств. Рассмотрены также физико-механические свойства конструкционных материалов. В целом данное учебное пособие предназначено для обеспечения формирования у обучающихся компетенций: умение выбирать основные и вспомогательных материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин.

1.МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Основными материалами для производства чугуна, стали и цветных металлов являются руда, флюсы, топливо.

Под рудой понимается природный материал, содержащий в своем составе какой либо элемент или комплекс элементов (иногда называют комплексные руды). В зависимости от преобладающего в руде элемента, ее направляют на производство стали, чугуна или цветного металла. Кроме необходимых элементов в руде так же содержится пустая порода. Руды бывают бедные или богатые, которые определяются процентным содержанием в нем необходимых элементов. Перед добавлением руды в металлургическую печь, руда проходит стадию обогащения. В этой стадии с руды удаляется часть пустой породы, тем самым повышается содержание необходимых элементов. Благодаря этому увеличивается эффективность используемой печи.

При производстве металлов для снижения температуры плавления, ускорения процесса отделения пустой породы от металла, а так же удалении нежелательных соединений применяют металлургические флюсы. К флюсам относят: боксит, известь, плавиковый шпат и т.д., у каждого типа флюса есть свои преимущества. В процессе плавления при использовании флюсов на поверхности металлов образовывается шлак. Шлак, образованный на поверхности металла защищает жидкий металл от взаимодействия с окружающей средой. В свою очередь образованный на поверхности шлак в зависимости от содержания основных оксидов подразделяют на основной и кислый.

В качестве топлива в металлургических печах используются, мазут, природный газ, кокс и доменный газ.

Температура в процессе выплавки чугуна или стали превышает 1000 °С. По этой причине внутренние поверхности печей и других устройств, которые контактируют с расплавленным металлом, выполняются из огнеупорных материалов. К огнеупорным материалам можно отнести: динасовый кирпич, магнезитовый кирпич, шамотный кирпич, углеродистый кирпич и т.д. Исходя из химического состава огнеупорные материалы делятся на: кислые, нейтральные, основные.

Для производства металлов используют следующие основные способы.

1. **Гидрометаллургический.** Суть производства металла данным методом заключается в выщелачивании металлов из руд с использованием растворителей. Этот способ нашел широкое применение при получении цветных металлов.

2. **Пирометаллургический.** Этот способ широко применяется для получения металлов на основе железа. Металл получают при высокой температуре путем восстановления оксидов железа оксидом углерода, который выделяется при сгорании топлива.

3. **Электрометаллургический.** Данный метод основан на использовании дуговых, индукционных печей, а так же других электрических печей. Так

металл получают электролизом из соединений и водных химических соединений.

4. Химико-металлургический. Данный способ основан на использовании химического и пирометаллургического метода получения металла [1,2].

1.1 Производство чугуна

Чугун – сплав железа с углеродом, с содержанием углерода от 2,14% до 6,67%.

Чугун выплавляют в доменных печах. Для производства чугуна подготавливают топливо, железную руду, флюсы. Железо в руде содержится в виде оксидов, гидроксидов. К железным рудам относят магнитный железняк Fe_3O_4 , красный железняк Fe_2O_3 , бурый железняк, шпатовый железняк.

В качестве основного топлива при выплавке чугуна используют кокс, который служит и восстановителем железа.

В качестве флюса при выплавке используют известняк $CaCO_3$, а так же доломитизированный железняк, состоящий из $CaCO_3$ и $MgCO_3$.

Для улучшения процесса обогащения руды, руду предварительно дробят и сортируют. Дробление осуществляется на дробилках (конусных и шаровых дробилках). Обогащение руды происходит путем промывки водой, тем самым отделяются куски песчано-глинистой породы. Отсадка так же позволяет увеличить процентный состав содержания железа. Суть процесса заключается в следующем: вода под напором пропускается по дну вибрирующего сита, на котором установлена руда. Благодаря этому часть пустой породы отделяется от руды. Используют так же и магнитную сепарацию, которая основана на различных магнитных свойствах руды и пустой породы. Раздробленная руда, в которой содержится железо, притягивается магнитом, тем самым отделяясь от пустой породы.

После обогащения руда проходит процесс окучкования. Переработка кусков руды агломерацией или окатыванием позволяет улучшить доменную плавку, и уменьшить расход топлива.

Суть агломерации заключается в спекании руды, известняка и кокса при температуре порядка 1300...1500 °С. Вследствие этого удаляется часть примесей, разлагаются карбонаты, и образуется пористый офлюсованный материал, называемый агломератом.

При окатывании обогащенная руда, флюсы, топливо увлажняют и загружают в гранулятор или пустотелый барабан. При вращении барабана образуются окатыши (шарики) диаметром порядка 30 мм. Полученные окатыши сушат и обжигают при температуре 1300 °С.

Выплавка чугуна

На рис. 1.1 представлена схема доменной печи. Вагонетки 9 подымаясь по мосту 12, засыпают шихту (смесь флюса, руды и топлива) в засыпной аппарат 8. Далее шихта попадает в приемную воронку 7. Конус 10 опускаясь, подает шихту в чашу 11, а при опускании конуса 13 в рабочее пространство

доменной печи. Благодаря такой конструкции выделение горячих газов в атмосферу минимально. Рабочее пространство доменной печи состоит колошника 6, шахты 5, распара 4, заплечиков 3, горна 1 и лещади 15.

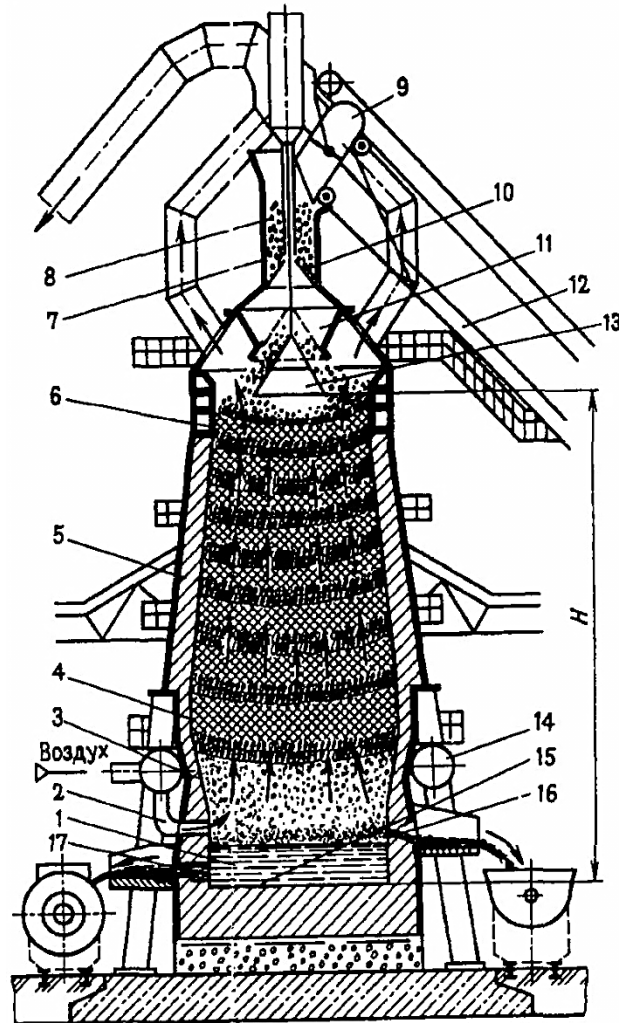


Рис. 1.1 Схема доменной печи

- 1– горн; 2 – фурма; 3 – заплечики; 4 – распар; 5 –шахта; 6 – колошник;
 7 – приемная воронка; 8 – засыпной аппарат; 9 – вагонетка; 10 – конус;
 11 –чаша; 12 –мост; 13 – конус ; 14 – фурменное устройство; 15 – дно;
 16 – выпускная летка; 17 – шлаковая летка.

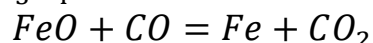
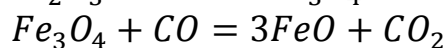
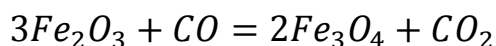
Для уменьшения потерь теплоты и расхода кокса воздух необходимый для протекания процесса нагревают. Горячий воздух, который необходим для горения топлива в печи, поступает от воздухонагревателя к фурменному устройству 14 к фурме 2. Воздухонагреватель состоит из камеры сгорания и насадки. Внутренние стенки насадки выложены таким образом, что образуют вертикальные каналы. К горелке через камеру сгорания подается доменный газ, который затем сгорает. Газы, проходя через насадку, нагревают стенки насадки и выходят через дымовую трубу. Затем подается воздух от турбовоздуходувной машины. Благодаря этому чистый воздух без содержания вредных примесей нагревается до температуры порядка 1200 °С. Стоит отметить, что в доменной печи имеется несколько воздухонагревателей для поддержания постоянной подачи разогретого

воздуха. Расход воздуха на выплавку 1 т чугуна составляет от 3000 л/мин³ до 7000 л/мин³

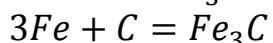
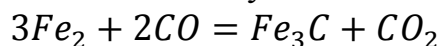
Процессы, протекающие в доменной печи разделяются на: горение топлива; разложение компонентов загруженной шихты; восстановление железа; науглероживание железа; восстановление марганца, кремния, фосфора, серы; и образование шлака. Все вышеперечисленные процессы проходят одновременно. Современные доменные печи весьма габаритные, высота может составлять выше 30 м, а полезный объем печи достигать до 5000 м³.

Горение топлива в печи происходит нижней части доменной печи рядом с фурмами. Кокс, взаимодействуя с кислородом сгорает. При этом образуется теплота, которая идет на нагрев шихты, разлагая ее. Газовый поток содержащий CO , CO_2 , N_2 , H_2 , CH_4 и т.д. поднимается в верхнюю часть печи. Температура на уровне фурм достигает выше 2000 °С, и 400 °С возле колошника.

При нагревании шихты до 750...900 °С в шихте восстанавливается железо.



Часть закиси железа опускается до распара и заплечиков и восстанавливается с углеродом кокса. В результате образуется губчатое железо. При достижении 1000...1100 °С губчатое железо науглероживается:



В процессе науглероживания температура плавления железосодержащих материалов падает, и сплав начинает плавиться. Одновременно с этим сплав начинает насыщаться марганцем, кремнием, серой и фосфором, которые содержатся в руде. В результате нижней части печи образуется жидкий сплав чугуна, а так же шлак который состоит из флюсов, пустой породы и т.д [3].

Через каждые 3-4 часа в зависимости от интенсивности образования чугуна выпускают из летки 16, которое расположено несколько выше лещади, а шлак через шлаковую летку 17. Чугун и шлак сливают чугуновозные ковши и шлаковые чаши. Не используемый чугун заливают в изложницы, где он затвердевает в виде чушек-слитков массой по 45 кг. Жидкий чугун везут в другие цеха для передела в сталь.

В доменных печах получают чугун различного химического состава (передельный и литейный) и назначения. Побочные продукты, полученные при производстве чугуна, например: шлак может быть использован как при производстве цемента, а доменный газ после очистки может быть использован как топливо для нагрева воздуха печи.

1.2 Производство стали

Сталь – сплав железа с углеродом с содержанием углерода от 0,02% до 2,14 %. Исходя, из процентного содержания углерода в железе можно сделать вывод, о том, что для производства стали из чугуна необходимо уменьшить содержание углерода и других примесей в металле. Для производства стали исходными материалами являются, стальной лом иногда называют его скрапом, а так же используют передельный чугун. Для производства стали используют кислородные конверторы, мартеновские и электрические печи, технологические процессы которых отличаются друг от друга.

Основные технологические процессы производства стали представлены на рис 1.2.

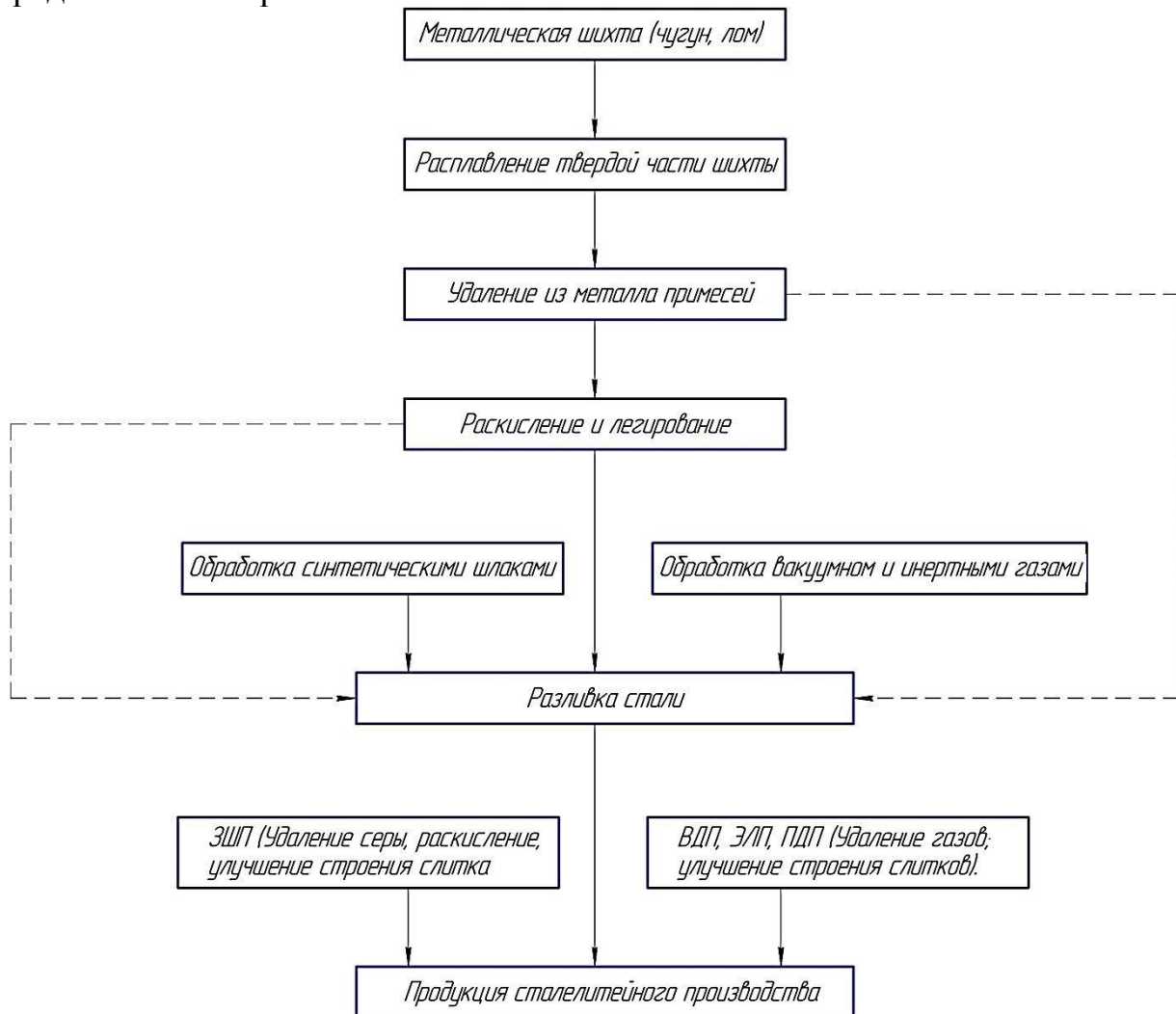


Рис. 1.2. Схема технологических процессов производства стали

1.2.1. Производство стали в кислородных конверторах.

Суть процесса заключается в том, что в сосуд грушевидной формы загружается стальной лом, жидкий передельный чугун, известь, железная руда, боксит и шпат, затем сосуд продувается техническим кислородом. На рис.1.3 представлена схема кислородного конвертера.

Корпус 1 кислородного конвертера сделан из стального листа толщиной от 50 до 100 мм. Внутри корпус футерован кирпичом 2. Емкость кислородного конвертера может достигать до 350 т жидкого чугуна.

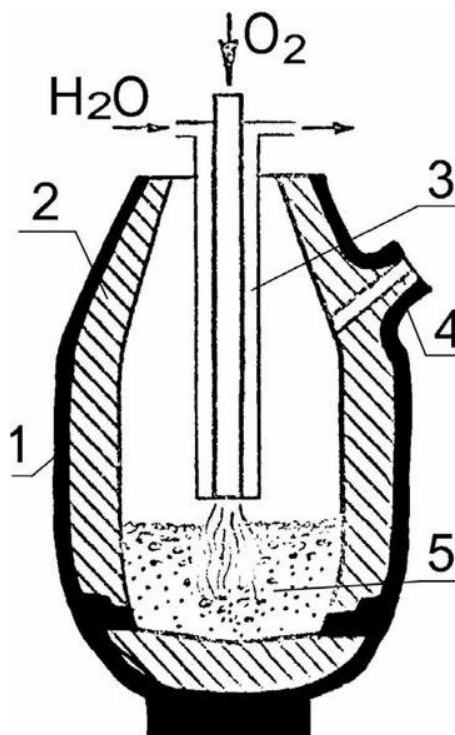


Рис. 1.3. Схема кислородного конвертера.

1 – корпус; 2 – футеровка; 3 – кислородная фурма; 4 – летка для выпуска стали

Перед началом работы корпус поворачивают и загружают стальной лом до 30%. Затем заливают жидкий передельный чугун при температуре 1250...1400 °С. Устанавливают водоохлаждаемую кислородную фурму 3, через которую подают кислород, а так же добавляют железную руду, известь, боксит и шпат. Расход кислорода составляет 2..5 м³/мин на 1 тонну металла. Подача кислорода осуществляется под давлением 0,9...1,4 МПа. В процессе продувки кислородом, происходит окисление углерода и других элементов. Благодаря этому температура в конвертере повышается до 2400 °С. Одновременно, образуется активный шлак с необходимым содержанием CaO . Благодаря этому удаляются части серы и фосфора, а так же образуются новые соединения $P_2O_5 \cdot 3CaO$ и CaS в шлаке[1,3].

Когда содержание углерода в жидком сплаве достигает заданного значения, подачу кислорода прекращают, конвертер поворачивают и выливают в начале сталь. При выпуске из конвертера сталь раскисляют осаждающим методом ферромарганцем, ферросилицием и алюминием. Данный процесс проводят для снижения содержания кислорода в сплаве. После проведения раскисления из конвертера сливают образованный шлак.

Длительность процесса передела составляет 20...30 мин. Однако в кислородных конвертерах сложно выплавлять стали содержащие

легирующие элементы. По этой причине по данной технологии получают стали с низким содержанием легирующих элементов. Легирующие элементы добавляют в ковш уже в жидком состоянии, предварительно расплавленные в электрических печах[1,3].

1.2.2 Производство стали в мартеновских печах

На рис 1.4. представлена схема мартеновской печи. Она представляет собой регенеративную отражательную пламенную печь. Газ, сгорая в плавильном пространстве 7, нагревает воздух печи до 1700...1800 °С. В левой части печи находятся каналы для газа 3 и воздуха 4, которые соединены с регенераторами 1 и 2. В правой стороне аналогично расположены каналы для газа 9 и воздуха 8. Они так же соединены с регенераторами 10 и 11. Регенераторы выложены в клетку из огнеупорного кирпича. Через окно 5 загружается шихта 5. Перед подачей в печь газ и воздух подогреваются регенераторами 10 и 11 и поступают в плавильное пространство печи 7. В пространстве печи они перемешиваются и сгорают. Продукты сгорания двигаясь по каналам 3 и 4 поступают в регенераторы 1 и 2 и подогревают их. Продукты сгорания, отдавая тепло, нагревают регенераторы до 600 °С, затем удаляются через дымовую трубу 13. В процессе работы регенераторы 10 и 11 охлаждаются и при достижении определенной температуры направление движения воздуха и газа изменяют на противоположное.

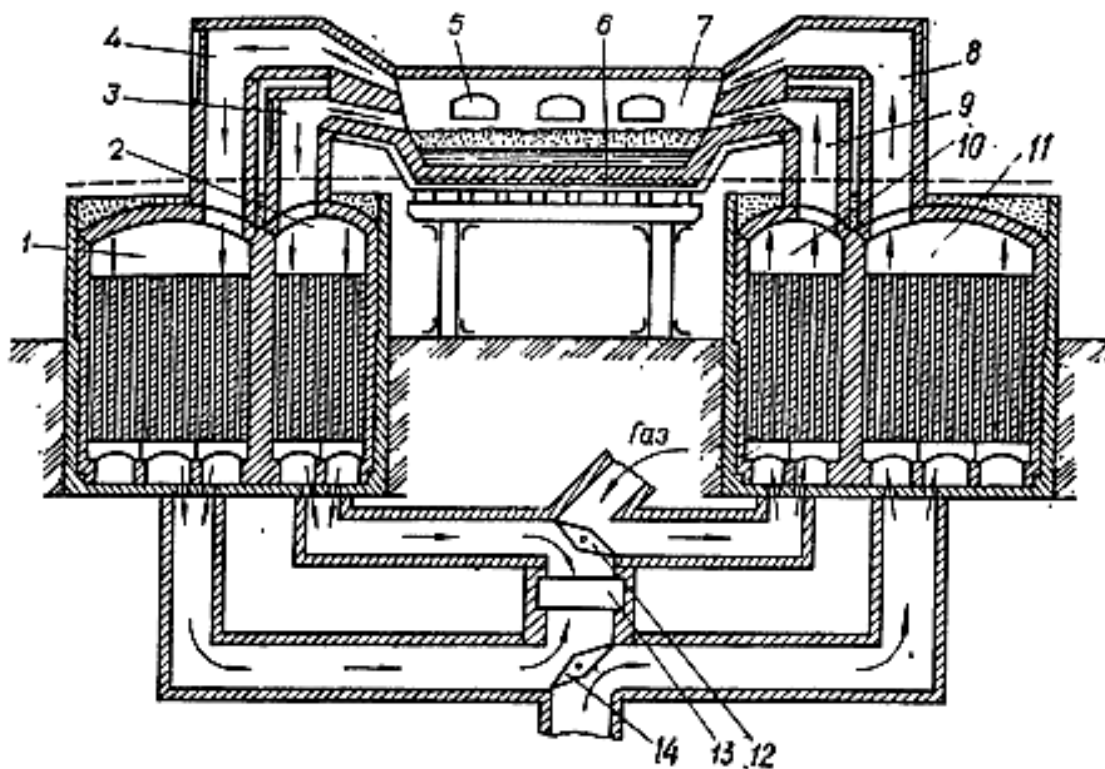


Рис. 1.4. Схема мартеновской печи

1, 2, 10, 11 – регенераторы; 3, 4, 8, 9 – каналы; 5 – загрузочное окно; 6 – под печи; 7 – плавильное пространство; 12, 14 – клапаны

Изменение движения течения воздуха в печи производится путем переключения клапанов 12 и 14. В этом случае воздух и газ поступают в печь через регенераторы 1 и 2 по каналам 3 и 4. Продукты сгорания топливной

смеси выход по каналам 8 и 9 нагревая регенераторы 10 и 11. Далее продукты сгорания выходят через дымовую трубу 13. Благодаря этому максимально используется тепло полученное от продуктов сгорания на нагрев регенераторов.

Существуют мартеновские печи, работающие на мазуте. В этих конструкциях с каждой стороны печи установлены по одному регенератору, которые служат только для нагрева воздуха. Максимальная вместимость существующих печей достигает 900 т жидкой стали.

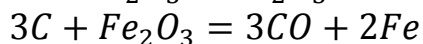
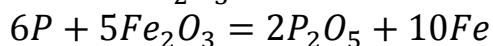
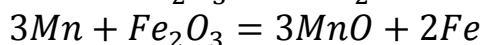
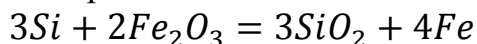
Материалами для производства стали в мартеновской печи служат: стальной лом (скрап), жидкий и твердый чугун, а так же железная руда. В зависимости от состава шихты различают следующие виды мартеновского производства стали:

1) скрап-процесс, при котором шихта состоит из стального лома и 25...45% передельного чугуна

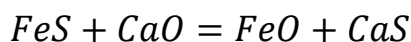
2) скрап-рудный процесс, для производства стали используется шихта с содержанием жидкого чугуна от 55...75%, скрапа и железной руды.

Скрап процесс применяется на машиностроительных заводах которые не располагают жидким чугуном, и вследствие этого технологический процесс получения стали немного отличается от скрап-рудного процесса. Используя данный метод, получают углеродистые и легированные стали.

Широкое применение в металлургии получил скрап-рудный процесс. Суть метода заключается в том, вначале в печь загружают железную руду и известняк, подогревают, затем добавляют стальной лом и заливают жидкий чугун. Благодаря этому в процессе плавки примеси в чугуне окисляются за счет оксида железа руды и скрапа



При взаимодействии сернистого железа с известью из сплава удаляется сера



В процессе плавки SiO_2 , MnO , P_2O_5 , CaO , CaS образуют шлак, который выпускают в шлаковые чаши[1,3].

Продувка кислородом позволяет значительно сократить время плавления и окисления (в 2-3 раза). Благодаря этому существенно сокращается расход топлива и железной руды. Когда содержание углерода, серы и фосфора достигают заданных значений, процесс прекращают и начинают раскисление стали ферромарганцем, ферросилицием и алюминием.

1.2.3. Производство стали в электропечах

Широко распространены печи двух типов: дуговые и индукционные. Металлургические электропечи по сравнению с плавильными имеют ряд преимуществ: высокая скорость нагрева и поддержание заданной температуры, возможность создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу и вакуум. Благодаря этому можно производить сталь

любого состава и с минимальным количеством вредных примесей. Использование металлургических электропечей позволяет получать стали в условиях небольших заводов.

Дуговая сталеплавильная электропечь – это электрическая печь служащая для плавки металлов. Суть данного метода плавления металла заключается в том что, тепловой эффект от электродуги графитовых электродов поднимает температуру внутри печи до температуры плавления металла.

В настоящее время по типу плавки металла существуют различные виды электродуговых печей:

- **Дуговые печи косвенного действия** – вследствие возникновения электродуги между электродами, тепло передается от дуги через излучение и конвекцию
- **Дуговые печи прямого действия** – дуга возникает между шихтой и электродами печи. В результате тепло передается через энергию самой дуги.
- **Дуговые печи сопротивления** – дуга возникает под слоем шихты. В результате тепло передается за счет теплопроводности, конвекции и излучения
- **Вакуумные дуговые печи** – дуга возникает в инертном газе.
- **Плазменные дуговые печи** – тепло передается электродугой и плазмой

Для переплавки цветных металлов, никеля и некоторых видов чугуна применяются дуговые печи косвенного действия. Печи такого типа могут плавить металл от 250 до 500 кг. Мощность электрического тока составляет 150-400 кВт. Регулировка температуры в печи регулируется путем изменения расстояния между графитизированными электродами. Внутренние поверхности печи футеруются огнеупорными материалами. На боковых стенках ванны, где плавится металл, устанавливаются электроды. На боковых стенках так же имеются окна для загрузки металла. Для создания электрической дуги на электродах, их сводят вместе, далее подают электрический ток и разводят на некоторое расстояние. В конце технологического процесса, печь наклоняют и сливают расплавленный металл.

Для выплавки в слитки и фасонного литья применяются дуговые электрические печи прямого действия. Емкость таких печей достигает до 400 т. Мощность печей составляет до 80МВт. По этой причине габаритные размеры таких печей существенно превышают размеры печей косвенного действия. Дуговые электропечи прямого действия состоят в основном из металлического цилиндрического кожуха футерованный огнеупорным материалов внутри. Сверху кожух закрывается сводом в который пропущены электроды. После загрузки металла в печь, кожух закрывается сводом. Далее опускаются электроды до соприкосновения с металлом, подается электрический ток. При поднятии электродов между металлом и электродами

возникает электрическая дуга. Длительность плавки металла составляет 5-6 часов. Слив металла осуществляется наклоном печи. Важным элементом печи являются электроды. В свою очередь электроды бывают расходующимися и не расходующимися. Широкое распространение нашли расходующиеся электроды. При использовании таких электродов по мере расходования они опускаются вниз, а новые электроды навинчиваются сверху. Основное требование, которое предъявляется к электродам – малое сопротивление и высокая механическая и жаропрочность.

Вакуумные дуговые печи менее распространены. Они предназначены для получения металла с низким содержанием вредных примесей. Технологический процесс плавки протекает при низком давлении (1,0-0,001 Па). В таких печах переплавляют титан, ниобий, вольфрам, и т.д. Емкость таких печей небольшая и составляет до 50 т.

На рис. 1.5 представлена схема дуговой сталеплавильной электропечи. Она представляет собой стальной цилиндр 4 со стенками 5, скошенным дном, футерованным огнеупорным кирпичом 1. Подина печи 12 состоит так же из огнеупорного материала.

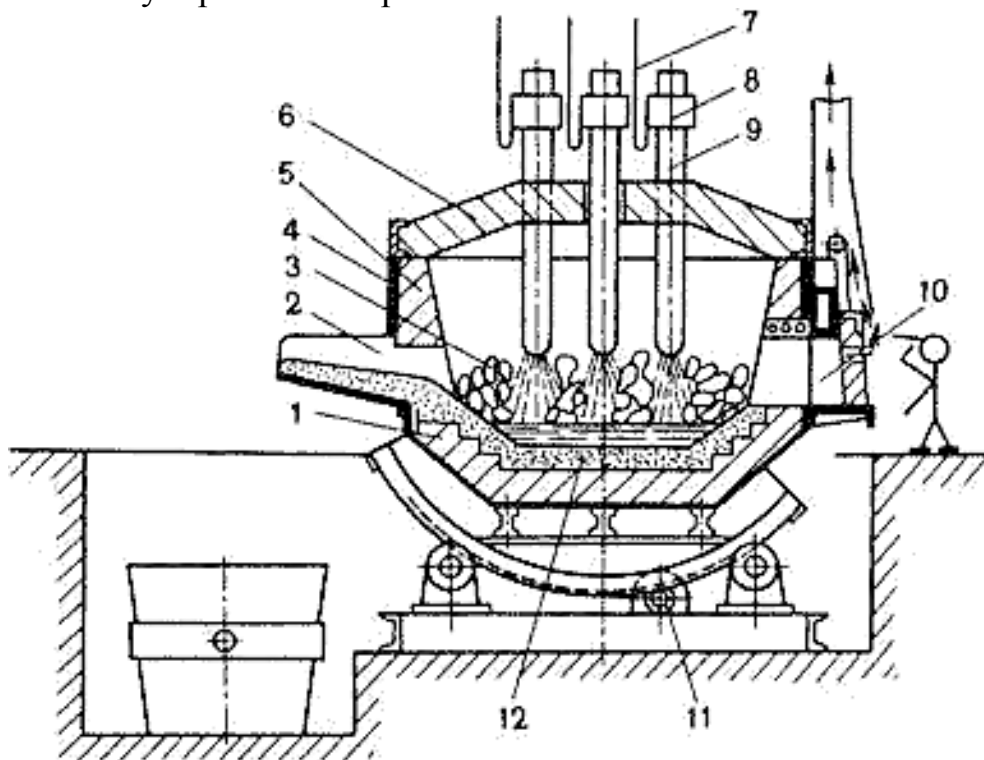


Рис. 1.5 Схема дуговой сталеплавильной электропечи.

1, 5 – огнеупорный кирпич; 2 – желоб; 3 – электрическая дуга;
4 – корпус; 6 – свод; 7 – электропровод; 8 – электродержатель;
9 – электрод; 10 – загрузочное окно.

Для управления процессом плавки имеется рабочее окно 10, а для слива жидкого металла желоб 2. На своде 6 установлены графитизированные цилиндрические электроды 9, диаметр которых составляет 350...550 мм. По проводам 7 к электродержателям 8, а через них к электродам 9 подводится трехфазный электрический ток. Между металлической шихтой 3 и электродами 9 возникает электрическая дуга, которая переходит в тепло и

нагревает металл до температуры плавления. Сила тока в электрической печи может достигать 10кА. Регулировка длины дуги осуществляется путем перемещения электродов по вертикальной плоскости. Загрузка шихты осуществляется при снятом своде. При помощи наклонного механизма печь можно наклонять в левую сторону для слива жидкого металла в ковш и в правую для загрузки шихты. Электродуговые печи строят емкость от 0,5 до 400 т, а так же с основной футеровкой и с кислой. Печи с кислой футеровкой используются для производства углеродистой стали. Процесс плавки состоит из следующих основных этапов:

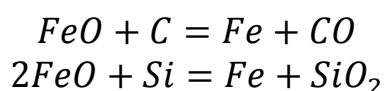
1. заправка печи
2. загрузка печи
3. плавление
4. окислительный период
5. восстановительный период
6. выгрузка стали

Заправка – восстановление поврежденных участков пода.

При плавке с окислением после заправки в печь загружают шихту, которая состоит из: стального лома (до 90%), чушкового передельного чугуна (до 10 %), кокса и извести (2-3%). После загрузки шихты, устанавливают свод, регулируют высоту электродов и подают трехфазный электрический ток.

В процессе плавления шихты, начинается окислительный период. Кремний, марганец, углерод, железо окисляются кислородом, который поступает из воздуха, оксидов шихты и окалина. В результате окислительного процесса образуется шлак, который удаляет фосфор.

Восстановительный период состоит из раскисления стали, удалению серы и выравниванию содержания химического состава. Для этого в печь загружают флюс. Кокс и ферросилиций, которые содержатся в составе флюса восстанавливают оксид железа



Из-за высокого содержания оксида кальция происходит удаления серы из металла. В конце восстановительного процесса сталь раскисляют путем введения ферросилиция и алюминия.

Для получения легированной стали применяются плавка без окисления. Исходными материалами являются скрап и отходы соответствующего состава. Суть метода заключается в переплавке шихты и введение при необходимости необходимых компонентов.

Индукционная электрическая печь – печь нагревающая металл посредством использования электромагнитного поля переменного тока.

На рис. 1.6. представлена схема индукционной тигельной плавильной печи. Она состоит из тигеля 4, который находится внутри водоохлаждаемого индуктора 3. Однофазный ток от генератора промышленной частоты (50Гц) или от генератора токов высокой частоты (500...2500Гц) протекает через

индуктор 3. Вследствие этого создается переменный магнитный поток, который пронизывает загруженный металл в тигле.

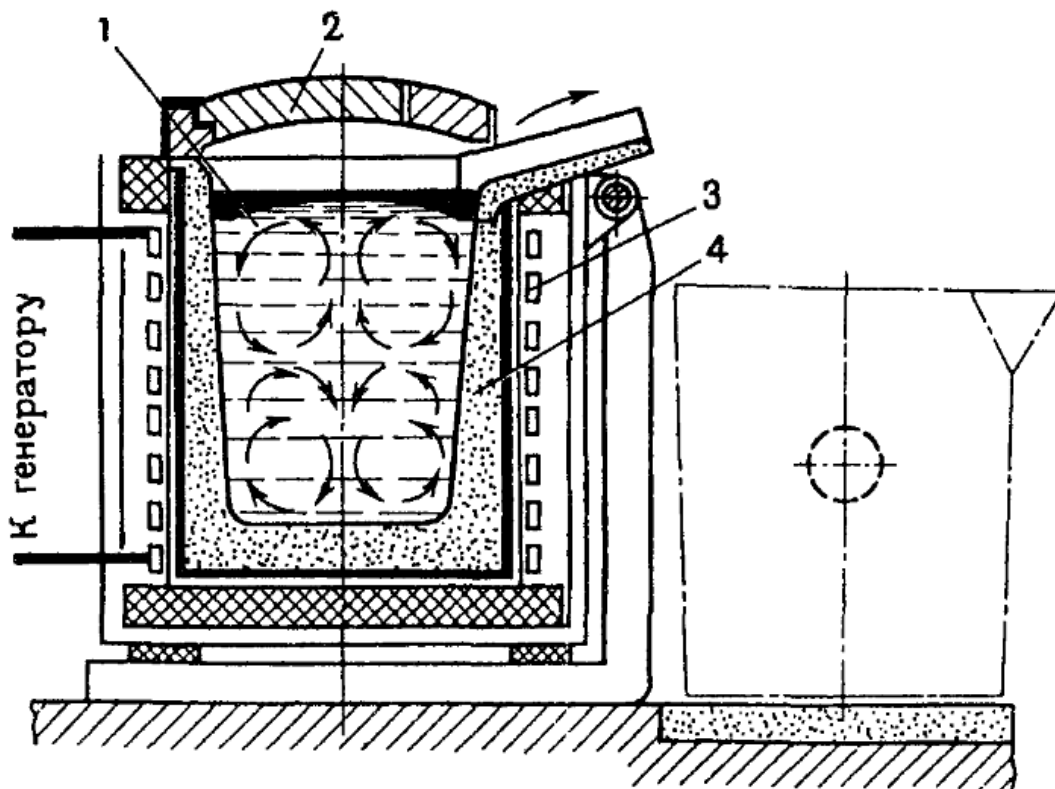


Рис. 1.6. Схема индукционной тигельной плавильной печи
1 – металл; 2 – свод; 3 – индуктор; 4 – тигель

Переменный магнитный поток создает мощные вихревые токи (Фуко), которые нагревают металл 1 до температуры плавления. Тигель изготавливают из огнеупорного материала (кислого – кварцит или основного – магнезитовый порошок). Емкость тигля составляет от 0,05 до 25 т. Так же на печи имеется свод 2.

Преимущество индукционных печей перед дуговыми заключается в следующем: отсутствует электрическая дуга, что позволяет выплавлять сталь с содержанием углерода, небольшие габаритные размеры. Возникающие электродинамические силы перемешивают металл в тигле, что способствует выравниванию химического состава в металле. Благодаря небольшим размерам индукционные печи можно устанавливать в вакуумные камеры, тем самым возможно получать сплавы высокого качества, с малым содержанием вредных примесей. Недостатками таких печей является: слабая стойкость футеровки и невысокая температура шлака, которая недостаточная для протекания металлургических процессов между металлом и шлаком.

Металл раскисляют ферросилицием, ферромарганцем и алюминием. В печах с основной футеровкой выплавляют высококачественные легированные стали с высоким содержанием марганца, никеля, титана, а в печах с кислой футеровкой выплавляют конструкционные стали[1,3].

1.3. Разливка стали

Жидкий металл из плавильной печи заливают в сталеразливочный ковш. Емкость ковша составляет от 5 до 450 т, и обычно определяется емкостью сталеплавильной печи. Из ковша сталь разливают в изложницы или в кристаллизаторы – машины для непрерывного литья заготовок.

1.3.1 Разливка стали в изложницы

Для получения различных по форме слитков сталь заливают в чугунные формы – изложницы. По форме сечения изложницы бывают: квадратными, прямоугольными, круглыми и многогранными. Слитки с квадратным сечением переделывают на сортовой прокат, с прямоугольным переделывают на лист, с круглым сечением производят трубы и т.д. Для прокатки сталь отливают в слитки массой от 0,2 до 25 т, для поковок массой 300 т. Сталь разливают в изложницы сверху, снизу (сифонная разливка) и непрерывным методом.

На рис. 1.7 представлена схема разливки стали в изложницы сверху.

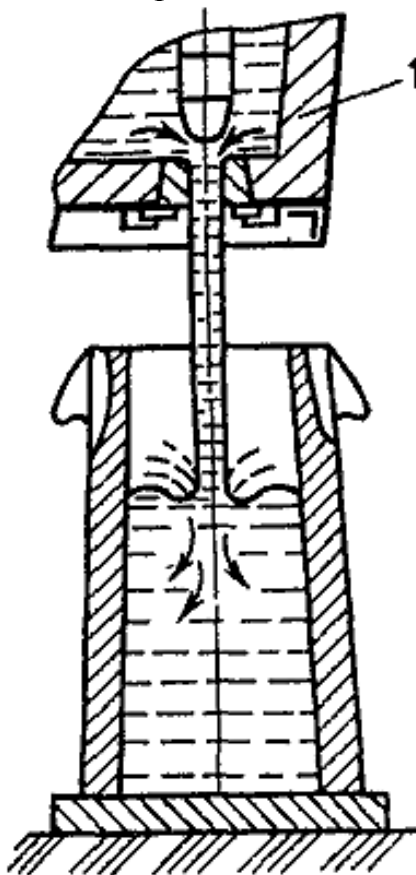


Рис. 1.7 Схема разливки стали в изложницы сверху
1 – ковш

1.3.2 Сифонная разливка стали

На рис 1.8 представлена схема сифонной разливки стали. При данной схеме разливки стали количество изложниц может варьироваться от 4 до 60. Изложницы 5 устанавливают на поддоне 6, жидкую сталь 2 из ковша 1 заливают в центральной литник 3, который футерован огнеупорными трубками 4. Сталь, протекая через трубки 4, попадает в каналы 7 и заполняет изложницы.

Основным преимуществом такого метода перед заливкой стали сверху является то, что металл заполняет изложницу плавно без разбрызгивания, а так же можно заполнять большое количество изложниц одновременно.

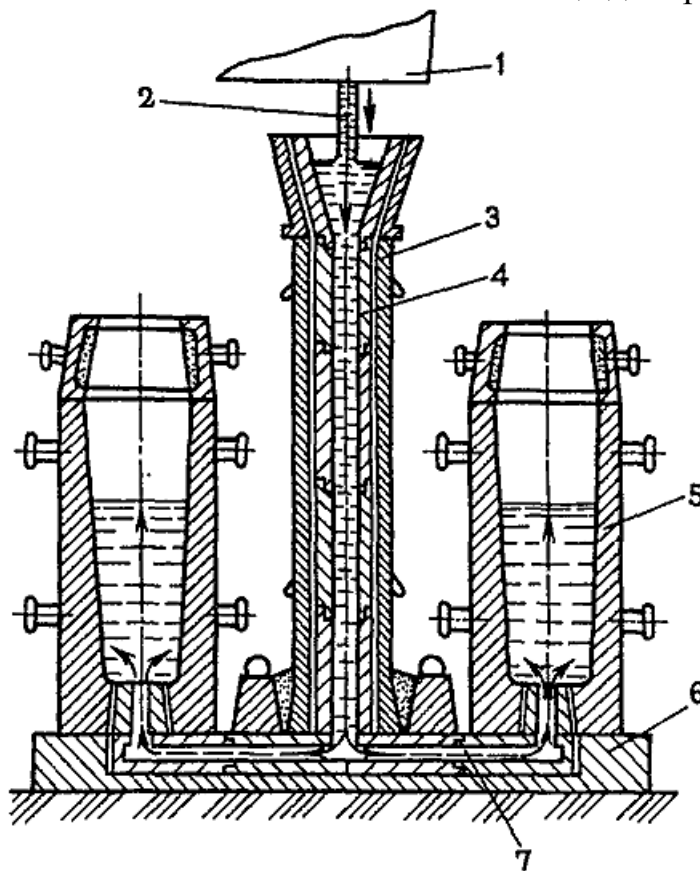


Рис 1.8 Схема сифонной разливки стали.

1 – ковш; 2 – жидкая сталь; 3 – центральный литник; 4 – огнеупорные трубки;
5 – изложница; 6 – поддон; 7 – канал.

1.3.3 Непрерывная разливка стали

При непрерывной разливке стали жидкая сталь из ковша 6 через разливочное устройство 5 непрерывно подается в охлаждаемый кристаллизатор 4. Затвердевший слиток 4 выходит из нижней части кристаллизатора со скоростью до 2,5 м/мин с помощью валков 3. После выхода из кристаллизатора слиток охлаждается водой, и отправляется на резку. Резка осуществляется газовым резаком 2. Полученные слитки при помощи кантователя 1 опускаются на конвейер и подаются на прокатные станы.

Преимущества использования такого метода заключается в том, что отсутствуют усадочные раковины. Благодаря этому выход годных слитков достигает порядка 96...98 %. Структура слитка плотная и однородная.

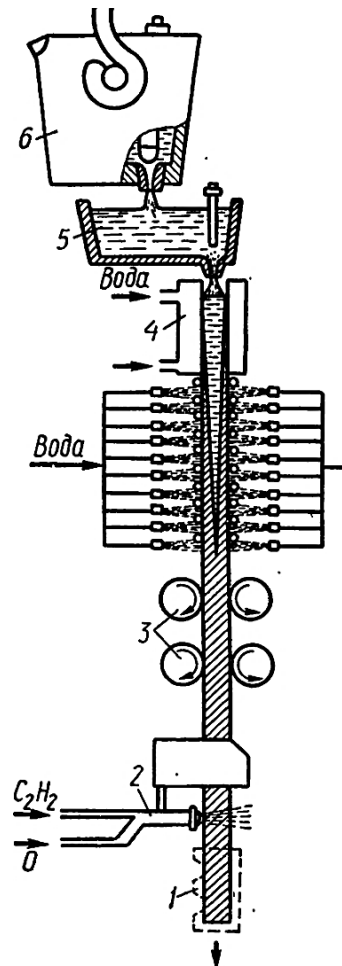


Рис. 1.9 Схема непрерывной разливки стали.
 1 – кантователь; 2 – газовый резак; 3 – валки; 4 – слиток; 5 – разливочное устройство; 6 – ковш

1.4. Кристаллизация и строение стальных слитков

После заполнения изложницы жидким металлом, при отдаче тепла ее стенкам начинается процесс кристаллизации жидкого металла. Кристаллизация металла происходит от внешней поверхности вглубь сердцевины слитка металла. Сталь затвердевает в виде кристаллов древовидной формы называемые дендритами, формы и размеры которых зависят от условий кристаллизации, а так же степенью раскисления. По этим признакам стали делят на кипящие, спокойные и полуспокойные.

Кипящей называют сталь, которая выходит из печи в слабо раскисленном состоянии. Окончательное раскисление сталь проходит в изложнице, при взаимодействии оксида железа с углеродом. Образованный в результате взаимодействия оксид углерода выделяется, способствуя удалению других газов. В кипящей стали усадочные раковины не образуются, они рассредоточены по полостям газовых пузырей, которые возникли при кипении стали в изложнице. Газовые пузыри устраняются горячей прокаткой (рис 1.10).

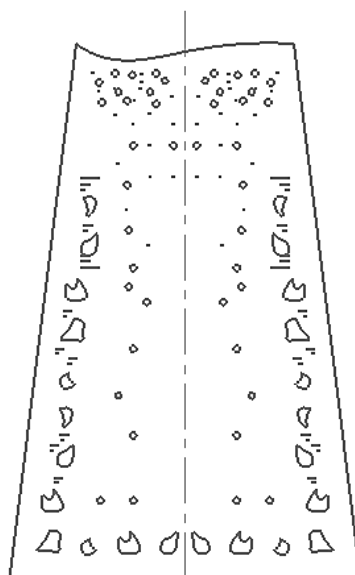


Рис. 1.10 Схема строения слитка кипящей стали

Спокойную сталь называют сталь, которая была полностью раскислена в печи и ковше. Структура такой стали плотная, а усадочные раковины образуются лишь в верхней части слитков (рис. 1.11).

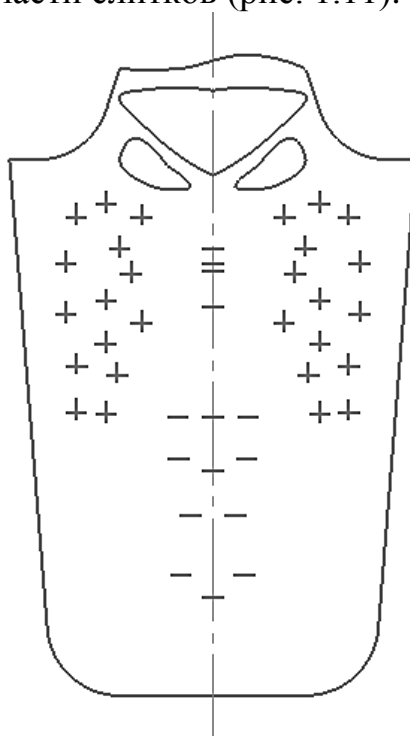


Рис. 1.11 Схема строения слитка спокойной стали

Полуспокойную сталь получают при раскислении металла ферромарганцем и недостаточным количеством ферросилиция или алюминия. Поэтому полуспокойная сталь частично раскисляется в печи, в ковше, а так же в изложнице (рис.1.12). Она сохраняет преимущества выше перечисленных видов сталей и не имеет их недостатков[1].

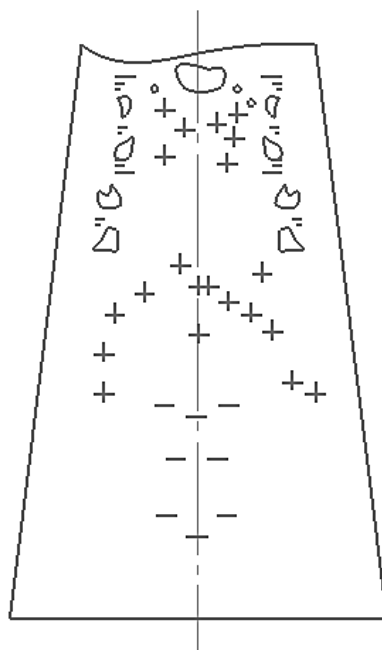


Рис. 1.12 Схема строения слитка полуспокойной стали

1.5. Производство цветных металлов

Цветные металлы принадлежат нержавеющей металлам и сплавам. К этой группе можно отнести медь, алюминий, олово, цинк, серебро, титан и т.д. Характерной особенностью цветных металлов является наличие на поверхности оксидных пленок, которые защищают металл от негативных воздействий внешней среды. Цветные металлы обладают высокой тепло- и электропроводностью, а так же коррозионностойкостью. По этой причине цветные металлы нашли широкое применение в авиастроении, машиностроении, пищевой промышленности, радиоэлектронике и т.д. Наибольшее распространение нашли сплавы на основе меди, алюминия, магния и титана

1.5.1. Производство меди

Как и железо, медь получают из руды в основном пирометаллургическим способом. Содержание меди в медной руде составляет до 5%. Медь в руде находится в виде соединений CuS , Cu_2S , $CuFeS_2$, CuO , Cu_2O . Медные руды так же могут содержать такие химические элементы как: никель, цинк, свинец и т.д. Процесс выплавки меди состоит из следующих стадий: обогащение, обжиг, плавка на полупродукт – штейн, выплавку черновой меди и ее рафинирование (очистка меди). Основная схема производства меди представлена на рис. 1.13

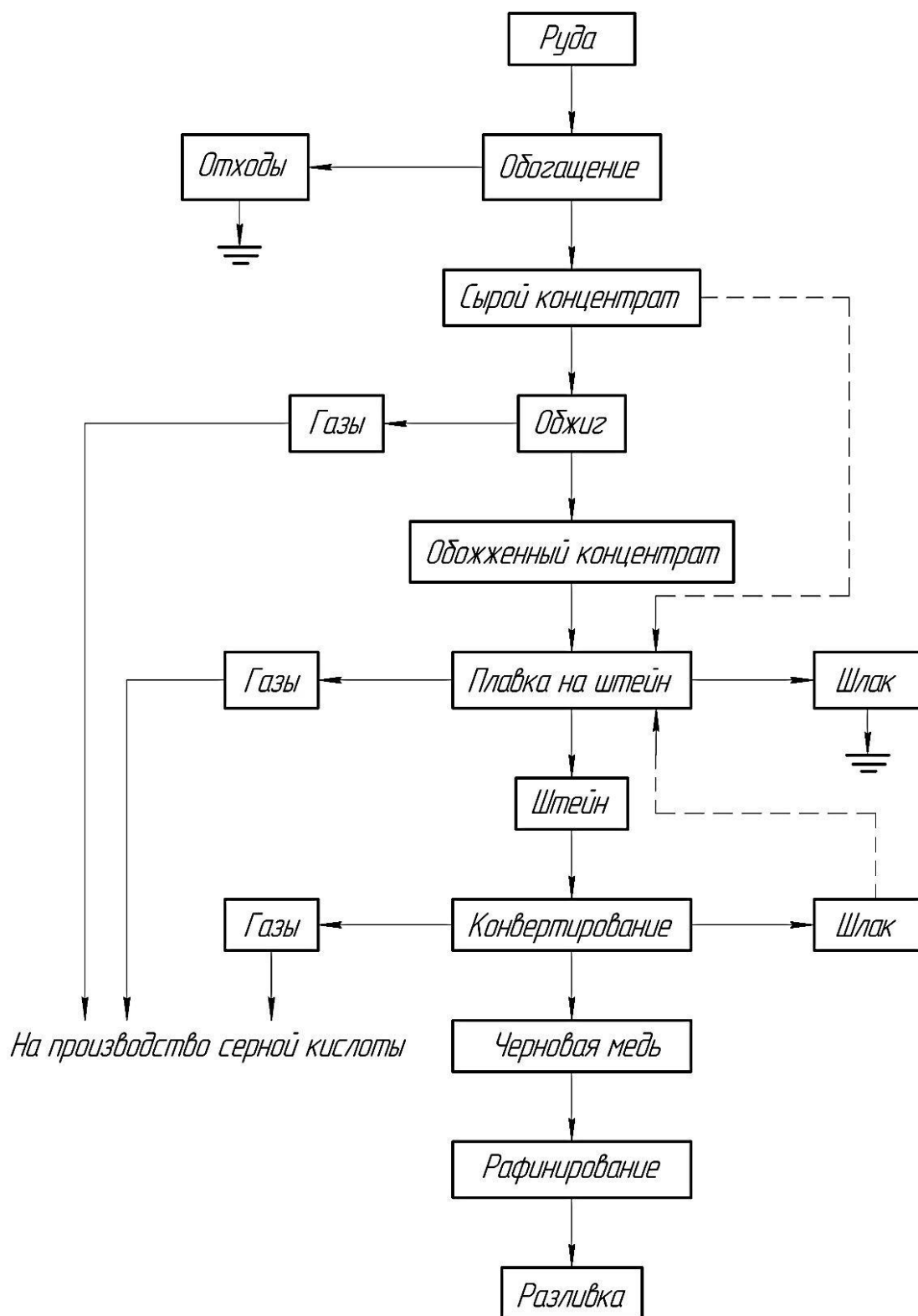


Рис. 1.13 Схема производства меди

Медные руды предварительно обогащают для получения концентрата (содержание меди в концентрате 15...35 %). Для уменьшения содержания серы, концентрат отправляют на обжиг при температуре 800 °С. Наиболее рентабельным считается обжиг концентрата в кипящем слое (рис 1.14).

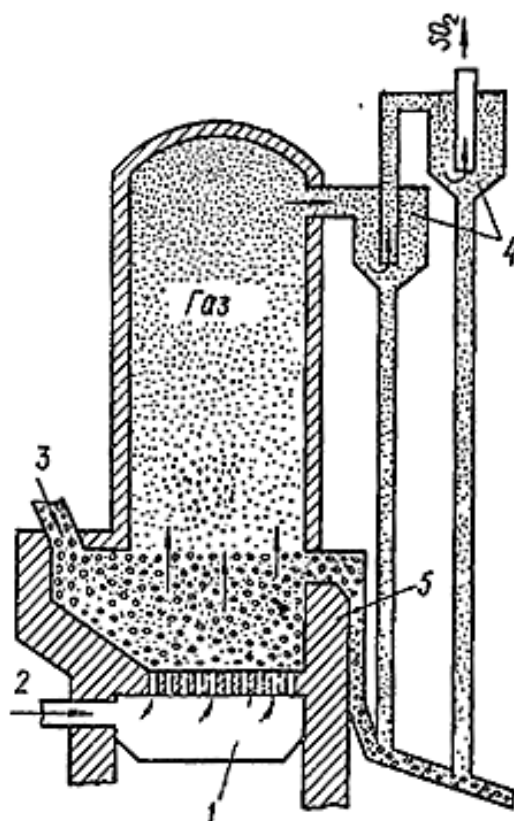
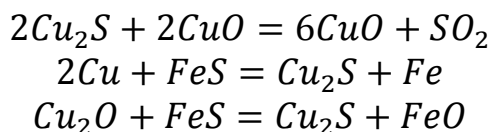


Рис 1.14 Схема печи для обжига концентрата в кипящем слое.
1 – поддон; 2 – канал; 3 – загрузочное окно; 4 – циклон; 5 – порог.

Предварительно измельченный концентрат через окно 3 загружается в печь. По каналу 2 сквозь отверстия поддона 1 в печь подается под давлением воздух. Расход воздуха устанавливается таким образом, что бы зерна концентрата находились во взвешенном состоянии, то есть движение, похожее на кипение жидкости. В таком процессе происходит нагрев концентрата; термическая диссоциация сульфидов; окисление образующихся паров серы до SO_2 с выделением тепла, а так же горение сульфида железа. Выделяемого тепла достаточно для нагрева до температуры (750...800 °С). Обожженный концентрат через порог 5 удаляется из печи, а отходящие из печи газы с содержанием 7-13% SO_2 очищаются в циклонах 4 и направляются для производства серной кислоты. Шихта следует в отражательную или электрическую печь для выплавки штейна. Емкость отражательных печей может достигать 100 т. В качестве топлива используется мазут, угольная пыль или газ. Температура в разных частях печи находится в пределах от 1250 до 1550 °С. В процессе плавки протекают следующие реакции:



В итоге образуется медный штейн с содержанием 20... 60% Cu , 10...60 Fe и до 25% S . Расплавленный медный штейн заливают в конвертеры для окисления сульфидов меди и железа, а так же получения черновой меди.

Конвертер имеет форму цилиндра длиной до 10 м, и диаметром до 4 м (рис 1.15).

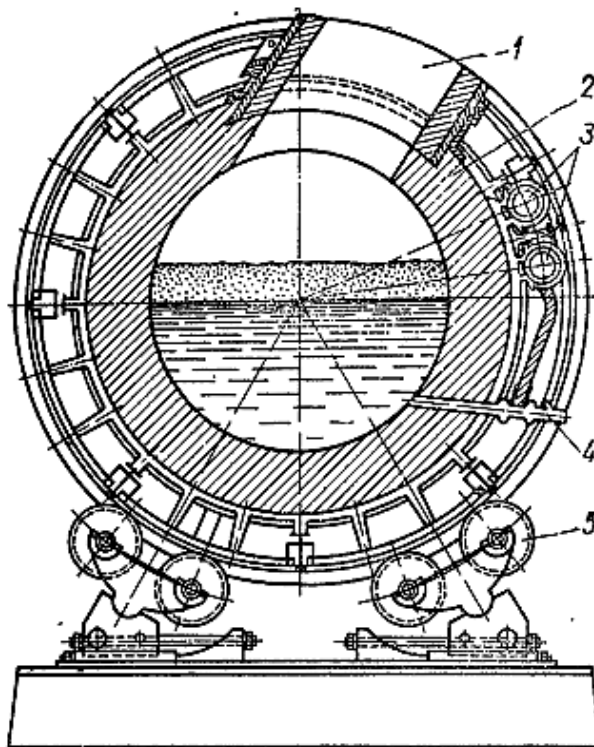
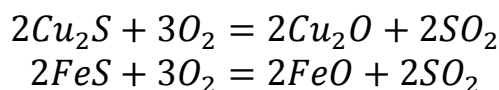


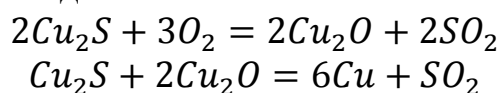
Рис. 1.15 Схема конвертера для производства черновой меди
1 – горловина; 2 – огнеупорный кирпич; 3 – труба; 4 – фурма; 5 – ролик.

Внутренняя полость конвертера футерована огнеупорным кирпичом 2. Заливка медного штейна осуществляется через горловину 1. Для заливки штейна конвертер поворачивают при помощи роликов 5. Подача воздуха осуществляется по трубам 3, через фурмы 4 в количестве до 50 штук. Процесс конвертации проходит в 2 этапа. На первом этапе окисляются сульфиды меди и железа



Образующийся в процессе реакции оксид железа FeO связывается с флюсом и переходит в шлак.

На втором этапе окисляются сульфиды меди, а так же восстанавливается сама медь



Полученная черновая медь, содержащая до 1,5% примесей, отправляется на рафинирование (очистку). При рафинировании удаляются газы и вредные примеси. Применяются два метода рафинирования: огневое и электролитическое. При огневом рафинировании для удаления вредных примесей черновую медь загружают в отражательную печь, где S, Fe, Ni , и другие примеси окисляются кислородом, который подается в трубы погруженные в расплавленную медь. Удаление газов происходит путем

погружения в медь сырого дерева, а так же покрыванием ванны древесным углем. В итоге содержание примесей в меди снижается до 0,5-1%.

Для получения меди чистотой до 99,95 % применяется электролитическое рафинирование. Данный процесс проходит в ваннах, где пластины черновой меди служат в качестве анодов, катодами служат пластины из чистой меди. В качестве электролита служит водный раствор серной кислоты и сернокислой меди.

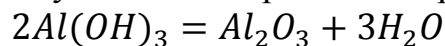
Процесс проходит под напряжением тока 2...3 В и плотностью 100...400 А/м², при этом анод в качестве которого служит медь, растворяется и переходит в раствор. Катионы разряжаются на катодах и откладываются слоем чистой меди. Примеси осаждаются на дне ванны[4].

1.5.2. Производство алюминия

Для производства алюминия используют алюминиевые руды, в качестве которых служат бокситы, нефелины, апатиты, а так же алуниты. Алюминий находится в виде глинозема Al_2O_3 , а так же в виде гидроксидов.

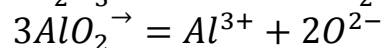
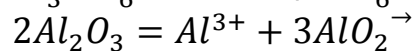
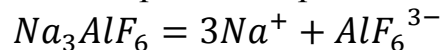
Производство алюминия состоит из двух стадий: выделения глинозема из руды и электролиз.

Чаще всего глинозем получают путем выщелачивания боксита – химическим разложением с добавлением щелочи $NaOH$. Затем алюминат натрия $NaAlO_2$ разлагают, в итоге получается гидроксид алюминия $Al(OH)_3$. Термической обработке полученного гидроксида образуется глинозем.



Полученный глинозем растворяют в криолите (фторид алюминия и натрия Na_3AlF_6) затем подвергают электролизу.

Диссоциация глинозема и криолита протекает следующим образом



Катион Al^{3+} разряжается на катоде образуя жидкий алюминий, анион O^{2-} – на аноде, углерод анода окисляется до CO и CO_2 . Полученный алюминий сливают через несколько дней (1-2 дня). Производство алюминия весьма трудоемкое, к примеру, для получения 1 т. алюминия затрачивается около 16 тыс. кВт*ч энергии и расходуется до 600 кг угольных анодов. Далее алюминий подвергают рафинированию. При рафинировании алюминий подвергается продувке хлором в течение 15 мин. В процессе образуется хлористый алюминий $AlCl_3$, который адсорбируется на поверхности неметаллических примесей и выходит на поверхность в виде шлака[4]. Чистота алюминия после рафинирования составляет 99,5...99,85 %. Для получения более чистого алюминия его подвергают электролитической рафинации, после которой чистота алюминия составляет до 99,99%.

1.5.3 Производство магния

Для производства магния наибольшее распространение получил электролитический способ. Процесс производства заключается в получении чистых солей магния (хлористого магния), электролизе полученных солей в

жидком состоянии, и рафинировании. В качестве руды для производства магния служат карналит $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$, магнезит $MgCO_3$, доломит $MgCO_3 \cdot CaCO_3$, бишофит $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ получаемые из соляных озер, природных источников и морской воды.

Основным сырьем для производства магния является карналит. Как при производстве остальных металлов, раздробленный на куски карналит подвергают обогащению (отделяют от пустой породы), промывая в горячей воде. В это время хлористый магний $MgCl_2$ и хлористый кальций KCl полностью переходят в раствор. При отстаивании раствора образованные механические примеси идут на отвал, а раствор подвергают фильтрации. При охлаждении раствора получают кристаллы искусственного карналита. Для удаления влаги кристаллы подвергаются обжигу в печах с «кипящим» слоем, затем его плавят в электропечах. При использовании магнезита и доломита их вначале обжигают, а затем подвергают хлорированию, получая хлористый магний $MgCl_2$. Далее хлористый магний подвергают электролизу. На рис. 1.16 представлена схема электролизной установки для получения магния. Установка состоит из угольного анода 4, и двух катодных пластин 2. В верхней части установки установлена шамотная перегородка 1, которая отделяет анодное пространство от катодного. Данная перегородка так служит для сбора и отвода выделяющегося хлора.

В качестве электролита используют расплав солей $MgCl_2$, $CaCl_2$, $NaCl$, KCl с добавлением NaF , KF . Электролиз проводится при температуре около $700^\circ C$, напряжении тока 3 В и силе тока 30...50 кА, по этой причине расход электроэнергии составляет около 16 тыс. кВт*ч на 1 т производимой продукции.

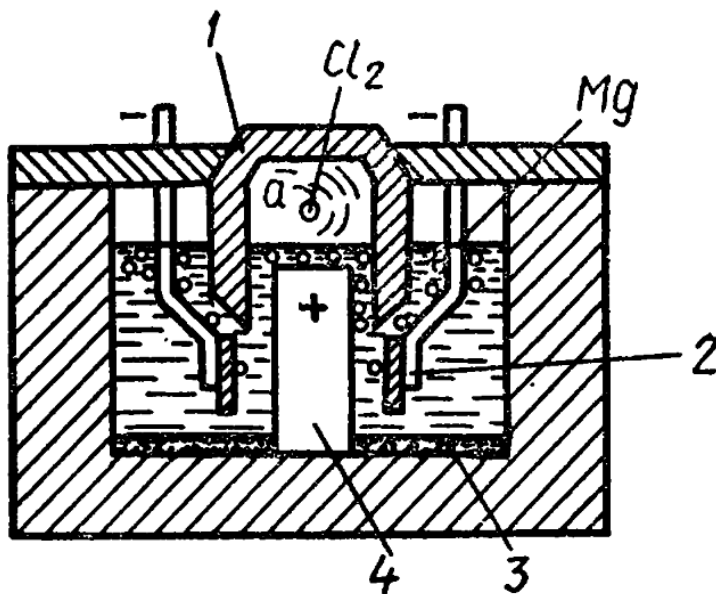


Рис. 1.16 Схема электролизной установки для получения магния
1 – перегородка; 2 – катодная пластина; 3 – шлак; 4 – анод.

В процессе электролиза образуются ионы магния, которые разряжаются на катодах и всплывают на поверхность, а жидкий магний периодически удаляют вакуум-ковшом. Ионы хлора, разряжаясь на аноде

всплывают под перегородку где откачиваются насосом. В процессе электролиза образуется шлам 3, который оседает на дне ванны.

Для удаления оставшихся примесей (2...5%) магний отправляют на рафинирование. Рафинирование осуществляется путем переплавки с флюсами, которые содержат хлориды магния, бария, калия и т.д. Переплавка осуществляется при температуре около 700 °С, в течение от 0,5... 1 ч. По окончании процесса чистота магния достигает до 99,9 % [1,3,4].

1.5.4. Производство титана

Титан находит широкое применение в авиации. Благодаря малому удельному весу и высокой прочности титана и сплавов на его основе титан является ценным материалом. Применение титана целесообразно в пищевой, нефтяной и электротехнической промышленности, а также для изготовления хирургических инструментов и в самой хирургии.

Столы для подготовки пищи, пропарочные столы, изготовленные из титана, по качествам превосходят стальные изделия.

В нефте- и газобурильной областях серьезное значение имеет борьба с коррозией, поэтому применение титана позволит реже заменять корродирующие штанги оборудования. В каталитическом производстве и для изготовления нефтепроводов желательнее применять титан, сохраняющий механические свойства при высокой температуре и обладающий хорошей коррозионной устойчивостью.

В электропромышленности титан можно применить для бронирования кабелей благодаря хорошей удельной прочности, высокому электрическому сопротивлению и немагнитным свойствам.

Для производства титана используют руды с содержанием ильменита $TiO_2 \cdot FeO$. Важным источником ильменита является титаномагнетит $FeTiO_3 \cdot Fe_3O_4$. В качестве руды так же используют рутил TiO_2 . Существуют различные способы получения титана из руд, однако наибольшее применение получил магнетермический способ (рис.1.17). Производство титана состоит из следующих основных операций: получение титанового концентрата, выплавка титанового шлака, производство четыреххлористого титана $TiCl_4$ и восстановление металлического титана.

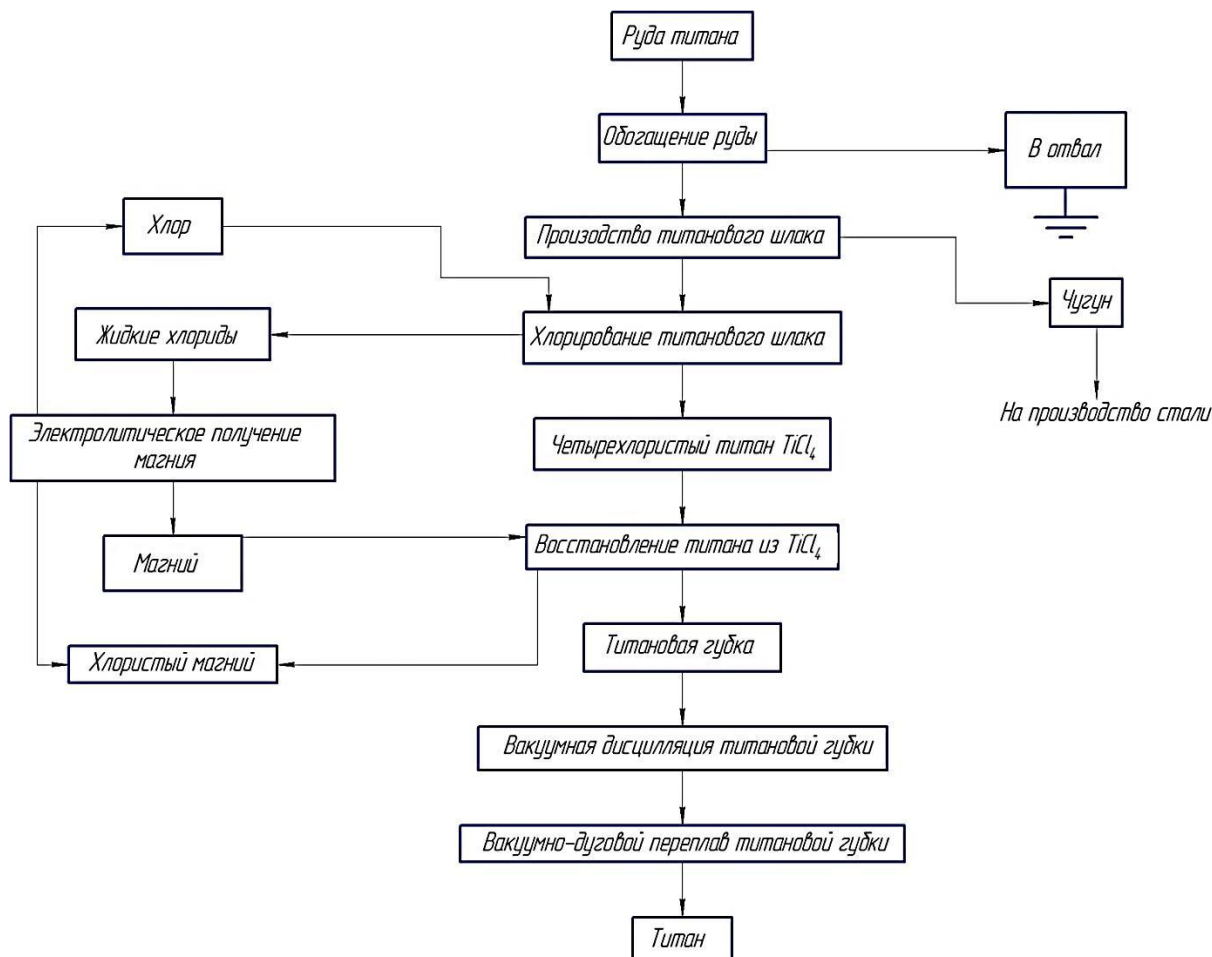
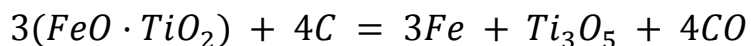


Рис.1.17 Схема магниетермического способа производства титана

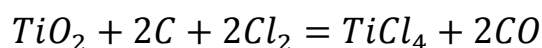
Титановые руды подвергают обогащению, для получения высокого содержания TiO_2 . При обогащении ильменитовой руды получают концентрат с содержанием 40...45% TiO_2 , 30% FeO , 20% Fe_2O_3 и около 7% пустой породы.

Производство титанового шлака предназначено для отделения оксидов железа от оксидов титана. Для этого обогащенную руду плавят в смеси с древесным углем и антрацитом. Плавка производится в электропечах, где оксиды железа и титан восстанавливается



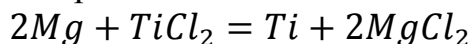
В процессе производства восстановленное железо науглероживается, вследствие этого образовывается чугун. Из-за различия удельных весов чугун оседает на дне печи, поэтому чугун и шлак разливают отдельно в изложницы. Содержание титана в шлаке находится в пределах 80-90%.

Для получения металлического титана, шлак измельчают, добавляют уголь, каменноугольный песок и брикетируют при температуре 800 °С. Далее брикеты подвергаются хлорированию в печах. В печь загружают брикеты, а через фурмы подается хлор. В печи так же имеется угольная насадка расположенная в нижней части. Температура внутри печи может варьироваться в пределах 800-1250 °С. В итоге образуется четыреххлористый титан по реакции:



При получении четыреххлористого титана так же образуются хлориды других металлов $FeCl_2$, $MnCl_2$, $CrCl_3$, $CaCl_2$. Полученный титан очищается методом ректификации.

Титан восстанавливают в реакторах при температуре 950...1000 °С. Для восстановления титана в реактор загружают чушковый магний, после заполнения полости реактора аргоном подают четыреххлористый титан. В итоге протекает химическая реакция



При высокой температуре зерна титана спекаются, образуя пористую структуру – губку, а жидкий $MgCl_2$ выпускают через летку. Содержание магния и хлористого магния в титане составляет 35...40%. Для удаления этих примесей титановую губку нагревают в вакууме при температуре 900...950 °С[1,3].

Далее губку отправляют на переплавку. Переплавка проводится в вакууме, предотвращения от окисления и очистке от вредных примесей. После первичной переплавке не все дефекты удаляются, по этой причине титан подвергают вторичной переплавке. Чистота титана после вторичной переплавке составляет 99,6...99,7 %[1,3,3].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое сталь?
2. Что такое руда?
3. Для чего служат флюсы?
4. Какие виды топлива используются для производства металлов
5. Какие виды огнеупорных материалов применяются при производстве металлов
6. Назовите способы производства металлов
7. Что такое чугун?
8. В каких печах производят чугун
9. Опишите процесс производства чугуна
10. Опишите процесс производства стали в кислородных конвертерах
11. Процесс производства стали в мартеновских печах
12. Производство стали в дуговых и индукционных электропечах
13. Основные методы разливки стали
14. Кристаллизация металлов
15. Процесс производства меди и алюминия
16. Процесс производства магния и титана

2. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК В МАШИНОСТРОЕНИИ

2.1. Классификация методов получения заготовок

Для правильного выбора заготовок нужно учитывать конфигурацию, размер и вес изготавливаемой детали. Кроме того, соответствовать требованиям, предъявляемым к детали, должен и материал заготовки.

При выборе заготовки также назначают способ ее получения, рассчитывают размеры, назначают припуски на обработку всех поверхностей и указываются допуски на точность изготовления [5].

На сегодняшний день в различных отраслях машиностроения очень широко применяют следующие методы получения заготовок: литье, обработка металла давлением, сварка, методы порошковой металлургии, а также комбинация этих методов. Классификация этих методов приведена на рис. 2.1.

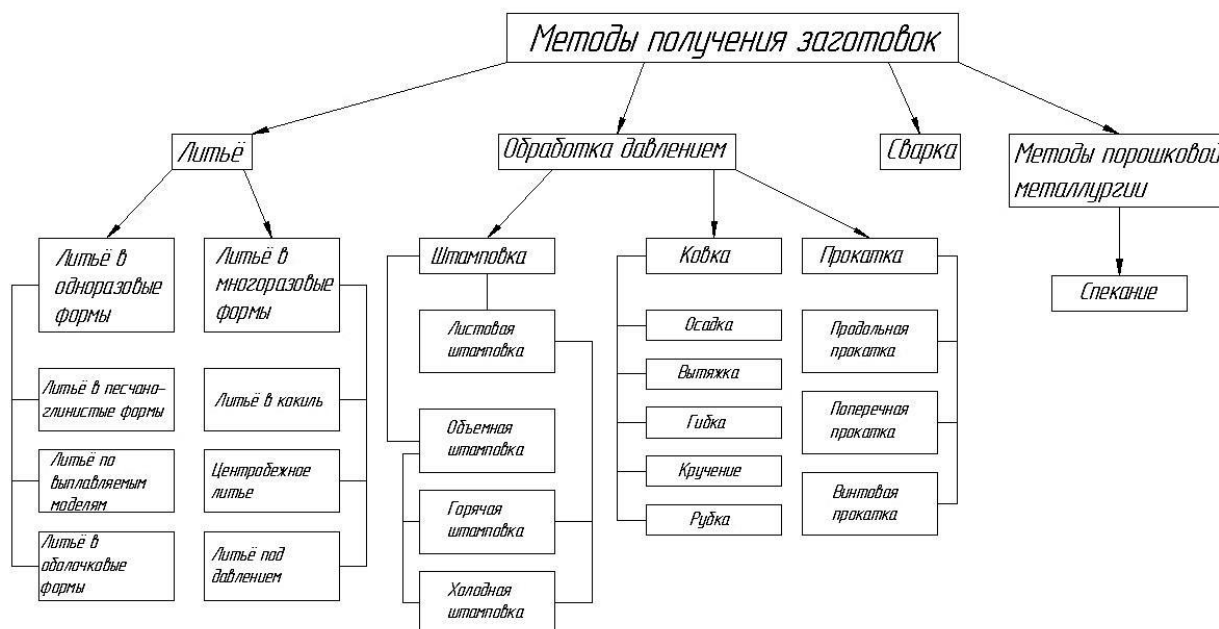


Рис. 2.1. Классификация методов получения заготовок

Метод – это группа технологических процессов, в основе которых лежит единый принцип формообразования.

Литье – процесс получения заготовок путем заливки расплавленного металла заданного химического состава в литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки.

Обработка давлением – технологические процессы, которые основаны на пластической деформации материала.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов и сплавов в результате образования атомно-молекулярных связей между частицами соединяемых заготовок.

Методы порошковой металлургии включают получение и подготовку порошков исходных материалов, прессование изделий

необходимой формы и спекание спрессованных изделий, обеспечивающую окончательные свойства заготовке.

Для того чтобы выбрать метод получения заготовки необходимо ориентироваться в первую очередь на материал и требования к нему с точки зрения обеспечения служебных свойств изделия. Если это литье, то чугун и сталь должны иметь обозначение - Л.

К наиболее ответственным деталям предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, а также по уровню механических свойств. Их всегда следует изготавливать из заготовок, полученной обработкой давлением.

Выбранный способ получения заготовки должен быть экономически целесообразным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным и нетрудоемким.

Одним из важных факторов, влияющих на выбор способа получения заготовки, является тип производства.

Для мелкосерийного и единичного производства характерно использование в качестве заготовок горячекатаного проката, отливок, полученных в песчано-глинистых формах, поковок, полученных ковкой. Это обуславливает большие припуски, значительный объем последующей механической обработки, повышение трудоемкости.

В условиях крупносерийного и массового производств рентабельны способы получения заготовок: горячая объемная штамповка; литье в кокиль, под давлением, в оболочковые формы по выплавляемым моделям.

Применение этих способов позволяет значительно сократить припуски, снизить трудоемкость изготовления детали.

Повышение точности формообразующих процессов, выбор наиболее точных и прогрессивных способов получения заготовок на базе увеличения серийности производства является одним из важнейших резервов повышения технического уровня производства.

2.1.1. Материалы и требования, предъявляемые к качеству детали

Материалы должны обладать необходимым запасом определенных технологических свойств – ковкостью, штампуемостью, жидкотекучестью, свариваемостью, обрабатываемостью.

Для деформируемых материалов необходимым технологическим свойством является технологическая пластичность. Особо жесткие требования по технологической пластичности предъявляются к сплавам, из которых детали получают холодной обработкой давлением – выдавливанием, вытяжкой, гибкой, формовкой.

Если металл обладает низкой жидкотекучестью, высокой склонностью к усадке, то не рекомендуется применять литье в кокиль, под давлением, так как из-за низкой податливости металлической формы могут возникнуть литейные напряжения, коробление отливки, трещины. Целесообразно применять оболочковое литье и литье в песчано-глинистые формы.

Для ответственных, тяжело нагруженных деталей (валы, шестерни, зубчатые колеса), для которых предъявляются определенные требования к качеству металла и к физико-механическим свойствам – целесообразно использовать поковки, так как в процессе деформирования создается мелкозернистая, направленная волокнистая структура, значительно повышающая физико-механические свойства материала.

2.2. Производство заготовок литьем

Современные способы получения заготовок литьем достаточно широко обеспечивают заданные точность, параметры шероховатости поверхности, физические и механические свойства заготовок. Поэтому при выборе способа получения заготовки необходимо оценивать все преимущества и недостатки каждого рассматриваемого, сопоставляемого варианта. Без такой оценки невозможно принять правильное решение об использовании того или иного способа, невозможен выбор оптимального варианта.

Инструментами для изготовления отливок являются литейные формы. В зависимости от числа заливок в формы существующие способы литья можно разделить на две группы:

- литье в разовые формы – песчаные формы (ПФ), оболочковые формы (ОФ), по выплавляемым моделям (ВМ) и др.;
- литье в многократно используемые формы – в кокиль (К), центробежное (Ц), под давлением (ПД) и др [6].

2.2.1. Литье в формы одноразового применения

2.2.1.1. Литье в песчано-глинистые формы

В общем производстве литых заготовок значительный объем занимает литье в песчано-глинистые формы, что объясняется его технологической универсальностью. Этот способ литья экономически целесообразен как при единичном, так и при массовом и серийном производствах, его применяют для деталей любых массы, конфигурации, габаритов, для получения отливок практически из всех литейных сплавов. Литье в песчано-глинистые формы применяют в самых различных отраслях промышленности – станкостроение, автомобильное и пищевое машиностроение, а также во многих других отраслях промышленности.

Однако, при увеличении объемов производства наиболее правильным является использование более точных и дорогостоящих моделей и формовочных смесей. Это позволяет повысить коэффициент весовой точности и как следствие снизить последующую механическую обработку.

Литье в песчано-глинистые формы позволяет получать заготовки с показателем шероховатости $Rz = 200$ мкм и точностью, соответствующей 8...9 квалитетам (рис. 3.2). Литые заготовки с точностью выше 9 квалитета получают при ручном изготовлении форм [7].

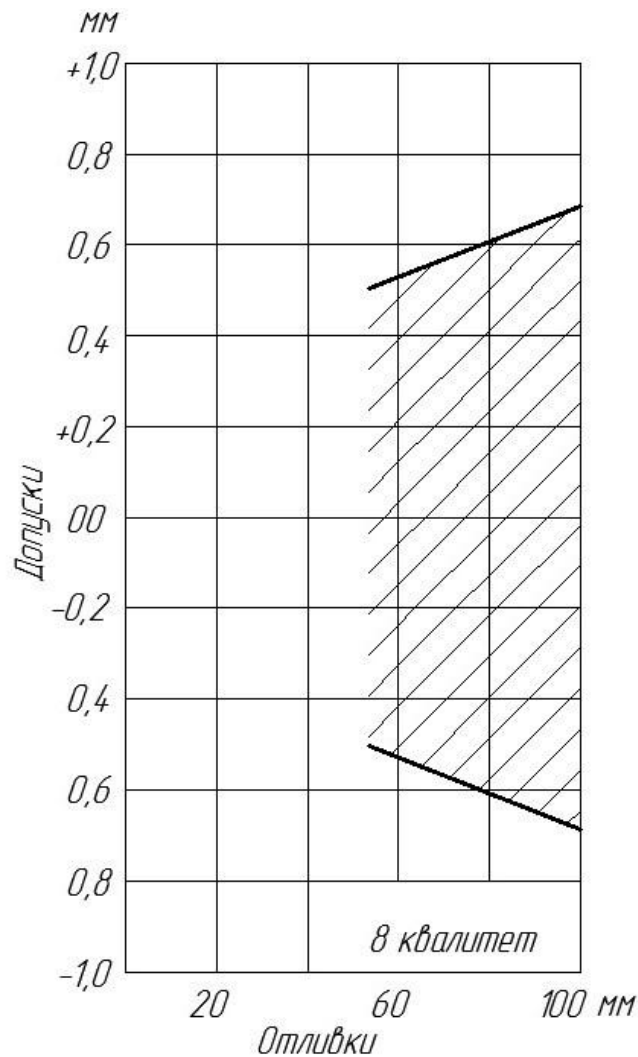


Рис. 2.2. Пределы допусков и качество точности для заготовок, полученных литьем в песчаные формы

Главным недостатком литья в песчано-глинистые формы является высокая шероховатость поверхности заготовок, как правило, она грубее 1-го класса чистоты.

2.2.1.2. Литье в оболочковые формы

Данный метод литья заключается в том, что сначала с помощью нагретой металлической плиты изготавливают две полуформы толщиной 6...20 мм из формовочной смеси, состоящей из песка и фенолформальдегидной смолы в качестве связующего. Готовые оболочковые полуформы соединяют быстротвердеющим клеем на специальных прессах или скрепляют скобами, предварительно установив в них литейные стержни.

Аналогично могут быть изготовлены оболочковые стержни, используя нагреваемые стержневые ящики (рис. 2.3). После сборки формы помещают в неразъемные опоки, которые засыпают песком или дробью (рис. 2.4).

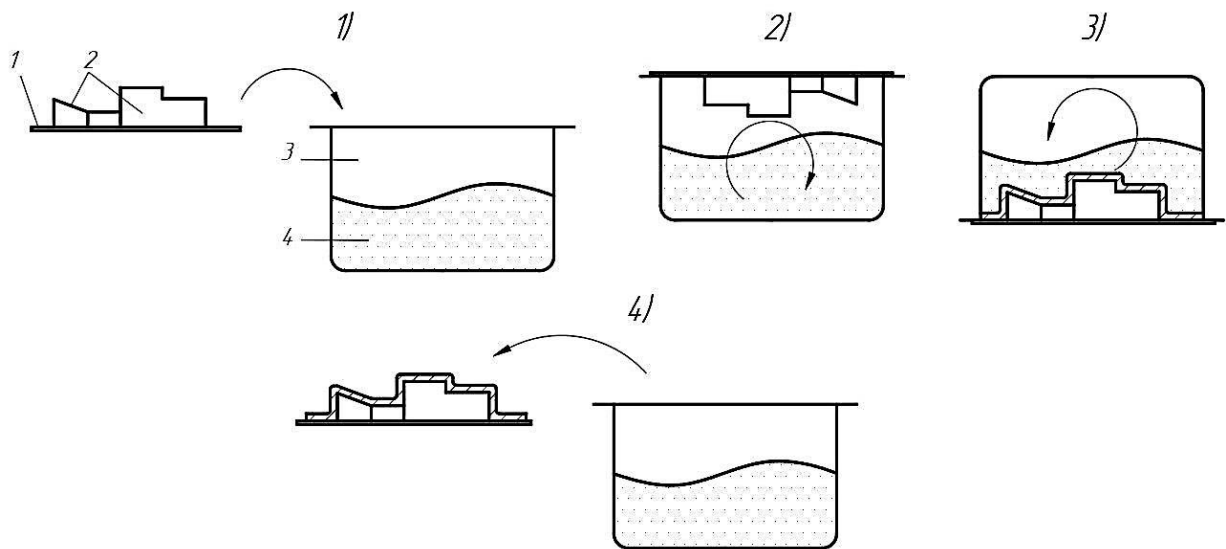


Рис. 2.3. Стадии получения оболочек
 1 – модельная плита; 2 – половинка модели с литниковой системой;
 3 – бункер; 4 – термореактивная смесь

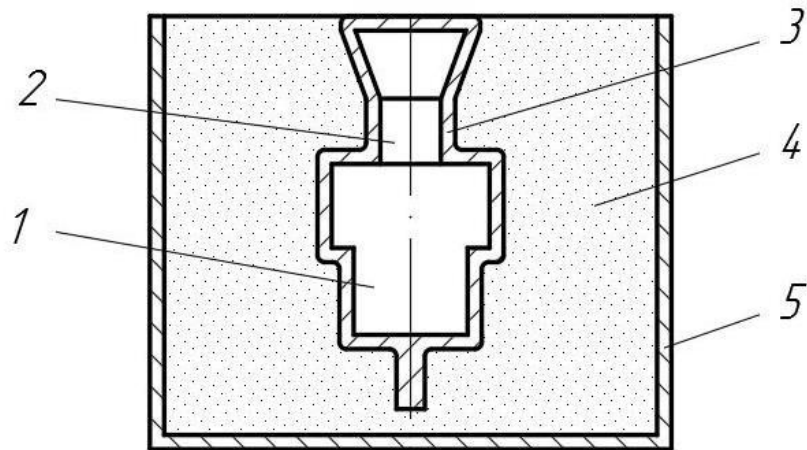


Рис. 2.4. Оболочковая форма
 1 – полость формы; 2 – литниковая система; 3 – оболочка; 4 – дробь; 5 – контейнер

Точность заготовок, полученных методом литья в оболочковые формы, может соответствовать 4...7 качеству, при этом параметр шероховатости поверхности достигает значений 3...4 классов чистоты (рис. 2.5) [7].

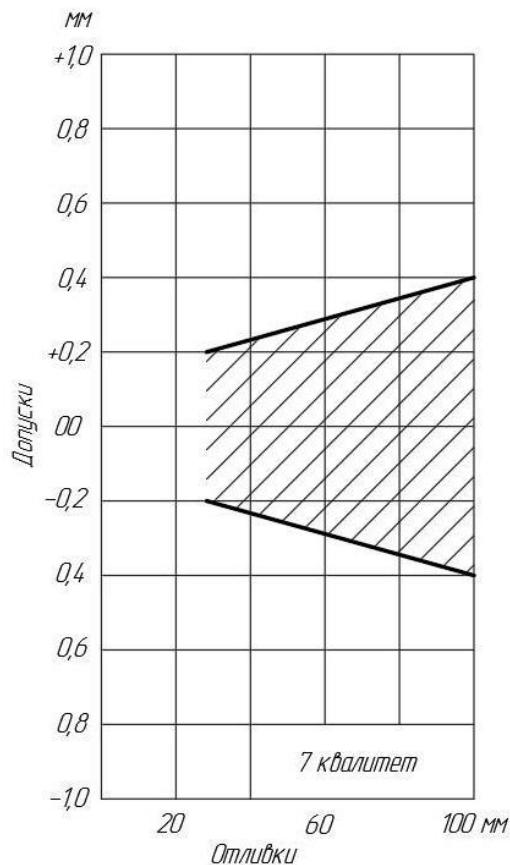


Рис. 2.5. Пределы допусков и качество точности для заготовок, полученных литьем в кокиль и в оболочковые формы

Методом литья в оболочковые формы изготавливают в основном заготовки высокой точности из чугуна, стали и цветных сплавов. Вес таких заготовок может достигать более 30 кг. Этот метод экономически целесообразен как для массового, так и для мелкосерийного производства.

2.2.1.3. Литье по выплавляемым моделям

Сущность данного способа литья заключается в получении сложных по конфигурации изделий с небольшой толщиной стенок в керамические или оболочковые формы, которые изготовлены с использованием моделей. Точность заготовок отлитых данным способом соответствует 3...5 классам точности, а шероховатость поверхности — 4...6-му классам чистоты (рис. 2.6), что дает возможность получать весьма точные отливки, в том числе и резьбы [7].

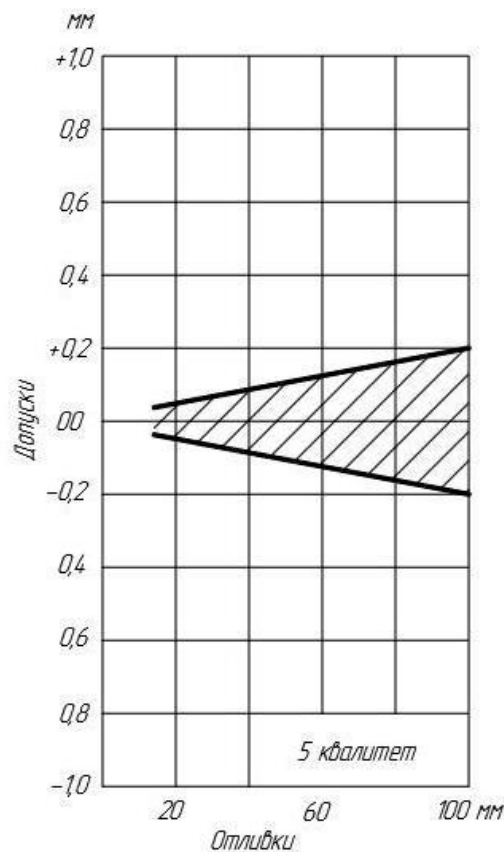


Рис. 2.6. Пределы допусков и качество точности для заготовок, полученных литьем по выплавляемым моделям

Возможно получение деталей со стенками толщиной от 0,6 мм и размерами до 1 м, массой от нескольких граммов до десятков килограммов. Таким способом получают детали турбинных лопаток из жаропрочных сплавов, в частности, для реактивной авиации, которые плохо обрабатываются резанием, колеса насосов из коррозионностойких сплавов и т.д.

На рис. 2.7 показана схема получения моделей. В металлическую пресс-форму 1 заливают жидкий модельный состав или запрессовывают воздухом пастообразный состав и получают модель 2. После затвердевания модели 3 ее извлекают из формы и соединяют с моделями литниково-питающей системы в модельный блок 4.

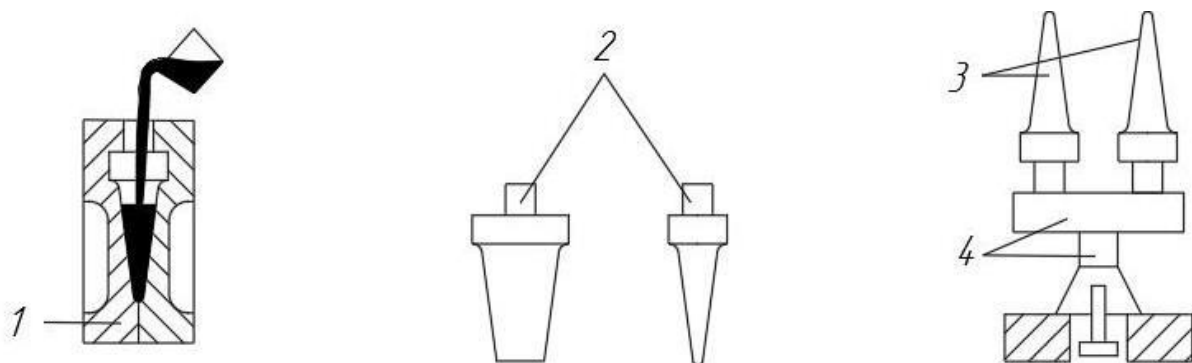


Рис. 2.7. Схема получения моделей

1 – пресс-форма; 2 – модель; 3 – модель после затвердевания; 4 – модельный блок

Для получения оболочковой формы модельный блок погружают в огнеупорную суспензию (рис. 2.8, а), создающую оболочку. Затем оболочку формы обсыпают песком в псевдооживленном слое (рис. 2.8, б), далее сушат на воздухе (рис. 2.8, в). Затем на блок наносят второй и последующие слои с обсыпкой песком каждого слоя. Так повторяют 4 – 6 раз. После сушки последнего слоя модель вытапливают в баке с горячей водой или в расплаве модельной массы (рис. 2.8, г). Затем оболочковую форму сушат на воздухе, помещают в опоку, засыпают снаружи опорным кварцевым песком (рис. 2.8, д) и обжигают в печи при 1000 °С. Расплавленный металл заливают в нагретую форму, для стальных и медных отливок ее нагревают до 700 °С, а для жаропрочных сплавов до 900 °С (рис. 2.8, е) [8].

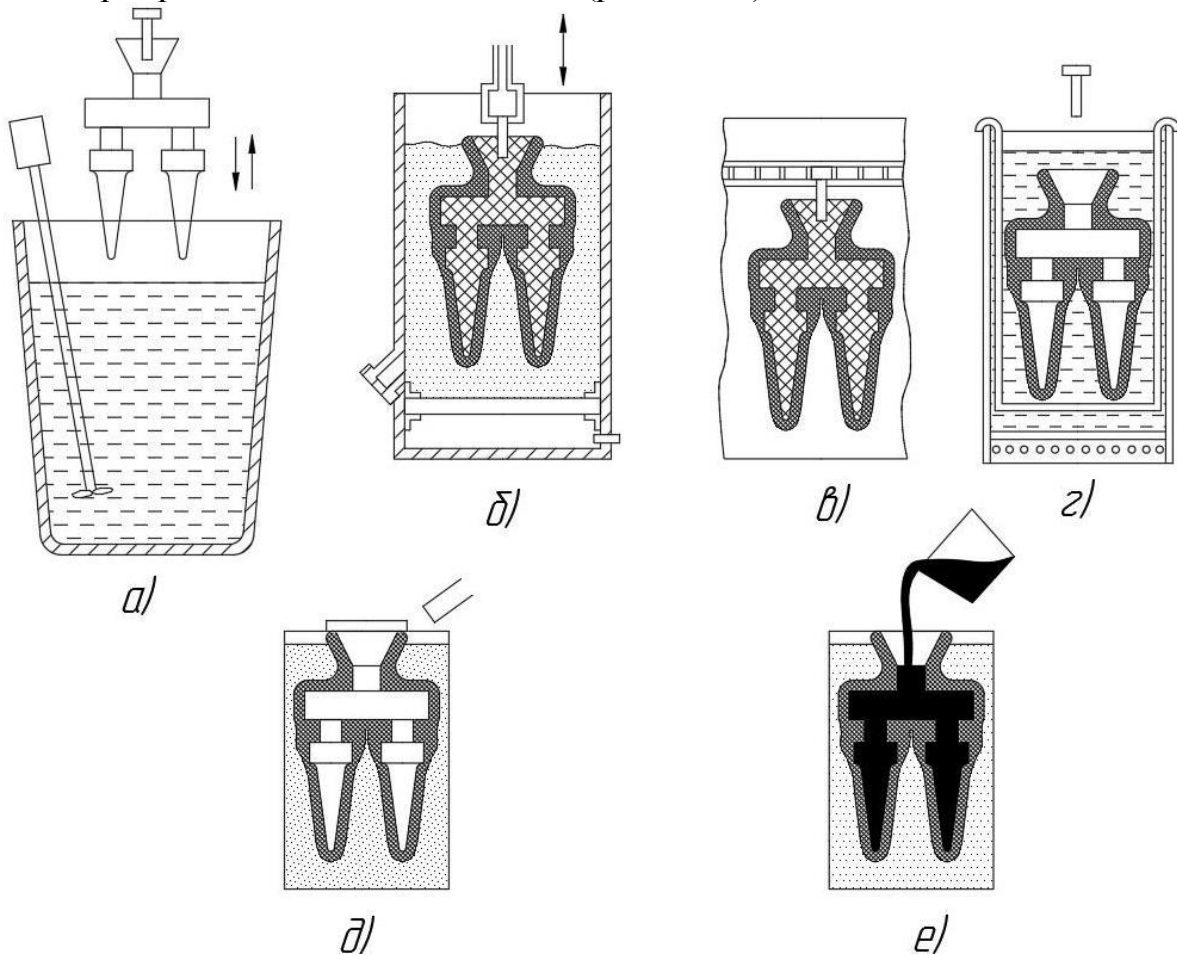


Рис. 2.8. Схема литья по выплавляемым моделям

2.2.2. Литье в формы многоразового применения

2.2.2.1. Литье в кокиль

Литье в кокиль (металлические формы) применяют для получения заготовок из черных и цветных сплавов. Вес заготовок при данном методе литья колеблется от 10 г до 10 т для заготовок из чугуна, от 0,5 кг до 4 т для стальных заготовок и от 5 г до 500 кг для цветных сплавов.

Заготовки, полученные таким методом, имеют высокие механические свойства и мелкозернистую структуру, а также точность размеров соответствующую 5...7 квалитетам. Шероховатость поверхности таких заготовок составляет 3...5 классы чистоты (рис. 2.5).

Металлические формы (кокиль) чаще всего выполняют из серого чугуна, иногда из стали или цветных сплавов (рис. 2.9). В крупносерийном производстве применяют специализированные кокильные литейные машины, работа этих машин механизирована и автоматизирована.

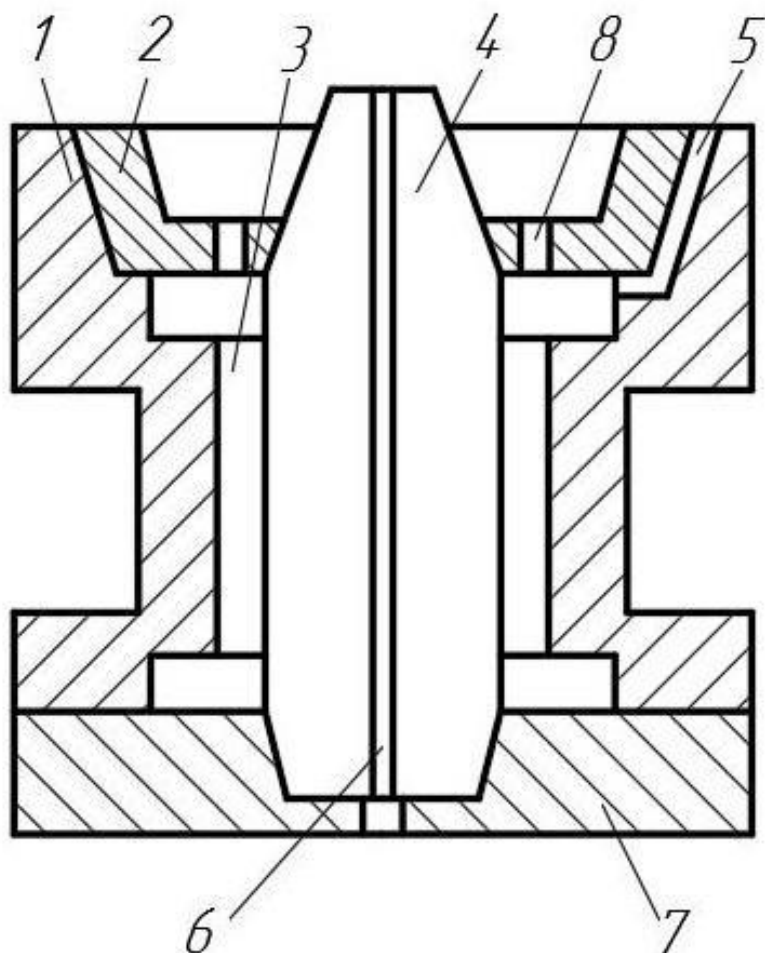


Рис. 2.9. Схема литья в кокиль с вертикальной плоскостью разреза
 1 – полукокиль; 2 – литниковый стержень; 3 – полость литейной формы для формирования отливки; 4 – центральный стержень для формирования отверстия в отливке; 5 – выпор (для выхода газов и контроля степени заполнения полости литейной формы); 6 – вентиляционный канал для выхода газов; 7 – поддон; 8 – отверстия в литниковом стержне для подвода расплавленного металла в полость литейной формы.

Процесс получения отливки происходит следующим образом: расплавленный металл из разливочного ковша заливается в литниковый стержень 2, имеющий углубление для приема расплава. Через отверстия 8 литникового стержня жидкий металл попадает в полость кокиля 3, где при охлаждении расплава формируется отливка. При литье в кокиль используется как металлические, так и песчаные стержни 4.

В зависимости от конфигурации литых заготовок, материала отливок и принятой технологии по конструктивному исполнению кокили можно классифицировать на следующие типы: неразъемные (вытряхные) (рис. 2.10, а); разъемные — с горизонтальным разъемом (рис. 2.10, б), с несколькими разъемами (рис. 2.10, в), с вертикальным разъемом (рис. 2.10, г), со сложной плоскостью разреза (рис. 2.10, д).

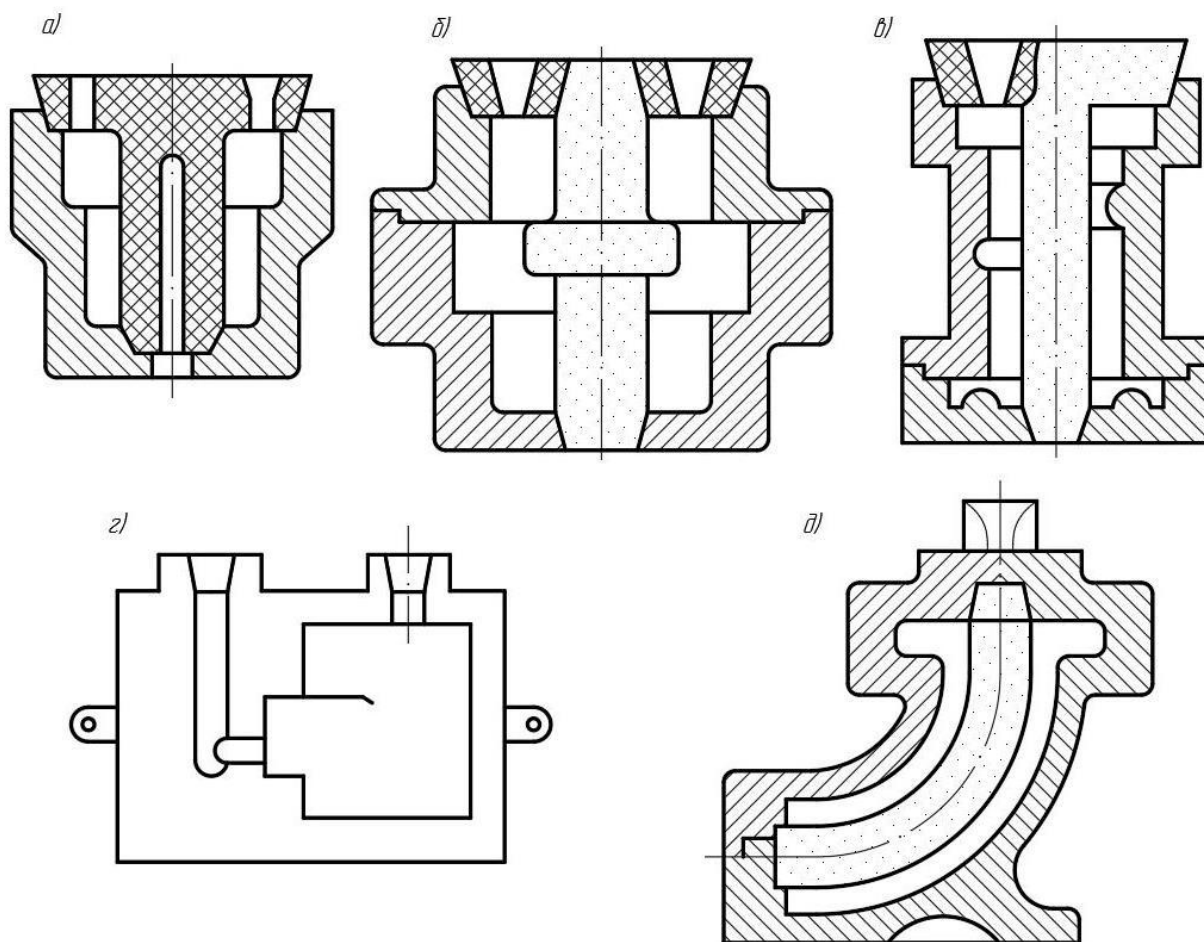


Рис. 2.10. Типы конструкций кокилей

а – неразъемные; б – разъемные с горизонтальным разъемом; в – с несколькими разъемами; г – с вертикальным разъемом; д – со сложной плоскостью разъема

Неразъемные (вытряхные) кокили чаще всего используют для производства стальных и чугунных отливок простой конфигурации. Такие формы достаточно жестки и устойчивы против коробления. Кокили с горизонтальным разъемом или с несколькими разъемами служат для производства стальных и чугунных отливок средней сложности. Кокили с вертикальным разъемом используют для производства отливок из чугуна и цветных сплавов (поршней, плит, дисков, барабанов и т.д.). Для производства сложных отливок из чугуна и цветных сплавов используют кокили со сложной плоскостью разъема.

В массовом производстве обеспечивается длительная и равномерная эксплуатация кокилей, а также более высокий уровень технологичности, это значительно снижает затраты на восстановление износа литейной оснастки. По этой причине, литье в кокиль целесообразно применять в крупносерийном и массовом производствах. В таблице 2.1. приведены данные ориентировочной стойкости металлических форм из различных материалов.

Таблица 2.1. Стойкость металлических форм

Сплав	Отливки	Материал формы	Количество отливок
Сталь	Мелкие	Чугун	400...600
	Средние		100...300
	Крупные		50...100
	Очень крупные		10...50
Серый чугун	Мелкие	Чугун	1000...8000
	Средние		1000...3000
	Крупные	Медные сплавы	200...1000
	Очень крупные		1000...10000 3000...8000
Медные сплавы	Мелкие	Чугун	1000...10000
	Средние		1000...8000
	Мелкие	Сталь	500...1500
	Средние		500...3000
Алюминиевые, магниевые, цинковые, сплавы	Мелкие	Чугун	Сотни тысяч
	Средние		Десятки тысяч
	Крупные		Несколько тысяч

2.2.2.2. Центробежное литье

Сущность метода получения заготовок методом центробежного литья заключается в том, что расплавленный металл заливается в форму, которая вращается с большой скоростью (рис. 2.11). Под воздействием центробежной силы металл отбрасывается к поверхности и принимает очертания формы. Заготовки, полученные данным методом, имеют мелкозернистую структуру и высокие механические свойства.

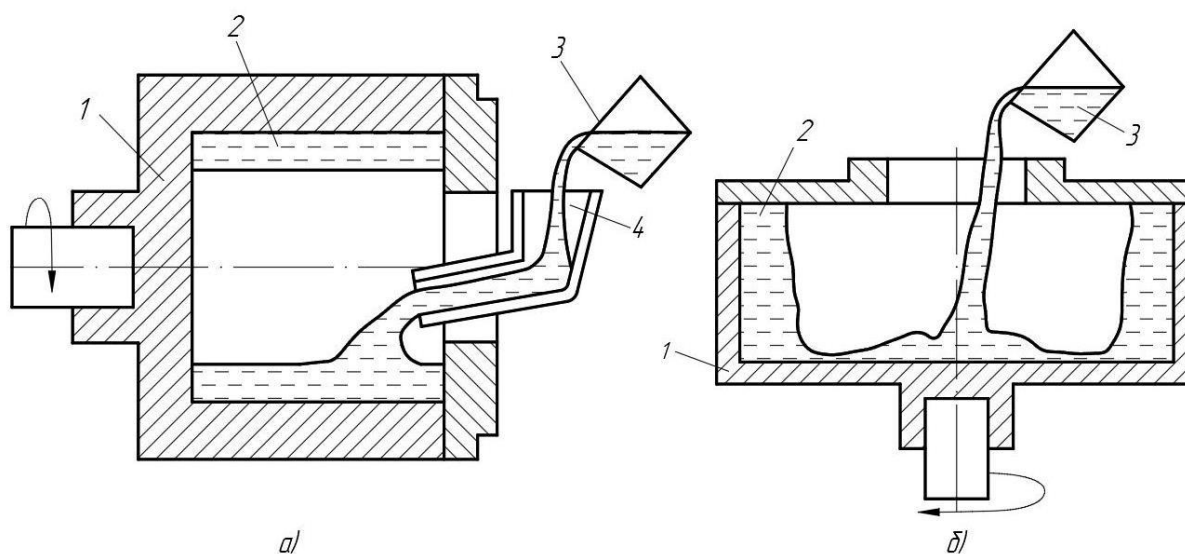


Рис. 2.11. Схемы центробежного литья:

а – на машине с горизонтальной осью вращения; б – на машине с вертикальной осью вращения; 1 – форма; 2 – жидкий металл; 3 – ковш; 4 – заливочный желоб

Методом центробежного литья получают преимущественно заготовки, которые имеют осесимметричную форму тел вращения. Образование внутренних пустот происходит без применения стержней. Кроме того, данным методом можно получать биметаллические заготовки как заливкой металла на твердую поверхность, так и последовательной заливкой жидких металлов.

При центробежном литье используют металлические формы, изготовленные из легированных сталей, которые позволяют получать до 3000 отливок.

Точность стальных и чугунных заготовок соответствует 7...8 качеству точности, а шероховатость поверхности – 1-му классу чистоты.

2.2.2.3. Литье под давлением

Наиболее высокопроизводительным способом получения литых заготовок из цветных сплавов, является литье под давлением. При данном методе литья практически исключается последующая механическая обработка полученных заготовок. Литье под давлением применяется для изготовления деталей сложной конфигурации с тонкими стенками, глубокими полостями, наличием большого количества отверстий и резьб.

Сущность процесса литья под давлением основана на принудительном заполнении рабочей полости металлической пресс-формы расплавом и формировании отливки под действием давления пресс-поршня, перемещающегося в камере прессования, заполненной расплавом. Современный процесс, реализуемый на специальных гидравлических машинах, обеспечивает получение от нескольких десятков до нескольких тысяч отливок разного назначения в час с высокими механическими свойствами. Точность заготовок соответствует 4...5-му качеству, а дополнительная обработка формы позволяет повысить точность отдельных заготовок до 3-го и даже до 2-го качества (рис. 2.12) [7].

Стойкость форм зависит от вида заливаемого сплава и ориентировочно составляет: для цинковых сплавов – 150 000 отливок, алюминиевых и магниевых – 40 000 и медных – 5 000 отливок. Ввиду высокой стоимости форм для литья под давлением, этот способ целесообразно применять только в массовом и крупносерийном производстве.

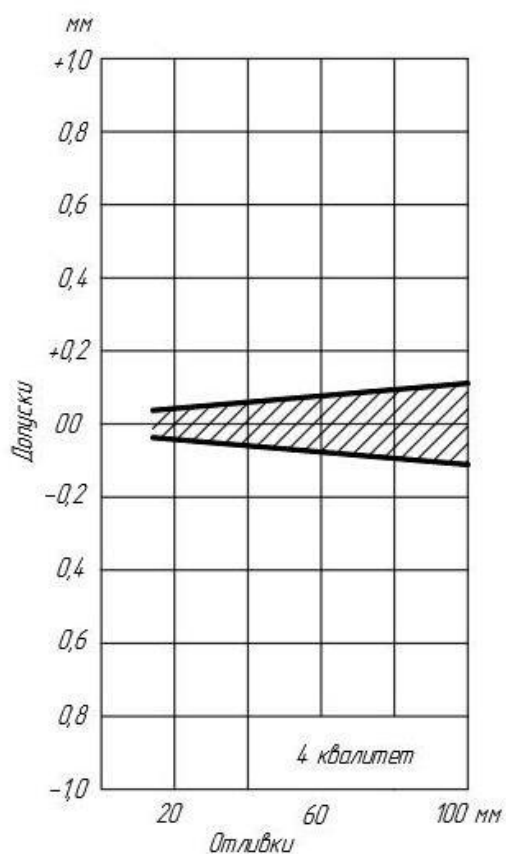


Рис. 2.12. Пределы допусков и качество точности для заготовок, полученных литьем под давлением

2.3. Производство заготовок обработкой давлением

К обработке металлов давлением относят прокатку, прессование, волочение, свободную ковку, горячую и холодную объемную штамповку, листовую штамповку и некоторые специальные процессы, например ротационное деформирование, отделочную и упрочняющую обработку.

Прокатку, прессование и волочение обычно осуществляют на металлургических заводах. Широкое распространение получила обработка металлов и на машиностроительных предприятиях.

2.3.1. Прокатка

Прокаткой называют процесс обжатия заготовки между вращающимися валками с целью придания ей требуемых формы и размеров. Процесс прокатки осуществляют следующим образом (рис. 2.13).

Полоса 1 толщиной H силами трения, возникающими между ее поверхностью и поверхностью вращающихся валков 2, втягивается в щель между ними. Высота щели меньше начальной высоты прокатываемой полосы, поэтому после пластического обжатия конечный размер полосы будет меньшим h . Разность между начальным и конечным размерами полосы называют абсолютным обжатием. Заготовку могут пропускать между валками несколько раз, добиваясь необходимого абсолютного обжатия. Эту величину ограничивают в силу нескольких причин. При очень

малом обжатии время прокатки увеличивается, металл остывает и для его прокатки требуются большие усилия. При слишком большом обжатии в заготовке могут образоваться трещины. Вот почему для каждой заготовки рассчитывают скорость вращения валков, расстояние между ними, учитывая при этом прочностные характеристики материала.

Прокатный стан – это машина для обработки металлов давлением между вращающимися валками. В некоторых производствах прокатный стан представляет собой систему машин, куда входят, кроме собственно прокатного стана, машины для резки проката, правки, сматывания в бухты или рулоны готовой продукции (например, тонких листов), транспортирования прокатанного материала.

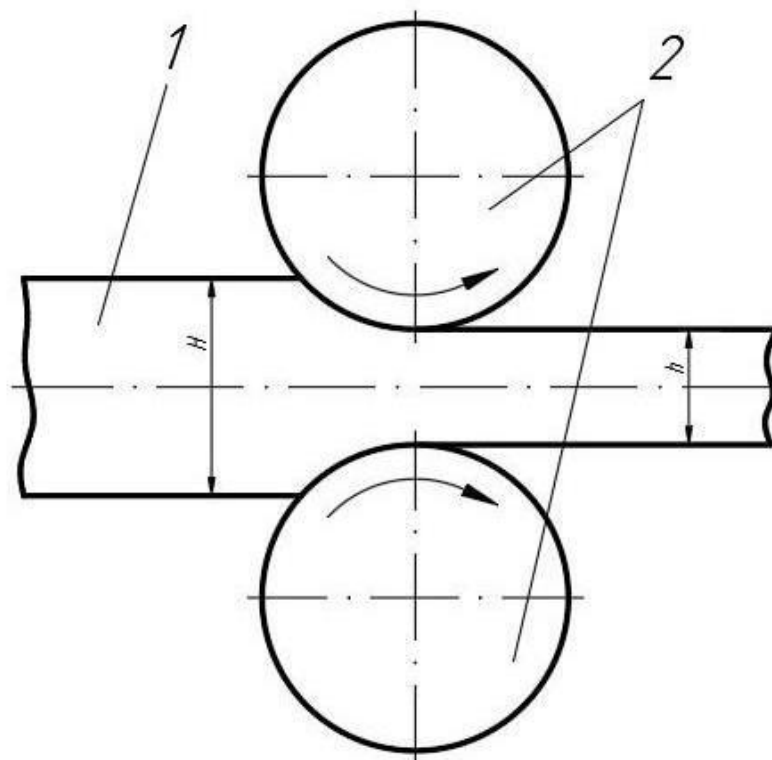


Рис. 2.13. Схема процесса прокатки
1 – заготовка; 2 – валки

Прокатку осуществляют на специальных машинах, которые называют прокатными станами.

По назначению станы разделяют на два основных типа: станы для прокатки полуфабриката, являющегося исходной заготовкой для получения сортового проката, и для выпуска готового проката.

По конструктивному выполнению различают станы по числу и расположению валков. Схемы расположения валков изображены на рис. 2.14.

Станы с двумя валками называют дуо. Они имеют два горизонтальных валка. Станы, где в клетке расположены три валка, называют триостаны. В клетке трио прокатку производят в обе стороны. Как

видно из рисунка, в одну сторону идет прокатка между верхним и средним валками, а в другую - между средним и нижним валками.

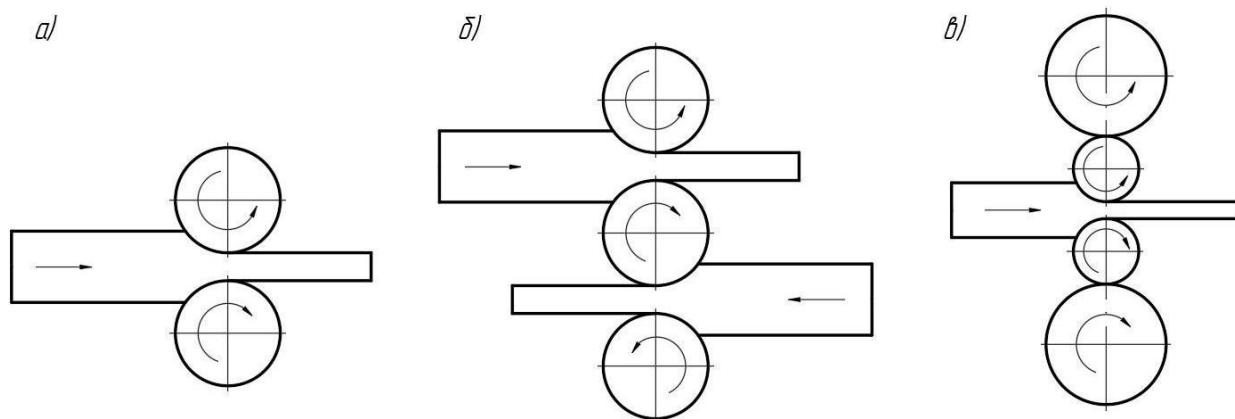


Рис. 2.14. Схемы станов:
а – дуостаны; б – триостаны; в – квартостаны

Клетки, имеющие четыре валка - два рабочих меньшего диаметра и два опорных валка, называют квартостаны. Квартостаны широко применяют для горячей прокатки толстых и тонких листов, а также для холодной прокатки тонких листов и лент. В квартостанах получают большую точность листа по толщине из-за отсутствия прогиба валков, поскольку усилие деформации валков малого диаметра воспринимается валками большего диаметра. Имеются также многовалковые станы, которые применяют для холодной прокатки тончайшей ленты.

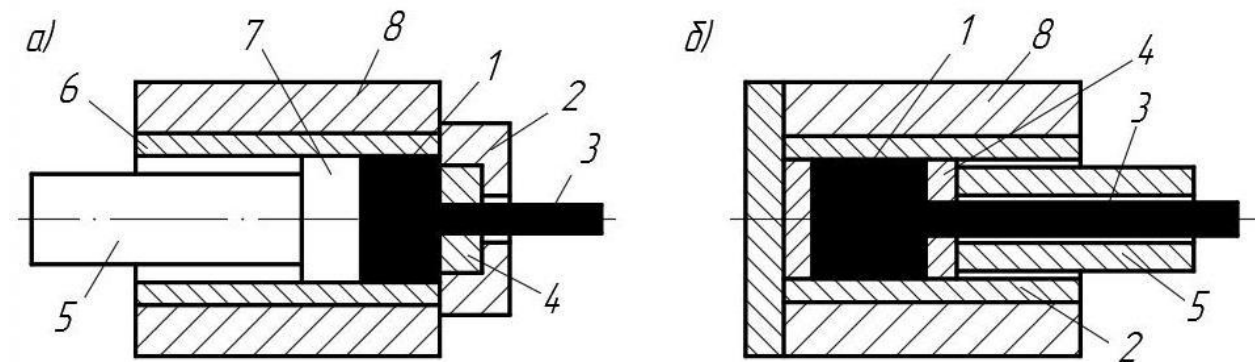
2.3.2. Прессование

Прессование – это технологический процесс обработки давлением, заключающийся в выдавливании металла пуансоном из закрытого контейнера через отверстие в матрице (рис. 2.15). Профиль изделия определяется размером и формой отверстия в матрице. Обычно прессованием изготавливают прутки диаметром 5...300 мм, трубы с внутренним диаметром 18...700 мм и толщиной стенки 1,25...50 мм. Этим способом получают изделия сложной формы, которые нельзя изготовить никакими другими методами ОМД.

Прессование широко применяется для обработки металлов, как с низкими, так и высокими пластическими свойствами благодаря осуществлению трехосного сжатия, повышающего пластичность металла и позволяющего значительно деформировать его. Прессованием получают изделия из высокоуглеродистой и легированной стали, алюминия, титана и их сплавов, а также других металлов. В сравнении с прокаткой прессование обеспечивает быстрый переход от одного размера и формы изделий к другим, возможность получения сплошных и полых профилей самых сложных очертаний. К недостаткам прессования следует отнести высокие отходы металла, большую неравномерность механических свойств по длине и поперечному сечению изделия, сравнительно низкие скорость и производительность процесса.

Характерным примером использования прессования является получение прутков с прямым и обратным истечением металла. Заготовку, нагретую до необходимой температуры, помещают в контейнер. При прямом истечении металла (прямом прессовании) (рис. 2.15, а) в одном конце контейнера в держателе устанавливают матрицу, которая имеет отверстие, равное сечению прессуемого изделия. С другого конца в контейнер входит пуансон, на конец которого надевают пресс-шайбу, диаметр которой несколько больше диаметра пуансона. Шайба предохраняет пуансон от износа и уменьшает трение о направляющую втулку. Пуансон через шайбу передает давление на заготовку и заставляет металл вытекать из отверстия в матрице, в результате чего образуется прессованное изделие. Для уменьшения охлаждения слитка перед началом прессования втулку подогревают. При обратном истечении металла (обратном прессовании) (рис. 2.15, б) на пустотелом пуансоне закрепляется матрица, через отверстие которой истекает металл заготовки навстречу движению пуансона. В зависимости от диаметра изделия и мощности пресса матрицы для прессования прутков имеют одно или несколько отверстий.

При прессовании труб для прошивки отверстия в заготовке применяют иглы, которые устанавливают в иглодержателе. Внутренний диаметр трубы определяется диаметром иглы. Заготовка в начале прессования трубы распрессовывается, заполняя контейнер, затем слиток прошивается иглой, причем выдавленная часть металла в момент распрессовки и прошивки выходит из матрицы в виде прутка-пробки.



1 – заготовка; 2 – держатель матрицы; 3 – изделие; 4 – матрица; 5 – пуансон;
6 – направляющая втулка; 7 – пресс-шайба; 8 – контейнер

Среди высокопроизводительных методов прессования следует отметить гидропрессование (гидроэкструзия) жидкостью высокого давления (до 3000 МПа) и прессование с использованием энергии взрыва [8]. В первом случае жидкостное трение на контакте заготовка-матрица устраняет серьезный недостаток обычного прессования - трение металла о стенки контейнера и матрицы. В результате скорость выдавливания возрастает, изделия получают равномерные свойства по длине, практически полированную поверхность. Повышается износостойкость инструмента, а

усилие уменьшается на 30...40%, уменьшается неоднородность деформации, что позволяет обрабатывать хрупкие материалы (сплавы вольфрама, бериллия, ниобия и др.). Гидропрессование проводят при комнатной температуре. При повышенных температурах жидкость заменяют газом высокого давления.

2.3.3. Волочение

Широкое применение в металлургии и машиностроении находит обработка металла волочением — протягиванием прутков через отверстие, выходные размеры которого меньше, чем исходное сечение прутка (рис. 2.16). Волочением получают тонкую проволоку диаметром до 0,002 мм и прутки диаметром до 100 мм, тонкостенные трубы. Волочением обрабатывают различные стали и сплавы, а также все цветные металлы (золото, серебро, медь, алюминий) и их сплавы. Изготовление волочением изделий круглого и фасонного сечений позволяет получать высокую точность и чистоту поверхности изделий, которую невозможно обеспечить при прокатке [8].

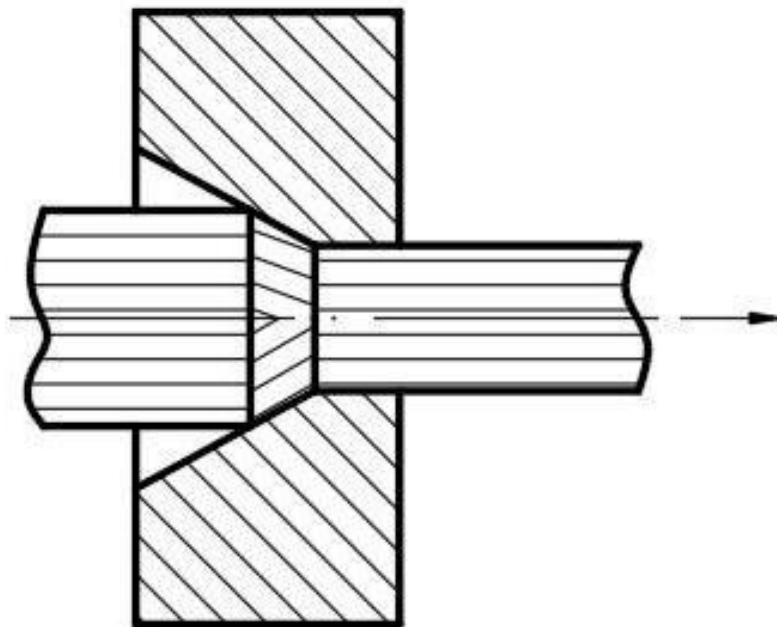


Рис. 2.16. Схема процесса волочения

Волочение чаще всего проводят при комнатной температуре, когда пластическая деформация сопровождается наклепом, который в совокупности с термической обработкой металла используется для улучшения его механических свойств. Технологический процесс волочения состоит из предварительного отжига заготовок для получения мелкозернистой структуры металла и повышения его пластичности; травления заготовок в подогретом растворе серной кислоты для удаления окалины, вызывающей повышенный износ матрицы; заострения концов заготовок в ковочных вальцах или под молотом для пропуска через отверстие матрицы и последующего захвата клещами стана; волочения; отжига для

устранения наклепа; отделки готовой продукции (обрезки концов, правки, резки на мерные длины и др.). В качестве исходного материала для волочения используют катаную и прессованную заготовки. Инструментом для волочения служат матрицы (волоки или фильеры), волочильные доски, кольца и оправки из инструментальных сталей и твердых сплавов.

2.3.4. Ковка

Ковкой называется один из способов ОМД, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на нагретую заготовку, в результате чего она, деформируясь, приобретает заданную форму и размеры. Различают ковку в штампах (штамповка) и без применения штампов (так называемую свободную ковку). При свободной ковке перемещение деформированного металла не встречает сопротивления своему движению со стороны инструмента. Исходным материалом для ковки деталей служат слитки и различный прокат.

Ковка подразделяется на ручную и машинную. Ручную ковку осуществляют молотом на наковальне и применяют для индивидуального изготовления мелких изделий или при ремонтных работах. Механическую ковку производят на ковочных молотах и прессах.

Молоты используют для изготовления изделий средних размеров, прессы – для изготовления крупных изделий. Все типы молотов и прессы имеют подвижные (баба и верхний боек) и неподвижные (шабот и нижний боек) части.

При всех операциях свободной ковки обработка ведется последовательными ударами молотов, но высокоскоростные молоты, рассчитаны на одноударное действие. Наибольшее распространение получили паровоздушные, пневматические, механические молоты и гидравлические прессы.

При свободной ковке используют разнообразный кузнечный инструмент. Технологические процессы свободной ковки представляют собой различное сочетание основных операций: осадка, высадка, протяжка, гибка, отрубка, прошивка и т.д. (рис. 2.17) [9].

Объемной штамповкой называется процесс деформирования заготовки с помощью специального инструмента - штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей, изготовленных в отдельных частях штампа, которые образуют единую замкнутую полость (ручей), соответствующую конфигурации штампуемого изделия.

По сравнению с ковкой штамповка имеет ряд преимуществ. Объемной штамповкой можно получать поковки сложной конфигурации без напусков, что при ковке невозможно. Производительность штамповки значительно выше - десятки и сотни поковок в час.

В то же время штамп - дорогостоящий инструмент и пригоден только для изготовления конкретно одного изделия. В связи с этим штамповка экономически целесообразна лишь при изготовлении больших партий какого-то изделия.

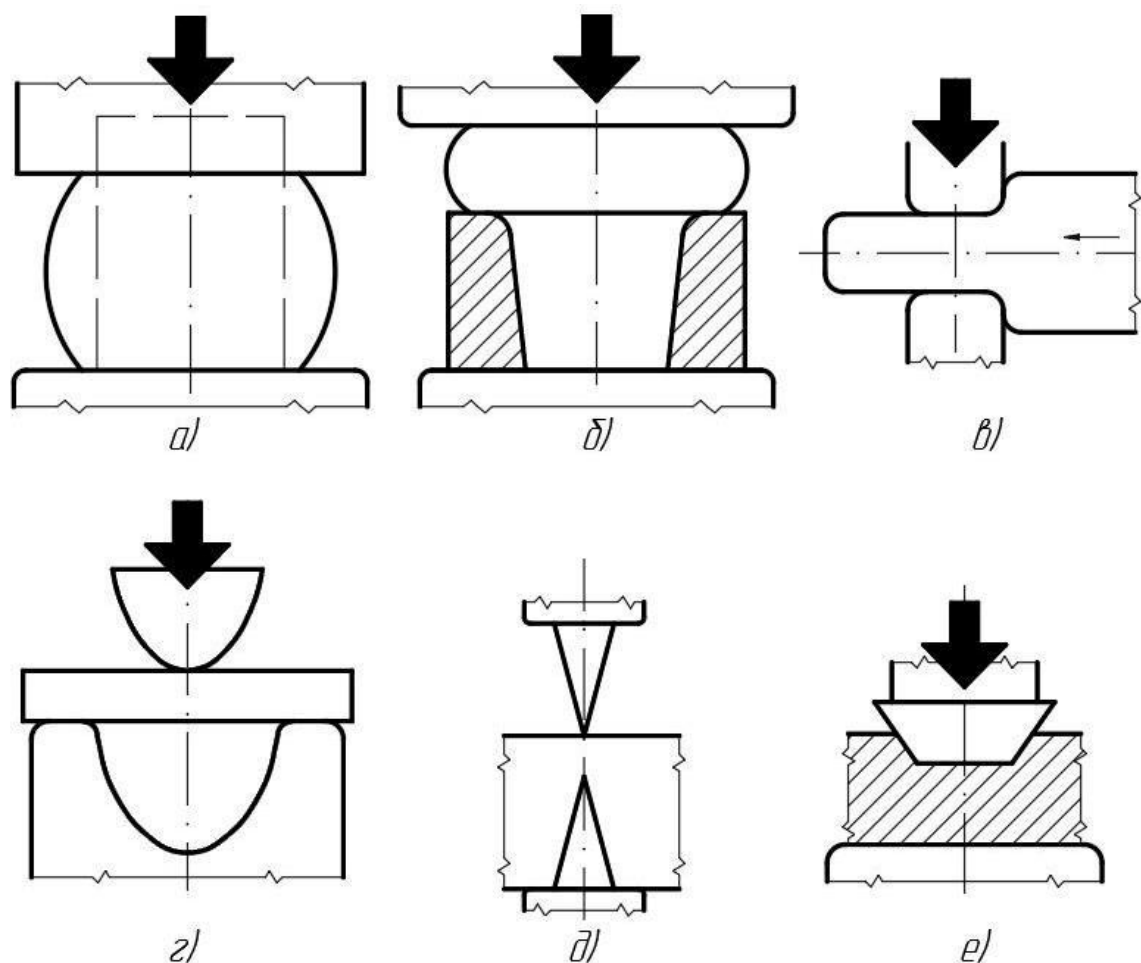


Рис. 2.17. Основные операцииковки [9]

а – осадка; б – высадка; в – протяжка; г – гибка; д – отрубка; е – прошивка

2.3.5. Объемная штамповка

В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах. Штамповка в открытых штампах (рис. 2.18, а) характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает заусенец 1 (облой), который закрывает выход из полости штампа и заставляет металл целиком заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в заусенец выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что позволяет не предъявлять особо высоких требований к точности заготовок по массе.

Штамповка в закрытых штампах (рис. 2.18, б) характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, так что образование заусенца в нем не предусмотрено.

При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки и поковки, иначе при недостатке металла не заполнятся углы полости штампа, а при избытке размер поковки по высоте будет больше требуемого.

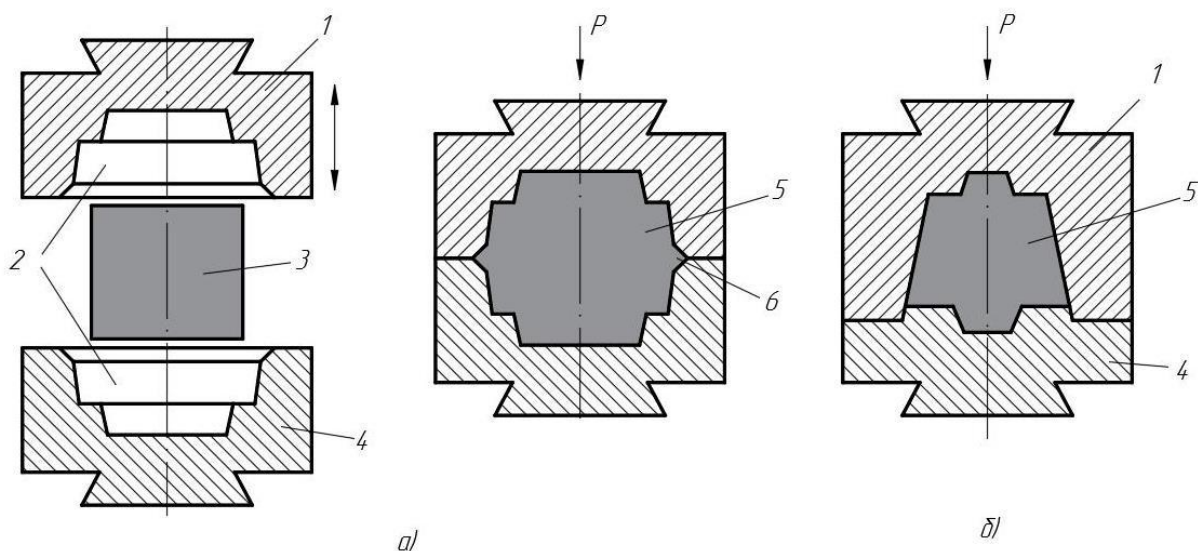


Рис. 2.18. Схемы открытой и закрытой объемной штамповки
 1 – верхняя половина штампа; 2 – полости; 3 – заготовка; 4 – нижняя половина штампа;
 5 – ручей; 6 – облойная канавка

Существенное преимущество штамповки в закрытых штампах - уменьшение расхода металла, поскольку нет отхода в заусенец. Поковки, полученные в закрытых штампах, имеют более благоприятную макроструктуру, так как волокна обтекают контур поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в заусенец.

Возможности штамповки в безоблойном штампе ограничены поковками типа тел вращения (диски, кольца, шестерни, и т.д.) с отношением наружного диаметра к высоте поковки не менее 2:1, т.е. относительно низкими поковками. Плоскость разъема закрытого штампа устанавливается не посередине высоты, а у верхней или нижней кромки наибольшего диаметра поковки.

В открытых штампах можно штамповать как осесимметричные, так и несимметричные поковки сложной формы. Плоскость разъема таких штампов обычно проходит по оси детали и соответствует плоскости наибольшего габаритного размера, что обеспечивает легкость ее удаления из штампа и минимальные напуски на штамповочные уклоны.

2.3.6. Листовая штамповка

Листовая штамповка представляет собой процесс формообразования изделий, осуществляемый в штампах. Метод экономичен и широко применяется в различных отраслях промышленности. Штамповку осуществляют на прессах и молотах.

Листовой штамповкой изготавливают плоские или пространственные тонкостенные изделия из стали, цветных металлов и сплавов. При холодной штамповке используют листовые заготовки толщиной от сотых долей миллиметра до 4 мм, при горячей - толщиной более 4 мм. Продукция листовой штамповки отличается высокой точностью и не нуждается в последующей обработке на металлорежущих станках. Сортамент изделий

весьма разнообразен: от деталей часов до днищ паровых котлов и резервуаров. Этим методом получают более 70% деталей легковых автомобилей.

Все операции листовой штамповки можно классифицировать на разделительные (рис. 2.19) и формоизменяющие (рис. 2.20) [10]. К основным разделительным операциям относятся: отрезка (рис. 2.19, а, б) – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига; надрезка (рис. 2.19, в) – неполное отделение материала по незамкнутому контуру без удаления остатков; разрезка (рис. 2.19, г) – разделение заготовки на части по незамкнутому контуру путем сдвига; обрезка (рис. 2.19, д) – удаление излишков металла путем сдвига; вырубка (рис. 2.19, е) – полное отделение заготовки или изделия от исходно заготовки по замкнутому контуру путем сдвига; пробивка (рис. 2.19, ж) – образование в заготовке отверстия паза путем сдвига с удалением части металла в отход; зачистка (рис. 2.19, з) – удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатостей поверхности штампованной заготовки.

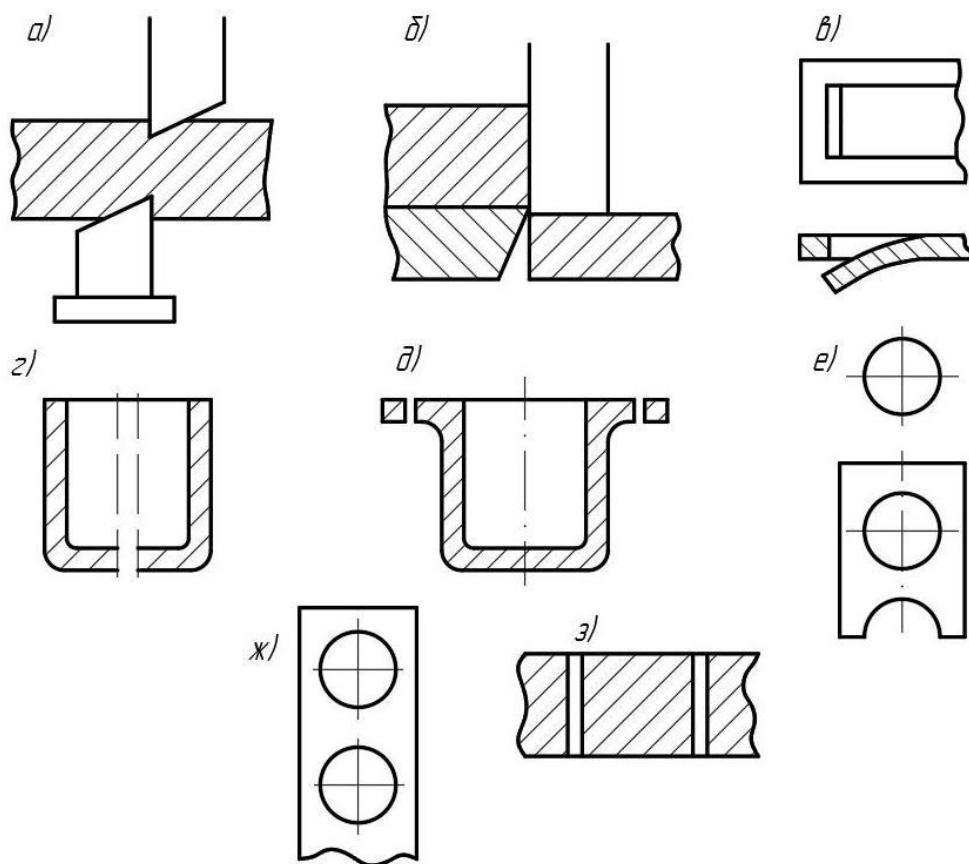


Рис. 2.19 Разделительные операции листовой штамповки:
а, б – отрезка, в – надрезка, г – разрезка; д – обрезка; е – вырубка;
ж – пробивка; з – зачистка

К основным формоизменяющим операциям относятся: гибка (рис. 2.20, а) – образование или изменение углов между частями заготовки или придании ей криволинейной формы; вытяжка (рис. 2.20, б) – образование

полой заготовки или изделия из плоской или полой исходной листовой заготовки; закатка (рис. 2.20, в) – образование закругленных бортов на краях полой заготовки; правка давлением (рис. 2.20, г) – устранения искажений формы заготовки; отбортовка (рис. 2.20, д) – образование борта по внутреннему и (или) наружному контуру заготовки; обжим в штампе (рис. 2.20, е) – уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру; выдавливание (рис. 2.20, ж) – штамповка заготовки вытеснением металла исходной заготовки в полость и (или) отверстия ручья штампа; формовка (рис. 2.20, з) – изменение формы детали с целью получения профиля или точных размеров за счет линейного растяжения материала или изменение его геометрической формы; чеканка (рис. 2.20, и) – образование на поверхности заготовки рельефных изображений за счет перераспределения металла [8].

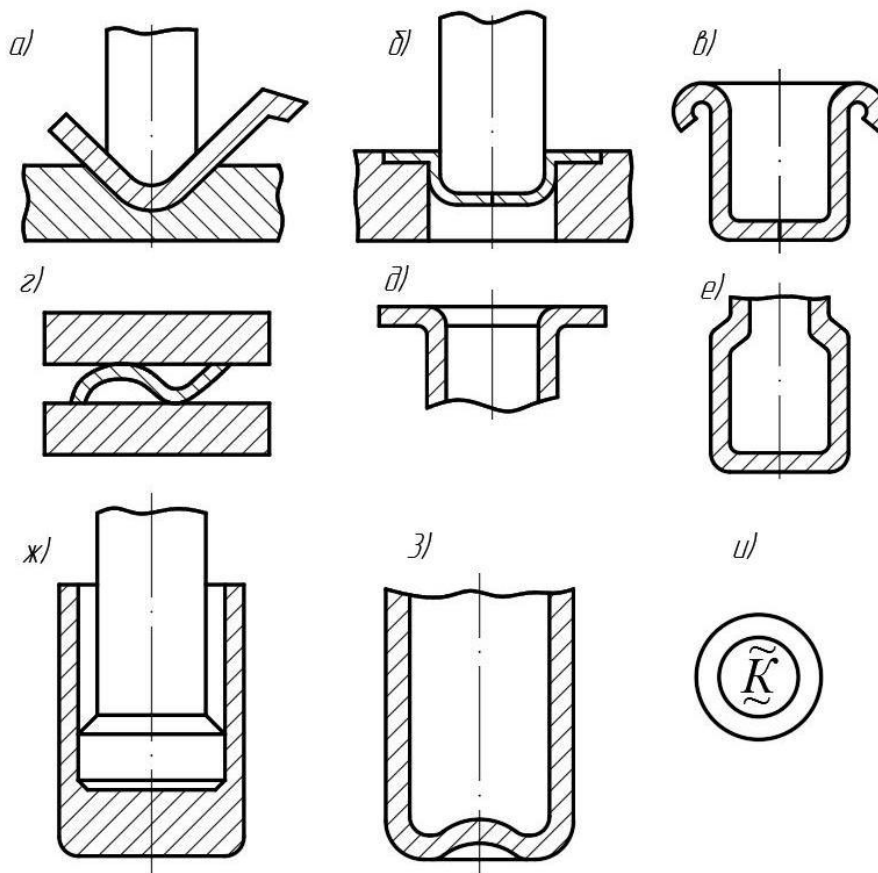


Рис. 2.20. Формоизменяющие операции листовой штамповки
 а – гибка; б – вытяжка, в – закатка, г – правка давлением; д – отбортовка; е – обжим в штампе; ж – выдавливание; з – формовка; и – чеканка

Кроме перечисленных основных видов операций штамповки применяются комбинированная, последовательная, совмещенная или последовательная штамповка. В этом случае в штампе выполняются несколько операций. Комбинированная штамповка осуществляется в многопереходных штампах и позволяет механизировать и автоматизировать процесс штамповки.

2.4 Производство биметаллических изделий

На данный момент большую часть рынка биметалла занимают биметаллические листовые изделия. Существуют множество способов производства биметаллических изделий. Однако в условиях серийных и массовых производств широкое распространение получила сварка давлением.

Все виды сварок давлением подразделяются на классы, термомеханические процессы и механические процессы. К первому классу относятся такие методы сварки как: контактная, дугопрессовая, диффузионная, шлакопрессовая, индукционно-прессовая, термитно-прессовая, газопрессовая, печная, термокомпрессионная. К второму классу относятся: холодная, трением, взрывом, магнитоимпульсная, ультразвуковая, вакуумным схватыванием. Однако в условиях серийных и массовых производств биметаллических листовых изделий широкое распространение получили диффузионная сварка, прокаткой, холодная, ультразвуковая, контактная, сварка взрывом, магнитно-импульсная сварка.

В зависимости от скорости деформации сварку разделяют с низкоинтенсивной, среднеинтенсивной и высокоинтенсивной скоростью деформации. При сварке с низкоинтенсивной скоростью деформации остаточная деформация свариваемых изделий обычно не превышает 10%, а длительность процесса составляет от нескольких минут и до нескольких часов. Вследствие этого в зоне соединения развиваются различные процессы релаксационного характера. При сварке со средне - и высокоинтенсивной деформацией остаточная деформация свариваемых изделий составляет десятки процентов, а длительность процесса - от 10^{-6} - 10^{-5} с (при сварке взрывом).

2.4.1. Диффузионная сварка

Диффузионная сварка биметалла относится к группе с низкоинтенсивной скоростью деформации и основывается на нагреве двух разнородных заготовок в вакуумной камере или в защитной среде с приложением на поверхность заготовок сил деформации. В результате воздействия высокой температуры и локальной пластической деформации на контактных поверхностях заготовок в зоне сварки возникают новые межатомные связи. Благодаря этому явлению образуется взаимная диффузия с образованием новых зерен или новой фазы в твердом состоянии. При использовании диффузионной сварки свариваются трудносвариваемые сплавы, например: сплавы содержащие ниобий, титан, алюминий, вольфрам и др. Используя этот способ сварки, получают разные по форме сварные соединения (плоские, цилиндрические, конические, сферические и криволинейные сварные соединения). Использование диффузионной сварки позволяет получать сварные соединения весьма высокой прочности на разрыв, а в некоторых случаях близких к пределу прочности свариваемых заготовок.

Основной вклад в развитие диффузионной сварки внесли такие советские ученые как Казаков Н. Ф., Каракозов Э. С., Конюшков Г.В. и др. В работах [11–14] описано, что процесс диффузионной сварки, как и остальные способы сварки в твердой фазе состоит из 3-х стадий. В первой стадии сварки происходит сближение атомов контактируемых поверхностей заготовок на расстояние, при котором возникает физическое, а также слабое химическое взаимодействие обусловленное силами Ван-дер-Ваальса. Во второй стадии при пластической деформации происходит смятие микровыступов в контактной зоне, тем самым увеличивается площадь контакта. В процессе смятия микровыступов начинается процесс образования активных центров, которое необходимо для протекания третьей стадии диффузионной сварки. В третьей стадии возникает объемное взаимодействие в контактной зоне. В течение этого времени возникают прочные химические связи. При развитии объемного взаимодействия уменьшается свободная энергия системы, что приводит к получению стабильного термодинамического соединения.

Процесс диффузионной сварки зависит от таких параметров как: температура сварки T , времени t , давления в камере (вакуум), от качества свариваемых поверхностей, а также от напряжения сжатия p . Основными технологическими параметрами, определяющими качество сварки являются время, температура и давление [12].

Повышение температуры уменьшает сопротивление металла к деформированию, увеличивает амплитуду колебаний атомов, что ускоряет процесс диффузии. Исходя из данных работы [13], сварки должна проходить при температуре $T=(0,6...0,8)T_{пл}$, где $T_{пл}$ - температура плавления более легкоплавкого металла. При этом также необходимо учитывать влияние температуры на пластичность и прочность сплавов. Например жаропрочные сплавы ХН75МБТЮ и ХМ56ВМТЮ при повышении температуры до 1476 К пластичность и прочность сначала уменьшаются, а потом при достижении температуры 1523 К возрастает. Этот эффект связан с ростом зерна в сплаве. Исходя из этого, необходимо учитывать диаграмму технологической пластичности при назначении температуры сварки.

Шероховатость поверхности, так же влияет на качество соединения. В источнике [15] описано, что повышение класса шероховатости увеличивает прочность соединения. К примеру: высота микронеровностей после обработки наждачным кругом составляет 40-120 мкм, а после полирования 0,3-1 мкм. Исходя из вышеперечисленного фактическая площадь контакта после полирования выше, чем после обработки наждачным кругом, благодаря этому прочность соединения существенно повышается.

Опытным путем было доказано, что повышение напряжения сжатия значительно увеличивает прочность на разрыв [15]. Так, например, при сварке изделий из стали 45 при удельном давлении 10 Н/мм^2 прочность на разрыв составляла 550 Н/мм^2 , а при давлении 50 Н/мм^2 прочность на разрыв составила 770 Н/мм^2 . Следует так же отметить, что при повышении

напряжения сжатия значительно уменьшается время сварки, за счет повышения скорости сглаживания микронеровностей.

Особое внимание при диффузионной сварке, как и при использовании других методов, видах сварки, уделяют чистоте поверхности. Кроме масляных пленок на поверхности заготовок при взаимодействии с атмосферным воздухом моментально образуется окисная пленка. Толщина окисной пленки значительно больше, чем межатомные расстояния атомов свариваемых заготовок, тем самым препятствуют образованию металлических связей. В работе [16] автор уделяет внимание на образование на поверхности заготовки мономолекулярного слоя. Прочность сцепления мономолекулярного слоя с поверхностью сравнима с прочностью металла, поэтому разрушить этот слой можно срезав его или приложив значительную деформацию. Вследствие этого вышеперечисленные пленки препятствуют взаимодействию между атомами контактируемых поверхностей. Для удаления пленок с поверхностей заготовок применяют механическую обработку (фрезерование, точение, шлифование и т. д.), химическое травление металлов (обработка сильноагрессивной и слабоагрессивной щелочью, спиртом и т.д.). Так же применяются и другие методы удаления окислов такие как: ионная бомбардировка, обработка ультразвуком или термообработка в вакууме, следует отметить, что эти операции следует проводить в вакуумной камере непосредственно перед соприкосновением свариваемых поверхностей. Необходимо так же отметить, что при значительной деформации в зоне сварки окисные пленки разрушаются, выводя на поверхность чистые «ювенильные» слои. Существуют металлы, сварка которых в вакууме нежелательна (бронза, магний, латунь, титан и др.), так как, нагреваясь, они выделяют компоненты, которые приводят вакуумную систему в негодность, тем самым загрязняя поверхность свариваемых заготовок. Для защиты свариваемых поверхностей таких металлов сварку проводят с использованием инертных газов (азот, гелий и др.), активных газов (водород, углеводород и др.) и в жидких средах. Состав защитного газа выбирают, исходя из химической активности металл – газ [13].

Часто для ускорения процесса сварки и для предотвращения образования интерметаллидов применяют промежуточные прослойки, которые делятся на расплавляющиеся (в основном это припой разных марок) и не расплавляющиеся (никель, медь, алюминий и др.). Нерасплавляющиеся припои бывают в виде фольги, проволоки, порошка, которые наносятся на соединяемые поверхности гальваническим методом или вакуумным напылением. Образование интерметаллидов в зоне сварки приводит к увеличению хрупкости сварного соединения, тем самым не удается получить прочного соединения. В этой связи, например, сварку алюминиевого сплава со сталью 15 рекомендуют проводить через слой никеля при следующих режимах: температура 550 °С, сварочное давление 14 МПа, время выдержки 2 мин. Благодаря этим режимам создаются высокие прочностные

характеристики сварного соединения и минимизируется появление интерметаллидов.

Оборудование для диффузионной сварки имеют разные конструктивные особенности и классифицируются по следующим признакам: по назначению, числу позиций свариваемых деталей, степени вакуума в рабочих средах, способу нагрева, способу сжатия усилия деталей, наличия дополнительного подвода энергии к деталям и степенью автоматизации.

Принципиальная схема установки для диффузионной сварки представлена на рис. 2.21. В рабочую камеру 1 помещают свариваемые заготовки 2. Благодаря вакуумной системе 3 в полости рабочей камеры создается разрежение. Вакуумная система состоит из вакуумных насосов, трубопроводов, коммутационной аппаратуры и средств замера остаточного давления газов. Нагрев заготовок осуществляется при помощи источника нагрева 4. Сжатие заготовок осуществляется одним из типов системы сжатия.

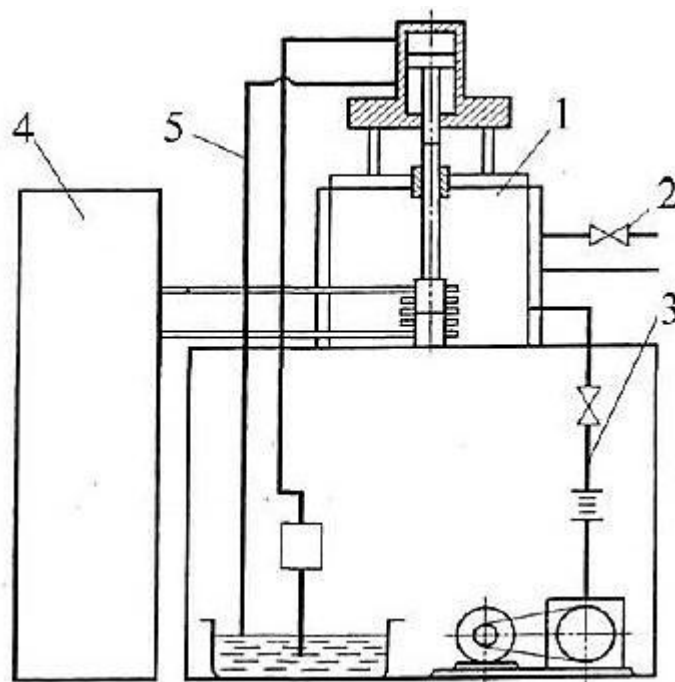


Рис. 2.21– Принципиальная схема установки для диффузионной сварки
1 – рабочая камера; 2 – система охлаждения; 3 – вакуумная система; 4 – источник нагрева; 5 - система давления

Так же установки по способам нагрева делятся на: радиационный, индукционный, электроконтактный, потоками заряженных частиц. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Например, радиационный нагрев обеспечивает более высокую равномерность нагрева. К недостаткам следует отнести слабую скорость нагревания, а так же возможность загрязнения заготовок испаряющимся материалом нагревателя. При проектировании режимов диффузионной сварки следует обратить внимание на преимущества и недостатки разных способов нагрева.

Для интенсификации процессов диффузионной сварки на установках используются дополнительный подвод энергии к заготовкам. Установки с дополнительным подводом энергии к заготовкам в свою очередь делятся на: с дополнительным механическим воздействием на свариваемые детали, с подводом ультразвуковых колебаний, установки для сварки в магнитном поле, установки для сварки в электростатическом поле.

По степени автоматизации установки делятся: с ручным управлением и автоматизированные[14].

Широкое применение в промышленности нашли универсальные установки для диффузионной сварки СДВУ 50.

Достоинствами диффузионной сварки считается высокая прочность сварного шва, широкий диапазон толщин свариваемых заготовок, а так же возможность сваривания любых заготовок в разном конструктивном оформлении. Основные недостатки это длительный процесс сварки вследствие этого малая производительность. Необходимость в дорогом и сложном оборудовании. Имеются высокие требования к свариваемым поверхностям заготовок.

2.4.2. Сварка взрывом

В настоящее время так же используется сварка с использованием энергии взрывчатых веществ[17,18]. Существуют две основные технологические схемы сварки взрывом (СВ) которые представлены на рис. 2.22: угловая (рис.2.22, а) и параллельная (рис. 2.22, б). Перед сваркой свариваемые поверхности заготовок зачищаются, допускается травление для аустенитных сталей и заготовок содержащие титан. Допускается прогиб не более 2 – 3 мм на 1 м длины. Одну из свариваемых пластин ставят на жесткое основание 5 (земляной грунт, дерево, металл и т. п.). Вторую пластину при угловой схеме устанавливают под некоторым углом α . При параллельной схеме вторую пластину 3 помещают над первой на расстоянии h от ее поверхности. На всю поверхность пластины 3 укладывают заряд 2 взрывчатого вещества (ВВ) слоем одинаковой толщины H . Заряд взрывают при помощи детонатора 1, находящегося в одном из концов или углов пластины 3. В качестве взрывчатого вещества обычно используют гранулированные аммониты и аммиачная селитра[19,20]. Также используют гексоген, имеющий плотность около $1,0 \text{ г/см}^3$ и скорости детонации D порядка 3000—4000 м/с. Заряды ВВ взрывают с помощью электродетонаторов. После инициирования заряда ВВ детонатором 1 вдоль слоя ВВ распространяется плоская детонационная волна. Позади фронта детонационной волны образуются продукты взрыва, которые в течение очень короткого промежутка времени по инерции сохраняют прежний объем, находясь под давлением 100—200 тыс. атм, а затем со скоростью 0,5—0,75 D разлетаются в стороны по нормальям к свободным поверхностям заряда. При этом они сообщают находящемуся за фронтом детонации участку металла импульс, под действием которого его элементарные объемы последовательно с ускорением движутся к поверхности неподвижной части металла и со

скоростью v соударяются с ней [18]. Благодаря высокой скорости соударения и высокому давлению происходит очистка соединяемых поверхностей от окислов, масляных пленок и других разного рода загрязнений, тем самым повышая прочность сварного соединения.

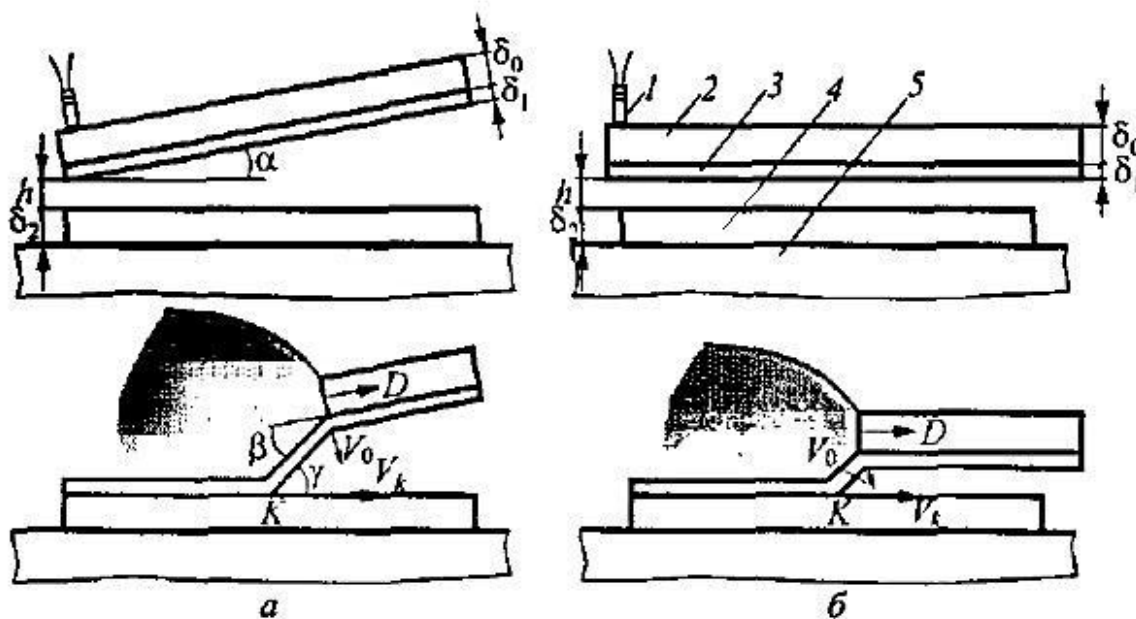


Рис. 2.22. Принципиальные схемы СВ (а – угловая, б – параллельная)
 1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – метаемая (плакировочная) пластина;
 4 – неподвижная пластина; 5 – основание (опора).

При установившемся процессе сварки метаемая пластина на некоторой длине дважды перегибается и, если соединяемые поверхности перед сваркой были установлены параллельно друг друга, ее наклонный участок со скоростью v_k , равной D , движется за фронтом детонационной волны, а участок, на котором находится непродетонированная часть заряда ВВ, под действием сил инерции остается в исходном состоянии. Соударение свариваемых металлов, происходящее под некоторым углом γ , вызывает давление в десятки тысяч атмосфер. В местах прикосновения пластин появляется тангенциальная составляющая скорости соударения в направлении движения фронта детонационной волны, вследствие этого происходит совместное деформирование поверхностных слоев свариваемых листов. Такое деформирование имеет характер вязкого течения и способствует тесному сближению свариваемых поверхностей и образованию атомных связей. Профиль деформированной зоны металла после сварки СВ обычно имеет волнообразный вид. Благодаря кратковременной продолжительности процесса сварки в зонах соединения практически отсутствуют интерметаллические включения.

Существуют также схемы с одновременным двусторонним метанием плакирующих пластин (рис. 2.23). Сварка взрывом так же позволяет получать многослойные материалы (трёхслойные и более) схема, которой представлена на рис.2.24.

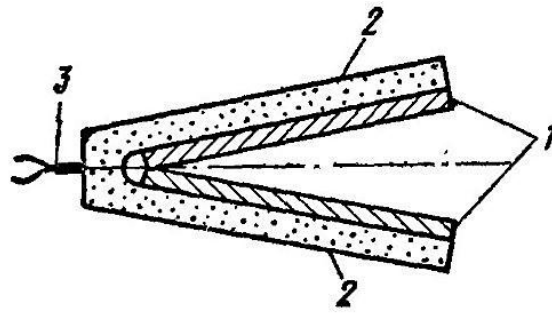


Рис. 2.23 Схема с одновременным двусторонним метанием плакирующих пластин.
1 – свариваемые пластины; 2 – ВВ; 3 – детонатор

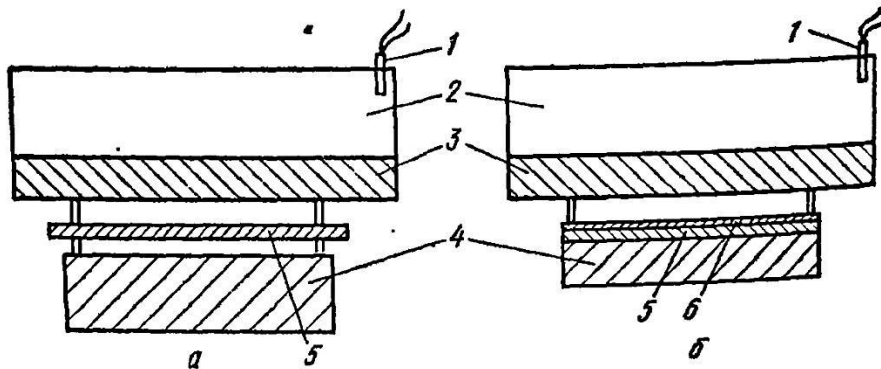


Рис. 2.24 – Схемы одновременной сварки пластин.
а – трех с зазором между ними; б – четырех с расположением трех пластин без зазора; 1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – метаемая (плакировочная) пластина; 4 – неподвижная пластина; 5, 6 – промежуточные пластины.

К основным параметрам сварки взрывом относятся: скорость метаемой пластины V_0 , угол соударения γ , скорость точки контакта v_K , давление, плотность соударения, температура и др. Регулируя эти при параметры проектировании технологического процесса СВ можно получить сварные соединения 3-х типов: синусоидальный, волнообразный и с образованием непрерывного слоя расплава [21,22].

В этой же работе описано что все полученные СВ соединения делятся на две группы: соединения с промежуточным слоем переменного состава и соединения с образованием в зоне контакта новых фаз. Практически у всех биметаллических изделий после СВ в зоне соединения появляются остаточные напряжения это связано с неравномерностью деформации в момент соударения плакировочного слоя, вследствие этого для снижения остаточных деформаций после СВ обычно проводят термическую обработку. Прочность сварных соединений достаточно высока. Так, например, предел прочности соединений при срезе стали 12X18H9T и СТЗ равен 540 – 580 МПа. В зависимости от массы ВВ СВ проводят на специальных открытых полигонах, в специальных производственных помещениях, а так же в вакуумных камерах (для снижения отрицательного влияния звуковых эффектов на процесс сварки).

Известны такие технологические схемы СВ как линейная и точечная сварка, которая получила название НАВW-способ (рис. 2.25). Этот способ

применяется для сварки больших листов, когда сварка металлов по всей поверхности не обязательна. При точечной сварке используют специальные круглые электродетонаторы, в которых запрессованы ВВ. Электродетонаторы устанавливают на поверхность лакирующей пластины. Характерной особенностью точечной сварки является то, что после сварки на поверхности лакирующего слоя остаются круглые вмятины. При линейной сварке используют специальные тонкие гибкие детонирующие шнуры. После сварки на поверхности биметалла остается характерная вдавленная полоса. Благодаря использованию точечной и линейной сварки существенно сокращается расход ВВ, что исключает необходимость в больших площадях тем самым уменьшая себестоимость производства биметалла.

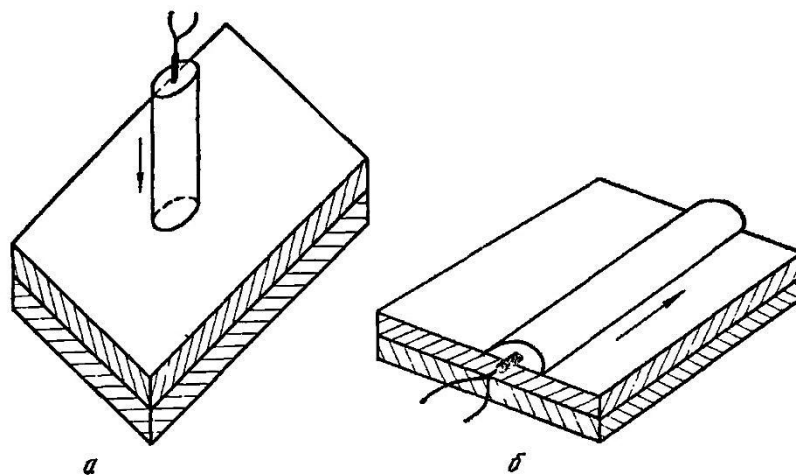


Рис. 2.25 Схемы сварки
а – точечная; б – линейная

Основное преимущество СВ заключается в том, что возможно сваривать трудносвариваемые изделия (алюминий + сталь, молибден + медь, ниобий + титан и др.) с высокой прочностью соединения. Так же возможно получать биметаллические изделия сложной формы (плоские, пространственные, круглые и др.). Высокая скорость сварки предотвращает протеканию диффузионных процессов, благодаря этому уменьшается образование хрупких интерметаллических соединений в зоне контакта. Толщина лакировочного слоя не зависит от толщины основного металла, так например толщина плоского лакировочного слоя может начинаться от 0,5 мм, а площадь может достигать до 20 м². К недостаткам можно отнести высокую длительность подготовительных операций, невозможность механизации и автоматизации, наличие вредных выделений [22–24]. Кроме того, для сварки больших по размерам заготовок требуется наличие специального полигона и наличие специалистов для работы с взрывчатыми веществами.

2.4.3. Контактная сварка биметалла

Способ контактной сварки так же применяется для получения листового биметалла сваренного по всей площади контакта. Способ был изобретен и предложен в начале XVIII века, позже, после создания на

территории СССР индустриальной базы был внедрен этот способ для производства биметаллических листовых изделий. Широкое распространение контактная сварка получила в автомобилестроении, самолетостроении, приборостроении, в космической технике, а так же в судостроении и строительстве. Суть контактной сварки заключается в кратковременном нагреве двух заготовок электрическим током и созданием пластической деформации усилием сжатия. В связи с этим образуются новые атомные связи в местах контакта деталей. Как было описано ранее, что процесс образования соединения происходит в 3 стадии. В свою очередь контактная сварка делится на три основных вида: точечная (K_T), шовная ($K_{Ш}$), стыковая (K_C) (рис.2.26). Для сварки листовых заготовок используют точечную и шовную сварку.

Точечная сварка самый распространенный вид контактной сварки, 80% всех изделий свариваются точечной сваркой. Физические явления при точечной сварке деталей описываются в источниках [25–27]. Характерной особенностью точечной сварки является то, что заготовки свариваются в отдельных участках (по точкам). Предварительно очищенные заготовки собираются внахлестку друг на друга, затем обжимаются силой P_{oc} электродами, которые так же передают сварочный ток I_{cb} . При кратковременном включении тока разогреваются микровыступы контактируемых заготовок, а затем и сами заготовки.

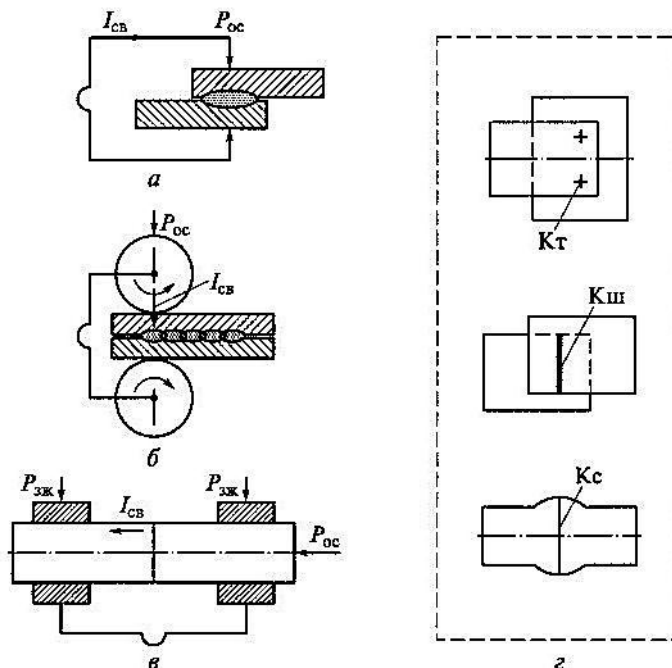


Рис.2.26 Схемы основных видов контактной сварки
а – точечная (K_T); б – шовная ($K_{Ш}$); в – стыковая (K_C); г – обозначение места и вида контактной сварки на чертежах по ГОСТ 15878–79;
 I_{cb} – сварочный ток; P_{oc} – сжимающее усилие; $P_{зж}$ – зажимающее усилие

Ток пропускают до тех пор, пока металл в зоне контакта не расплавится. Нагрев свариваемого участка проходит с совместной деформацией. Вследствие этого образуется уплотняющий пояс, предотвращающий от

выплеска жидкого металла и от окисления. После выключения тока жидкий металл быстро кристаллизуется, образуя металлические связи в зоне соединения.

Электроды при точечной сварке обычно используют из медных сплавов. Чтобы контактные зоны заготовок нагревались медленнее, чем внутренние слои металла, электроды охлаждают водой. Нагрев при точечной сварке проводят при частоте переменного тока 50 Гц, реже повышенной частоты 1000 Гц, а также импульсами постоянного тока.

Основными режимами точечной контактной сварки являются: плотность тока (величина тока сварки); усилие (давление) сжатия свариваемых элементов; время протекания сварочного тока; время сварки [28–31].

Известны разные технологические схемы подвода сварочного тока в зону сварки (рис. 2.27). Из них наибольшее применение в промышленности нашли двусторонняя (рис. 2.27, а) и односторонняя (рис. 2.27, д) точечная контактная сварка [32–34].

При односторонней точечной сварке (рис. 2.27, д) ток распределяется между двумя заготовками, причём нагрев осуществляется частью тока, протекающей через нижнюю заготовку. Односторонней сваркой можно соединять заготовки одновременно в двух и более точках, но число заготовок не может быть больше двух. В массовом производстве, например, в автомобильной промышленности, для односторонней сварки используют многоточечные машины, которые могут иметь до 100 пар электродов и одновременно сваривать 200 точек.

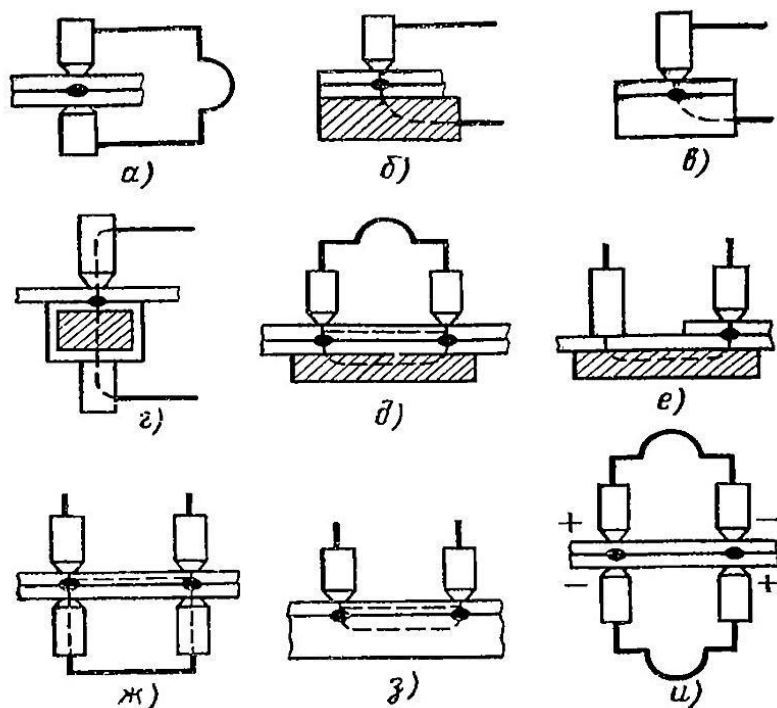


Рис. 6.7 Схемы точечной сварки

а – сварка с двумя электродами с двусторонним подводом тока;
 б – с использованием в качестве одного электрода подкладки –шины;

в – с непосредственным подводом тока к заготовке; г – с использованием токопроводящей вставки; д,е – с использованием токопроводящей подкладки; ж – с замкнутыми накоротко нижними электродами; з – односторонняя сварка без токопроводящей подкладки; и – двухточечная сварка с двусторонним подводом тока.

Для улучшения протекания тока ($I_{св}$) в большинстве случаев используют хорошо проводящие электричество медные подкладки.

Шовная сварка, на ее долю приходится 7% всех изделий свариваемых контактной сваркой. В основном это топливные баки самолетов и автомобилей, теплообменники, плоские радиаторы. При шовной сварке детали соединяются швом, которые состоят из множества отдельных сварных точек перекрывающие или не перекрывающие друг друга. Сварка осуществляется при помощи двух вращающихся дисковых роликов-электродов, между которыми зажаты предварительно очищенные заготовки.

Шовная сварка бывает двух типов непрерывная и прерывная. При непрерывной сварке движение заготовок, как и протекание тока – непрерывное. Однако непрерывная сварка применяется довольно редко из-за сильного перегрева заготовок. Чаще применяется прерывистая сварка, когда заготовки движутся непрерывно, а сварочный ток подается на определённый промежуток времени, в течение этого времени образуется литая зона. Перекрытие литых зон обеспечивается сочетанием скорости вращения роликов и частоты импульсов сварочного тока. Применяют так же шаговую сварку, при которой детали перемещаются прерывисто, а сварочный ток подается во время остановки заготовок. Благодаря этому улучшается охлаждение в контакте ролик-заготовка. Нередко применяют водяное охлаждение заготовок. Для предотвращения образования окисных пленок сварку некоторых металлов проводят в защитной среде газов.

Основные режимы шовной сварки: плотность тока (величина тока сварки); усилие (давление) сжатия свариваемых элементов; скорость сварки; время протекания сварочного тока; время сварки.

Так же как при точечной сварке существуют различные технологические схемы шовной сварки, которые различаются в основном способом подвода сварочного тока (односторонняя и двусторонняя шовная сварка).

Оборудование для контактной сварки классифицируются на множество групп: виду сварки (точечные, рельефные, шовные, стыковые); назначению (универсальные или общего назначения и специальные); способу установки (стационарные, передвижные или подвесные); роду питания, преобразования или аккумуляирования энергии (однофазные переменного тока, трехфазные низкочастотные, с выпрямлением тока во вторичном контуре, конденсаторные); виду привода в механизмах давления (с ручным, грузовым, пружинным, электродвигательным, пневматическим, гидравлическим, электромагнитным и реже с другими типами приводов); степени автоматизации

Наиболее массовым типом контактно-сварочного оборудования являются контактные точечные машины прессового типа «МТ» снабженные

пневматическим приводом способные развивать усилия сжатия до 25000 Н и сварочным током до 40 кА (рис.2.28).

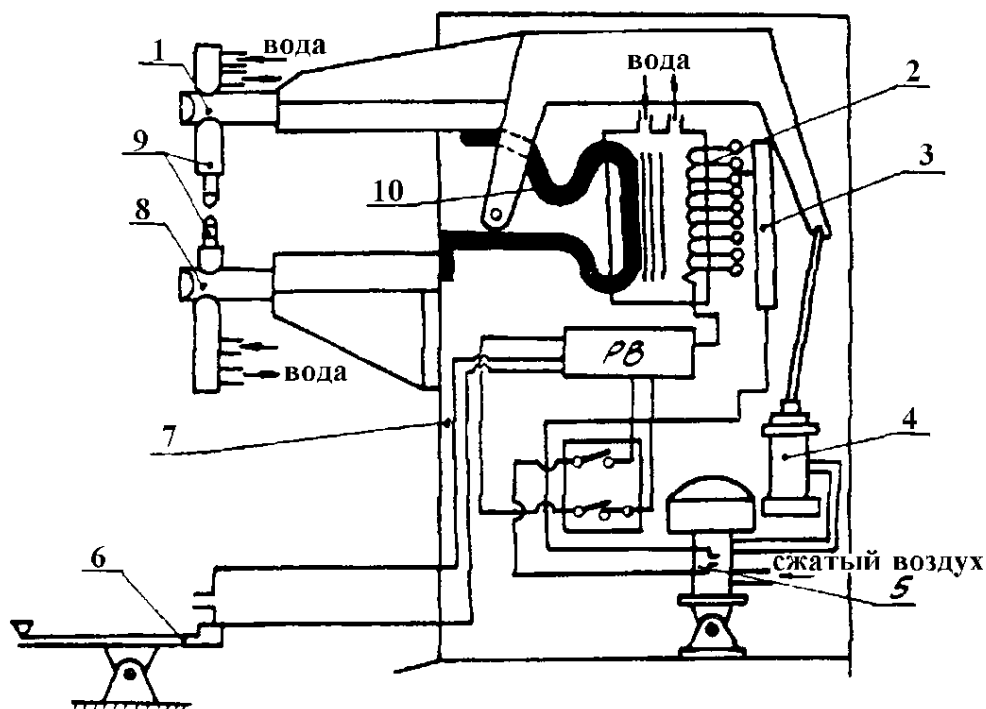


Рис.2.28 Схема машины для точечной сварки МТ-601

- 1 – рычаг с верхним хоботом; 2 – первичная обмотка; 3 – переключатель ступеней; 4 – пневматический цилиндр; 5 – пневматический клапан; 6 – педальная кнопка; 7 – корпус; 8 – кронштейн с нижним хоботом; 9 – электроды.

Контактная сварка обладает рядом преимуществ, которая выражается в высоком КПД в сочетании с высокой производительностью. Высокий уровень механизации позволяет использовать сварщиков с невысокой квалификацией. Однако так же обладает рядом недостатков связанное в малой герметичности сварного соединения, ограниченной толщине свариваемых заготовок, а так же в энергоемком и дорогостоящем оборудовании.

2.4.4. Магнитно-импульсная сварка

Магнитно-импульсную сварку так же применяют для соединения однородных или разнородных металлов. Перед сваркой заготовки нагреваются с помощью индуктора от генератора токов высокой частоты, после чего на этот же индуктор подаётся импульс тока от магнитно-импульсной установки. Взаимодействие магнитных полей индуктора и метаемой детали создаёт между ними отталкивающие усилия, в результате которых заготовка метается в направлении неподвижной заготовки и происходит их сварка.

Свариваемые заготовки устанавливаются с постоянной величиной зазора между ними. При необходимости зону сварки герметизируют кожухом и

создают в ней нейтральную атмосферу, так же сварку проводят в нейтральной среде и в среде защитных газов [35,36].

В Самарском государственном аэрокосмическом университете им. С. П. Королёва (СГАУ) была впервые осуществлена магнитно-импульсная сварка по новой схеме.

Согласно разработанному способу (рис. 2.29), заготовки 6 и 5 устанавливают внахлестку под острым углом α друг к другу и с зазором δ между ними. Индуктор 4 устанавливают на поверхности, противоположной свариваемой. Для предотвращения перемещения при сварке заготовку 6 жестко закрепляют в опоре 7, закрепление заготовки 5 должно обеспечивать перемещение ее свариваемого конца в направлении заготовки 6. Индуктор 4 присоединяется своими выводами к генератору импульсных токов, который состоит из зарядного устройства 1, батареи конденсаторов 2 и коммутирующего устройства 3.

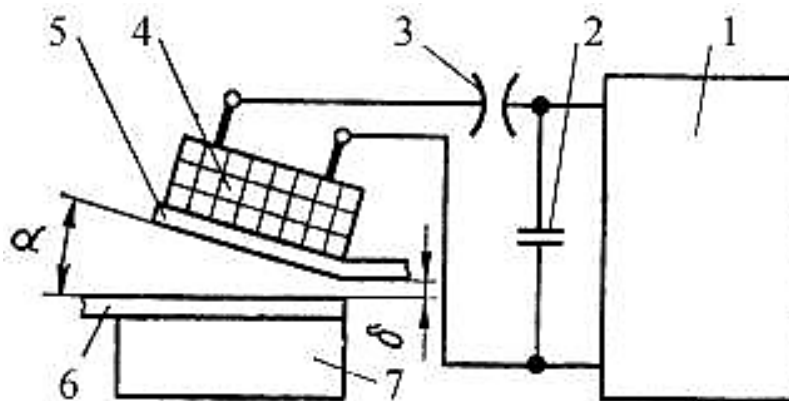


Рис. 2.29 Принципиальная схема магнитно-импульсной сварки, разработанная в КуАИ.

1 – зарядное устройство; 2 – батареи конденсаторов; 3 – коммутирующее устройство; 4 – индуктор; 5, 6 – свариваемые заготовки; 7 – опора.

После зарядки батареи конденсаторов от зарядного устройства до заданного напряжения включается коммутирующее устройство, которое замыкает батарею конденсаторов на индуктор. При разряде батареи конденсаторов в зазоре между индуктором и заготовкой возникает сильное магнитное поле, индуктирующее в этой заготовке ток. Взаимодействие тока индуктора с индуктированным током в заготовке приводит к возникновению сил отталкивания между индуктором и заготовкой 5, вследствие чего заготовка 5 мгновенно с большой скоростью перемещается от индуктора в направлении неподвижной заготовки 6; при соударении в зоне контакта развиваются высокие давления, и образуется сварное соединение. Соединение металлов осуществляется с высокой скоростью и достигает порядка 14000 м/с, давление в зоне контакта достигает до 200 МПа, соединение металлов образуется в течение сотых долей секунд. Благодаря таким показателям в зоне соединения диффузия отсутствует, происходит только схватывание. Профиль деформированной зоны металла после сварки

обычно имеет волнообразный вид. Из вышеизложенного можно заключить, что механизм образования соединения магнитно-импульсной сваркой имеет ряд общих свойств со сваркой взрывом.

Основные параметры магнитно-импульсной сварки: скорость соударения v , скорость движения фронта контакта v_k , угол соударения поверхностей γ .

Для сварки больших по размерам заготовок необходимо повышать мощность разряда конденсаторной батареи, однако возникают ограничения связанные со стойкостью и нагревом индуктора, который испытывает такие же нагрузки, как и метаемая заготовка. Из-за этого номенклатура производимой продукции ограничена. В основном магнитно-импульсной сваркой получают трубные детали, а так же пластины небольших размеров (рис.2.30). В настоящее время широкое применение нашли универсальные установки разных модификаций типа МИУ-20, МИУ-50, МИУ-100, ЭМУ-1, ЭМУ-2.

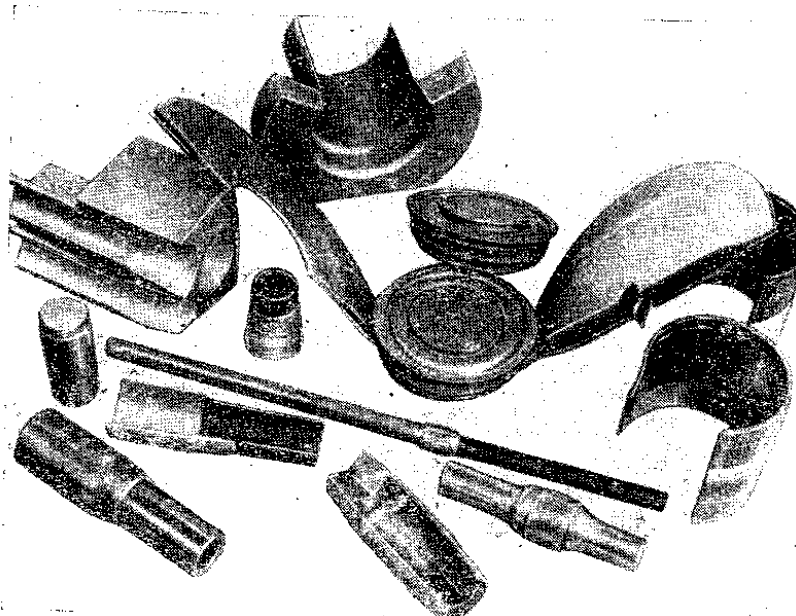


Рис. 2.30 Соединения, полученные магнитно-импульсной сваркой.

Магнитно-импульсная сварка имеет ряд достоинств. По сравнению со сваркой взрывом при магнитно-импульсной сварке отсутствуют вредные выделения, обеспечивается высокая степень механизации, что позволяет более точно дозировать подаваемую энергию. Не требуются повышенные меры безопасности. Имеется возможность проводить сварку в вакуумной, защитной среде и других средах, которые не влияют на магнитное поле индуктора.

Недостатками магнитно-импульсной сварки являются: давление, которое ограничивается прочностью индуктора. Ширина зоны соединения ограничена несколькими десятками миллиметров, вследствие этого возможно получать детали небольших размеров.

2.4.5. Ультразвуковая сварка

Широко известна так же ультразвуковая сварка (УЗС), которая нашла применение для сварки разнородных металлов и неметаллов использующиеся в микроэлектронике, производстве полупроводниковых приборов, в холодильной технике и в производстве различных тонколистовых материалов. Процесс сварки включает в себя следующие операции: заготовки прижимаются под небольшим давлением друг другу; прижимающее усилие осуществляется при помощи сварочного наконечника, который так же передает колебательные движения с частотой (15–30 кГц) и малой амплитудой перемещения (0,5–50 мкм). В результате действия колебательных перемещений в зоне контакта происходит пластическая деформация, а так же дробятся окисные пленки, вследствие этого происходит активация диффузионных процессов и образование общих кристаллов, прочно соединяющие сварные поверхности [37–39]. В процессе передачи ультразвуковых колебаний на контактной поверхности заготовки и сварочного наконечника возникает трение с выделением тепла. Чем выше интенсивность внешнего трения при прочих равных условиях, тем больше энергии поступает в зону сварки, тем больше температура в зоне сварки и выше пластичность свариваемых материалов. Структура зоны сварки в основном соответствует структуре свариваемого материала, а прочность соединения практически равна прочности основного металла.

При ультразвуковой сварке в основном используют несколько видов колебательных систем: продольная (рис. 2.31, а), продольно-поперечная (рис. 2.31, б) и крутильная (рис. 2.31, в). В каждой из этих систем есть активный элемент — ультразвуковой преобразователь и пассивная волноводная система, колебания которой он возбуждает. Пассивная часть колебательной системы служит для передачи энергии ультразвуковых колебаний сварному соединению, приложения необходимого для сварки давления и согласования преобразователя с нагрузкой, которую представляет собой сварное соединение. Продольная и крутильная системы не изменяют тип колебаний, а продольно-поперечная система превращает их в колебания другого типа. В промышленности нашла широкое применение схема ультразвуковой сварки при помощи продольных колебаний, тангенциально вводимых в зону сварки [40,41]. На торце концентратора в пучности колебаний находится наконечник, расположенный перпендикулярно осевой линии волновода. Статическое давление может быть направлено как снизу, так и сверху. Как и в контактной сварке УЗС может выполняться точечными и шовными методами. Например, для получения шовной сварки наконечнику придают форму ролика, а акустическую головку вращают.

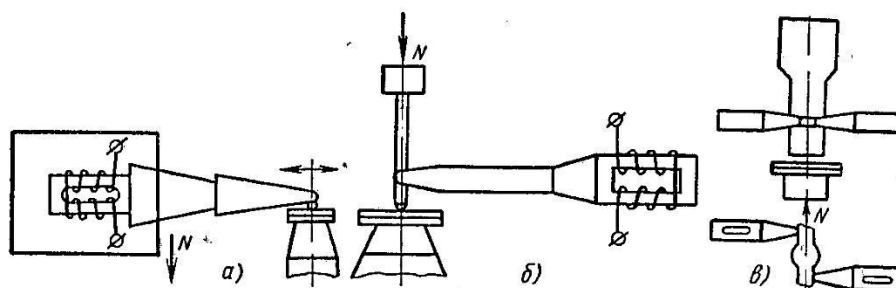


Рис. 2.31 Основные виды колебательных систем при УЗС
 а – продольная; б – продольно–поперечная; в – крутильная.

Основными технологическими параметрами УЗС являются: электрическая мощность подаваемая преобразователю; акустическая мощность, вводимая в сварочную зону; статическое давление; время сварки. Статическое давление и время сварки зависят от толщины материала и от его твердости, чем толще и тверже материал.

Достоинство УЗС – отсутствие структурных изменений, вызванных высокой температурой нагрева. Энергия, затрачиваемая на сварку биметалла по сравнению с контактной сваркой в 5–10 раз меньше. Главным преимуществом является возможность сварки тонких и ультратонких заготовок, а так же невысокие требования к чистоте свариваемых заготовок.

Основным недостатком УЗС является невысокая толщина свариваемых заготовок (до 6 мм), кроме того существующее оборудование и приспособления позволяют сваривать в основном простые по геометрической форме конструкции. Высока также стоимость оборудования.

2.4.6. Сварка биметалла прокаткой

В настоящее время широкое распространение для получения биметаллических листов, биметаллических фасонных профилей, прутков и проволоки получила горячая сварка прокаткой. Суть метода заключается в следующем: исходной заготовкой является пакет, состоящий из двух слоев металла, края которых обваривают и нагревают в печи до температур горячей обработки. Затем на прокатном стане прокатываются между валками с обжатием не менее 60%. В зависимости от назначения биметаллического изделия, расположение и количество слоев может быть различным (двух-, трех- и четырехслойные пакеты). Листы могут быть с одно- и двухсторонним плакированием (рис.2.32).

При прокатке сильно окисляющихся металлов в процессе нагрева, применяют специальные вставки (церий и его сплавы). Нагреваясь, вставка сгорает и связывает кислород воздуха. Иногда пакет заполняют инертным газом. Для получения высокой прочности сварного соединения, заготовки прокатывают в вакууме [42,43].

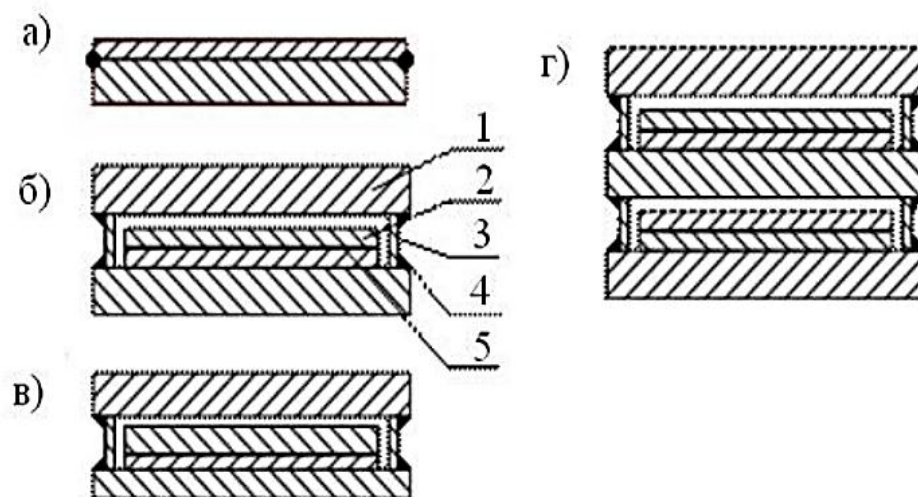


Рис. 2.32 – Схема составления пакетов биметалла перед прокаткой.
 а – конструкция одинарного; б – двойного симметричного; в – двойного несимметричного; г – тройного пакета: 1 – пакет; 2 – свариваемая заготовка; 3 – планка; 4 – технологическое сварное соединение; 5 – поверхности свариваемых заготовок

После прокатки лист подвергают следующим операциям: термической обработке (нормализация или высокий отпуск), обрезке листов, разделению, правке. Показатели прочности сварного соединения имеют не высокие по сравнению со сваркой взрывом показатели, например: Вст3сп+12Х18Н10Т имеет 380–490 Н/мм².

Для получения биметалла методом холодной прокатки заготовки не подвергаются высокотемпературному нагреву. Заготовки прокатываются в холодном состоянии. В связи с этим для получения сварочного соединения необходимым условием является: создание высокой чистоты на поверхности заготовок, а так же значительная деформация в приконтактной зоне поверхностей. Холодной прокаткой сваривают такие металлы, которые при сварке в горячем состоянии образуют интерметаллиды, а также имеющие высокую пластичность при нормальной температуре (Al, Au, Ag, Cu, Ni, Pb, Sn и др.). Одной из главных проблем при прокатке биметаллов является их расслоение. Для уменьшения этого явления применяется прокатка плакирующего слоя из порошка, а также прокатка в профильных валках [43].

Для повышения производительности и автоматизации процесса для производства не тонких биметаллических листов применяют рулонную прокатку (рис. 2.33).

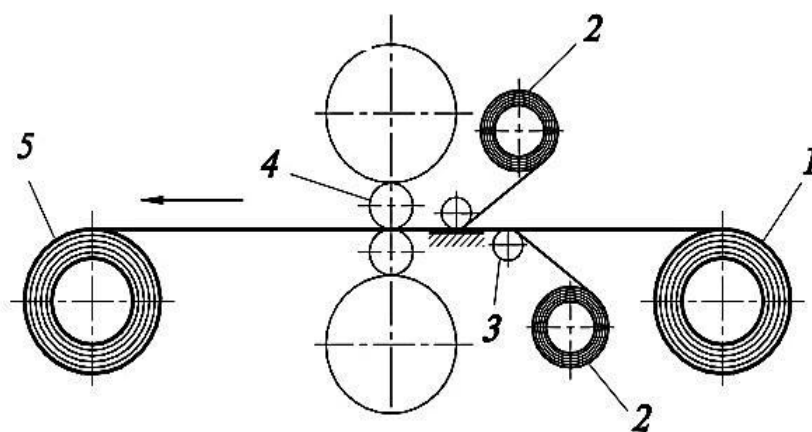


Рис. 2.33 Рулонная прокатка трехслойного биметалла

1 – разматыватель с рулоном основного слоя; 2 – разматыватель с рулоном лакирующего слоя; 3 – направляющие ролики; 4 – рабочие валки прокатного стана; 5 – моталка с рулоном трехслойной полосы

Основными режимами сварки прокаткой являются: усилие (давление) прокатки, скорость прокатки, температура прокатки.

Преимущества сварки прокаткой: отсутствие структурных изменений, вызванных высокой температурой нагрева, прокатка осуществляется на простых по конструкции прокатных станах. Не требуется высокая квалификация сварщика.

Недостатками являются невысокие прочностные характеристики, при холодной прокатке прочность сварного соединения существенно ниже, чем при горячей прокатке. Для получения качественного соединения слоев в биметалле требуются значительная деформация и чистота соединяемых поверхностей. Дорогостоящее оборудование, так как при горячей прокатке необходимо иметь специальные печи, а при холодной прокатке необходимо иметь прокатные установки, развивающие весьма большие деформационные усилия.

Широко распространены так же точечная, стыковая и роликовая (шовная) сварка в холодном состоянии, схемы на рис. 2.34.

Точечной сваркой соединяют листовые детали внахлестку с их предварительным обжатием, повышающим прочность соединения на 20 %, или без него. В детали с одной стороны, а чаще с обеих сторон вдавливают пуансоны круглого или чаще прямоугольного сечения. Ввиду простоты способа точечной холодной сварки специальные машины для ее выполнения большого развития не получили.

При шовной сварке листовых металлов используется пуансон в виде ролика (рис. 2.34, в). Рабочая часть ролика вдавливается в более твердый металл. Такая сварка при прочих равных условиях обеспечивает более прочные швы и при сварке однородных металлов. Для роликовой сварки применяются металлорежущие станки, например фрезерные; при сварке тонких пластичных металлов — ручные настольные станки.

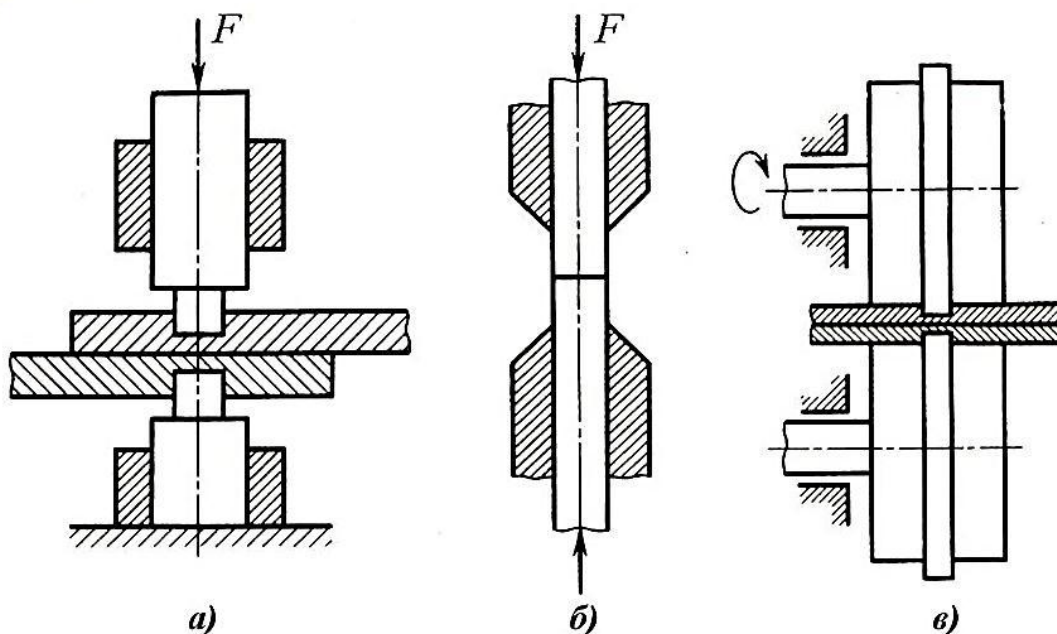


Рис. 2.34 Схемы холодной сварки
а – точечная; б – стыковая; в – роликовая

Преимущества холодной сварки: простота процесса и оборудования, возможность сварки в полевых условиях, не нужны источники нагрева, отсутствие необходимости в присадочном материале. Сварной шов имеет более высокую прочность по сравнению со свариваемым металлом, так как во время сварки подвергается упрочнению. Не требуется высокая квалификация сварщика.

К недостаткам относятся возможность сварки только пластичных металлов, не герметичность сварного шва.

2.5 Обработка металлов резанием

В настоящее время одним из самых распространенных методов обработки металлов для производства деталей машин, является обработка резанием. Резание металла осуществляется острой кромкой инструмента, которую образуют две сходящихся поверхности. Путем внедрения инструмента в поверхность металла и совместным перемещения инструмента или заготовки, снимается слой металла – стружки. Такой процесс называется резанием. Такие механические процессы осуществляются на металлорежущих станках. Для достижения поставленных технических характеристик готовой детали, заготовка может устанавливаться на дополнительных устройствах – приспособлениях. При обработке металлов резанием в среднем около 20% металла переходит в стружку. По этой причине обработка металлов резанием уступает некоторым видам обработки металлов давлением. Однако для производства высокоточных деталей обработка металлов резанием является одним из главных средств в машиностроении.

2.5.1 Материалы применяемые для изготовления режущего инструмента

Одним из основных параметров режущего инструмента являются его режущие свойства, которые зависят от материала реза, его геометрических параметров и т.д. Способность противостоять изнашиванию инструмента является так же важным свойством инструмента. В качестве материала режущего инструмента используются: твердые сплавы, инструментальные углеродистые стали, инструменты из минералокерамики и т.д.

Инструментальная углеродистая сталь содержит от 0,7% углерода и выше. Сталь обладает высокой твердостью и прочностью (после термообработки). Инструментальная сталь в режущем инструменте применяется для изготовления крепежно-присоединительной части инструмента, а так же в качестве режущей кромки. В процессе механической обработки заготовки инструментом из углеродистой стали не допускается нагрев режущей кромки свыше 250 °С, так как происходит отпуск стали и уменьшение ее твердости. Широко распространены инструментальные углеродистые стали марок У7А, У8А, У10А и т.д. Марки и химический состав инструментальных углеродистых сталей приведены в ГОСТ 1435-99.

Для повышения износостойкости, твердости, прочности и других иных свойств углеродистых сталей в их состав вводят легирующие элементы. При добавлении никеля (Н) увеличивается пластичность, вязкость, а так же прокаливаемость. При добавлении марганца (Г) увеличивается износостойкость, прокаливаемость, прочность. Хром (Х) так же увеличивает прочность. Вольфрам (В) увеличивает твердость, теплостойкость, износостойкость. Ванадий (Ф) увеличивает устойчивость к снижению твердости при отпуске. Молибден (М) повышает прокаливаемость, прочность, пластичность и вязкость. Кремний (С) увеличивает прокаливаемость, равномерно распределяет карбиды. Марки и химический состав инструментальных легированных сталей приведены в ГОСТ 5950-2000. Теплостойкость таких сталей не превышает 300 °С. Стали этой группы используются при скорости резания до 0,33 м/с.

В случае, когда температура в зоне резания превышает 300 °С, скорость резания 0,8-1,0 м/с используются быстрорежущие стали, теплостойкость которых доходит до 650 °С. ГОСТ 19265-73 предусматривает более десяти марок сталей данной группы. Обозначение марки стали: Р - быстрорежущая сталь, цифра — содержание вольфрама в десятых долях процента, М, К - легированная молибденом или кобальтом соответственно, Ф – легированная ванадием. Вольфрам является дефицитным материалом, по этой причине инструмент из этой стали делают составным, а остальные части инструмента делают из конструкционной стали. Широко распространены Стали Р9, Р12, Р18, Р6М5.

Твердые сплавы. Инструмент из твердого сплава способен сохранять свои свойства при 900-1150 °С. Изготавливаются на основе карбидов вольфрама, титана, тантала, хрома, кобальта и никеля. ГОСТ 3882-74 предусматривает более тридцати сплавов данной группы. Так как в составе

твердого сплава присутствуют дефицитные материалы, поэтому они изготавливаются в качестве составного элемента. Твердые сплавы для режущих инструментов получают методом спекания порошком с необходимым содержанием элементов. Твердые сплавы так же получают литьем. Полученные твердые сплавы закрепляются на режущем инструменте пайкой или механическим закреплением. Твердые сплавы по присутствующим металлам карбидов делятся на: вольфрамовые (ВК2, ВК3, ВК6М и т.д.), титано-вольфрамовые (Т30К4, Т15К6, Т14К8 и т.д.), титано-тантало-вольфрамовые (ТТ7К12, ТТ10К8Б и т.д.) и безвольфрамовые (ТНМ20, ТНМ25, ТНМ30 и т.д.). Твердые сплавы в основном применяются для обработки чугуна, углеродистых и легированных сталей.

Минералокерамика, композиты и алмаз. Минералокерамические режущие пластины к режущим инструментам на основе оксида алюминия были созданы еще 50-х гг. Наряду с высокой твердостью, теплоустойчивостью (до 1200 °С), и скоростью резания (более 25 м/с) во многом превышают эти же параметры твердых сплавов. Однако уступает по параметрам теплопроводности и прочности на изгиб. Минералокерамика на основе оксида алюминия делится на три группы:

- оксидная керамика (белая) состоящая из оксида алюминия;
- керамика, состоящая из оксида алюминия и металла (титан, ниобий и т.д.)
- минералокерамические твердые сплавы, состоящие из оксида алюминия и карбидов тугоплавких металлов (вольфрам, титан и т.д).

Широко распространена оксидная керамика ЦМ-332, ВО-13 и оксидно-карбидная керамика В3, ВОК-60, ВОК-63 (ГОСТ 26630-85).

Для чистового точения деталей из цветных металлов и сплавов применяют резцы из природных алмазов массой 0,21-0,85 карата, закрепленных на режущих инструментах.

Шлифующие материалы. Для изготовления шлифующих кругов, лент и т.д. используются различные шлифующие (абразивные) связующие материалы. Для производства абразивных кругов используются синтетические материалы на базе окиси алюминия и карбида кремния. Маркировка их обозначаются цифрами, первая цифра: нормальный электрокорунд – 1; белый – 2; хромистый и титанистый – 3; монокорунд – 4; черный карбид кремния – 5; зеленый карбид кремния – 6. Вторая цифра и буквы А или С обозначающий электрокорунд или карбид кремния. Электрокорунды имеют маркировку 16А,45А и т.д. В свою очередь карбиды кремния маркируются: 64С, 55С и т.д.

В качестве шлифующих материалов так же применяются синтетические алмазы, эльбор, кубонит и т.д.

Абразивно-алмазные инструменты состоят из режущего материала, пор и связки. В свою очередь связки делятся на керамические, органические, металлические и т.д. Для алмазных и эльборовых кругов применяют органические связки (Б1,Б2, Б3, Б4,БП1 и т.д). Металлические связки (М5,

МП2, ОМКЗ и т.д.) данные связи выполнены на основе меди, олова, железа и других металлов. Абразивные круги в основном выполняют т на керамической связке (К0, К1, К5 и т.д.), так же применяют бакелитовую (Б, Б1, Б2, и т.д.). Выбор круга осуществляют в зависимости от вида шлифования, материала заготовки, режимов и т.д.

2.5.2. Металлорежущие станки

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки заготовок подразделяются на следующие группы и типы (рис 2.35)

Наименование станков	Шифр группы	Шифр типа									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервные	0	-									
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы:			Токарно-Револьверные	Сверильно-отрезные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцевые и копируемые	Специализированные	Разные токарные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверильные и расточные	2	-	Вертикально-сверильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверильные	Разные сверильные
				одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные и доводочные	3	-	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	-	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные абразивные
Электрофизические и электрохимические	4	-	-	Светолучевые	-	Электрохимические	Электроискровые	-	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	-
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбо-нарезные	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	-	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикальные безконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	-	одно-стоечные	двух-стоечные	-	-	-	внутреннего	наружного	-	Разные строгальные
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные	Пилы			-	-	
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском		ленточные	дисковые	ножовочные			
Разные	9	-	Муфто- и трубообрабатывающие	Пило-насекальные	Правильно-и безцентрово-обдирочные	Балансировочные	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	-	-

Рис. 2.35 Группа и типы металлорежущих станков

По классу точности металлорежущие станки делятся на 5 классов:

- (Н) Нормальной точности
- (П) Повышенной точности
- (В) Высокой точности
- (А) Особо высокой точности
- (С) Особо точные станки

По собственной массе станки делятся на:

- Легкие (меньше 1 т)
- Средние (от 1 до 10 т)
- Тяжелые (от 10 до 100 т)
- Уникальные (свыше 100 т)

По степени автоматизации станки делятся на :

- Ручные
- Полуавтоматы
- Автоматы
- Станки с числовым программным управлением (ЧПУ)
- Гибкие производственные системы

Все большее применение в последнее время находят станки с ЧПУ.

Классификация станков по степени специализации

- Универсальные – данные станки используются для изготовления широкой номенклатуры деталей, которые выпускаются малыми партиями. В основном используются в единичном и мелкосерийном производстве.
- Специализированные – применяются для производства деталей одного типа, но большими партиями. Применяются в среднем и крупносерийном типах производства.
- Специальные. Применяются для изготовления одной детали в крупносерийном и массовом типах производства.

2.5.2.1 Токарная обработка.

На токарных станках производится обработка тел вращения. Заготовка, закрепленная в приспособлении (широко распространены кулачковые патроны) приводится во вращение приводом станка. Путем внедрения инструмента во вращающуюся заготовку осуществляется срез металла с заготовки. Обработка производится при помощи резцов, сверл, метчиков и плашек. На токарных станках осуществляется чистовое, черновое точение, нарезание резьбы, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, точение канавок и т.д. (рис. 2.36).

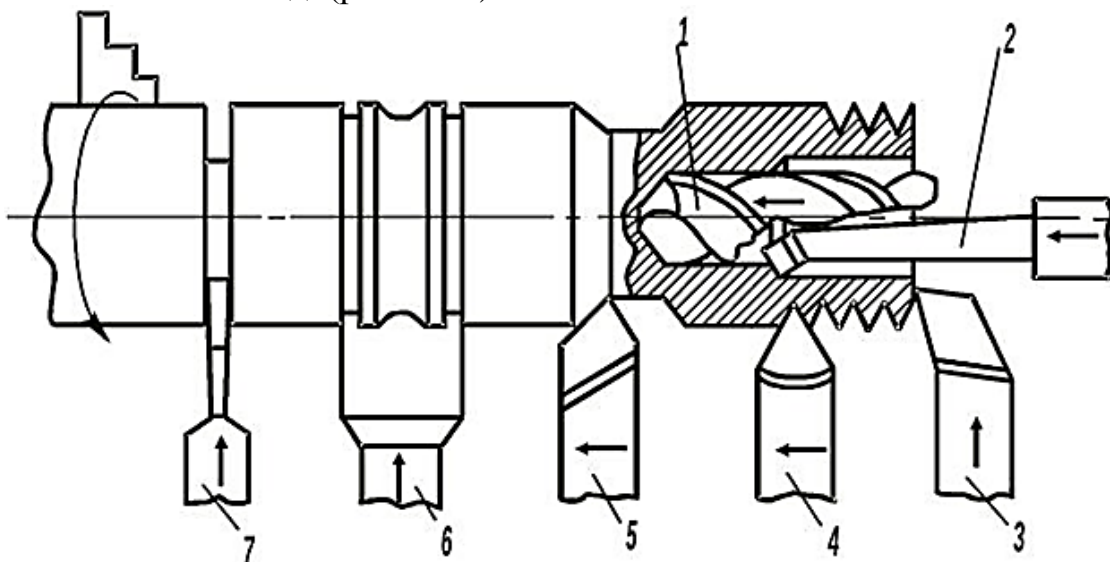


Рис. 2.36 Основные виды токарных работ

1 – Сверление, зенкерование и развертывание отверстий; 2 – растачивание внутренних поверхностей; 3 – подрезание торца; 4 – нарезание резьбы; 5 – обтачивание наружных поверхностей; 6 – обработка фасонных поверхностей; 7 – отрезка.

По форме режущей части резцы подразделяют на прямые 3,6, отогнутые 1,4,8,9,10, оттянутые 5,7 и изогнутые. По конструкциям резцы бывают цельные и сборные. В зависимости от вида материала обрабатываемой заготовки, требуемой шероховатости поверхности, вида операции назначают режимы резания.

В токарной обработке металлов существует два движения: вращение заготовки (главное движение) и движение суппорта вдоль оси заготовки (движение подачи). Режимы резания являются: скорость резания, глубина, подача, частота вращения шпинделя которые настраиваются на коробке

подач и скоростей. На рис. 2.37 представлены основные узлы токарно-винторезного станка.

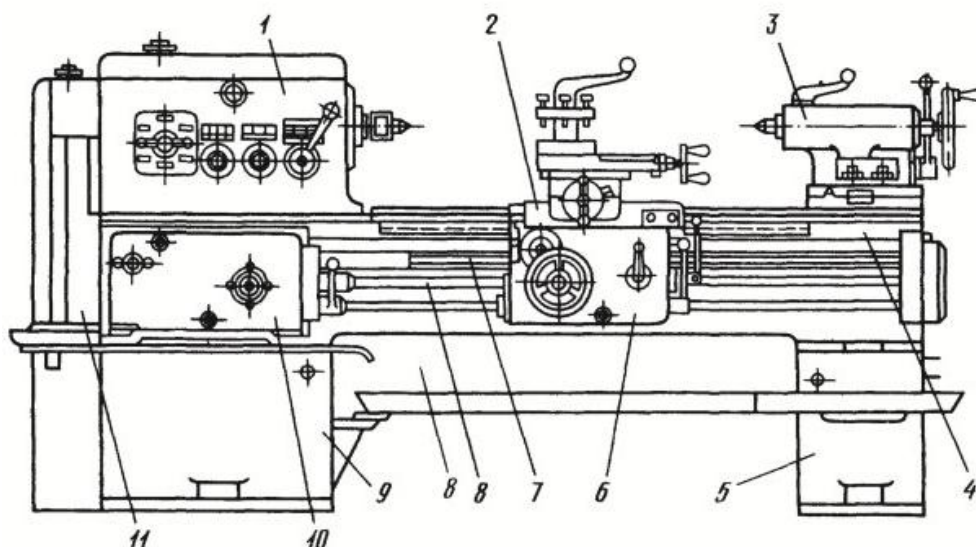


Рис. 2.37 Основные узлы токарно-винторезного станка

1 – передняя бабка; 2 – суппорт; 3 – задняя бабка; 4 – станина; станина; 6 фартук; 7 – ходовой винт; 8 – ходовой вал; 10 – коробка подач; 11 – гитары сменных шестерен.

2.5.2.2. Сверлильная и расточная обработка

Сверлильная обработка выполняется для получения в заготовке отверстия. Кроме сверления так же проводится рассверливание, нарезка резьбы, цекование, для повышения точности заданных размеров проводится так же развёртывание. Выбор соответствующего инструмента определяется от вида операции (рис. 2.38). Основными параметрами сверления являются: скорость резания, подача сверла.

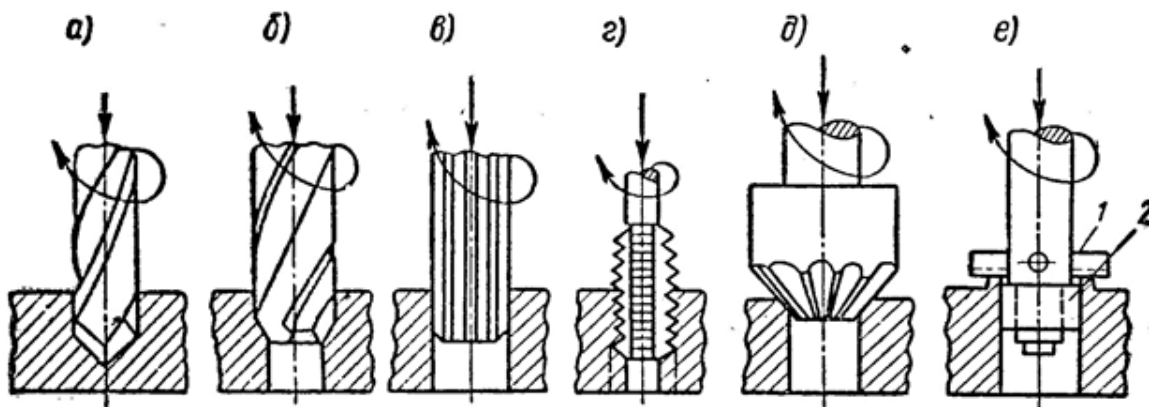


Рис. 2.38 Основные виды обработки заготовок на сверлильных станках

1 – переставной резец; 2 – направляющая часть; а – сверление; б – зенкерование; в – развёртывание; г – нарезание резьбы; д – зенкование; е – цекование.

Сверление осуществляется на сверлильных станках, с предварительно закрепленной заготовкой. Широкое распространение нашли вертикально-сверлильные станки (рис. 2.39).

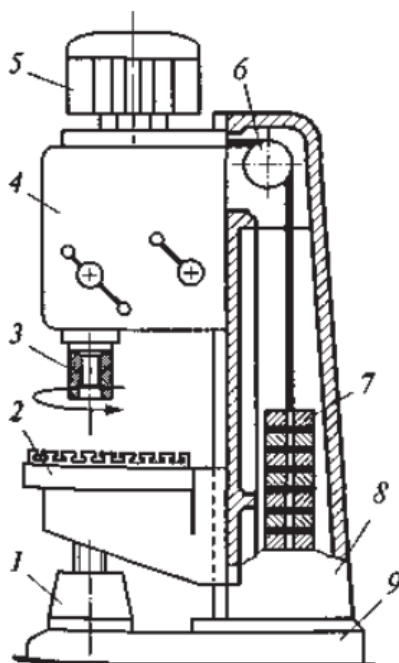


Рис. 2.39 Вертикально-сверлильный станок
 1 – домкрат; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – сверлильная головка;
 5 – электродвигатель; 6 – блок; 7 – противовес; 8 – вертикальная станина (колонна);
 9 – фундаментная плита;

Растачивание применяется для обработки в заготовках корпусных деталей отверстий с точно координированными осями (блоки двигателей, коробки передач и т. п.). Одним из видов расточных станков является горизонтально-расточные станки. Горизонтально-расточные станки служат для сверления, зенкерования и растачивания отверстий (рис. 2.40).

На рис. 2.40, а показано растачивание двух концентричных отверстий резцами, закрепленными на борштанге 2, которую приводит во вращение шпиндель 1 и поддерживает люнет 3 задней стойки. При обработке заготовки стол 4 перемещается параллельно оси шпинделя (продольная подача). Этот способ применяется в случае, когда расположенные соосно растачиваемые отверстия имеют значительную длину и возможен прогиб борштанги 2.

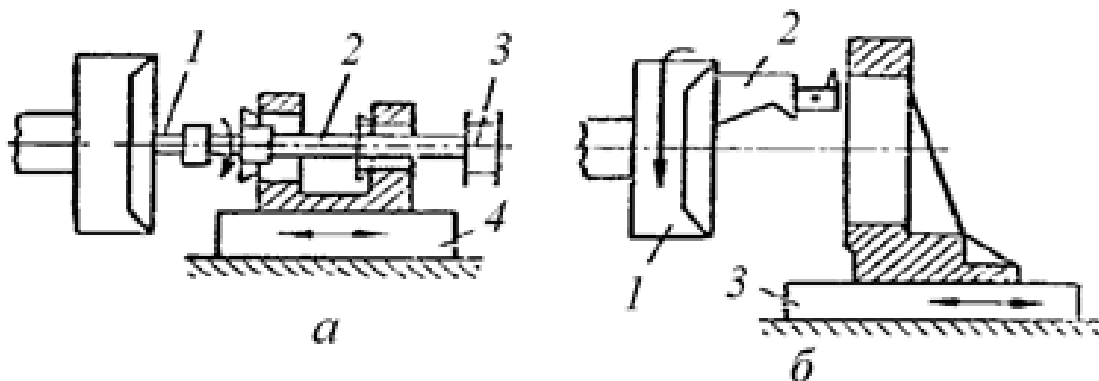


Рис. 2.40. Схемы основных видов работ, выполняемых на горизонтально-расточном станке

а – растачивание двух концентричных отверстий резцами; б – растачивание отверстия большого диаметра с помощью резца, закрепленного в резцедержателе;

На рис. 2.40, б показано растачивание отверстия большого диаметра с помощью резца, закрепленного в резцедержателе 2, который укреплен на планшайбе 1. Продольная подача заготовки осуществляется движением стола 3, а радиальная подача резца – радиальным перемещением резцедержателя на планшайбе. Этим способом можно растачивать отверстия большого диаметра, но сравнительно малой длины.

2.5.3. Шлифование

Для окончательной обработки заготовки в машиностроении широко используется шлифование. В качестве инструмента используется шлифовальный круг. Шлифованием получают поверхности с 5-7 квалитетами точности и шероховатостью поверхности $Ra\ 1,25\dots 0,08$. При вращении шлифовального круга, в котором абразивные зерна расположены беспорядочно и удерживаются связкой, зона контакта с обрабатываемой поверхностью представляет собой совокупность микроследов воздействия абразивных зерен. Существуют следующие основные виды шлифования:

- а) круглое с продольной подачей;
- б) круглое врезное (с поперечной подачей);
- в) бесцентровое;
- г) внутреннее;
- д) плоское периферийное;
- е) плоское торцовое.

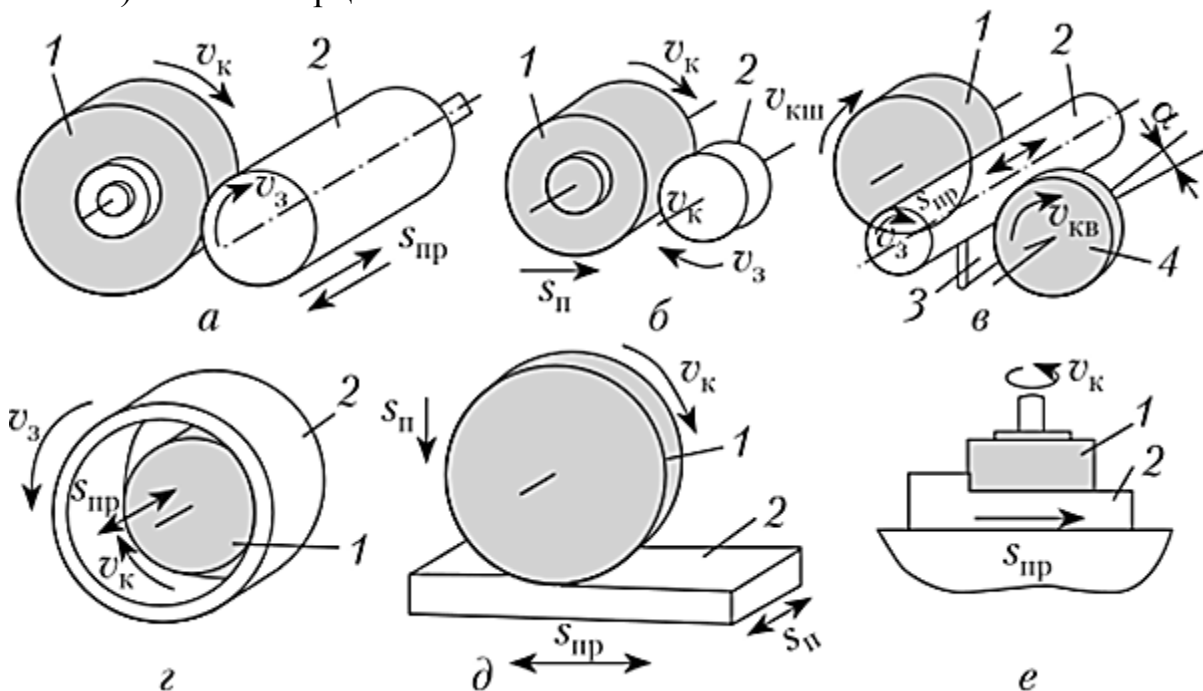


Рис. 2.41. Основные виды шлифования:

1 — шлифовальный круг; 2 — заготовка; 3 — подставка под заготовку; 4 — ведущий круг при бесцентровом шлифовании; v_k и $v_{кш}$ — вращение шлифовального круга; v_z — вращение заготовки; $S_{пр}$ — продольное движение подачи; $S_{п}$ — поперечное движение подачи; $v_{кв}$ — вращение ведущего круга; а — угол наклона оси ведущего круга

Скорость резания при шлифовании — 30... 100 м/с. При круглом наружном шлифовании кроме вращения шлифовального круга вращению

также подается заготовка. При шлифовании плоских поверхностей заготовка закрепляется на столе станка. По точности обработки шлифование может быть обдирочное, размерное и тонкое.

Основные параметры шлифования: скорость изделия и (или) скорость вращения инструмента, продольная подача, глубина шлифования.

2.5.4. Электрофизическая и электрохимическая обработка заготовок.

Эти методы обработки связаны с обработкой материалов электрическим током, электролизом и их сочетанием, к этим методам также относят ультразвуковую, плазменную обработку и т.д. Эти методы имеют ряд преимуществ: высокая производительность, возможность выполнять технологические операции, недоступные механическими методами.

Широко используется метод электроэрозионной обработки металла (рис.2.42). Данный метод основан на вырывании частиц металла из поверхности заготовки импульсом электрического разряда. Если задано напряжение (расстояние) между электродами, погруженными в жидкий диэлектрик, то при их сближении (увеличении напряжения) происходит пробой диэлектрика — возникает электрический разряд, в канале которого образуется плазма с высокой температурой. Длительность электрических импульсов не превышает 10^{-2} сек, по этой причине металл не успевает нагреваться [44].

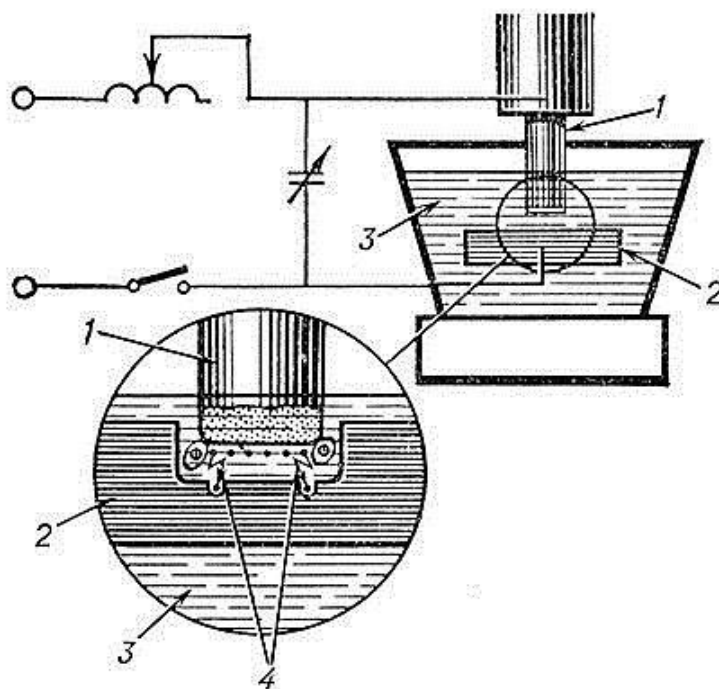


Рис. 2.42 Метод электроэрозионной обработки металла
1 – инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкий диэлектрик; 4 – электрический разряд

Электрохимические методы обработки основаны на законах электрохимии. По используемым принципам эти методы разделяют на анодные и катодные, по технологическим возможностям — на поверхностные и размерные.

Суть метода поверхностной электрохимической обработки металла заключается в том, что под действием электрического тока в электролите происходит анодное растворение поверхностного слоя металла, быстрее всего растворяются выступающие части. Благодаря использованию данного метода возможно получать заготовки с весьма малой шероховатостью поверхности.

Размерная электрохимическая обработка. К этим методам обработки относят анодно-гидравлическую и анодно-механическую обработку.

Анодно-гидравлическая обработка применяется для извлечения из заготовки остатков застрявшего сломанного инструмента. Скорость анодного растворения зависит от расстояния между электродами: чем оно меньше, тем интенсивнее происходит растворение. Поэтому при сближении электродов поверхность анода (заготовка) будет повторять поверхность катода (инструмента). Однако процессу растворения мешают продукты электролиза, скапливающиеся в зоне обработки, и истощение электролита. Удаление продуктов растворения и обновление электролита осуществляются либо механическим способом (анодно-механическая обработка), либо прокачиванием электролита через зону обработки (рис. 2.42). Этим методом, подбирая электролит, можно обрабатывать практически любые токопроводящие материалы, обеспечивая высокую производительность в сочетании с высоким качеством поверхности.

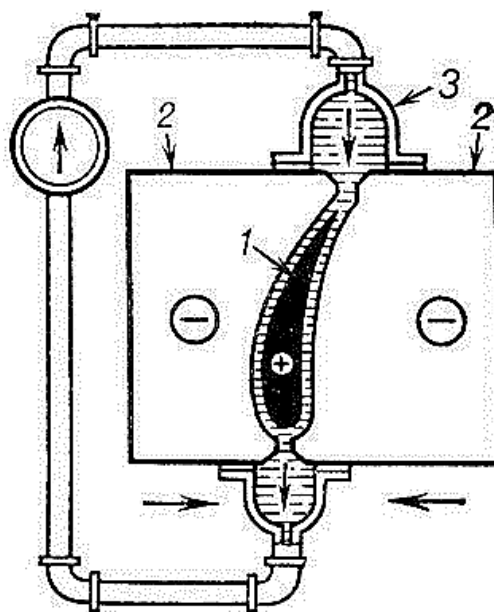


Рис. 2.42. Схема анодно-гидравлической обработки поверхности турбинной лопатки подвижными электродами

1 — лопатка; 2 — электроды; 3 — электролит.

Стрелками показано направление движения электродов и электролита.

Комбинированные методы обработки сочетают в себе преимущества электрофизических и электрохимических методов. Используемые сочетания разнообразны. Например, сочетание анодно-механической обработки с

ультразвуковой в некоторых случаях повышает производительность в 20 раз. Существующие электроэрозионно-ультразвуковые станки позволяют использовать оба метода как отдельно, так и вместе [44].

2.5.5. Зубо- и резьбообработка

Зубчатые колеса с различными профилями зубьев, а так же червячные колеса для машин и аппаратов производятся на зубообратывающих станках. Зубообрабатывающие станки разделяются по обобщенным признакам на две основные группы: станки, работающие методом обката, и станки, работающие методом копирования. По степени шероховатости обработанной поверхности выделяют станки: для предварительного нарезания зубьев, для чистовой обработки, для отделочной обработки поверхности зубьев. Наиболее широко распространена обработка зубчатых колес на зубофрезерных станках, которые работают методом непрерывного обката фрезой. Данный метод наиболее производителен (в 4-5 раз) в отличие от зубофрезерования червячной фрезой. Однако высока себестоимость обработки.

На рис. 2.43 представлен общий вид зубофрезерного станка. Заготовку закрепляют на оправке вращающегося стола 7. Верхний конец оправки поддерживается подвижным кронштейном 5. Фрезу закрепляют на оправке и крепят на суппорте 3. Салазки 8 обеспечивают горизонтальное перемещение стойки 6 и стола 7 по направляющим станины. Поперечина 4 связывает обе стойки и тем самым повышает жесткость станка. Для регулировки технологических режимов обработки на станке имеются гитара скоростей 9, которая служит для установки частоты вращения шпинделя. Для сообщения заготовке окружной скорости, необходимой для автоматического деления заготовки на заданное число зубьев на станке предусмотрена гитара деления 11. Для регулировки вертикальной подачи фрезы или горизонтальной подачи заготовки на станке установлена гитара подач 10. Гитара дифференциала (находится в одной коробке с гитарой подач) сообщает заготовке дополнительное вращательное движение при нарезании колёс с косым зубом. Она позволяет увеличить или уменьшить скорость вращения заготовки, которая определяется настройкой делительной гитары, и получить левый или правый наклон зубьев колеса.

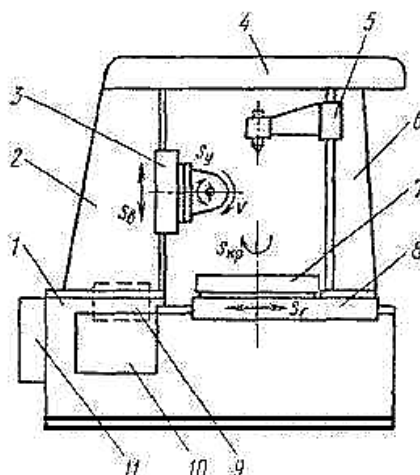


Рис. 2.43 Общий вид зубофрезерного станка

1 – станина; 2 – стойка; 3 – суппорт; 4 – поперечина; 5 – кронштейн; 6 – стойка; 7 – стол; 8 – салазки; 9 – гитара скоростей; 10 – гитара подач; 11 – гитара деления (обкатки)

2.5.6. Фрезерная обработка

Фрезерная обработка нашла широкое распространения благодаря тому, что позволяет получать детали сложной формы. Основным инструментом является фреза. Основные типы фрез и виды обрабатываемых поверхностей представлены и на рис. 2.44

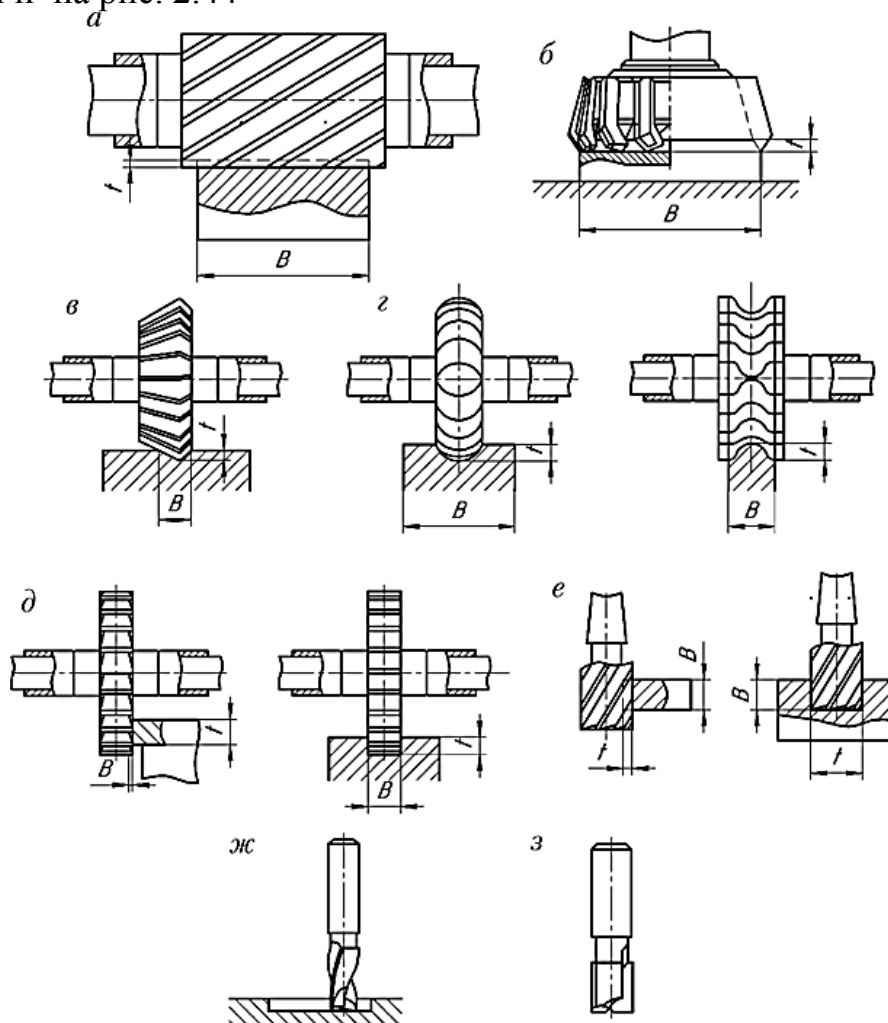


Рис. 2.44 Типы фрез и обрабатываемых поверхностей

а — цилиндрическая; б — торцовая; в — угловая; г — фасонные; д — дисковые; е — концевые; ж, з — шпоночные

Шероховатость поверхности после фрезерования может достигать Ra 1,25. Кинематика процесса фрезерования характеризуется вращением фрезы вокруг своей оси и движением подачи заготовки или фрезы, которое может быть прямолинейным, вращательным или винтовым. При прямолинейном движении подачи обрабатывают плоскости, уступы, пазы, фасонные поверхности, при вращательном — поверхности вращения, а при винтовом — винтовые поверхности. Фрезы классифицируются по конструкции фрезы и по конструкции зубьев. Фрезерование проводится на фрезерных станках.

На рис 2.45 представлена общая схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка.

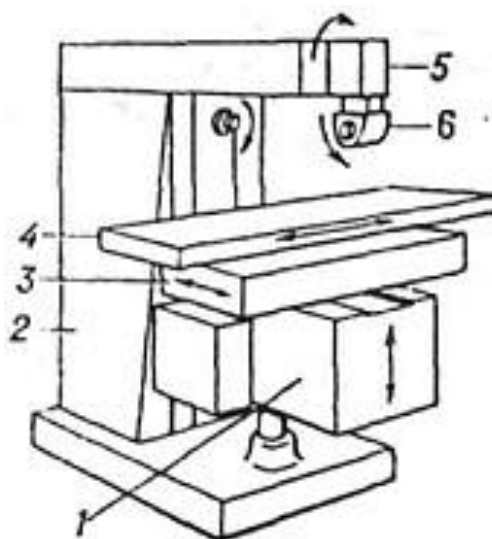


Рис. 2.45 Схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка
1 - консоль; 2 - станина; 3 - салазки; 4 - стол; 5 - шпиндельная головка;
6 - фрезерная головка

2.5.7. Обработка заготовок строганием, протягиванием, долблением

Строганием образуют вертикальные, горизонтальные и наклонные поверхности, уступы, пазы, канавки и реže — криволинейные поверхности. Для обработки фасонных поверхностей используют фасонные резцы. Обработка строганием осуществляется при наличии двух движений: прямолинейного возвратно поступательного главного движения резца или заготовки в горизонтальной плоскости и прерывистого поступательного движения подачи резца или заготовки, перпендикулярного направлению главного движения. Строгание осуществляется на строгальных станках. Станки строгальной группы включают продольно-строгальные, поперечно-строгальные (шепинги) и долбежные. К специализированным станкам относятся кромкострогальные, копировальнострогальные, внутрострогальные, станки с ЧПУ. Выпускаются комбинированные строгальные станки (строгально-фрезерные, строгально-шлифовальные), позволяющие совместить несколько видов обработки. Строгальные станки подразделяются на продольно-строгальные (рис. 2.46) и поперечно-строгальные. Их применение, по сравнению с другими технологическими методами формообразования, экономически более выгодно вследствие простоты конструкции и малой стоимости режущего инструмента [45].

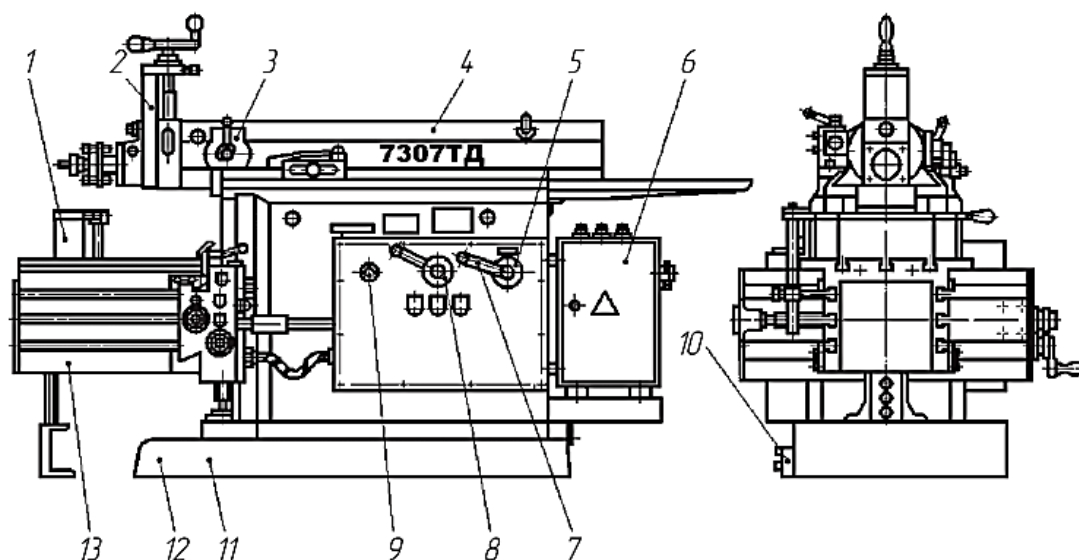


Рис. 2.46 Общий вид поперечно-строгального станка модели 7307ТД

1 — стружкосборник; 2 — суппорт; 3 — механизм вертикальной подачи суппорта; 4 — ползун; 5 — коробка скоростей; 6 — электрошкаф; 7 — механизм переключения скоростей; 8 — коробка подач; 9 — кулисный механизм; 10 — смазка централизованная; 11 — станина; 12 — поперечина; 13 — стол

Резцы выбираются в зависимости от типа строгальной операции. Основные типы строгальных резцов представлены на рис. 2.47.

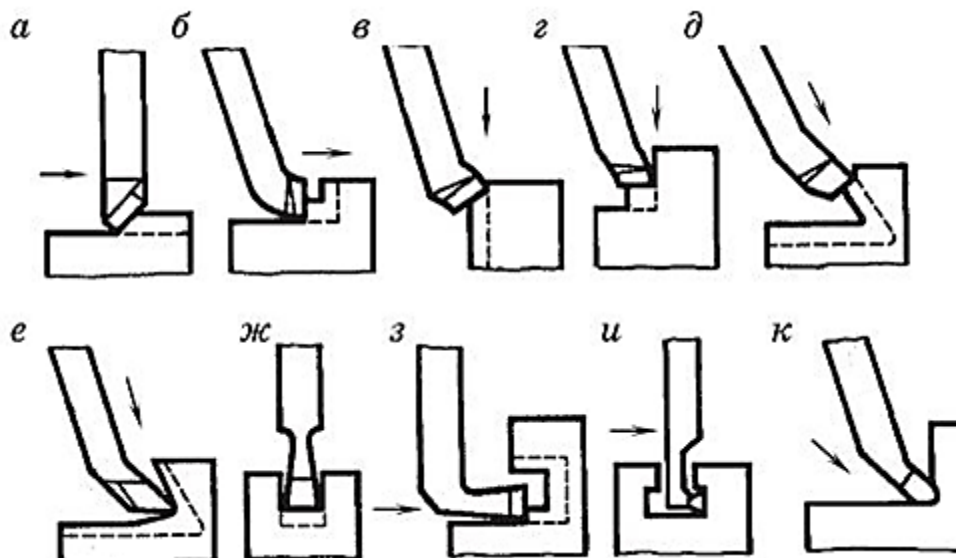


Рис. 2.47 Основные типы строгальных резцов

а — проходной с главным углом в плане $\varphi < 90^\circ$; б — проходной с углом $\varphi = 90^\circ$; в — подрезной с углом $\varphi = 60^\circ$; г — подрезной с углом $\varphi = 90^\circ$; д, е — подрезные для наклонных плоскостей; ж — прорезной канавочный; з, и — отогнутые прорезные; к — отогнутый прорезной для канавок в углах сопрягаемых плоскостей

Долбежные станки в основном используются для обработки долблением плоских и фасонных внутренних поверхностей, изготовления шпоночных пазов и канавок в цилиндрических и конических поверхностях (возможна обработка поверхностей, наклоненных под углом до 10° к вертикали) в единичном и мелкосерийном производстве.

Основными узлами долбежного станка (рис. 2.48) являются станина 11 коробчатой формы, состоящая из основания и стойки, установленной на нем. По вертикальным направляющим стойки от коробки скоростей 7 перемещается долбьяк 6, в нижней части которого закреплен резцедержатель. Обрабатываемое изделие крепится на столе 5. Стол получает круговое, продольное и поперечное движения от привода подач 3. Работа во многих случаях ведется по методу копирования, а в некоторых — следа, поэтому чаще всего резцу придают форму обрабатываемой поверхности и закрепляют в резцедержателе долбяка. Обрабатываемую деталь устанавливают на столе станка. Движение долбяка вниз является рабочим ходом, в течение которого происходит снятие стружки с обрабатываемой детали. Движение долбяка вверх — холостой ход, в конце которого происходит продольная или поперечная подача стола с деталью или поворот стола вокруг вертикальной оси (круговая подача). Механизм ручного поворота стола снабжен специальным делительным устройством, позволяющим делить заготовку на любое нужное количество равных частей или поворачивать стол с заготовкой на заданный угол, как это делается с помощью универсальных делительных головок на фрезерных станках.

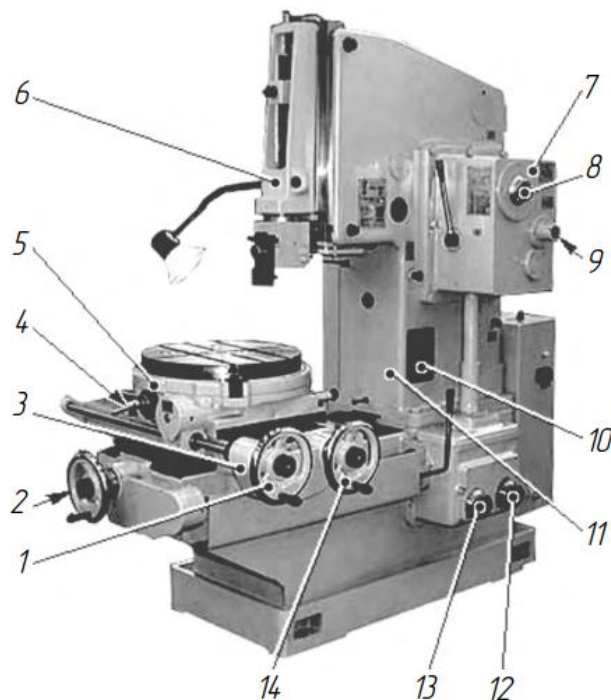


Рис. 2.48 Общий вид долбежного станка ГД-200

- 1 — маховик круговой подачи стола; 2 — маховик продольной подачи стола;
 3 — коробка подач; 4 — фиксатор стола; 5 — стол; 6 — долбьяк (шtosель);
 7 — коробка скоростей; 8 — квадрат установки длины хода долбяка; 9 — квадрат
 ручного перемещения долбяка; 10 — пульт управления; 11 — станина; 12 — барабан
 отключения подачи стола; 13 — барабан переключения подачи стола; 14 — маховик
 поперечной подачи стола.

Протяжная операция применяется для обработки с высокой точностью внутренних и наружных поверхностей металлических (редко

неметаллических) деталей. В протяжных станках рабочим движением является прямолинейное движение каретки, несущей протяжку (рис. 2.49), либо движение заготовки при неподвижной протяжке.

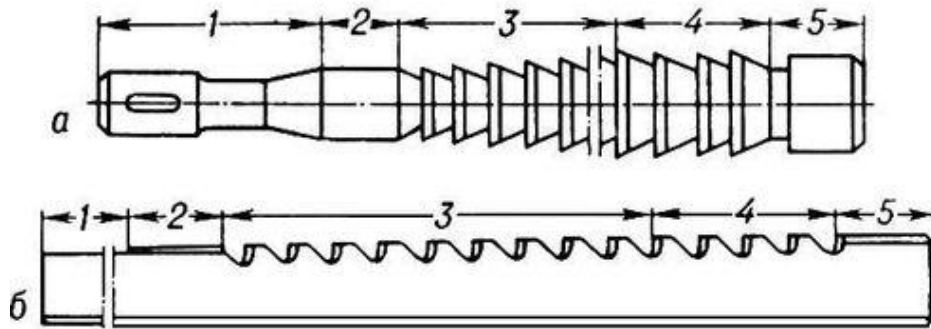


Рис. 2.49 Протяжки

а — для внутреннего протягивания; б — для наружного протягивания;
1 — хвостовик; 2 и 5 — передняя и задняя направляющие части; 3 — режущая часть; 4 — калибрующие зубья.

Протяжка представляет собой инструмент, который состоит из зубьев, последовательно выступающих друг над другом.

Так как в процессе протягивания участвуют одновременно несколько лезвий то производительность процесса обработки становится достаточно высокой. Точность обработки может достигать 6 качества. Механическая обработка протяжкой позволяет получать поверхности с шероховатостью до Ra 0,16. По своей конструкции и геометрической форме протяжка — инструмент сложный. Поперечное сечение данного инструмента соответствует поперечному сечению обрабатываемой детали. Наружная рабочая поверхность имеет режущие лезвия (зубья). Диаметр зубьев увеличивается от начала до конца протяжки. Такой вариант исполнения инструмента позволяет срезать необходимый слой материала только поступательным движением относительно детали. В конце протяжки находятся профилирующие лезвия, которые имеют режущие кромки на поверхности исходного стержня. Именно они обеспечивают формирование необходимых размеров детали.

В зависимости типа обрабатываемой поверхности существуют:

- а) круглые протяжки
- б) шлицевые протяжки
- в) шпоночные протяжки
- г) гранные протяжки
- в) протяжки для обработки винтовых канавок

Горизонтально-протяжные станки, являются самыми высокопроизводительными (кроме штампов), конструкции станков просты. Общий вид такого станка модели 7А545 представлен на рис. 2.49. Движение резания осуществляется перемещением штока гидроцилиндра.

Работает станок в полуавтоматическом режиме. В исходном положении рабочие салазки с патроном находятся в крайнем правом положении, как показано на, с раскрытым рабочим патроном. Протяжка б своим задним хвостовиком заведена во вспомогательный патрон 8, а передний

поддерживается вспомогательным люнетом 7. Заготовка или надевается на протяжку, или устанавливается в приспособлении, закрепленном на планшайбе 4.

После включения цикла протяжка вместе со вспомогательными люнетом и патроном и вспомогательными салазками с помощью вспомогательного гидроцилиндра, не показанного на рисунке, подводится влево, проходит через отверстие в планшайбе до вхождения хвостовика в рабочий патрон. В работу вступает рабочий гидроцилиндр, перемещая влево рабочие салазки. В начале их движения протяжка неподвижна, а перемещаются только рабочие салазки и патрон. При этом патрон сходит с упора и пружина поворачивает в патроне кулачки, которые захватывают хвостовик протяжки. В это время ролик вспомогательного люнета утапливается, вспомогательный патрон, дойдя до упора влево, открывается, освобождая инструмент, а рабочий люнет с помощью копира и реечной передачи подводится под протяжку и поддерживает ее после выхода из заготовки после окончания протягивания.

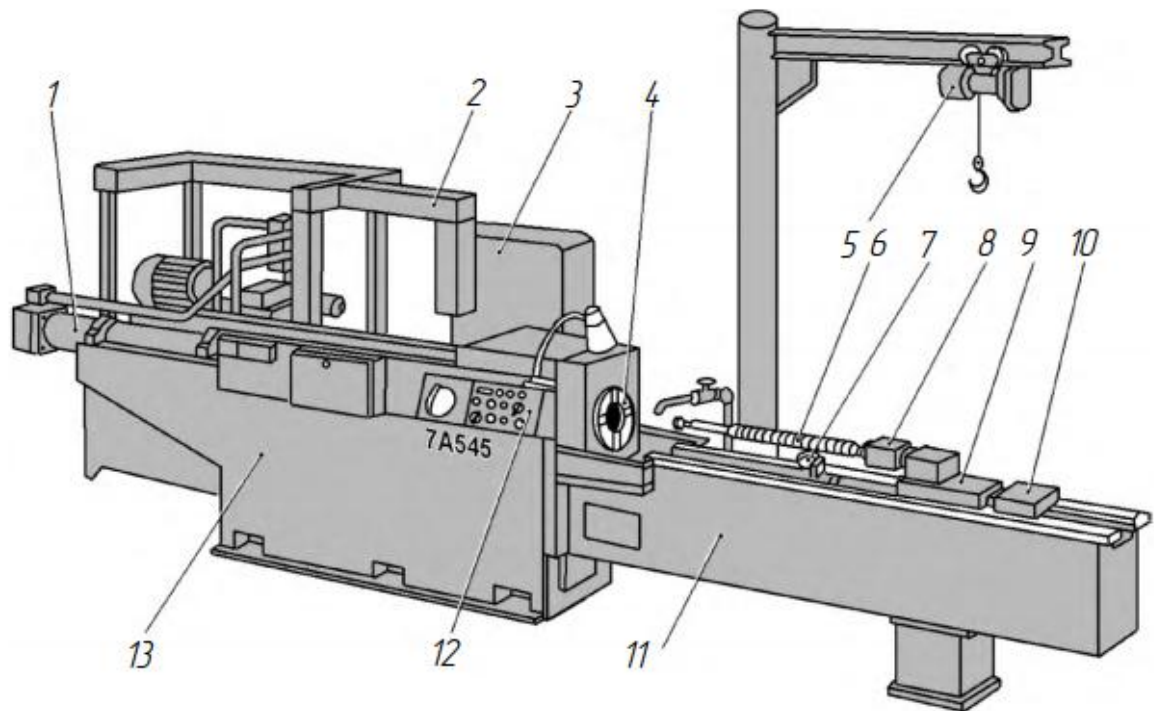


Рис. 2.49 Горизонтально-протяжной станок модели 7А545

- 1 — рабочий гидроцилиндр; 2 — коробка электропроводки; 3 — электрошкаф;
4 — планшайба; 5 — электротельфер; 6 — протяжка; 7 — вспомогательный люнет;
8 — вспомогательный патрон; 9 — вспомогательные салазки; 10 — механизм фиксации и расфиксирования; 11 — приставная станина; 12 — пульт управления; 13 — станина

Когда рабочий ход заканчивается, срабатывают конечные выключатели командоаппарата и движения совершаются в обратном порядке до исходного положения. В зависимости от выполняемых действий скорость перемещений меняется. Для резания рекомендуется скорость 1. . . 7 м/мин, а для обратного хода — до 25 м/мин.

Вертикально-протяжные станки аналогично горизонтально-протяжным станкам обрабатывают как внутренние, так и наружные поверхности.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Назовите методы получения заготовок в машиностроении.
2. Какие требования предъявляют к качеству материалов, применяемых для получения заготовок?
3. Назовите способы литья в одноразовые формы.
4. Назовите способы литья в многоразовые формы.
5. Какой квалитет точности у заготовок, полученных литьем в оболочковые формы?
6. Каким классом чистоты обладают заготовки, полученные литьем в кокиль?
7. Назовите способ литья, при котором получают заготовки лучшего качества.
8. Перечислите способы обработки металлов давлением.
9. Назовите виды прокатных станов.
10. Перечислите основные операцииковки.
11. Назовите разделительные и формоизменяющие операции листовой штамповки.
12. Чем отличается объемная штамповка в открытых штампах от штамповки в закрытых штампах?
13. Какие изделия получают волочением?
14. Дайте определение прессованию.
15. Опишите процесс диффузионной сварки
16. Процесс сварки взрывом, преимущества и недостатки
17. Опишите процесс магнитно-импульсной сварки биметаллов
18. Чем отличается ультразвуковая сварка биметаллов от диффузионной сварки
19. Сварка биметалла прокаткой
20. Какие материалы для изготовления режущего инструмента вы знаете?
21. Опишите процесс механической обработки на токарном станке
22. Опишите процесс сверления
23. Опишите процесс фрезерования
24. На сколько классов по точности делятся металлорежущие станки
25. Опишите процесс шлифования

Список используемой литературы

1. Технология конструкционных материалов: Учебник / Г.А. Прейс, Н.А. Сологуб, И.А. Рожнецкий и др. -2-е изд., перераб. и доп. -К.:Выща шк., 1991. -391 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов / Учебник для студентов высших учебных заведений. Г.П. Фетисов и др. ГУП "Издательство"Высшая школа", 2001 г. - 640 с.
3. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; Под ред А.М.Дальского. - 5-е изд., исправленное. - М.:Машиностроение, 2004. -512 с.
4. Металлургия легких металлов. Беляев А.И. Изд-во Металлургия", 1970; 6-е изд. 368.
5. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 256 с.: ил.
6. ГОСТ Р 53464-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2009 г. N 610-ст: дата введения 2010-07-01. – Текст: электронный.
7. Космачев, И.Г. Технология машиностроения/ И.Г. Космачев. – Ленинград : Лениздат, 1969. – 399 с.
8. Строительный информационный портал: официальный сайт. – URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/pressovanie.shtml> (дата обращения: 17.02.2021). – Текст: электронный.
9. Технологические процессы в машиностроении : учебник для среднего профессионального образования / А. А. Черепяхин, В. В. Клепиков, В. А. Кузнецов, В. Ф. Солдатов. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 218 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-05994-6.
10. ГОСТ 18970-84. Государственный стандарт. Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения: введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12.04.84 N 1270: дата введения 1985-07-01. – Текст: электронный.
11. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка в вакууме / Н. Ф. Казаков. – Машиностроение, 1968. – 332 с.
12. Антонов, В. П. Диффузионная сварка материалов: Справочник/ В. П. Антонов и др.; Под ред. Н. Ф. Казакова. -М.: Машиностроение, 1981. -271 с., ил.
13. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка материалов./ Н. Ф. Казаков. -Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: "Машиностроение", 1976. - 312 с.
14. Казаков, Н. Ф. Оборудование Диффузионной сварки. Сборник №7./ Н. Ф. Казаков, В. В. Жуков.; Под ред. Н. Ф. Казакова. Москва. 1973. -231 с.

15. Бачин, В. А. Теория, технология и оборудование диффузионной сварки.: Учебник для вузов по специальности “Оборудование и технология диффузионного соединения металлических и неметаллических материалов”/ Бачин В. А. и др.; Под общ. ред. В. А. Бачина. - М., Машиностроение, 1991. - 352 с.: ил.
16. Каракозов, Э. С. Соединение металлов в твердой фазе./ Э. С. Каракозов. -М., “Металлургия”, 1976. -264 с.
17. Петушков, В. Г. Применение взрыва в сварочной технике/ В. Г. Петушков; под ред. Б. Е. Патона. -Киев Наукова Думка, 2005. -724 с.
18. Симонов, В. А. Области сварки взрывом. Основные параметры и критерии./ В. А. Симонов. -Новосибирск. 1995. - 60 с.
19. Дубнов, Л. В. Промышленные взрывчатые вещества./ Л. В. Дубнов, Н. С. Бахаревич, А. И. Романов. 3-е издание перераб. и доп. “Недра”, 1982. - 357 с. ил.
20. Гельман, А. С. Плакирование стали взрывом (структура и свойства биметалла) / А. С. Гельман и др. ; ред. А. С. Гельман. - Москва : Машиностроение, 1978. - 191 с. : ил.
21. Захаренко, И. Д. Сварка металлов взрывом/ И .Д. Захаренко. - Мн.:Наукова і тэхніка, 1990. -205 с.
22. Конон, Ю. А. Сварка взрывом/ Ю. А. Конон, Л. Б. Первухин, А. Д. Чудновский; Под ред. В. М. Кудинова. -М.,Машиностроение, 1987. -216 с.: ил.
23. Крупин, А. В.Деформация металлов взрывом./ В. А. Соловьев, Н. И. Шефтель, А.Г. Кобелев. М.: Metallurgy, 1975. - 416 с.
24. Кудинов, В. М. Сварка взрывом в металлургии/ В. М. Кудинов, А. Я. Коротеев. -М.: “Металлургия”, 1978. -168 с.
25. Банов, М. Д. Технология и оборудование контактной сварки:учебник для студ учреждений сред. проф. образования / М. Д. Банов. -3-е изд., стер. - М.: Издательский центр “Академия”, 2008. -224 с.
26. Глебов, Л. В. Расчет и конструирование машин контактной сварки/ Л. В. Глебов, Н. А. Пескарев, Д. С. Файгенбаум. -2-е изд., перераб. и доп. - Л.:Энергоиздат. Леннигр. отд-ние, 1981. -421 с., ил.
27. Гуляев, А.И.Технология и оборудование контактной сварки./ А.И. Гуляев. -М.: Машиностроение, 1985 - 254 с., ил.
28. Кабанов, Н. С. Сварка на контактных машинах. Учебник для профес.-техн. учебн. заведений./ Н. С. Кабанов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., “Высш. школа”, 1973. -255 с. с илл.
29. Кочергин, К. К. Контактная сварка./ К. К. Кочергин. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1987. -240 с.: ил.
30. Орлов, Б. Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов/Б. Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю. В. Дмитриев, А. Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Б. Д. Орлова. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1986. -352 с., ил.

31. Романов, Д. И. Электроконтактный нагрев металлов./ Д. И. Романов. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1981. -168 с., ил.
32. Саликов, В. А. Оборудование для контактной сварки: справочное пособие / В. А.Саликов ; СПб.: Энергоатомиздат, 2000. - 848 с.
33. Технология и оборудование контактной сварки. Учебное пособие для машиностроительных и политехнических вузов по специальности "Оборудование и технология сварочного производства"/ Б.Д.Орлов Б.Д. [и др.]; под ред. Б.Д.Орлова, М., "Машиностроение", 1975. - 536 с., с ил.
34. Чулошников, П. Л. Контактная сварка. В помощь рабочему-сварщику./ П. Л. Чулошников. М., "Машиностроение", 1977. -144 с. с ил.
35. Дудин, А. А. Магнитно-импульсная сварка металлов./А. А. Дудин. М., "Металлургия", 1979. -128 с.
36. Стрижаков, Н. А. Автоматизированная установка для магнитно-импульсной сварки : справочное пособие / Н. А. Стрижаков, И.С. Хахин, Бацемакин М.Ю. – 2-е изд. – М. .: Стройиздат, 2007. – 416с.
37. Кратыш, Г. С. Ультразвуковая сварка - "Технология и аппаратура для промышленного применения ультразвука"/ Г. С. Кратыш. ЛДНТП, 1970, 24 с.
38. Библиотечка электротехнолога. Выпуск 4. Ультразвуковая обработка материалов./ В. Ю. Вероман, А. Б. Аренков. -Л., "Машиностроение", 1971. -168 с. илл.
39. Мицкевич, А. М. Ультразвуковая сварка металлов - "Физические основы ультразвуковой технологии"/ А. М. Мицкевич. М., "Наука", 1970, - 71 с.
40. Холопов, Ю. В. ультразвуковая сварка пластмасс и металлов/ Ю. В. Холопов . -Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. -224 с, ил.
41. Хорбенко, И. Г. Ультразвук в машиностроении./ И. Г. Хорбенко. -Изд. 2-е, перераб. и доп. М., "Машиностроение", 1974, -280 с.
42. Голованенко, С. А. Производство биметаллов./ С. А. Голованенко, Л. В. Меандров. -М., "Металлургия", 1986. -303 с. ил.
43. Голованенко, С. А. Сварка прокаткой биметаллов./С. А. Голованенко – М., "Металлургия", 1977. –160с.
44. Вишницкий А. Л., Ясногородский И. З., Григорчук И. П., Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов, Л., 1971; Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки материалов, М., 1971; Черепанов Ю. П., Самецкий Б. И., Электрохимическая обработка в машиностроении, М., 1972; Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов, Л., 1972.
45. Общий курс слесарного дела: Учебное пособие / Карпицкий В.Р., - 2-е изд. - Москва :НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. - 400 с.:

Задания для тестового контроля

1. Основным материалом для производства чугуна, стали и цветных металлов является:

- а) руда
- б) флюс
- в) топливо
- г) все варианты

2. Какой способ используется для производства чугуна?

- а) гидрометаллургический
- б) пирометаллургический
- в) электрометаллургический
- г) химико-металлургический

3. Чугун выплавляют в:

- а) доменных печах
- б) мартеновских печах
- в) кислородных конвертерах
- г) в электропечах

4. Суть обогащения руды заключается в:

- а) уменьшения твердости руды
- б) увеличении содержания основного элемента в руде
- в) ускорении процесса плавления

5. Состав шихты при выплавке стали мартеновским основным скрап-процессом

- а) 60–75 % расплавленный чугун, 40–25 % скрап, до 15 % железная руда
- б) 55–75 % скрап, 45–25 % чугун в чушках, 5–6 % флюс
- в) более 70 % расплавленный чугун, 25–30 % скрап

6. Источником тепла в мартеновской печи служит

- а) природный газ или мазут
- б) кокс
- в) электрообогрев

7. Способ, при котором затруднена выплавка высоколегированных сталей

- а) в электропечах
- б) мартеновский
- в) кислородно-конвертерный

г) все варианты верны

8. Вредными примесями в стали являются

- а) марганец и кремний
- б) сера и фосфор
- в) все варианты верны

9. Способ разливки стали, после которого слитки не надо прокатывать на крупных обжимных станах

- а) верхний
- б) сифонный
- в) непрерывный

10. Содержание углерода в чугунах

- а) 0,02-2,14%
- б) 2,14-6,67%
- в) до 0,8%

11. Содержание углерода в стали

- А) до 0,8 %
- Б) 0,02-2,14%
- В) 2,14-6,67%

12. Основной параметр, по которому оценивается качество стали

- а) содержание углерода
- б) механические свойства стали
- в) содержание S и P

13. Высококачественные стали выплавляют в:

- а) мартеновских печах
- б) элеткропечах
- в) кислородных конвертерах

14. Какой способ используется для производства для производства меди?

- а) гидрометаллургический
- б) пирометаллургический
- в) электрометаллургический
- г) химико-металлургический

15. Высокая чистота меди получается при:

- а) огневом рафинировании
- б) электролитическом рафинировании
- в) в кислородных конвертерах

16. В качестве алюминиевой руды служит:

- а) бокситы
- б) нефелины
- в) апатиты
- г) алуниты
- д) все варианты верны

17. Производство алюминия состоит из:

- а) одной стадии
- б) двух стадий
- в) трех стадий

18. Рафинирование алюминия заключается в продувке

- а) кислородом
- б) углекислым газом
- в) хлором

19. Какой способ получил наибольшее распространение для производства магния?

- а) гидрометаллургический
- б) пирометаллургический
- в) электрометаллургический
- г) химико-металлургический

20. В качестве руды для производства магния служит

- а) карналит
- б) магнезит
- в) доломит

21. Рафинирование магния осуществляется при температуре

- а) 500 °С
- б) 700 °С
- в) 900 °С

22. Для производства титана используют руды с содержанием:

- а) карналита
- б) магнезита
- в) ильменита

23. обогащении руды получают концентрат с содержанием:

- а) 20...25% TiO_2 , 25% FeO , 20% Fe_2O_3 и 27% пустой породы.
- б) 20...25% TiO_2 , 40% FeO , 20% Fe_2O_3 и 7% пустой породы.
- в) 10...15% TiO_2 , 30% FeO , 50% Fe_2O_3 и 7% пустой породы.
- г) 40...45% TiO_2 , 30% FeO , 20% Fe_2O_3 и 7% пустой породы.

24. Побочным продуктом при производстве титана является образование:

- а) чугуна
- б) стали
- в) меди

25. Хлорирование титана осуществляется для:

- а) для обогащения руды
- б) получения титановой губки
- в) получения четыреххлористого титана

26. К литью в одноразовые формы относят (несколько правильных ответов)

- а) Литье в песчано-глинистые формы;
- б) Литье в кокиль;
- в) Литье в оболочковые формы;

27. К литью в многоразовые формы относят ... (несколько правильных ответов)

- а) Литье в кокиль;
- б) Центробежное литье;
- в) Литье под давлением.

28. При литье в песчано-глинистые формы, точность получаемых заготовок соответствует ...

- а) 12...13 квалитетам точности;
- б) 10...11 квалитетам точности;
- в) 8...9 квалитетам точности;
- г) 6...7 квалитетам точности.

29. При литье по выплавляемым моделям, точность получаемых заготовок соответствует ...

- а) 3...5 квалитетам точности;
- б) 6...8 квалитетам точности;
- в) 9...11 квалитетам точности;
- г) 12...14 квалитетам точности.

30. Вес заготовок из цветных сплавов при литье в кокиль составляет ...

- а) От 5 г до 500 кг;
- б) От 0,5 кг до 4 т;
- в) От 10 г до 10 т;
- г) Нет правильного ответа.

31. Какое количество отливок можно получить при центробежном литье используя металлические формы из легированных сталей?

- а) до 1000;
- б) до 2000;
- в) до 3000;
- г) до 4000.

32. Какое количество отливок можно получить при литье под давлением для алюминиевых и магниевых сплавов?

- а) до 10000;
- б) до 20000;
- в) до 30000;
- г) до 40000.

33. Процесс обжатия заготовки между вращающимися валками с целью придания ей требуемых формы и размеров называют ...

- а) Прокаткой;
- б) Волочением;
- в) Прессованием;

34. Технологический процесс обработки давлением, заключающийся в выдавливании металла пуансоном из закрытого контейнера через отверстие в матрице называют ...

- а) Прокаткой;
- б) Волочением;
- в) Прессованием;

35. Протягивание прутка через отверстие, выходные размеры которого меньше, чем исходное сечение прутка называют ...

- а) Прокаткой;
- б) Волочением;
- в) Прессованием;

36. Способ обработки металла давлением, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на нагретую заготовку, в результате чего она, деформируясь, приобретает заданную форму и размеры называют ...

- а) Волочением;
- б) Прессованием;
- в) Ковкой.

37. Что из перечисленного не относится к основным операциям свободнойковки?

- а) Осадка;

- б) Протяжка;
- в) Прошивка;
- г) Все относится.

38. Что из перечисленного относится к разделительным операциям листовой штамповки?

- а) Гибка;
- б) Вырубка;
- в) Вытяжка;
- г) Формовка.

39. Что из перечисленного относится к формоизменяющим операциям листовой штамповки?

- а) Отрезка;
- б) Пробивка;
- в) Вырубка;
- г) Чеканка.

40. При производстве биметаллических изделий в зависимости от скорости деформации сварку на:

- а) 3 группы
- б) 4 группы
- в) 5 групп

41. При диффузионной сварке основными технологическими параметрами, определяющими качество сварки являются:

- а) глубина, напряжение и давление
- б) время, напряжение и давление
- в) время, температура и давление

42. Диффузионная сварка относится к группе

- а) с низкоинтенсивной скоростью деформации
- б) со среднеинтенсивной скоростью деформации
- в) с высокоинтенсивной скоростью деформации

43. На прочность соединения влияет:

- а) чистота поверхности
- б) шероховатость поверхности
- в) все варианты верны

44. При диффузионной сварке для ускорения процесса сварки и для предотвращения образования интерметаллидов применяют:

- а) прослой
- б) СОЖ

в) инертные газы

45. Установки диффузионной сварки по способам нагрева делятся на:

- а) индукционный,
- б) электроконтактный
- в) все варианты верны

46. При сварке взрывом в качестве взрывчатых веществ используют:

- а) гранулированные аммониты
- б) аммиачная селитра
- в) все варианты верны

47. Сварка взрывом (СВ) относится к группе:

- а) с низкоинтенсивной скоростью деформации
- б) со среднеинтенсивной скоростью деформации
- в) с высокоинтенсивной скоростью деформации

48. Основное преимущество СВ заключается в:

- а) том, что возможно сваривать легкоплавкие материалы
- б) том, что возможно сваривать трудносвариваемые материалы
- в) высокой производительности

49. При контактной сварке заготовки свариваются:

- а) по все площади контакта
- б) лишь в отдельных участках
- в) по торцам заготовок

50. Основными режимами точечной контактной сварки являются

- а) глубина, напряжение и давление
- б) время, температура и давление
- в) плотность тока, время и давление

51. Магнитно-импульсная сварка относится к группе:

- а) с низкоинтенсивной скоростью деформации
- б) со среднеинтенсивной скоростью деформации
- в) с высокоинтенсивной скоростью деформации

52. Основные технологические параметры магнитно-импульсной сварки:

- а) глубина, напряжение и давление
- б) скорость соударения, скорость движения фронта и угол соударения
- в) скорость соударения, скорость движения фронта и давление

53. При ультразвуковой сварке, возможно, сваривать заготовки толщиной:

- а) до 6 мм
- б) до 12 мм
- в) до 18 мм

54. Основные технологические параметры при ультразвуковой сварке:

- а) мощность тока, акустическая мощность, давление и время
- б) температура, скорость, давление
- в) глубина, мощность тока, давление

55. Сварка биметалла прокаткой относится к группе:

- а) с низкоинтенсивной скоростью деформации
- б) со среднеинтенсивной скоростью деформации
- в) с высокоинтенсивной скоростью деформации

56. По классу точности металлорежущие станки делятся на:

- а) на 3 класса
- б) на 4 класса
- в) на 5 классов

57. По массе металлорежущие станки делятся на

- а) на 3 класса
- б) на 4 класса
- в) на 5 классов

58. Для механической обработки цилиндрических заготовок широко применяется

- а) токарные станки
- б) сверлильные станки
- в) протяжные станки

59. Развертывание производится на

- а) сверлильных станках
- б) шлифовальных станках
- в) протяжных станках

60. Какой инструмент для обработки плоских поверхностей?

- а) сверло
- б) токарный резец
- в) цилиндрическая фреза