**Введение.**

Материаловедение — наука, изучающая связь между составом, строением и свойствами металлических сплавов и неметаллических материалов, а также рассматривающая закономерности их изменения под влиянием механических, физико-химических и других видов воздействий.

Свойства материалов определяются не только химическим составом, но и их структурой. Изменять структуру можно различными путями: легированием, гранулированием, деформированием, термической, химико- термической и термомеханической обработками и др. На структуру и свойства материалов помимо этого оказы­вают влияние высокое давление, вакуум, ультразвук, скорость охлаждения, ядерное облучение, обработка лазером и т.д.

Материаловедение базируется на научных основах физики, химии и новейших достижениях в области технологии получения полуфабрикатов и изделий.

Основы современного материаловедения были заложены выдающимися русскими учеными в области металлургии П.П Ломоносовым (1799—1855), впервые установившим связь между строением стали и ее свойствами, и Д.К.Черновым (1839—1921), который в 1868 г. открыл структурные превращения в сталях при их нагреве и охлаждении. Д.К. Чернов по праву считается основоположником металлографии — науки о строении металлов и сплавов. Его научные открытия легли в основу процессов ковки, прокатки и термической обработки стали. Дальнейшее развитие металловедение получило в работах видных отечественных ученых: Н.И. Беляева, Н.С. Курнакова, А.А. Байкова, С.С. Штейнберга, А.А. Бочвара, Г.В. Курдюма ва и др.

Наука о металлах развивается динамично, используя электронные микроскопы, микрорентгеноспектральный анализ и другую современную аппаратуру. Все это позволяет более глубоко и полно изучить строение металлов и сплавов, находить новые пути повышения их механических и физико-технических свойств. Создаются сверхтвердые сплавы, многослойные композиции с широким спектром свойств, металлические, алмазные и керамико-металлические материалы. В то же время в строительстве и прокладке газопроводов все большее применение получают полимерные материалы, обладающие совокупностью необходимых свойств и высокой долговечностью.

Знание основ материаловедения необходимо каждому специалисту, работающему в области создания, эксплуатации оборудования и систем газоснабжения. Только изучив свойства материалов, можно обоснованно выбрать их для использования, правильно разработать технологический процесс обработки.

Долгое время в технической практике люди использовали готовые природные материалы, совершенствовали их, создавали новые технологии производства и обработки. Вся история существования человечества связана с освоением материалов: каменный век сменился медно-каменным, а затем бронзовым и железным веками.

Изготовив первые орудия труда из камня и кости, человек стал обрабатывать древесину, шкуры, освоил обжиг глины. Следующим этапом освоения материалов стало плавление и литье меди,-затем открытие оловянной бронзы и освоение железа. Совершенствовалась технология переплавки металлических руд, прокаливанием и ковкой полуфабрикатов стали получать кузнечное железо.

Новую эпоху в развитии материалов открыло использование энергии падающей воды для привода машин. Появилась возможность нагревать металл до температур, превышающих температуру плавления железа, пере­рабатывать расплав в ковкое железо, очищать металлы от примесей. Эти достижения в области производства ма­териалов определяли уровень технического развития на протяжении многих веков.

Возрастание спроса на машины привело к возникновению машиностроения как отрасли промышленности. В то время мануфактурным производством была освоена лишь немногочисленная группа материалов, что ог­раничивало возможности развития машин.

Превращение ручных мануфактур в фабричную систему использования машин привело к изменению уровня техники и технологии материалов. Расплавленный чугун был впервые превращен в сталь.

Рост промышленности требовал больших объемов материалов. В связи с этим возникла необходимость научных обобщений и рекомендаций. Начиная с XIX века материаловедение стало прикладной наукой.

Научные исследования и открытия в области химии и металловедения способствовали развитию металлур­гического производства, созданию новых сплавов и методов их обработки. После открытия бензола началось развитие новой отрасли промышленности, вырабатывавшей красители, медикаменты и множество синтетических машиностроительных материалов. На основе теории химического строения вещества разработаны и получены полимеры. Новый материал бакелит стал первым продуктом промышленности пластических масс.

В XX веке разрабатываются и бурно развиваются новые технологические процессы: кислородно-конвертер­ный, электрометаллургия стали и ферросплавов; электросварка; термомеханическая обработка металлов и многие другие.

Благодаря фундаментальным исследованиям в области металловедения быстро растет число сплавов, обла­дающих специфическими свойствами: противокоррозионными, жаростойкими и жаропрочными, особыми магнитными, «памятью» механической формы и т.д.; создаются новые типы материалов: сверхпроводники, полупроводники и др.

Развиваются исследования в области синтеза и переработки полимеров, направленные на улучшение их механических свойств, повышение стойкости к воздействию сред и высоких температур. Одним из направлений материаловедения стало получение композиционных материалов путем сочетания разнородных компонентов. Развитие технологий обработки и модификации материалов позволило применить традиционные материалы в жестких условиях эксплуатации современной техники.

**Раздел 1. Металлургия черных и цветных металлов. Тема 1.1. производство чугуна и стали.**

**Тема 1.1 Производство чугуна.**

ВЫПЛАВКА ЧУГУНА

Получение чугуна из железных руд осуществ­ляется в доменных печах. Доменные печи являются круп­нейшими современными шахтными печами. Большинство действующих печей имеют полезный объем 1300—\* 2300 м3 — объем, занятый загруженными в них мате­риалами и продуктами плавки, и высоту примерно 30 м и предназначены для выплавки в сутки до 2000 т чугуна. В мире работает пока немного печей объемом более 2600 м3. В 1974 г. в нашей стране вступила в строй первая домен­ная печь объемом 5000 м3. Эта печь существенно отли­чается от печей, построенных ранее. На основе опыта ее работы в Череповце в 1986 г. вошла в строй действу­ющих еще более мощная доменная печь объемом 5600 м3. В нее внесены серьезные конструктивные изменения, об­легчающие труд доменщиков и повышающие производи­тельность печи.

Сущность доменной плавки сводится к раздельной загрузке в верхнюю часть печи, называемой колошником, агломерата, кокса и флюсов, располагающихся в шахте печи слоями. При нагреве шихты за счет горения кокса, обеспечиваемого вдуваемым в горн горячим воздухом, в печи идут сложные физико-химические процессы, и шихта постепенно опускается навстречу поднимающимся горячим газам. В результате взаимодействия компонентов шихты и газов в нижней части печи, называемой горном, образуются два несмешивающихся жидких слоя — чугун и шлак.

На рис. 3.5 показана схема современной доменной печи объемом 2700 м3. Два наклонных подъемника с опро­кидывающимися скипами вместимостью до 17 м3 достав­ляют агломерат, кокс и другие добавки на высоту 50 м к засыпному устройству доменной печи, состоящему из двух поочередно опускающихся конусов.

В верхней части горна расположены фурменные от­верстия (16—20 шт), через которые в печь под давлением 300 кПа подается обогащенный кислородом воздух при температуре 900—1200 °С.

Жидкий чугун выпускают каждые 3—2 ч (а в крупных печах ежечасно) поочередно через две или три летки, которые для этого вскрывают с помощью электробура. Выливающийся из печи чугун выносит с собой и шлак, находящийся над ним в печи. Чугун направляется по желобам литейного двора в чугуновозные ковши, распо­ложенные на железнодорожных платформах. Шлак, вы­ливающийся с чугуном, предварительно отделяют от чугуна в желобах с помощью перекрывающих затворов и направляют в шлаковозы. Кроме того, часть шлака иногда выпускают из доменной печи до выпуска чугуна через шлаковую летку. После выпуска чугуна летку забивают пробкой из огнеупорной глины с помощью электромагнит­ной пушки.Печь монтируют в прочном сварном стальном кожухе, интенсивно охлаждаемом водой. Внутри печь выклады­вают высококачественным шамотным кирпичом, а отдель­ные части печи изготовляют из прессованных углероди­стых блоков. Толщина боковых стенок печи в отдельных местах превышает 1,5 м, а лещади — 4 м. Печь полезным объемом 2700 м3 имеет высоту 80 м и массу с механизмом 200 000 т. Печь работает непрерывно в течение 4—8 лет.

Физико-химические процессы, протекающие в домен­ной печи, очень сложны и многообразны. Советские уче­ные, академики А. А. Байков, М. А. Павлов и другие обстоятельно занимались их изучением и создали капи­тальные труды по этим вопросам.

Условно процесс, протекающий в доменной печи, можно разделить на следующие этапы: горение углерода топ­лива; разложение компонентов шихты; восстановление оксидов; науглероживание железа; шлакообразование. Эти этапы процесса проходят в печи одновременно, пере­плетаясь друг с другом, но с разной интенсивностью, на разных уровнях печи.

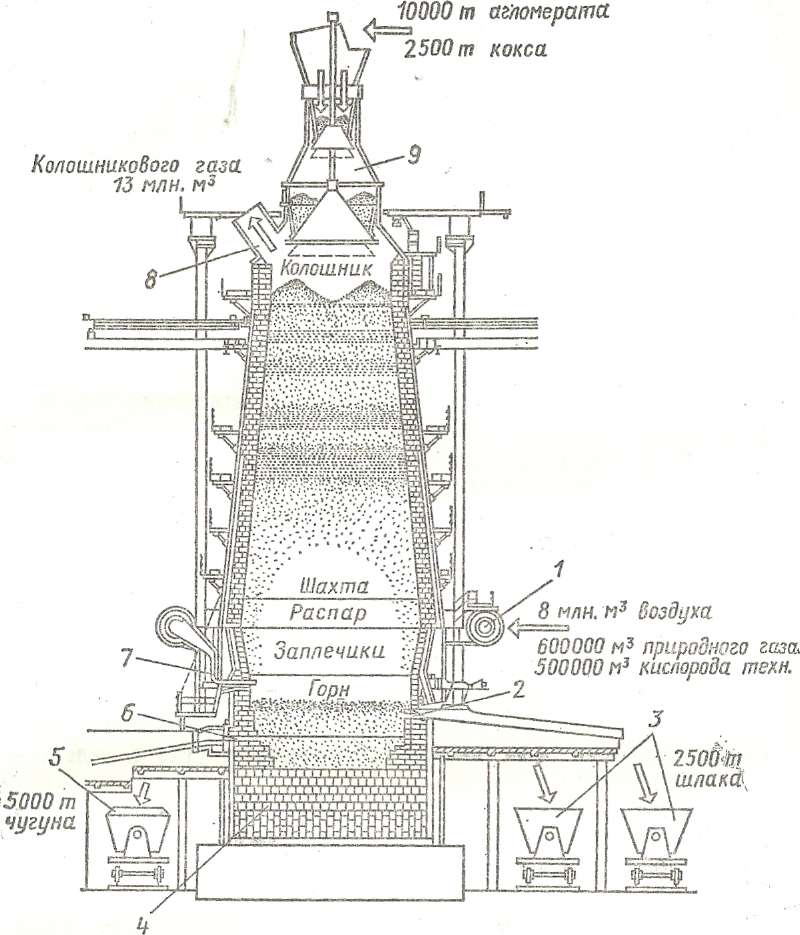


Рис. 3.5. Схема доменной печи объемом 2700 м8 и ее примерный с)'точ- ныи баланс:

1 — воздухопровод дутья; 2 — шлаковая летка; 3 — шлаковоз; 4 — лещадь; S шё чугуновоз; 6 — летка для чугуна; 7 — фурменный прибор; 8 — газоходы; 9 — засыпное устройство

Горение углерода топлива происходит глав­ным образом возле фурм, где основная масса кокса, нагреваясь, встречается с нагретым до температуры 900—• 1200 °С кислородом воздуха, поступающим через фурмы. Образовавшаяся при этом углекислота вместе с азотом воздуха, поднимаясь, встречается с раскаленным коксом и взаимодействует с ним по реакции С02 -f С 2СО.

Эта реакция обратима, причем ее равновесие сдви­гается вправо при повышении температуры и влево — при понижении.

Иногда в фурмы вводят еще природный газ или пар, который, реагируя с раскаленным коксом, окисляет его при высоких температурах:

н20пар + стп = со + н2.

Разложение компонентов шихты про­текает различно — в зависимости от ее состава. При работе на шихте, содержащей флюсы и часть сырой руды, важнейшими процессами в верхней части печи являются разрушение гидратов оксида железа, оксида алюминия и разложение известняка флюса по реакции:

СаС03 = СаО + С02.

Если в печь подается уже отфлюсованный агломерат, эти процессы протекают при агломерации и в доменной печи почти не идут.

Б0

Восстановление оксидов может проис­ходить окисью углерода, углеродом и водородом. Главная цель доменного процесса — восстановление железа из его оксидов. Согласно теории акад. А. А. Байкова вос­становление оксидов железа идет ступенчато по следу­ющей схеме:

Fe203 -> Fe304 -> FeO Fe.

Главную роль в восстановлении оксидов играет угар­ный газ:

3Fe203 + СО = 2Fe304 + С02 + Q.

Эта реакция практически необратима, протекает легко при очень низкой концентрации СО в газовой фазе. Для развития процесса восстановления необходимы темпера­тура не ниже 570 °С и значительный избыток СО в газах:

Fe3G4 + СО =га= 3FeO + С02 + Q.

Затем происходит образование твердой железной губк i по реакции:

3FeOTB + СО FeTB + С02 + Q.

Развитие реакции вправо требует еще более высокой температуры и высокой концентрации СО в газовой фазе. Но, как показывают исследования, в печи для этого есть необходимые условия, так как выше температуры 950 °С в газовой фазе присутствует только СО (С02 не образуется).

Наряду с СО в процессе восстановления железа из оксидов значительную роль играет и твердый углерод. Это взаимодействие происходит за счет непосредственных контактов оксидов руды с восстановителем во время пере­мещения руды в печи, а также в горячей зоне печи за счет соприкосновения кусков кокса с жидкими шлаками, содержащими закись железа. Начало и скорость этих реакций в доменной печи зависят от физического состояния руды, состава газов, их давления и ряда других факторов.

Аналогично протекает и восстановление оксидов же­леза водородом. Водород заметно ускоряет восстановление оксидов, хотя роль его в доменном процессе не является первостепенной.

Восстановление оксидов марганца происходит также ступенчато, главным образом за счет СО:

Мп02 Mn2Os Mn304 -> МпО;

восстановление закиси марганца происходит почти ис­ключительно за счет твердого углерода, видимо, при его соприкосновении с расплавленным шлаком по схеме

MnO + Ств = Mn + СО — Q,

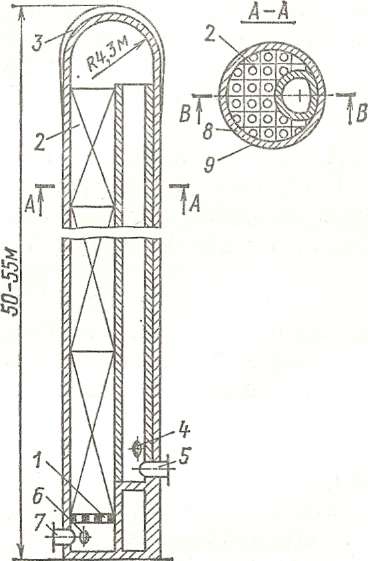


Рис. 3.6. Высокотемпературный воз­духонагреватель:

1 — поднасадочная решетка из жаро­прочного чугуна; 2 — насадка; 3 — под- купольное устройство; 4 — патрубок горячего дутья; 5 — штуцер горелки; 6 — газовые клапаны; 7 — патрубок колодного дутья; 8 — огнеупорный вы­сокоглиноземистый кирпич; 9 — сталь­ной кожух

так как количество марганца в шлаке доменной печи бы­вает значительно больше, чем в металле. Эта реакция тре­бует и в 2 раза больше теплоты, чем восстановление же­леза, а поэтому повышенного расхода топлива.

Восстановление кремния в доменной печи происходит преимущественно твердым углеродом с образованием си­лицида железа условно по следующей схеме:

Si02 + 2С + Fe = FeSi + 2СО + Q,

но требует еще более высокой температуры и тугоплавких шлаков. Образовавшиеся силициды железа растворяются в чугуне.

Фосфор вносится в доменную печь с рудой в виде ми­нералов ЗСаО • Р205 и 3FeO • Р205 • 8Н20.

При высокой температуре эти соединения восстанав­ливаются, фосфор взаимодействует с железом, а образую­щийся фосфид переходит в чугун:

Р + 3Fe = Fe3P.

Сера находится в руде и коксе в виде пирита и других устойчивых сульфидов. Часть серы окисляется и удаля­ется с газами в виде S02, а часть — растворяется в чугуне и шлаке.

Науглероживание железа происходит за счет взаимо­действия твердого губчатого железа с печными газами, содержащими значительное количество СО:

3Fe + 2СО = Fe3C + С02.

Образование сплава железа с углеродом, имеющего температуру плавления ниже, чем чистое железо, при­водит к формированию капель жидкого чугуна, которые, стекая в нижнюю часть печи через слой раскаленного кокса, еще более насыщаются углеродом.

Шлакообразование активно развивается при прохождении шихты в области распара после окон­чания процессов восстановления оксидов железа в домен­ной печи. Шлак состоит из оксидов пустой породы и золы кокса, а также флюса, специально добавленного в печь, чтобы обеспечить достаточную жидкотекучесть шлака при температуре 1400—1450 °С. При слишком легкоплав­ком шлаке не успевает восстановиться значительная часть оксидов железа, которая выносится с этим шлаком из зоны восстановления. При слишком тугоплавком шлаке на стенках печи образуются большие настыли, и доменный процесс осложняется. Основные составляющие доменного шлака — кремнезем (30—45 %), оксид кальция (40— 50 %), глинозем (10—25 %). Состав шлака зависит от пустой породы руды, а также от того, получают ли в до­менной печи передельный чугун, литейный чугун или ферросплавы (см. ниже).

Шлаки, получаемые в доменной печи, в последние годы широко используют в промышленности. На боль­шинстве заводов их гранулируют, выливая расплавленный шлак прямо из шлаковозных ковшей в большие бассейны. Полученные таким образом шлаковые гранулы перераба­тывают на цемент и другие строительные материалы (шла­ковую вату для теплоизоляции, шлаковые блоки и др.).

В верхней части печи из шихты отделяются газообраз­ные продукты реакций и азот воздуха. Газы, выделяющи­еся из доменной печи, называют обычно колошниковыми. С ними вместе из печей выносится огромное количество пыли (50 кг на 1 т чугуна). Газ состоит из 26—32 % FeO, 9—12 % Fe02 и 54—58 % N2. Теплота сгорания такого газа 4000 Дж на 1 м3, поэтому его широко используют после очистки от пыли как топливо для подогрева воз­духа, идущего в доменные печи, а также в других печах металлургического завода.

Важнейший продукт доменной плавки — чугун — сплав железа с углеродом, кремнием и марганцем, обычно содержащий примеси серы и фосфора. Количество этих компонентов в чугуне лимитируется ГОСТами.

В доменных печах главным образом выплавляют пере­дельный чугун, предназначенный для переработки в сталь. Эти чугуны обычно содержат 3,5—4,5 % С, 0,5—1,2 % Si, 0,2—1,2 % Мп, до 0,2 % Р и сотые доли процента серы.

В значительных количествах в доменных печах вы­плавляют и литейные коксовые чугуны, маркируемые ЛК, отличающиеся повышенным содержанием фосфора (0,1—1,2 %) и обязательно значительным количеством кремния (0,8—3,75 %).

В отдельных доменных печах иногда выплавляют фер­росплавы. К доменным ферросплавам относят ферроси­лиций с 9 до 18 % Si, ферромарганец с 70—75 % Мп и зеркальный чугун с 10—« 25 % Мп и около 2 % Si.

Одним из главных по­казателей работы домен­ных печей принято счи­тать коэффициент исполь­зования полезного объема доменной печи (КИНО), равный отношению полез­ного объема W (м3) к суточному выпуску чу­гуна QT; К = W/Q и до­стигающий 0,35. Так как производительность печи Q стоит в формуле в зна­менателе, то чем меньше коэффициент использова­ния полезного объема до­менной печи, тем лучше она работает.

Для производства чу­гуна кроме доменных пе­чей необходимо и другое технологическое оборудо­вание. Наибольшее значе­ние имеют воздухонагре­ватели. Для успешной ра­боты современной домен­ной печи объемом 2700 м3 в нее требуется вдувать с помощью мощных воздуходувок ~8 млн. м3 воздуха и 500 000 м3 кислорода в сутки. Наг­рев этой массы кислородно-воздушной смеси до темпера­туры 900—1200 °С осуществляется попеременно в четы­рех цилиндрических башенных воздухонагревателях (рис. 3.6) высотой 40—50 м и диаметром 8—10 м. Внутри воздухонагреватель разделен на две части: полую камеру горения и насадочное пространство, за­полненное решетчатой огнеупорной кладкой разной формы со сквозными вертикальными каналами. Очищенный до­менный газ смешивают в горелке с воздухом и пламя на­правляют в вертикальную камеру горения. Горячие про­дукты горения, изменив направление под куполом, опу­скаются сквозь насадку, отдавая ей теплоту. Охлажденные газы выпускаются через нижнюю часть воздухонагрева­теля в дымовую трубу. После нагрева купола до темпера­туры 1200—1400 °С подачу колошникового газа в этот нагреватель прекращают и в воздухонагреватель снизу вверх пропускают воздушно-кислородную смесь, которая нагревается, проходя через горячую насадку. После ох­лаждения насадки первого воздухонагревателя нагрев дутья переносят в соседний, а первый снова переключают «на газ» (на нагрев).

Выпускаемый из доменной печи шлак по желобам по­ступает в литые стальные шлаковые ковши, а чугун — в чугуновозные ковши вместимостью 80—100 т, футеро­ванные шамотным кирпичом; их устанавливают на желез­нодорожных платформах. Передельный чугун перевозят в этих ковшах в сталеплавильный цех и заливают в мик­сер — цилиндрическое хранилище жидкого чугуна, вме­щающее иногда до 2000 т. Миксер выложен шамотным кирпичом; он может наклоняться, а в случае необходи­мости и обогреваться газовыми форсунками.

Литейный чугун отвозят к разливочной машине, где его разливают в изложницы, закрепленные на непрерывно движущемся наклонном конвейере. Чтобы ускорить ох­лаждение чугуна, изложницы после затвердевания в них чугуна орошают холодной водой, и затем при повороте конвейера пятидесятикилограммовые чушки выпадают из изложниц на железнодорожные платформы.

**Тема 1.2. Производство стали.**

**Виды сталей**

Сталь является основным материалом, широко используемым в машино- и приборостроении, строительстве и для изготовления инструментов.

Сталь классифицируют по способу производства, химическому составу, структуре и назначению.

По способу производства различают мартеновскую, бессемеров­скую, томасовскую, кислородно-конвертерную, тигельную и элек­тросталь. По характеру футеровки плавильных агрегатов различа­ют сталь основную и кислую.

По химическому составу различают стали углеродистые и леги­рованные. Углеродистые стали по содержанию в них углерода под­разделяют на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25—0,6% С) и высокоуглеродистые (более 0,6% С).

Легированной называют сталь, в состав которой кроме углерода до­полнительно вводят элементы для придания стали тех или иных свойств.

По назначению стали делят на конструкционные, инструменталь­ные и с особыми физическими и химическими свойствами — спе- циальные. К последним относят нержавеющие, жаропрочные, жа­ростойкие, теплоустойчивые, электротехнические и др.

Конструкционные стали, в свою очередь, разделяют на строительные и машиностроительные. Строительные стали содержат до 0,3% С; машиностроительные цементируемые — от0,025 до 0,3% С, улуч­шаемые термообработкой—отО,ЗдоО,5% С, пружинные —от 0,5 до 0,8% С, инструментальные — от 0,7 до 1,3% С.

Основная задача передела чугуна в сталь состоит в удалении избытка углерода и примесей с помощью окислительных процессов, протекающих в сталеплавительных агрегатов.

**Классификация углеродистых сталей**

Углеродистые стали разделяют на стали обыкновенного качества и качественные.

- *Углеродистые стали обыкновенного качества*

В углеродистых сталях обыкновенного качества допускается изношенное содержание вредных примесей, а также газонасыщен­ность и загрязненность неметаллическими включениями, так как их наплавляют по нормам массовой технологии. Эти стали преиму­щественно используются в строительстве как наиболее дешевые, технологичные и обладающие прочностью, достаточной для изго­товления металлоконструкций различного назначения.

Стали маркируют сочетанием букв Ст и цифрой (от 0 до 6), по­топывающей номер марки. Степень раскисления обозначают добав- лением в спокойных сталях букв сп, в полуспокойных — пс, в ки­пящих — кп. Например, СтЗсп, СтЗпс, СтЗкп. Спокойными и по- пуспокойными производят стали СТ1—Стб, кипящими — Ст1—Ст4. ( таль СтО по степени раскисления не разделяют, в этой стали ука- и.мтюттолько содержание углерода (С < 0,23%), серы (S < 0,06%) и фосфора (Р<0,07%). В остальных марках регламентировано содер- жиние С, Mn, Si, S, Р, атакже As и Р (табл. 3.1).

Для всех сталей, кроме СтО, справедлива следующая форму- па: С(%) « 0,07 х номер марки. Так, в стали СтЗ содержание ( < 0,07 х 3 я 0,21 % (фактически 0,14-0,22%).

Концентрация марганца возрастает от 0,25—0,50% в стали Ст1 до (1,50—0,80% в стали Стб. Три марки стали производят с повышен­ным (0,80—1,1%) содержанием марганца, на что указывает буква Г и марке: СтЗГпс, СтЗГсп, Ст5Гпс.

Содержание кремния зависит от способа раскисления стали: v кипящих — не более 0,05%, у полуспокойных — не более 0,15%, у спокойных — не более 0,30%.

Степень раскисления определяет также различное содержание газообразных примесей, а следовательно, порог хладноломкости и возможную температуру эксплуатации. Более надежны спокойные стали, имеющие более низкий порог хладноломкости t50. Так, для сталей СтЗсп, СтЗпс и СтЗкп он составляет—10; —10 и 0 соответствен­но. Для этих сталей химический состав и степень раскисления при выплавке регламентирует ГОСТ 380-94.

Прокат из углеродистых сталей обыкновенного качества пред­назначен для изготовления различных металлоконструкций, а так­же слабонагруженных деталей машин и приборов. Этим сталям от­дают предпочтение в тех случаях, когда работоспособность деталей и конструкций определяется жесткостью. Для них геометрические размеры часто оказываются такими, что прочность конструкции заведомо обеспечивается. На выбор стали большое влияние оказы­вают также технологические свойства, прежде всего свариваемость и способность к холодной обработке давлением. Этим технологи­ческим требованиям в наибольшей степени отвечают низкоуглеро­дистые стали, из которых изготовляют сварные фермы, рамы и дру­гие строительные металлоконструкции.

Стали, поставляемые по техническим условиям, имеют также и специализированное назначение: котло-, мосто- и судостроение. Стали Ст4 и особенно СтЗ широко применяют в сельскохозяйствен­ном машиностроении (валики, оси, рычаги, детали, изготовляемые холодной штамповкой, а также цементируемые детали: шестерни, червяки, поршневые пальцы и т.п.).

Среднеуглеродистые стали, обладающие большей прочностью, чем низкоуглеродистые, предназначены для рельсов, железнодо­рожных колес, а также валов, шкивов, шестерен и других деталей грузоподъемных и сельскохозяйственных машин. Некоторые детали из этих сталей подвергают термическому упрочнению.

3.2.2. Углеродистые качественные стали

Эти стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкно­венного качества, содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Их поставляют в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и меха­ническими свойствами (табл. 3.2). Маркируют их двухзначными числами: 08,10,15,20,...,60, обозначающими среднее содержание \ I порода в сотых долях процента (ГОСТ 1050-88).

Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и I мнящие — с индексами соответственно пс и кп. Кипящими про­изводят стали 08кп, 10кп, 15кп, 18кп, 20кп; полуспокойными — 0,8 пс,10пс, 15пс, 20пс. В отличие от спокойных кипящие стали практически не содержат кремния (не более 0,03%); в полуспокойных его количество ограничено 0,05—0,17%.

Содержание марганца повышается по мере увеличения концен­трации углерода от 0,25 до 0,80%. Содержание азота для сталей, пе- рерабатываемых в тонкий лист, ограничено 0,006%; для остальных сталей-0,008%.

ГОСТ 1050-88 гарантирует механические свойства углеродистых качественных сталей после закалки и отпуска, нагартовки или тер­мической обработки, устраняющей нагартовку, — отжига или высо­кого отпуска.

Качественные стали находят широкое применение в технике, так как в зависимости от содержания углерода и термической обработ­ки обладают разнообразными механическими и технологическими свойствами.

Низкоуглеродистые стали по назначению подразделяют на две подгруппы:

* малопрочные и высокопластичные стали 08,10. Из-за способ­ности к глубокой вытяжке их применяют для холодной штам­повки различных изделий. Без термической обработки в горя­чекатаном состоянии эти стали используют для шайб, прокла­док, кожухов и других деталей, изготовляемых холодной дефор­мацией и сваркой;
* цементуемые — стали 15, 20, 25. Предназначены для деталей небольшого размера (кулачки, толкатели, малонагруженные шестерни и т.п.), от которых требуется твердая, износостойкая поверхность и вязкая сердцевина. Поверхностный слой после цементации упрочняют закалкой в воде в сочетании с низким отпуском. Сердцевина из-за низкой прокаливаемости упрочня­ется слабо. Эти стали применяют также горячекатаными и после нормализации. Они пластичны, хорошо штампуются и свариваются; используются для изготовления деталей машин и приборов невысокой прочности (крепежные детали, втулки, штуцеры и т.п.), а также деталей котлотурбостроения (трубы перегревателей, змеевики), работающих под давлением при тем­пературе от —40 до +425 °С.

Среднеуглеродистые стали 30,35,40,45,50,55 отличаются боль­шей прочностью, но меньшей пластичностью, чем низкоуглероди­стые (см. табл. 3.2).

Для изготовления более крупных деталей, работающих при невысо­ких циклических и контактных нагрузках, используют стали 40,45,50.

*Производство стали*

Наиболее перспективными являются кислородно-конвертерный и электросталеплавильный способы получения стали.

3.4.2. Производство стали в кислородных конвертерах

Основой конвертерного получения стали является обработка жидкого чугуна газообразными окислителями. Химическая тепло­та экзотермических реакций окисления примесей и физическая теп­лота жидкого чугуна полностью обеспе­чивают этот процесс.

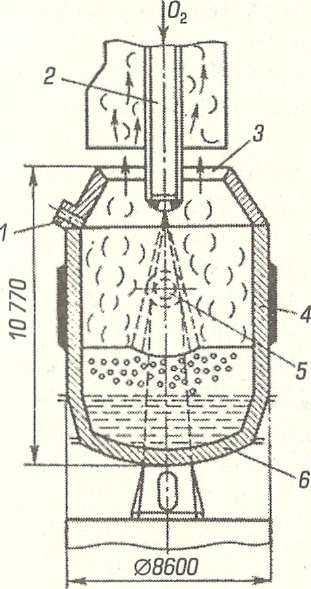


Рис. 3.1. Схема кислородного конвертера с рабочим объемом 270 м3

Современные кислородные конвер­теры (преобразователи) изготовляются из стального листа. В зависимости от вида футеровки конвертеров различают два процесса: бессемеровский и томасовский. При бессемеровском процессе (кислом) футеровку в конвертерах вы­полняют из кислых материалов (динасовый кирпич или кварцит), при томасовском процессе (основном) — из основных материалов (обожженный доломит). Кислая футеровка выдерживает 1000— 2000 плавок, а основная 300—400. Днища конвертера меняют чаще, так как они разрушаются быстрее (рис.3.1). Конвер­теры имеют горловину J в виде усечен­ного конуса с леткой 7; цилиндрическую часть 4 и сферическое днище 6. Нижний усеченный конус конвертера служит ванной для металла. Цилиндрическая часть является рабочим пространством, заполняемым металлом, шлаком и газом при продувке. Оно в 7— 10 раз больше объема, занимаемого спокойным металлом. Верхний усеченный конус сокращает потери металла и теплоты. Через гор­ловину загружают шихтовые материалы, отводят образующиеся газы, сливают шлак и ремонтируют футеровку. Слив стали прово­дят через отверстие для выпуска сташ. Раздельный слив металла и шлака необходим, так как при этом исключается переход из шлака в металл серы и фосфора. Конвертер поворачивается вокруг своей горизонтальной оси на цапфах 5при помощи приводных механиз­мов. Рабочее положение конвертера вертикальное. По вертикаль­ной оси конвертера сверху опускается охлаждаемая водой фурма 2, по которой под давлением 1,6—1,8 МПа подается технически чис­тый кислород. Вместимость кислородных конвертеров 50—500 т.

В конвертерном производстве стали 70-85% металлошихты со­ставляет жидкий чугун, остальное —лом.

Технологический процесс начинается с загрузки скрапа. Затем заливается необходимое количество жидкого чугуна с температурой более 1320 °С. Загрузка и заливка конвертера вместимостью 300 т продолжаются 5 мин.

В поставленный вертикально конвертер заводится фурма и на­чинается продувка металла кислородом. Подвод кислорода интен­сивен, поэтому реакции окисления примесей в конвертере проте­кают с высокой скоростью. Начало продувки совмещается с загруз­кой в конвертер флюсов и металлодобавок. При окислении примесей под фурмой развивается температура до 2500 °С, что спо­собствует более быстрому протеканию окисления и шлакообразо­вания.

Более прогрессивной является комбинированная продувка: че­рез днище, верхнюю и боковые фурмы, что позволяет перерабаты­вать больший процент скрапа.

При воздействии струи кислорода в основном окисляется желе­зо (в ванне его 95%, остальное — примеси) по реакции (3.1). Обра­зующийся оксид железа, растворяясь в шлаке, постоянно переме­шивается с металлом. Вследствие этого примеси чугуна на границе металл — шлак интенсивно окисляются оксидом железа по реакциям (3.8)—(3.10). Часть оксида железа растворяется в металле, обогащая его кислородом:

[FeO] = [Fe] + [О].

Поэтому окисление примесей может проводиться также кисло­родом, вдуваемым в конвертер через фурму, по реакциям (3.2)—(3.4) и кислородом, растворенным в металле, по реакциям (3.5)—(3.7).

В кислородном конвертере благодаря наличию основных шла­ков, в которых наряду с СаО имеется оксид железа FeO, и переме­шиванию металла и шлака достаточно легко протекает реакция дефосфорации (3.11), образующийся фосфат кальция удаляется в шлак.

Продукты реакции десульфурации (3.18) — сульфиды также удаля­ются в шлак. Основной шлак в конвертере вследствие значитель­ных количеств в нем оксида железа FeO затрудняет процесс десуль­фурации. Дополнительно около 10—20% серы в процессе плавки удаляется в газовую фазу.

Продувка конвертера прекращается по достижении заданного химического состава и требуемой температуры металла. Время про­дувки конвертера вместимостью 300 т составляет 12—20 мин. Для отбора проб конвертер наклоняют, на это отводится 6 мин.

Одновременно с выпуском стали проводится ее раскисление и легирование ферромарганцем, ферросилицием и алюминием, атак­же легирующими элементами. Эти операции проводятся либо в конвертере, либо в ковше. Иногда раскислители вводят в струю металла при выпуске плавки (реакции раскисления (3.12)—(3.17)).

Последними операциями плавки являются слив металла и за­тем шлака, а также осмотр футеровки, их продолжительность 5—10 мин.

Таким образом, передел чугуна в сталь в кислородном конвер­тере емкостью 300 т составляет в среднем 35—40 мин, что обеспечи­вает очень высокую производительность процесса — 400—500 т/ч стали. Производительность мартеновских печей и электропечей составляет около 80 т/ч. В кислородно-конвертерных цехах выпуск стали на одного работающего на 30—50% больше, чем в мартенов­ских цехах.

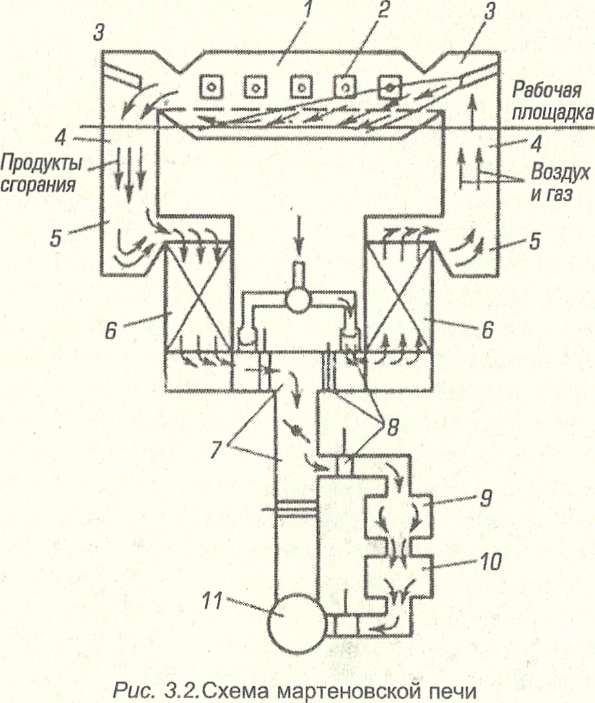
В настоящее время разработаны модели и алгоритмы конвертер­ного процесса, позволяющие контролировать и регулировать ход плавки.

3.4.3. Производство стали в мартеновских печах

Мартеновский процесс более универсальный по составу метал­лошихты, значительно уступает кислородно-конвертерному по про­изводительности, трудоемкости и капитальным затратам.

Мартеновский процесс передела чугуна в сталь осуществляется в пламенной отражательной печи, оснащенной системой регенера­ции, направленной на использование теплоты отходящих при го­рении газов для подогрева воздуха и газообразного топлива.

Устройство мартеновской печи схематически показано на рис. 3.2. Передняя стенка с завалочными (рабочими) окнами 2, задняя стенка со сталевыпускным отверстием, подом (подиной) и сводом образуют рабочее (плавильное) пространство печи 7.



С торцов плавильного пространства расположены головки 3 для смешивания топлива с воздухом (кислородом), подачи горючей смеси в плавильное пространство и отвода продуктов сгорания. Головки с помощью вертикальных каналов 4 соединены со шлаковиками 5, регенераторами 6и боровами (каналами) 7.

Топливом для мартеновских печей служит природный газ или мазут. На схеме воздух и газ поступают с правой стороны печи. Проходя через предварительно нагретые насадки, воздух и газ на­греваются до 1000—1200 °С. При сгорании топлива в рабочем про­странстве возникает факел с температурой 1800—1900 °С, достаточ­ной для расплавления шихты. Кроме того, температура факела обес­печивает нагрев металла до 1600— 1650 °С, что создает условия для выпуска стали и разливки ее. Раскаленные продукты сгорания (ды­мовые газы) проходят через левую головку, попадают в шлаковики, в которых улавливаются частицы плавильной пыли и шлака, а затем в левые регенераторы. В них газы разогревают насадки. Ох­лажденные до 500—600 "С дымовые газы из регенераторов проходят по боровам, через котел-утилизатор 9и устройство для очистки га­зов 10, а затем удаляются с помощью дымовой трубы 11. При дос­таточном охлаждении насадок правых регенераторов и нагреве ле­вых изменяют направление движения газов с помощью перекидных клапанов 8. Циклы повторяются.

В зависимости от огнеупорных материалов, из которых выпол­нены пол, стены и свод рабочего пространства, мартеновские печи делятся на основные и кислые.

Наибольшее распространение получила плавка стали в мартенов­ских печах с основной футеровкой, так как в них можно перераба­тывать металлошихту со значительным содержанием серы и фос­фора и получать качественную сталь.

В зависимости от загружаемых в печь материалов мартеновский процесс делится на скрап-процесс и скрап-рудный процесс.

Более прогрессивный скрап-процесс характеризуется примене­нием шихты следующего состава: стальной скрап (основная часть), чушковый чугун (25—45%) и другие компоненты.

На под печи с помощью завалочных машин загружают скрап и вперемежку с ним известняк или известь. После этого загружается чугун.

При завалке печи и расплавлении шихты окисляются часть уг­лерода, кремний, большая часть марганца и часть железа. Оксиды кремния, марганца и железа с поднявшейся вверх жидкой известью образуют большое количество основного шлака. Роль шлака при мартеновской плавке велика. Еще при плавлении шихты из печи выпускается так называемый первичный «сбегающий» шлак, уно­сящий образовавшиеся оксиды.

Главной операцией плавки в мартеновских печах является кипе­ние металла вследствие окисления углерода. Избыточный углерод вводится в ванну с чугуном. Кипение приводит к выравниванию тем­пературы и химического состава ванны, удалению из металла газов, вредных примесей и неметаллических включений. Также поднима­ется уровень шлака. Тогда отключают подачу топлива, над ванной снижается давление, что позволяет проводить «скачивание» шлака более высокой основности, вместе с которым уходит большая часть фосфора и часть серы. Через некоторое время в печь подается топли­во и шлак оседает. Для более полного удаления фосфора и серы вновь наводится, уже высокоосновный, шлак. В случае необходимости сталь легируют. Периоды кипения, раскисления и легирования называют еще общим периодом рафинирования стали.

Общая продолжительность плавки в основных мартеновских печах вместимостью 180—600 т составляет 6—10,5 ч.

3.4.4. Производство стали в электропечах

Электросталеплавильный процесс более совершенный, чем кис­лородно-конвертерный и мартеновский, поэтому он находит все большее применение. Это определяется возможностью получения качественной и высоколегированной стали, практически неограни­ченным сортаментом выплавляемой стали, использованием для нагрева металла электрической энергии.

Корпус дуговой электрической печи (рис. 3.3) состоит из кожу­ха 5 (части корпуса выше порога рабочего окна 3), днища 2 и слив­ного носка 10. Корпус состоит из наружной стальной обечайки с внутренней футеровкой (основной или кислой). В корпусе печи имеются два отверстия: рабочее окно 3 — для управления ходом плавки, загрузки ферросплавов, взятия проб и скачивания шлака, а также летка для слива готовой стали и шлака. Рабочее окно закры­вается заслонкой 4. Наклоны печи в сторону рабочего окна (10—15°) или сливного желоба (40—45°) осуществляются с помощью специ­ального механизма 11 с гидравлическим приводом 1.

Съемный свод Охарактеризуется наименьшей долговечностью футеровки. В своде имеются отверстия, через которые пропускаются три графитизированных электрода 7диаметром 300—610 мм. В элек­тропечах электрический ток (напряжением 115—600 В и силой 10—50 кА) подводится к электродам электрододержателями 8и гиб­кими кабелями 9. Емкость печей составляет 0,5—200 т.В дуговых электропечах прямого нагрева (рис. 3.3, а) дуга горит между электродами и расплавляемым металлом. Часть энергии дуги выделяется непосредственно на металле. Большая часть лучистой энергии дуги также попадает на поверхность металла. Таким обра­зом, в малых объемах концентрируются большие мощности, что приводит к нагреву металла до высоких температур. При этом легко контролируются и регулируются расход теплоты и изменения температуры.

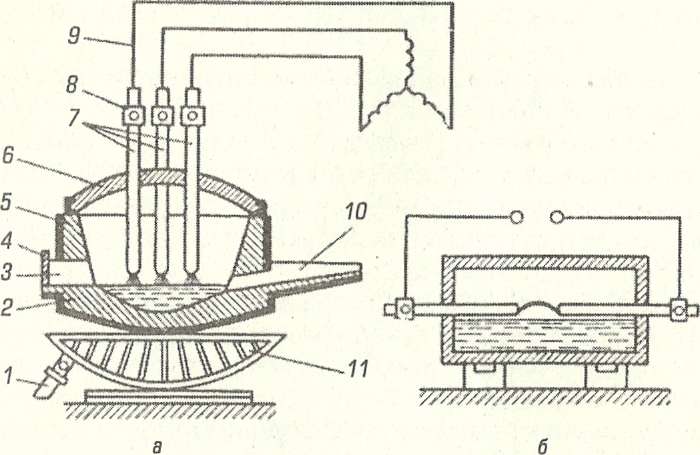


Рис. 3.3. Схемы дуговых электропечей: а — прямого нагрева; б — косвенного действия

Электродуговые печи прямого нагрева характеризуются значи­тельным испарением легкоплавкого металла в зоне дуги, поэтому наиболее пригодны для плавления стали.

Кдуговым также относятся печи косвенного нагрева (рис. 3.3, б), где часть энергии дуги между двумя электродами передается металлу излучением. Сравнительно низкие температуры металла препят­ствуют применению этих печей для переплава черных металлов, они используются в основном в цветной металлургии.

При производстве стали в электропечах используются следу­ющие шихтовые материалы: металлическая часть, шлакообразующие, окислители, добавочные материалы (раскислители и легирующие) и науглероживающие компоненты. Основную часть металлошихты составляет металлический лом.

В производстве реализуются две основные технологии плавки в электродуговых печах: на углеродистой или свежей шихте (с окис­лением примесей); на шихте из отходов легированных сталей (ме­тод переплава).

В состав углеродистой шихты входят стальной лом (около 90%), передельный чугун в чушках (< 10%), железная руда, агломерат или окалина (1,0-1,5%), электродный бой или кокс для науглерожива­ния металла и известь (2—3%). После загрузки шихты электроды опускают вниз, включают ток и шихта плавится.

На металл уже в периоды завалки и плавления шихты воздейству­ет окислительная печная атмосфера (реакции (3.1)—(3.4)). Затем примеси металла окисляются оксидами шлака и железной руды по реакциям (3.8)—(3.10).

Образовавшиеся оксиды примесей металла совместно с СаО из извести формируют высокоосновной шлак, обеспечивающий дефос- форизацию стали по реакции (3.11). Уже при плавлении окисляет­ся более 50% фосфора.

Шлак играет важную роль в окислительных процессах. Он обес­печивает передачу кислорода металлу из печной атмосферы и ок­сида железа FeO. Растворяющийся в металле кислород участвует в реакциях окисления (3.5)—(3.7).

Интенсивное окисление железа, а также кремния, марганца, углеро­да и других примесей по реакциям (3.1)—(3.4) происходит в результате продувки ванны кислородом. При этом выделяется значительное коли­чество теплоты, быстро завершается процесс плавления шихты.

После полного расплавления шихты и перемешивания содержи­мого ванны берут пробу на полный химический анализ, затем ска­чивают шлак с фосфором, наводят новый шлак и начинается окис­лительный период плавки.

Для дальнейшего окисления углерода и фосфора проводят не­однократную загрузку руды и извести. Кислород руды через шлак окисляет углерод по реакции (3.7). Окисление интенсифицируется продувкой кислородом, при этом протекает реакция (3.4). Выделя­ющиеся пузырьки оксида углерода СО заставляют кипеть металл, что ускоряет прогрев ванны и удаление из металла газов и неметал­лических включений, а также фосфора.

Шлак скачивают 2—3 раза, и содержание фосфора доводится до 0,01%. Когда содержание углерода в стали становится равным ниж­нему пределу его содержания в выплавляемой марке стали (%), кипение, а вместе с ним и окисление заканчиваются.

Затем проводят раскисление стали двумя методами: глубинным раскислением без восстановительного периода; раскислением в восстановительный период.

Первый метод применяют при выплавке углеродистой и низко­легированной конструкционной стали, а также стали с последу­ющим внепечным рафинированием. Сталь выплавляют под одним шлаком, без наведения последующего восстановительного шлака. В металл вводят ферросилиций, ферромарганец, феррохром. Пос­ле 10—20 мин раскисления в печи (по реакциям (3.12)—(3.14)) сталь выпускают в ковш, где проводится окончательное раскисление фер­росилицием и алюминием.

Второй метод, когда раскисление проводят под восстановитель­ным шлаком, наводимым после скачивания окислительного шла­ка, применяется при получении сталей с заданными свойствами, пониженным содержанием примесей или легируемых легкоокис- ляемыми элементами. Восстановительный период плавки направ лен на раскисление металла, удаление серы, доведение стали до за­данного химического состава, регулирование температуры метал­ла. Сначала в печь подают кокс или электродный бой. В результате присадки металл науглероживается. После этого в печи наводится известковый восстановительный шлак из смеси извести, плавино вого шпата и шамота в количестве 2,0—3,5% от массы металла. За тем проводят диффузионное раскисление под белым шлаком. С этой целью на шлак подают порошок кокса и ферросилиция; шлак свет леет за счет уменьшения содержания в нем оксидов. Восстановлю ние оксида железа в шлаке происходит по реакциям (3.15) и (3.16), Содержание оксида железа в шлаке снижается, и оксид из металла начинает переходить в шлак. Во время восстановительного периода сера удаляется из металла по реакции (3.18). Когда достигнуты заданные состав металла и температура, выполняют конечное раскисление стали. После этого выпускают металл из печи в ковш.

Вторая разновидность плавки (метод переплава) в электропечи основывается на рациональном использовании содержащихся в шихте легирующих элементов, поэтому она проводится без окисления или с частичным окислением. Шихта для такой плавки помимо пониженного содержания фосфора должна иметь меньшее, чем в выплавляемой стали, количество марганца, кремния и углерода.

К роме того, с целью наведения шлака для защиты металла от окисления кислородом атмосферы и науглероживания электродами имеете с шихтой во время завалки вводят шлакообразующие вещества. Во время плавки удаляются фосфор и сера. Поскольку часть цементов окисляется в период плавки, необходимо проводить раскисление. Оксиды легирующих элементов восстанавливаются фер­росилицием, алюминием, молотым коксом.

Чтобы интенсифицировать процесс переплава, применяют частичное окисление газообразным кислородом.

Общая продолжительность выплавки стали в дуговых электро­печах вместимостью 5—100 т составляет 3,5—6,5 ч.

Сравнение отдельных способов производства стали показывает, что выход годного металла в электропечах составляет 92—93%, и конвертерах с комбинированной продувкой — 91—92%, в обыч­ных конвертерах с продувкой сверху и мартеновских печах — 90%, и двухванных печах и мартеновских печах с продувкой кислородом - 87—88%.

**Способы повышения качества стали.**

Качество стали определяются: прочность, пластичность, минимальное газосодержание, содержание вредных примесей.

Основным критерием оценки качества является соединение серы и фосфора.

Для повышения качества применяются следующие методы:

1. обработка металла синтетическим шлаком. При перемешивании расплавленного шлака и металла реакция раскисления стали ускоряется в стали скитается соединение вредных примесей и кислорода.
2. Ваакумная дегозация заключается в том, что ковш с жидкой сталью помещают в герметичную камеру в которую насосами создается разряжение из стали удаляется азот и водород закладывают.
3. Электрошлаковый переплав, металл является электродом, который помещают в шлаковую ванну. Конец электрода оплавляется, капли металла проходя через шлак очищаются от серы газов. Этим способом получают высококачественные стали, которые используются для производства ответственных деталей (шарикоподшипников).
4. Вакуумно дуговой переплав получают еще более чистые стали которые используются для особо ответственные деталей.

Спокойные стали раскисляют марганцем, алюминием и кремнием в плавильной печи и ковше. Они затвердевают в изложнице спокойно, без газовыделения, с образованием в верхней части слишком усадочной раковины.

Кипящие стали раскисляют только марганцем, что недостаточно. Перед разливкой в них содержится повышенное количество кислорода, который при затвердевании слитка частично реагирует с углеродом и выделяется в виде газовых пузырей окиси углерода, создавая впечатление «кипения» стали.

**Раздел 2. Металловедение и термическая обработка.**

**Тема 2.1. Внутреннее строение и кристаллизация металлов.**

В технике наиболее распространены металлы и сплавы физические и химические свойства которых определяются строением их атомов. Типовая модель атома представляет собой положительно заряженное ядро окруженное облаком отрицательно заряженных электронов. Электроны расположены на внешних оболочках или орбитах слабее связаны с ядром, чем те, что на внутреннем и во многом определяют свойства металлов. Они легко отделяются от атома, чем и обусловлена высокая электро и теплопроводность металла. Атомы с недостающими электронами превращаются в положительно заряженные ионы, благодаря чему являются сильными восстановителями. За счет того, что электроны равномерно распределены между ионами металл имеет высокую пластичность. Атомы металла расположены в определенной последовательности образуют правильные пространственные фигуры – кристаллические решетки.

В отличае от металла, материал которых не имеет кристаллической решетки называется аморфными.

Наибольшее распространение получили кристаллические решетки:

- объемно центрированный куб (хром, вольфрам, малибден),

- гранецентрированный куб (алюминий, медь, никель, золото, серебро), (железо при тем-ре свыше 910 градусов) До 910 градусов – одну решетку, свыше 910 – другую решетку.

- гексоганальная решетка (магний, цинк, титан)

Реальные металлы применяемые при изготовлении деталей имеют нарушения вышеописанных решеток, которые называются дефектами. В реальных условиях дефекты кристаллических решеток во многом определяются механическими свойствами металлов.

Деффекты классифицируются по геометрической форме и размерам на следующие группы:

- точечные дефекты (несовершенство) – это вак5ансии, т.е. узлы решетки в которых атомы отсутствуют, либо дополнительные атомы внедренные в межузловое пространство.

- линейные дифекты(дислокация – это смещение одной части кристалла по отношению к другой).

Объемные дефекты – это трехмерное нарушение структуры макроразмеров (поры, раковины, трещины),

Поверхностные дефекты, образуются на границах зерен металла. В процессе кристаллизации, как правило это различные не металлические примеси аксидные клепки и др.

Кристаллизация металлов и сплавов: образование кристаллической решетки происходит в процессе охлаждения металла и переходе его из жидкого состояния в твердое.

Это явление происходит при температуре кристаллизации или критической точки.

Температура кристаллизации зависит от частоты металла, скорости охлаждения, давления и др. факторов.

Процесс кристаллизации металла, состоит из двух:

* Зарождение центров кристаллизацией (зародышей)
* Рост кристалла от центра кристаллизации с образованием зерен.

От размера зерна в значительной степени зависит свойство металла, чем меньше зерно, тем лучше металл.

С целью получения мелкого зерна при кристаллизации до 3% от массы жидкого металла вводят тугоплавкие (измельченные) вещества, которые создают большое число дополнительных центров кристаллизации.

Такие металлы называются модифицированными, а тугоплавкие вещества – модификаторами.

При формировании слитка процесс кристаллизации начинается у стенок формы и движется в направлении обратном отводу тепла.

Слиток не имеет однородной структуры у поверхности мелкие кристаллы, а затем древовидные кристаллы.

В середине где тепло отводится образуется зона неориентированных кристаллов.

При затвердевании слитка имеет место сокращение его объема.

**Для изучения состава структуры и свойства металлов применяются следующие методы:**

\*Химический и спектральный анализ. Позволяет определить химический состав.

\*макроскопический анализ – исследование металла невооруженным глазом или с помощью лупы. Данным способом можно определить способ производства, вид термообработки, размер зерна, причину излома, наличие пор, раковин, трещин.

\*микроскапический анализ – проводят с помощью микроскопа с увеличением от 50 до 2000 раз. Для исследования готовят специальные образцы, поверхность которых шлифуют, полируют и протравливают с целью увидеть границы между зернами.

\*рентгеновский анализ – этот метод позволяет контролировать качество сворных швов.

\*магнитный анализ – основан на изменении магнитных свойств металла, связанных со структурой кристаллической решетки.

\*ультрозвуковой анализ – проникновение в материал.

\*термический анализ – заключается в определении тепловых эффектов, при изменениях структуры.

\* Дилатометрический анализ – основан на изменении объема образца в результате фазовых превращений.

\* метод электросопротивления – в зависимости от материала увеличивается или уменьшается сопротивление.

**Тема 2.2. Основные механические свойства металлов.**

Основными характеристиками механических свойств металлов являются: прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость.

Прочность металла или сплава — это его способность сопротивляться разрушению под действием внешних сил (нагрузок). В зависимости от характера действия этих сил различают прочность на растяжение, сжатие, изгиб и кручение, а также усталость металлов.

Для испытания на растяжение из металла или спла­ва изготовляют образцы, форма и размеры которых ус­тановлены ГОСТом,

Испытание производится на разрывных машинах. В верхний и нижний захваты закрепляют голов­ки, образца. Верхний захват закреплен неподвижно, а нижний — с помощью специального механизма медлен­но опускается, растягивая образец до его разрыва. Раз­виваемое машиной усилие достигает 50 т.При испытании на растяжение показатели прочнос­ти могут быть получены из диаграммы растяжения, ко­торая автоматически вычерчивается на барабане разрыв­ной машины. Эта диаграмма характеризует поведение материала при разных нагрузках. По горизонтальной линии диаграммы откладывается абсолютное удлинение образца в миллиметрах, а по вертикальной линии — нагрузка в килограммах. Наибольшая нагрузка Рв, когда образец металла на­чинает сужаться (образуется шейка), называется нагруз­кой предела прочности при растяжении, а напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, называется пре­делом прочности при растяжении —и определяется как отношение наибольшей нагрузки к первоначаль­ной площади поперечного сечения образца.

Пластичность — это способность металла, не разру­шаясь, изменять форму под действием нагрузки и сохра­нять измененную форму после снятия нагрузки.

Пластичность металлов определяется также при ис­пытании на растяжение. По величине удлинения образ­ца и величине уменьшения его поперечного сечения судят о пластичности материала. Чем больше удлиняет­ся образец, тем более пластичен металл. Пластичные металлы и сплавы хорошо подвергаются обработке дав­лением.

Характеристикой пластичности металлов является относительное удлинение и относительное сужение.

Относительным удлинением называется отношение величины приращения длины образца после разрыва к его первоначальной длине, выраженное в процентах:

Относительное сужение — отношение уменьшения площади поперечного сечения образца после испытания к первоначальной площади его поперечного сечения, выраженное в процентах.

Ударная вязкость — это способность металлов и спла­вов оказывать сопротивление действию ударных нагру­зок.

Для испытания материала на ударную вязкость из­готовляют стандартные образцы с надрезом в виде брус­ков с квадратным сечением и определенных размеров. Испытания проводят на специальном устройстве — ма­ятниковый копер. Маятник с закрепленным грузом, массой 10, 15 и 30 кг поднимают на определенную вы­соту и закрепляют в этом положении защелкой. После освобождения маятник падает и производит удар по образцу со стороны, противоположной надрезу.

Разрушение образцов имеет различный характер. У хрупких металлов образцы разрушаются без изменения формы, у вязких металлов они подвергаются значитель­ному изгибу в месте излома.

Ударная вязкость является важной характеристикой материала деталей, которые в процессе работы того или иного механизма испытывают кратковременную удар­ную нагрузку (например, коленчатые валы двигателей, валы и шестерни коробок передач, полуоси колес и др.). Вязкость — свойство, противоположное хрупкости.

Твердость — это свойство металла оказывать сопро­тивление проникновению в него другого, более твердо­го тела, не получающего остаточных деформаций.

Твердость тесно связана с такими важными характе­ристиками металлов и сплавов, как прочность, износо­устойчивость.

Есть несколько методов определения твердости (рис. 10), наиболее широкое распространение получи­ли следующие: -вдавливание шарика из твердой стали (метод Бри­нелля);

* вдавливание вершины алмазного конуса или стального шарика (метод Роквелла);
* вдавливание вершины алмазной пирамиды (метод Виккерса).

Метод Бринелля заключается в том, что шарик из за­каленной стали под действием нагрузки вдавливается в зачищенную поверхность металла.

Испытание на твердость металла по методу Бринелля проводят на приборе ТБ . Стальной шарик закрепляется в шпинделе прибора. Испытуемый обра­зец ставят на предметный столик, который подводят к шпинделю вращением маховика. При включении элек­тродвигателя наложенный груз опускается и стальной шарик с помощью рычажной системы вдавливается в образец. Сначала вдавливание производится медленно, затем нагрузка постепенно увеличивается и выдержива­ется определенное время для получения четких границ отпечатка. Испытуемый образец снимают со столика и измеряют диаметр полученного отпечатка (лунки) при помощи специальной лупы со встроенной шкалой (цена деления 0,1 мм).

Твердость по Бринеллю обозначается буквами НВ и определяется как отношение нагрузки Р (кг), приходя­щейся на 1 мм2 сферической поверхности отпечатка F, по формуле:

НВ = — , кг/мм2.

F

Метод Роквелла отличается от метода Бринелля тем, что измеряется не диаметр отпечатка (лунки), а его глу­бина. Чем больше глубина вдавливания, тем меньше твердость испытуемого образца (рис. 12).

Алмазный конус (или стальной шарик) вдавливает­ся в испытуемый образец под действием двух последо­вательно прилагаемых нагрузок — предварительной на­грузки, равной 10 кг, а затем полной (предварительная плюс основная) нагрузки 60 кг (шкала А) или 150 кг (шкала С).

На приборе TP величину вдавливания определяют непосредственно по шкалам А, В и С циферблата инди­катора (без измерения отпечатка и математических рас­четов).

При измерении твердости стандартной нагрузкой 150 кг значение твердости HR отсчитывается по шкале С индикатора, к обозначению твердости добавляется индекс шкалы, т. е. HRC.

При измерении твердости тонких образцов или по­верхностного слоя металла со стандартной нагрузкой 60 кг отсчет ведется по шкале А; к обозначению твердо­сти добавляется индекс данной шкалы, т. е. НР.А.

При измерении твердости мягких металлов стальным шариком со стандартной нагрузкой 100 кг отсчет ведется по шкале В и к обозначению твердости добавляется ин­декс данной шкалы, т. е. HRB.

Метод Виккерса применяется для испытания металлов и сплавов высокой твердости, деталей малых сечений и твердых поверхностных слоев, полученных химико-тер­мической обработкой (цементированных, азотированных и др.).

Этот метод дает очень точные показатели и приме­ним к металлам любой твердости. Преимуществом ме­тода Веккерса является возможность испытания тонкого поверхностного слоя металла после различных видов обработки.

Твердость металла определяется отношением нагруз­ки Р в кг, создаваемой прибором, к площади отпечатка F в мм2, вычисленной по его диагонали, и обозначается HV.

Усталость металлов — это явление их разрушения при многократном нагружении.

Повторение нагрузок значительно уменьшает проч­ность металлов и сплавов. В технике для характеристи­ки усталости металлов принято понятие выносливость — это то наибольшее напряжение, которое выдерживает металл, не разрушаясь после заданного числа перемен­ных нагрузок (циклов).

Причиной разрушения металлов от усталости явля­ется охрупчивание, которое объясняется появлением в ослабленных местах металла постепенно увеличиваю­щихся микротрещин.

Усталостному разрушению под действием часто по­вторяющихся переменных нагрузок подвержены шатуны двигателей, коленчатые валы, поршневые пальцы, поршни и др.

**Раздел 3. Конструкционные материалы.**

**Тема 3.1.Чугуны.**

Чугуны — это железоуглеродистые сплавы в которых содержится более 2,14 % С. По степени эвтектичности чугуны подразделяют на доэвтектические (2,14—4,3 % С), эвтектические (4,3 % С) и заэвтектические (>4,3 % С).

По степени графитизации чугуны подразделяют на белый (не графитизированный), в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита (FesC) или в карбидах других элементов (Cr, Mo, V, Ti и др.); отбеленный или половинчатый (частично графитизиро­ванный).

Графитизированные чугуны подразделяют на серый (СЧ), высокопрочный (ВЧ) и ковкий (КЧ). Ковким (КЧ) называют чугун за его повышенную пластичность, его получают из белого чугуна путем графитизации в твердом состоянии при высокотемпературной термической об­работке.

По твердости чугуны классифицируют на мягкий (<НВ 149), средний (НВ 149—197), повышенной твер­дости. (НВ 197—269) и твердый (>НВ 269).

По прочности чугуны классифицируют на обыкновен­ной прочности (Qв < 200 МПа), повышенной прочности (Qа = 200-380 МПа) и высокой прочности (Qв > 380 МПа).

По пластичности чугуны классифицируют на непла­стичные (б < 1 %), малопластичный (б = 1÷5 %), пла­стичный (б = 5÷10 %) и повышенной пластичности (б > 10 %)

По эксплуатационным характеристикам чугуны под­разделяют на износостойкие, антифрикционные, корро­зионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие, немагнитные.

По форме графита различают чугуны с пластинча­тым (СЧ), шаровидным или глобулярным (ВЧ), хлопье­видным или гнездообразным графитом (КЧ) и вермикулярным графитом (ЧВГ).

По структуре металлической матрицы чугуны делятся на феррйтные, перлитные, аустенитные, белые и со сме­шанной структурой — перлитно-ферритные, половинча­тые (перлит -j- цементит), аустенитно-мартёнеитные и др.

Стандартами регламентированы не все конструкцион­ные чугуны. Маркировку чугунов проводят по их меха­ническим свойствам, а химический состав является фа­культативным показателем, кроме аустенитных и спе­циальных чугунов.

Серые чугуны маркируют только по пределу прочности на разрыв (ав) с размерностью кгс/мм2, но при указании механических свойств той или иной марки чугуна ис­пользуют размерность в МПа. ГОСТ предусматривает следующие марки серых чугунов: СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21, СЧ 24, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45.

Серые чугуны нашли широкое применение в станко­строении (станины, детали станков, суппорты, бабки, люки, крышки), в двигателестроении, авто- и тракторо­строении (блоки цилиндров, гильзы, головки, распреде­лительные валы, седла клапанов, направляющие втулки, поршневые кольца, толкатели, тормозные барабаны, ди­ски сцепления, картеры коробок скоростей и сцепления), в химическом машиностроении, электромашиностроении, при производстве компрессоров, насосов, воздуходувок, для изготовления санитарно-технических изделий.

Ковкие чугуны маркируют по пределу прочности на разрыв (Qв) с размерностью кгс/мм2 и относительному удлинению (6) в процентах. ГОСТ предусматривает сле­дующие марки ковких чугунов: КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-7, КЧ 50-5, КЧ 55-4, КЧ 60-3, КЧ 65-3, КЧ 70-2, КЧ 80-15.

Металлическая основа ковких чугунов может быть перлитной или ферритной. Все марки чугуна получают графитизирующим отжигом белого чугуна. По своим литейным и механическим свойствам ковкие чугуны за­нимают промежуточное положение между чугунами и литыми сталями. Ковкие чугуны, особенно ферритные, широко применяют в сельскохозяйственном машинострое­нии (шестерни, рычаги, звенья цепей, звездочки храпо­вики, ступицы), в авто- и тракторостроении (задние мосты, ступицы, тормозные колодки, картеры дифферен­циалов, детали рулевого управления, рычаги, катки, втулки), вагоно- и судостроении (кронштейны, детали тормозной системы, детали сцепки, подшипники), в элек­тропромышленности и станкостроении, текстильном ма­шиностроении, для изготовления санитарно-технического и строительного оборудования.

Высокопрочные чугуны в соответствии с ГОСТ имеют следующие марки: ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 60, ВЧ 70, ВЧ 80, ВЧ 100. Цифра, следующая за буквами ВЧ, означает предел прочности на разрыв в кгс/мм2.

Высокопрочные чугуны изготовляют из низкосернистых и низкофосфористых серых чугунов путем модифицирова­ния их или магнием, или церием, или иттрием для полу­чения графита шаровидной формы. Высокопрочные чу­гуны в литом состоянии получают ферритными, перлит­ными, аустенитными или половинчатыми, а после допол­нительной термической обработки — мартенситными или бейнитными. Высокопрочный чугун с шаровидным графи­том используют очень широко в автомобильной промыш­ленности (коленчатые и распределительные валы, крон­штейны, ступицы, суппорты тормозных систем, шестерни главной передачи, шатуны, тормозные барабаны, картерные детали, поршневые кольца, подвески рессор, блоки цилиндров и другие детали). В тяжелом машиностроении (шаботы молотов, детали турбин, прокатные валки), в металлургии (изложницы), в транспортном машино­строении, в сельскохозяйственном машиностроении (при­цепные скобы, шестерни и звездочки, ступицы колес, диски муфт, рычаги и педали, шкивы, зубья борон, стойки корпусов плугов, опорные катки).

Белые чугуны используют как износостойкие кон­струкционные материалы. В таких чугунах весь углерод находится в связанном состоянии с карбидообразующими элементами. Наиболее дешевым и очень эффективным карбидообразующим элементом является хром. Кроме хрома в белые чугуны часто вводят в небольших количе­ствах другие карбидообразующие: марганец, бор, титан, ванадий, молибден. При введении 5—8 % Сг образуется карбид цементитного типа (Fe, Сг)3С, а при содержании более 10 % Сг образуются сложные и твердые карбиды (Сг, Fe)7C3 и (Сг, Fe)23Ce. Для придания чугуну большей вязкости, жаро- или коррозионной стойкости в его состав вводят никель и медь.

Износостойкие чугуны обозначают буквами ИЧ, и они маркируются по содержанию легирующих элементов, как стали. Чугуны марок ИЧХ4Г7Д, ИЧХЗТД,

ИЧХ28Н2, ИЧХ15МЗ, ИЧХ12М, ИЧХ12Г5, ИЧХ28Н2М2, ИЧХ12ГЗМ и другие применяют для изготовления лопа­ток дробеметных турбин, шаров и броневых плит для мельниц, элементов конструкций пневмотранспорта, де­талей насосов, перекачивающих абразивную среду, дета­лей пескометов, лопастей шнеков и др.

Антифрикционные чугуны имеют в маркировке букву А. Они предназначены для работы в узлах трения в паре с закаленными, нормализованными или без термической обработки контртелами. Антифрикционные чугуны изго­товляют на основе серых, ковких и высокопрочных чу­гунов.

Серые антифрикционные чугуны АСЧ-1 (с добавками хрома и никеля), АСЧ-2 (с добавками хрома, никеля, ти­тана и меди) предназначены для работы с термически обработанным (закаленным, нормализованным) кон­тртелом; чугун АСЧ-3 (с добавками титана и меди) предназначен для работы с незакаленным контр­телом.

Ковкий антифрикционный чугун АКЧ-1 (перлитный или перлитно-ферритный) предназначен для работы в паре с термически обработанным контртелом и чугун АКЧ-2 (перлитно-ферритный или ферритно-перлитный) — для ра­боты в паре с незакаленным контртелом.

Высокопрочный антифрикционный чугун АВЧ-1 пред­назначен для работы в паре с термически обработанным контртелом и чугун АВЧ-2 — для работы в паре с не­закаленным контртелом.

Жаростойкие чугуны — стойкие к окалинообразованию и росту. Эти чугуны выпускают с пластинчатым и шаровидным графитом с добавками хрома, кремния и алюминия и в маркировке имеют букву Ж-

Хромистые чугуны ЖЧХ-0,8, ЖЧХ-1,5, ЖЧХ-2,5 применяют для элементов конструкций доменных, терми­ческих и мартеновских печей, колосников агломерацион­ных печей, работающих при температуре до 650 °С. Вы­сокохромистые чугуны, например ЖЧХ-30 (28—30 % Сг), применяют для изготовления горелок, фурм, колос­никовых решеток, коробов для отжига, работающих при температурах до 900 °С.

Кремнистые чугуны изготовляют с пластинчатым и ша­ровидным графитом. Детали из этих чугунов работают без повышенного окалинообразования и роста при темпера­турах 800—900 °С. Из них отливают детали арматуры мартеновских печей, детали котлов, реторты, детали газовых турбин.

Алюминиевые чугуны обладают большой окалиностойкостью и сопротивлением к окислению. Их изготовляют с пластинчатым и шаровидным графитом. Эти чугуны могут быть легированы кремнием, никелем, хромом и медью для повышения окалино- и износостойкости. Алю­миниевые чугуны обладают -высокой эксплуатационной стойкостью в среде печных газов при температуре 1100— 1150 °С, в среде перегретых паров серы и сернистых газов при температуре 1000 °С. Их применяют для шла­ковых фурм доменных печей, плавильных тиглей, для футеровки камер сгорания.

Коррозионно-стойкие чугуны легируют хромом, нике­лем, медью, молибденом и кремнием. Эти чугуны стойки в щелочах, растворах соды, морской воде. Чугуны СЧЩ-1 и СЧЩ-2 применяют при изготовлении котлов для плавки каустика. Чугуны ЧНХТ, ЧН1Х/ЧД, ЧН1МШ применяют в двигателестроении для отливки поршневых колец, направляющих втулок, головок цилиндров, выпускных патрубков, поршней и гильз паровых машин, судовых дизелей, газокомпрессоров и других деталей.

Высококремнистые чугуны (ферросилиды) применяют для поршневых насосов (цилиндры, поршни, клапаны, седла), для оборудования по производству концентриро­ванных серной и азотной кислот (лопатки мешалок, фи­тинги, втулки, реакционные аппараты, трубопроводы). Высокохромистые сплавы обладают коррозионной стой­костью в азотной, серной, уксусной, фосфорной кислотах, в растворах солей, щелочей и морской воде. Из этих чугунов изготовляют детали насосов, реторты, конденсаторы, вентили, трубы, мешалки для химической промышлен­ности.

Жаропрочные чугуны легируют хромом и никелем, они могут иметь пластинчатую -или шаровидную формы графита; металлическая основа чаще бывает аустенитной. Чугуны ЧН19ХЗШ, ЧН11Г7Х2Ш применяют в нефтяной и химической промышленности, в газотурбиностроении для изготовления деталей компрессоров по сжижению газов, выпускных патрубков дизелей.

Немагнитные коррозионно-стойкие аустенитные чу­гуны, аустенитная основа которых сохраняется при поло­жительной и отрицательной температурах, получают ле­гированием высокопрочных и серых чугунов никелем в количествах более 12 % или марганцем в количествах более 9 %. Форма графита этих чугунов может быть пластинчатая и шаровидная. Кроме никеля и марганца аустенитные чугуны легируют хромом, медью, молибде­ном. Для снижения стоимости чугуна никель частично заменяют марганцем. Аустенитные слабомагнитные чу­гуны применяют в электротехнической промышленности и приборостроении. Как жаростойкие, коррозионно- и износостойкие чугуны применяют в химическом машино­строении, двигателёстроении (седла клапанов, выпускные патрубки, гильзы цилиндров, втулки направляющие), в турбостроении, для деталей насосов, перекачивающих щелочи, кислоты, морскую воду, для деталей, работающих при тепловых ударах.

Легированные чугуны

В зависимости от назначения различают износостой­кие, антифрикционные, жаростойкие и коррозионно - стойкие легированные чугуны,

Химический состав, механические свойства при нор­мальных температурах и рекомендуемые виды термичес­кой обработки легированных чугунов регламентируют­ся ГОСТ 7769-82. В обозначении марок легированных чугунов буквы и цифры, соответствующие содержанию легирующих элементов, те же, что и в марках стали.

Износостойкие чугуны, легированные никелем (до 5 %) и хромом (0,8 %), применяют для изготовления де­талей, работающих в абразивных средах. Чугуны (до 0,6 % Сг и 2,5 % Ni) с добавлением титана, меди, вана­дия, молибдена обладают повышенной износостойкос­тью в условиях трения без смазочного материала. Их используют для изготовления тормозных барабанов автомобилей, дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ 2, ЧХ 3 при­меняют для изготовления деталей контактных аппаратов химического оборудования, турбокомпрессоров, эксплу­атируемых при температуре 600°С (ЧХ 2) и 700°С (ЧХ 3).

Жаропрочные легированные ЧНПГ7Х2Ш с шаровидным графитом работоспособны при темпера­турах 500—600°С и применяются для изготовления де­талей дизелей, компрессоров и др.

Коррозионно-стойкие легированные чугуны марок ЧХ 1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х (низколегированные) об­ладают повышенной коррозионной стойкостью в газо­вой, воздушной и щелочной средах. Их применяют для изготовления деталей узлов трения, работающих при по­вышенных температурах (поршневых колец, блоков и головок цилиндров двигателей внутреннего сгорания, деталей дизелей, компрессоров и т. д.).

Антифрикционные чугуны используются в качестве подшипниковых сплавов, так как представляют группу специальных сплавов, структура которых удовлетворя­ет правилу Шарпи (включения твердой фазы в мягкой основе), способных работать в условиях трения как под­шипники скольжения.

Для легирования антифрикционных чугунов исполь­зуют хром, медь, никель, титан.

ГОСТ 1585-85 включает шесть марок антифрикцион­ного серого чугуна (АЧС-1 — АЧС-6) с пластинчатым графитом, две марки высокопрочного (АЧВ-1, АЧВ-2) и две марки ковкого (АЧК-1, АЧК-2) чугунов. Этим стандартом регламентируются химический состав, структура, режимы работы, в нем также содержатся ре­комендации по применению антифрикционных чугу­нов.

**Тема 3.2. Углеродистые стали.**

Углеродистые стали разделяют на стали обыкновенного качества и качественные.

3.2.1. Углеродистые стали обыкновенного качества

В углеродистых сталях обыкновенного качества допускается повышенное содержание вредных примесей, а также газонасыщен­ность и загрязненность неметаллическими включениями, так как их выплавляют по нормам массовой технологии. Эти стали преиму­щественно используются в строительстве как наиболее дешевые, технологичные и обладающие прочностью, достаточной для изго­товления металлоконструкций различного назначения.

Стали маркируют сочетанием букв Ст и цифрой (от 0 до 6), по­казывающей номер марки. Степень раскисления обозначают добав­лением в спокойных сталях букв сп, в полуспокойных — пс, в ки­пящих — кп. Например, СтЗсп, СтЗпс, СтЗкп. Спокойными и по­луспокойными производят стали СТ1—Стб, кипящими — Ст1—Ст4. Сталь СтО по степени раскисления не разделяют, в этой стали ука­зывают только содержание углерода (С < 0,23%), серы (S < 0,06%) и фосфора (Р < 0,07%). В остальных марках регламентировано содер­жание С, Mn, Si, S, Р, а также As и Р (табл. 3.1).

Для всех сталей, кроме СтО, справедлива следующая форму­ла: С(%) и 0,07 х номер марки. Так, в стали СтЗ содержание С « 0,07 х 3 \* 0,21% (фактически 0,14-0,22%).

Концентрация марганца возрастает от 0,25—0,50% в стали Ст1 до 0,50—0,80% в стали Стб. Три марки стали производят с повышен­ным (0,80—1,1%) содержанием марганца, на что указывает буква Г в марке: СтЗГпс, СтЗГсп, Ст5Гпс.

Содержание кремния зависит от способа раскисления стали: у кипящих — не более 0,05%, у полуспокойных — не более 0,15%, у спокойных — не более 0,30%.

Степень раскисления определяет также различное содержание газообразных примесей, а следовательно, порог хладноломкости и возможную температуру эксплуатации. Более надежны спокойные стали, имеющие более низкий порог хладноломкости /50. Так, для сталей СтЗсп, СтЗпсиСтЗкпон составляет—10; —10 и 0 соответствен­но. Для этих сталей химический состав и степень раскисления при выплавке регламентирует ГОСТ 380-94.

Прокат из углеродистых сталей обыкновенного качества пред­назначен для изготовления различных металлоконструкций, а так­же слабонагруженных деталей машин и приборов. Этим сталям от­дают предпочтение в тех случаях, когда работоспособность деталей и конструкций определяется жесткостью. Для них геометрические размеры часто оказываются такими, что прочность конструкции заведомо обеспечивается. На выбор стали большое влияние оказы­вают также технологические свойства, прежде всего свариваемость и способность к холодной обработке давлением. Этим технологи­ческим требованиям в наибольшей степени отвечают низкоуглеро­дистые стали, из которых изготовляют сварные фермы, рамы и дру­гие строительные металлоконструкции.

Стали, поставляемые по техническим условиям, имеют также и специализированное назначение: котло-, мосто- и судостроение. Стали Ст4 и особенно СтЗ широко применяют в сельскохозяйствен­ном машиностроении (валики, оси, рычаги, детали, изготовляемые холодной штамповкой, а также цементируемые детали: шестерни, червяки, поршневые пальцы и т.п.).

Среднеуглеродистые стали, обладающие большей прочностью, чем низкоуглеродистые, предназначены для рельсов, железнодо­рожных колес, а также валов, шкивов, шестерен и других деталей грузоподъемных и сельскохозяйственных машин. Некоторые дета­ли из этих сталей подвергают термическому упрочнению.

3.2.2. Углеродистые качественные стали

Эти стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкно­венного качества, содержанием вредных примесей и неметалличес­ких включений. Их поставляют в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и меха­ническими свойствами (табл. 3.2). Маркируют их двухзначными числами: 08,10, 15, 20,...,60, обозначающими среднее содержание углерода в сотыхдолях процента (ГОСТ 1050-88). Например, сталь 10 содержит в среднем 0,10% С, сталь 45—0,45% С и т.д.

Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и кипящие — с индексами соответственно пс и кп. Кипящими про­изводят стали 08кп, Юкп, 15кп, 18кп, 20кп; полуспокойными — 08пс, Юпс, 15пс, 20пс. В отличие от спокойных кипящие стали прак­тически не содержат кремния (не более 0,03%); в полуспокойных его количество ограничено 0,05—0,17%.

Содержание марганца повышается по мере увеличения концен­трации углерода от 0,25 до 0,80%. Содержание азота для сталей, пе­рерабатываемых в тонкий лист, ограничено 0,006%; для остальных сталей-0,008%.

ГОСТ 1050-88 гарантирует механические свойства углеродистых качественных сталей после закалки и отпуска, нагартовки или тер­мической обработки, устраняющей нагартовку, — отжига или высо­кого отпуска.

Качественные стали находят широкое применение в технике, так как в зависимости от содержания углерода и термической обработ­ки обладают разнообразными механическими и технологическими свойствами.

Низкоуглеродистые стали по назначению подразделяют на две подгруппы:

* малопрочные и высокопластичные стали 08,10. Из-за способ­ности к глубокой вытяжке их применяют для холодной штам­повки различных изделий. Без термической обработки в горя­чекатаном состоянии эти стали используют для шайб, прокла­док, кожухов и других деталей, изготовляемых холодной дефор­мацией и сваркой;
* цементуемые — стали 15, 20, 25. Предназначены для деталей небольшого размера (кулачки, толкатели, малонагруженные шестерни и т.п.), от которых требуется твердая, износостойкая поверхность и вязкая сердцевина. Поверхностный слой после цементации упрочняют закалкой в воде в сочетании с низким отпуском. Сердцевина из-за низкой прокаливаемое™ упрочня­ется слабо. Эти стали применяют также горячекатаными и после нормализации. Они пластичны, хорошо штампуются и свариваются; используются для изготовления деталей машин и приборов невысокой прочности (крепежные детали, втулки, штуцеры и т.п.), а также деталей котлотурбостроения (трубы перегревателей, змеевики), работающих под давлением при тем­пературе от —40 до +425 °С.

Среднеуглеродистые стали 30,35,40,45,50,55 отличаются боль­шей прочностью, но меньшей пластичностью, чем низкоуглероди­стые (см. табл. 3.2).

Для изготовления более крупных деталей, работающих при невысо­ких циклических и контактных нагрузках, используют стали 40,45,50.

**Раздел 4. Коррозия металлов.**

**Тема 4.1. Коррозия металлов и методы борьбы с ней.**

Коррозией металлов называют самопроизвольное разруше­ние металла вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой.

Под воздействием внешней среды многие металлы и сплавы постепенно окисляются и разрушаются. Разрушение начинается с поверхности и с течением времени распространяется в глубь ме­таллического изделия. Коррозионно-стойкими называют метал­лы и сплавы, которые способны сопротивляться коррозионному воздействию среды. Процессы коррозии в таких металлах проте­кают с малой скоростью. Антикоррозионная защита металлов имеет большое народнохозяйственное значение, поскольку обу­словливает надежность и долговечность эксплуатации машин, ме­ханизмов, различных металлических сооружений (нефте- и газо­проводов, железнодорожных мостов, опор линий электропере­дач и др.).

Практически все металлы (кроме золота, платины и серебра) под действием влаги, воздуха, газов, растворов кислот и щело­чей корродируют и разрушаются. Различают два основных вида коррозии — электрохимическую и химическую.

Электрохимической коррозией называют процесс самопро­извольного взаимодействия металла с коррозионной средой, в хо­де которого последовательно протекают окисление металла и вос­становление окислительного компонента. Она развивается во влажной атмосфере и почве, в морской и речной воде, водных растворах солей, щелочей и кислот. При электрохимической коррозии возникает коррозионный ток и происходит растворе­ние металла вследствие его электрохимического взаимодейст­вия с электролитом. Электролитами при этом могут быть любые жидкости, проводящие электрический ток.

Коррозия большинства металлов протекает по электрохими­ческому механизму. Примерами могут быть ржавление метал­лических конструкций в атмосфере, корпусов судов в речной и морской воде, коррозия оборудования химических предпри­ятий, стальной арматуры гидросооружений.

При соприкосновении металла с электролитом положительно заряженные ионы металла с поверхности переходят в электролит. При этом электролит становится положительно заряженным, а поверхность металла — отрицательно. Между металлом и элек­тролитом возникает электродвижущая сила. Вследствие посто­янного перехода ионов с поверхности металла в электролит будет происходить его постепенное растворение, т.е. коррозия.

Количество электролита при коррозии может быть весьма незначительным. Например, для начала процесса коррозии дос­таточно конденсации влаги из воздуха на поверхности металла, поэтому электрохимическая коррозия наблюдается и в закры­тых помещениях.

В зависимости от условий, в которых протекают коррозион­ные процессы, различают атмосферную, морскую, почвенную, кислотную и щелочную, по характеру разрушения — равномер­ную и местную коррозию. Кроме того, выделяют другие виды коррозионного разрушения.

Кавитационая коррозия — это разрушение металла в резуль­тате электрохимической коррозии и ударного воздействия кавитационных пузырьков электролита при его движении с боль­шой скоростью.

Точечная коррозия — вид местной коррозии в электрохими­чески неоднородной коррозионной среде. Это наиболее опасный вид коррозии, так как распространяется на значительную глу­бину и быстро приводит изделие в негодность. Чаще всего точеч­ная коррозия наблюдается в местах механических повреждений поверхности изделия (риски, царапины, задиры), поэтому она особенно опасна для герметичных конструкций (трубопроводы, емкости, аппараты химической промышленности и т.п.), по­скольку контроль за состоянием их поверхностей затруднен.

Межкристаллитная коррозия представляет собой хрупкое коррозионное разрушение по границам кристаллов, возникающее в результате структурных превращений в процессе эксплуатации.

Коррозия начинается с поверхности и распространяется в глубь изделия, в основном по границам зерен. Этот вид коррозии имеет место также при термической обработке стали или при обработке давлением, если неправильно выбраны режимы нагрева. Такая коррозия мало заметна при визуальном осмотре, поэтому пред­ставляет определенную опасность.

Коррозионная усталость — это разрушение металла при од­новременном воздействии циклических нагрузок и агрессивной среды. Установлено, что разрушение металлов при коррозион­ной усталости более значительно, чем при раздельном воздейст­вии циклических нагрузок и коррозионной среды. Вследствие этого выносливость металлов в коррозионной среде существен­но уменьшается.

Химическая коррозия — разрушение металла вследствие хи­мического взаимодействия с внешней коррозионной средой. Про­дуктами химической коррозии являются химические соединения металла с окислительными компонентами среды, например об­разование ржавчины, вызванное действием кислорода и влаги:

4Fe + 2Н20 + 302 = 2(Fe203 Н20)

Химическая коррозия развивается при воздействии на металл сухих газов (например, продуктов сгорания топлива), сухого во­дяного пара, кислорода, а также жидкостей, не проводящих элек­трический ток.

В чистом виде химическая коррозия наблюдается, например, при высокотемпературном нагреве стали для горячей обработки давлением или термической обработки (образование окалины), на деталях топок и котлов, тепловых двигателей, газо- и нефте­проводов.

В отдельных случаях пленки из образовавшихся при хими­ческой коррозии соединений предохраняют металлы от дальней­шего разрушения. Например, плотная оксидная защитная пленка образуется на поверхности алюминия, никеля, хрома и некото­рых других металлов. Пленки оксидов железа на стальных дета­лях непрочные, они неплотно прилегают к поверхности металла и не препятствуют проникновению коррозии в глубь деталей.

Для оценки степени разрушения металлов в процессе корро­зии принят показатель, называемый коррозионной стойкостью. Коррозионную стойкость металлов можно оценить внешним ос­мотром, при этом определяют характер распространения корро­зии, особенности продуктов коррозии, прочность их сцепления с поверхностью металла и т.п.

Мерой коррозионной стойкости металлов может быть ско­рость коррозии, которую определяют по изменению массы ме­талла в результате коррозии, отнесенной к единице площади поверхности, в единицу времени. В частности, скорость коррозии выражают массой (в граммах) металла, превращенного в про­дукты коррозии за единицу времени (1 ч) и отнесенной к единице его поверхности (1 м2).

На скорость коррозии влияет состав металлов, их механиче­ская и термическая обработка, состояние поверхности, а также температура, характер среды и нагрузки. С повышением темпе­ратуры скорость коррозионных процессов возрастает. Полиро­ванные поверхности окисляются медленнее, так как пленка оксидов более равномерна по толщине и поэтому более прочно сцеплена с поверхностью металла.

По способности противостоять коррозионному воздействию внешней среды металлы подразделяют:

* на коррозионно-стойкие, обладающие стойкостью к элек­трохимической коррозии (например, высоколегированные хро­мистые стали);
* жаростойкие, способные сопротивляться коррозионному воздействию агрессивных газов в ненагруженных или слабо на­груженных конструкциях, при высоких температурах (выше

550 °С);

* жаропрочные, работающие в нагруженных узлах машин и длительно сохраняющие работоспособность при высоких темпе­ратурах;
* кислотостойкие, не разрушающиеся в агрессивных кислот­ных средах.
* Все конструкционные и инструментальные материалы в боль­шей или меньшей степени подвержены коррозионному дейст­вию внешней среды. Большая часть изделий в машиностроении изготовлена из сталей и чугунов, поэтому их защита от корро­зии представляет наибольший интерес.
* Существует много способов защиты металлов от коррозии. Вы­бор того или иного способа определяется конкретными условия­ми работы или хранения изделия. В настоящее время с целью увеличения срока службы изделий и обеспечения надежности их работы используют следующие способы защиты от коррозии: нанесение металлических и неметаллических покрытий, при­менение ингибиторов коррозии, химическая и электрохимиче­ская защита.
* Металлические покрытия применяют для защиты от кор­розии деталей машин и приборов, а также различных металло­конструкций. При этом выбирают металл, обладающий доста­точной коррозионной стойкостью в данной среде. В ряде случаев нанесенные покрытия могут повысить износостойкость не только отдельных деталей, но и изделия в целом.
* Различают два типа металлических покрытий — анодное и катодное. При анодном покрытии изделие защищают метал­лом с большим отрицательным электродным потенциалом. Срок службы анодных покрытий возрастает при увеличении их тол­щины. Анодное покрытие защищает основной металл готовых изделий электрохимически. Для железоуглеродистых сплавов в качестве анодного покрытия может быть использован цинк или кадмий. Покрытие из цинка наносят также на медь, латунь, алюминий. Цинковые покрытия широко применяют для защиты листовой стали, а также водопроводных труб и различных ре­зервуаров от действия воды и других жидкостей.
* Катодные покрытия производят металлами, электродный потенциал которых в данном электролите выше потенциала ос­новного металла. Катодные покрытия создают механическую защиту основного металла. Нарушение сплошности покрытия (например, механическое повреждение) приводит к усилению электрохимической коррозии основного металла. Для сталей катодным покрытием может быть олово, медь, никель.
* Металлические покрытия наносят различными способами. Наиболее часто применяют горячий способ, гальванизацию, а также напыление и плакирование.
* При горячем способе получения покрытия изделие погружают в расплавленный металл, который смачивает поверхность и по­крывает ее тонким слоем. Затем изделие вынимают из ванны и охлаждают. Горячий способ применяют для нанесения тонкого слоя олова (лужение) или цинка (цинкование).
* Лужение применяется в производстве белой жести, для по­крытия внутренних поверхностей пищевых котлов и для дру­гих целей, цинкование — для защиты проволоки, кровельного железа, труб.
* Гальванизация, т.е. нанесение металлических покрытий галь­ваническим путем, основана на физических законах о прохож­дении постоянного электрического тока через жидкую среду- электролит. При этом в качестве анода применяют металл, кото­рый необходимо нанести в качестве покрытия. Катодом служит изделие. При пропускании тока через электролит анод раство­ряется в электролите и наполняет его катионами, которые затем разряжаются на катоде (изделии). Гальванизация обеспечивает нанесение покрытия практически из любого металла на заго­товки также из любого металла. Толщину гальванического по­крытия можно регулировать в достаточно широких пределах.
* Напылением плазменной струей наносят антикоррозионные покрытия из расплавленного металла (металлизация), оксидов, боридов, нитридов и других соединений. Они могут применяться в виде проволоки, прутков или порошков. Аппараты для напыле­ния называются металлизаторами. Преимуществом плазменного напыления является формирование покрытий высокой плотности при хорошей сцепляемости с основанием.
* Плакирование (термомеханическое покрытие) заключается в совместной горячей прокатке основного и защитного металлов. Сцепление между металлами осуществляется в результате диф­фузии под влиянием совместной деформации горячей заготовки. Защищаемый металл покрывают с одной или с обеих сторон ме­дью, медными сплавами, алюминием или нержавеющей сталью.
* Неметаллические покрытия выполняются из лаков, кра­сок, эмалей, смазок, пластмасс и других органических и неорга­нических веществ.
* Наиболее распространенным способом защиты металлокон­струкций, машин и механизмов от воздействия различных аг­рессивных сред являются лакокрасочные покрытия, которые имеют значительные преимущества перед металлическими. Они легко наносятся на изделие, хорошо закрывают поры, не влияют на свойства металла и являются сравнительно недорогими. При правильном подборе лаков и красок и соблюдении технологии их нанесения срок службы покрытий около 5 лет.
* Технологический процесс нанесения лакокрасочного покры­тия включает подготовку поверхности, приготовление лакокра­сочных материалов, нанесение покрытий и их сушку.
* При длительном хранении и транспортировке металлические изделия покрывают специальными консервационными смазками и жирами. При необходимости смазки периодически обновляют.
* Ингибиторы коррозии — это органические и неорганические соединения, которые вводят в небольших количествах в агрес­сивную среду для предотвращения коррозии или уменьшения ее скорости. Ингибиторы коррозии используют, например, для защиты различных трубопроводов, теплообменных аппаратов, нефтедобывающего и химического оборудования.
* Химическая защита заключается в искусственном создании на поверхности изделия защитных пленок. Защитные пленки получают при воздействии на металл сильных химических реа­гентов. Наведение оксидных пленок называют оксидированием. Наиболее широко применяют оксидирование для защиты от кор­розии алюминия, магния и их сплавов.
* На стальных изделиях наводят также пленки из фосфатов мар­ганца и железа. Этот процесс называют фосфатированием. По­лучаемые при этом пленки прочнее оксидных.
* Электрохимическая защита — защита металлов от коррозии при помощи протекторов. Протекторы применяют для защиты конструкций, соприкасающихся с электролитом. Протекторы. — пластины из металла, имеющего в данной среде меньший элек­тродный потенциал, чем потенциал основного металла. Протекто­ры прикрепляют к поверхности защищаемого изделия, в результа­те образуется гальваническая пара, в которой анодом является протектор, а катодом — изделие. В таких условиях протектор будет постепенно разрушаться, защищая основной металл. После полного разрушения протектор заменяют. Таким способом за­щищают, например, подводные части морских судов, прикрепляя к ним цинковые протекторы.
* Катодную защиту применяют для защиты подземных метал­лических сооружений (трубопроводов, кабелей и др.), которые присоединяют к отрицательному полюсу источника постоянного тока, а положительный полюс заземляют.
* Следует заметить, что значительное повышение антикорро­зионных свойств сталей достигается введением в их состав неко­торых легирующих элементов. При оптимальном сочетании таких элементов можно создать композиции, практически не корроди­рующие в данной среде. Так, сталь, содержащая 12 % хрома, коррозионно-стойкая в атмосфере и других средах. Введение в сталь никеля повышает ее кислотостойкость, дополнительная присадка меди повышает антикоррозионность в кислых средах при повы­шенных температурах.

**Раздел 5. Основные способы обработки металлов и сплавов.**

**Тема 5.1.Понятие о литейном производстве.**

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Продукция литейного производства — отливки, могут быть как готовыми деталями, так и заготовками для последующей обработки в механических цехах. В последнем случае на отливках (литых заготовках) предусматриваются при­пуски на обработку. Припуск — это часть металла, который сни­мается в процессе обработки отливки на металлорежущих станках.

Сущность литейного производства заключается в том, что расплавленный металл определенного химического состава заливают в специальную литейную форму, в которой он при охлаждении затвердевает и потом сохраняет очертания этой формы, т.е. конфигурацию пи размеры будущей детали.

В современных машинах масса отливок составляет около 50 % от их общей массы. Широкое использование отливок обусловлено рядом преимуществ литейного производства: возможностью по­лучения разнообразных по массе и конфигурации фасонных отли­вок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов; сравнительной простотой и невысокой стоимостью изготовления литых заготовок; возможностью максимального приближения размеров и формы заготовок к готовым деталям; высоким коэффициентом исполь­зования металла.

Толщина стенок отливок колеблется в довольно широких пределах — от 0,5 до 500 мм, масса — от нескольких граммов до нескольких сот тонн.

Литьем можно получать отливки как простой, так и доста­точно сложной формы, которые невозможно получить другими технологическими методами: поршни и блоки цилиндров дви­гателей внутреннего сгорания, рабочие колеса центробежных насосов, лопатки турбин, станины металлорежущих станков, кузнечных прессов и др.

Основные задачи литейного производства: повышение раз­мерной точности отливок и снижение припусков на обработку; повышение производительности и улучшение условий труда; экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов; более широкое использование в производстве цветного литья вторичного сырья.

Литейное производство — это технологический процесс по­лучения металлических заготовок (отливок) путем заливки рас­плавленного металла в специально приготовленные формы. Сис­тема каналов, через которые литейная форма заполняется жидким металлом, называется литниковой системой.

Литейные формы могут использоваться только один раз или многократно. В связи с этим различают разовые и постоянные формы. Разовые формы разрушаются при извлечении из них от­ливок. Они могут быть изготовлены из песчано-глинистых, пес- чано-смоляных и песчано-керамических формовочных смесей, выполняются они объемными (большой толщины) или оболочко­выми (небольшой толщины). Постоянные формы, обычно выпол­ненные из металла, выдерживают многократную заливку (от сотни до тысячи раз).

В литейном производстве применяются сплавы, обладающие высокими литейными качествами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, небольшой ликвацией и малым газопогло­щением. Основными литейными сплавами являются чугуны и стали, которые используются наиболее широко, а также брон­зы, латуни, сплавы магния и цинка. Масса чугунных отливок составляет около 75 % от общего объема производимого литья, а стальных — более 20 %.

Приготовление литейных сплавов связано с процессом плавле­ния различных материалов. Для выплавки чугуна и стали в ка­честве исходных материалов (шихты) используют литейные или передельные чугуны, чугунный или стальной лом, отходы соб­ственного производства (литники, бракованные отливки, при­были ) и ферросплавы; цветных сплавов — как первичные металлы и сплавы, производимые на металлургических заводах, так и вто­ричное сырье, полученное переплавкой цветного лома.

В литейном производстве широко применяют индукционные высокочастотные печи, позволяющие регулировать состав газовой атмосферы или создавать вакуум, индукционные печи промыш­ленной частоты, электрические дуговые печи и печи сопротивле­ния. Для плавки чугуна применяют также вагранки, представ­ляющие собой шахтные печи, выложенные изнутри огнеупорным кирпичом. Производительность вагранок от 1 до 20 т/ч. В них переплавляется более 80 % чугуна для производства отливок. В зависимости от масштабов производства, размеров и форм отливки могут быть получены различными способами. Основными являются литье в песчано-глинистые формы, литье по выплав­ляемым моделям, в постоянные металлические формы (литье в ко­киль) и в оболочковые формы, литье под давлением и центробеж­ное литье.

**Тема 5.2. Прокатное производство.**

Прокатка — это процесс обжатия заготовки между вращаю­щимися валками прокатного стана с целью придания ей требуе­мой формы и размеров (см. рис. 52, а).

Продукцией прокатного производства является металлопро­кат различных профилей, размеров и назначения.

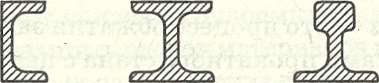
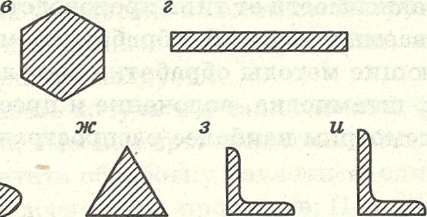
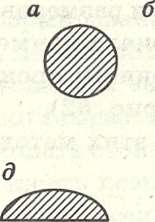
Форму поперечного сечения проката называют профилем. Профиль по длине изделия может быть либо постоянным, либо переменным (периодическим). Перечень наименований профилей, содержащих сведения об основных их размерах и технических характеристиках, называют сортаментом. Наличие сортамента позволяет использовать металл непосредственно в том состоя­нии, в котором он поставлен предприятию металлургическим заводом. При этом затраты на последующую механическую об­работку будут минимальными. Поэтому широкое применение проката является одним из важнейших путей более эффектив­ного использования металла.

Сортамент проката делится на следующие основные группы: сортовой прокат, листовой прокат, трубы и профили специально­го назначения. Исходной заготовкой для проката служат сталь­ные слитки массой до 25 т. Из слитков на обжимных прокатных станах получают заготовки квадратного профиля — блюмы, ис­пользуемые для изготовления сортового проката, и слябы — за­готовки прямоугольного профиля, из которых получают лист и полосы.

Сортовой прокат подразделяют на простой и фасонный (слож­ного профиля). К простому прокату относят профили с простой геометрической формой сечения — круг, квадрат, шестигран­ник и др., к прокату фасонного профиля (рис. 53) — сталь угло­вую, тавр, швеллер и др

Листовой прокат разделяется на тонколистовую и толстолис товую сталь. Листовой прокат толщиной менее 4 мм называют тонколистовым, а более 4 мм — толстолистовым. Ширина листов тонколистовой стали 600...2200 мм. К этому виду продукции относится, например, сталь оцинкованная, жесть бе­лая (покрытая оловом), трансформаторная сталь, стальная лента.

Трубы в зависимости от технологии их производства делят на бесшовные и сварные. Трубы стальные бесшовные прока­тываются с наружным диаметром от 30 до 650 мм и толщиной стенок от 2,5 до



б л м н

Рис. 53. Виды сортового проката общего назначения: а — круг; б — квадрат; в — шестигранник; г — лист; д — сталь сегментная; ж — сталь трехгранная; з, и — сталь соответственно угловая равнобокая и неравнобокая; к — тавр; л — швеллер; м — двутавр; н — рельс

55 мм. Трубы сварные с наружным диа­метром до 1420 мм изготавливают из полосы толщиной до 20 мм. В настоящее время осваивается производство сварных труб для магистральных газопроводов диаметром до 2200 мм.

К профилям специального назначения относятся, например, заготовка вагонной оси, цельнокатаные колеса для вагонов, зуб­чатые колеса. Этот вид проката чаще всего применяется как фа­сонная заготовка для последующей штамповки или как заготов­ка под механическую обработку.

Все геометрические параметры стального проката регламен­тированы соответствующими стандартами.

Технологический процесс прокатного производства включает следующие обязательные операции: подготовка исходного ма­териала, его нагрев, удаление окалины, прокатка и отделка. Иногда прокатную продукцию подвергают различным операциям термической обработки.

Нагрев металла перед прокаткой повышает его пластичность и улучшает физико-механические свойства. Однако в обычных пламенных печах на поверхности многих металлов и сплавов образуется окалина, которая в процессе прокатки вдавливается в поверхность металла, что существенно ухудшает качествен­ные характеристики проката. Поэтому удаление окалины перед прокаткой является одной из основных операций прокатного производства. Наилучшим способом удаления окалины является гидроочистка. С этой целью на рабочих клетях устанавливают сопла для подачи на заготовку воды под давлением до 10 МПа. Для снижения окалинообразования нагрев ведут в электриче­ских печах.

Прокатка листов, полос и фольги производится в валках с глад­кой рабочей поверхностью. Для получения фасонного проката используют калиброванные валки с ручьями (канавками) по ок­ружности. Совмещенные ручьи одной пары валков образуют ка­либры. Пример калибровки валков для прокатки балок двутав­рового сечения показан на рис. 54. При пропускании прокаты­ваемой заготовки через серию калибров постепенно происходит

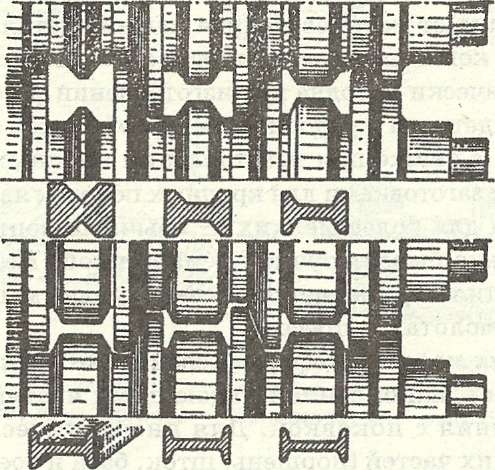


Рис. 54. Калибры валков для прокатки балок двутаврового сечения

Для обработки поковок используют кувалды, ручники, гла­дилки, прошивки, зубила, обжимки и другие инструменты. К инструменту для удержания относятся различные клещи и на­ковальни. Для измерения поковок применяют линейки, уголь­ники, кронциркули, шаблоны и др.

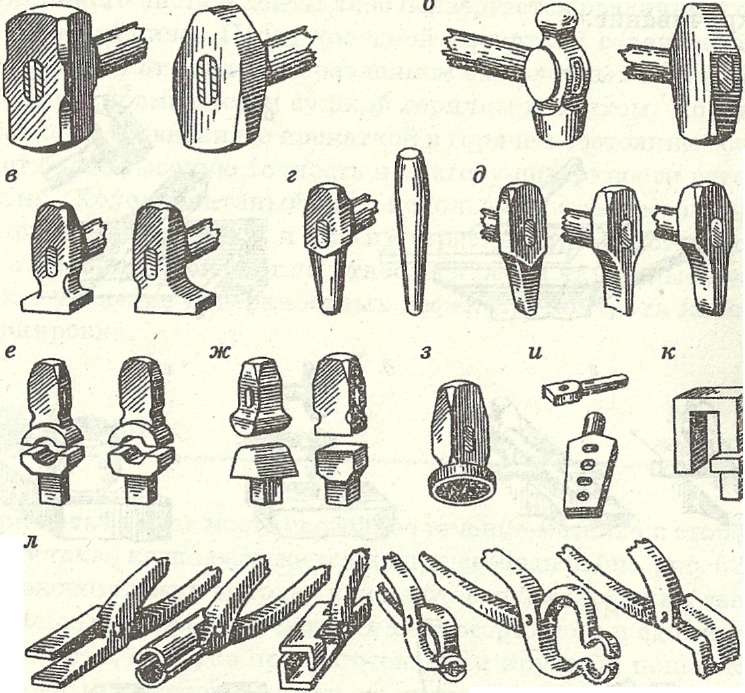


Рис. 56. Инструмент для ручной ковки: а — кувалды; б — ручники; в — гладилки; г — прошивки; д — зубила; е — обжимки; ж — подбойки; з — вершник; и — гвоздильни; к — скоба; л —

клещи

Технологический процесс свободной ковки состоит из подбо­ра и нагрева заготовки, собственно ковки на молоте или прессе, отделки и контроля полученной поковки. В случае серийного производства разрабатывают технологические карты на каждую операцию, в которых отражается последовательность процесса изготовления поковки с расчетом норм времени на обработку.

Для механизации тяжелых и трудоемких операций ковки при­меняют различные краны, кантователи и манипуляторы, создают кузнечные машины с программным управлением, автоматизи­руют управление ковочными машинами.

**Тема 5.3. Физические основы процесса. Электродуговая сварка.**

Важнейшим промышленным видом сварки металлов в настоя­щее время является электродуговая сварка. Она используется для получения неразъемных соединений черных и цветных ме­таллов. При этом способе сварки кромки деталей и конец элек­трода разогреваются до плавления электрической дугой.

Электрическая дуга — это длительный мощный электриче­ский разряд в газовой среде между двумя электродами. Дуга заго­рается при кратковременном соприкосновении электрода и .основ­ного металла и последующем их разъединении. При соприкосно­вении электрода с изделием устанавливается режим короткого замыкания, а после отвода электрода от изделия на 3...4 мм зажигается дуга (рис. 66). При установившемся режиме дуга

Технологическими параметрами режима сварки являются сила сварочного тока, напряжение и скорость процесса. Сила сварочного тока согласуется с толщиной свариваемых деталей и выбирается в зависимости от типа и толщины электрода. Обыч­но она не превышает 250 А. Рабочее напряжение при установив­шейся дуге не превышает 25 В, хотя для зажигания дуги требу­ется напряжение 45...50 В. Следствием неправильно выбранного режима могут быть различные дефекты сварных швов — непро- вары, трещины, шлаковые включения, поры, пережог и др. Силу сварочного тока регулируют изменением воздушного зазора S в магнитопроводе дросселя (см. рис. 67). При максимальном S магнитное сопротивление будет наибольшим, магнитный поток — наименьшим. Так как э.д.с. самоиндукции определяется исклю­чительно магнитным потоком, то она в данном случае будет мини­мальной. Следовательно, приложенное напряжение будет гасить­ся в меньшей степени, что обусловит й цепи максимальный ток.

Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой металлические стержни диаметром от 1 до 12 мм и длиной до 450 мм. Их изготавливают из специальной сварочной проволоки марок Св08, Св08Г, Св10Г2 и др. Содержание углерода в прово­локе, как правило, ограничивается, что улучшает пластичность наплавленного металла. Электроды диаметром 1...2 мм приме­няют для сварки металла толщиной до 2 мм. С увеличением тол­щины свариваемого металла диаметр электродов увеличивают, например при сварке металлов толщиной 5... 10 мм используются электроды диаметром 4...5 мм.

Стальные электроды для ручной дуговой сварки покрывают специальными обмазками для обеспечения более устойчивого горения дуги и повышения качества сварного шва. Применяют электродные обмазки двух видов — тонкие и толстые. Тонкие обмазки (обычно мел и жидкое стекло) используют только для обеспечения устойчивости горения дуги. Их применяют для свар­ки малоответственных изделий из углеродистой стали. Для сварки ответственных изделий применяют электроды с толстой обмаз­кой (покрытием). В их состав входят шлакообразующие, легирую­щие, раскисляющие, ионизирующие и связующие компоненты.

Для сварки высоколегированных сталей применяют электро­ды из электродной проволоки, имеющей примерно такой же со­став, как и свариваемая сталь.

Сварочный пост организовывается, как правило, в отдельной кабине и огораживается от остальной части цеха плотной шир­мой. Он должен иметь рабочий стол, сборочно-сварочные приспособ­ления, контрольно-измерительные инструменты и приборы, элек- трододержатель, гибкий кабель для подвода тока, электроды и др. Сварщики обеспечиваются спецодеждой и спецобувью, а также предохранительными щитками или шлемами со специальными светофильтрами для защиты глаз и лица от ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, излучаемых электрической дугой.

Ручная дуговая сварка достаточно трудоемка, для ее проведения требуются высококвалифицированные сварщики, поскольку ка­чество сварных швов во многом зависит от их навыков и способ­ностей. Скорость ручной дуговой сварки не превышает 1,6 м/ч.

При автоматической сварке обеспечивается автоматическое зажигание дуги, автоматически поддерживается стабильный режим ее горения в процессе сварки. Кроме того, механизиру­ются подача электродной проволоки в сварочную ванну по мере расходования электрода и передвижение дуги вдоль шва. Если механизировано только одно движение, а второе — выполняет сварщик, то имеет место полуавтоматическая сварка.

Наиболее часто применяется автоматическая сварка под слоем флюса (рис. 68). Дуга при этом горит в газовом пузыре, образо­ванном парами металла и компонентами флюса. Флюс поступает в зону сварки из бункера. Часть флюса, окружающего дугу, рас­плавляется, образуя на поверхности расплавленного металла ванну жидкого шлака.

2

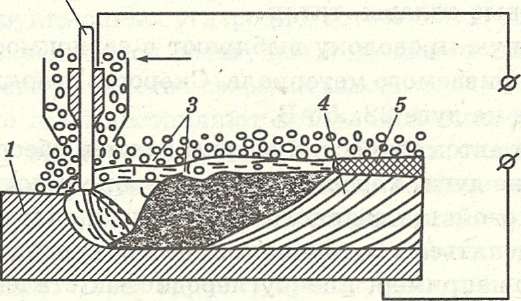


Рис. 68. Схема автоматической сварки под слоем флюса: 1 — свариваемый металл; 2 — стержень электрода; 3 —• расплавленный флюс; 4 — сварной шов; 5 — шлаковая корка

Образовавшаяся после затвердевания расплава шлаковая корка легко удаляется. Благодаря такой за­щите снижаются потери тепла на излучение, уменьшаются угар и разбрызгивание металла, снижаются термические напряжения. Кроме того, флюс защищает дугу и сварочную ванну от влияния окружающей атмосферы и обеспечивает хорошее формирование шва. При автоматической сварке под слоем флюса производи­тельность повышается в 5... 10 раз по сравнению с ручной дуго­вой сваркой.

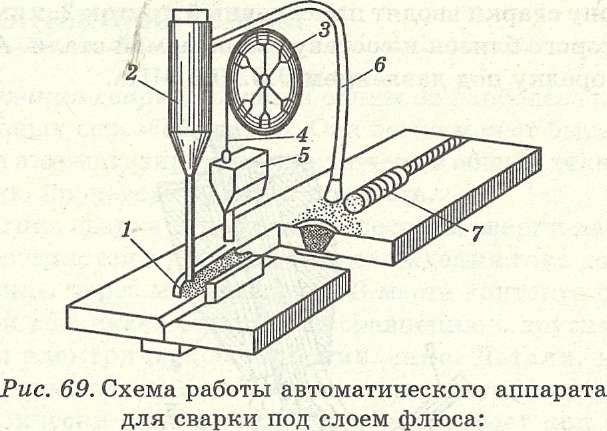
Сварку под слоем флюса проводят автоматическими свароч­ными аппаратами (рис. 69), перемещающимися непосредствен­но по изделию. Сварочная головка 5 подает с катушки 3 в зону горения дуги 1 электродную проволоку 4. Сварочная дуга обра­зуется между основным металлом и электродной проволокой. По мере образования сварного шва сварочная головка автомати­чески перемещается вдоль стыка свариваемых изделий. Гранули­рованный флюс из бункера 2 непрерывно засыпается в разделку шва перед дугой. При горении дуги основной металл и электрод­ная проволока расплавляются под слоем флюса. Часть флюса от соприкосновения с дугой расплавляется и при остывании об­разует твердую корку, покрывающую шов. Флюс, оставшийся поверх корки, отсасывается обратно в бункер через трубку 6.

Автоматическую сварку под слоем флюса применяют пре­имущественно для сварки прямолинейных и кольцевых швов. При этом толщина свариваемых металлов составляет 2...100 мм. Сваривать можно углеродистые и легированные стали, медные и алюминиевые сплавы, титан.

Электродную проволоку выбирают в зависимости от марки и состава свариваемого материала. Скорость сварки 30...50 м/ч. Напряжение на дуге 22...55 В.

Флюс для автоматической сварки должен обеспечить устой­чивое горение дуги, хорошее формирование и достаточные ме­ханические свойства сварного шва. При плавлении флюса не должны выделяться в большом количестве вредные газы и дым. Для сварки, например, низкоуглеродистых сталей применяют флюсы, содержащие марганцевую руду, плавиковый шпат, квар­цевый песок и ферросилиций. Иногда в состав флюсов для улуч­шения их технологических свойств вводят фторид кальция CaF2.

1 — зона горения дуги; 2 — бункер для гранулированного флюса; 3 — ка­тушка с электродной проволокой; 4 — электродная проволока; 5 — свароч­ная головка; 6 — трубка для отсоса флюса; 7 — шлаковая корка



Для защиты свариваемого металла от воздействия кислорода и азота воздуха часто применяют дуговую сварку в защитных газах. В качестве защитных газов используют аргон, гелий, уг­лекислый газ. Эти способы обеспечивают лучшее качество свар­ных швов, чем при сварке на открытом воздухе.

Аргон и гелий — инертные газы, которые химически не взаи­модействуют с расплавами металлов и не растворяются в них. Их используют для сварки химически активных металлов (магния, титана, алюминия и др.), а также высоколегированных сталей.

Сварку в углекислом газе применяют для соединения загото­вок из конструкционных углеродистых сталей. В отдельных слу­чаях используют смеси газов, которые обеспечивают лучшие технологические свойства сварных швов.

Защитные газы поставляют в баллонах емкостью 40 л под давлением 15 МПа (аргон, гелий) и 6...7 МПа (углекислый газ).

Наибольшее промышленное применение имеет аргонодуговая сварка. Обычно она выполняется неплавящимся вольфрамовым электродом 3 (рис. 70), установленным в мундштуке 4 специ­альной горелки. Через горелку пропускают аргон (или гелий), который создает вокруг зоны сварки защитную газовую оболочку. Возбуждение электрической дуги 6 происходит между электро­дом и свариваемой деталью 1. Для заполнения жидким металлом ванны в зону сварки вводят присадочный пруток 2, химический состав которого близок к составу свариваемой стали. Аргон по­дается в горелку под давлением 0,3...0,5 МПа.

.3

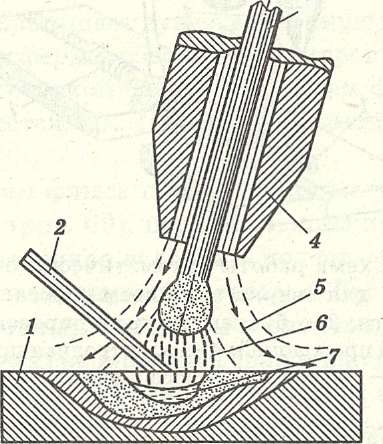


Рис. 70. Схема аргонодуговой сварки: 1 — свариваемая деталь; 2 — присадочный пруток; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — мундштук; 5 — поток аргона; 6 — электрическая дуга; 7 — расплавленный металл

Большинство металлов сваривают на постоянном токе пря­мой полярности. Такое включение («плюс» на изделии) обеспечи­вает более высокую стойкость вольфрамового электрода. Поэтому, например, при диаметре электрода 3 мм при прямой полярно­сти допускается сила тока 140...280 А, а при обратной — только 20...40 А. При обратной полярности резко повышается нагрев электродов и их расход. Это объясняется тем, что в электриче­ской дуге наибольшее количество теплоты выделяется на аноде. Поэтому для сварки многих цветных металлов используют пе­ременный ток.

Сварка вольфрамовым электродом может выполняться в руч­ном режиме или же с помощью специальных полуавтоматиче­ских и автоматических установок. Напряжение на дуге 12...16 В, сварочный ток 120...160 А, расход аргона 6...7 л/мин. Автома­тическую сварку вольфрамовым электродом применяют для со­единения заготовок сравнительно небольшой толщины — до 4 мм, без разделки кромок.

**Тема 5.4. Газовая сварка и резка металла.**

При газовой сварке кромки металла и присадочный матери­ал нагреваются пламенем, получаемым при сгорании горючих газов в кислороде.

В качестве горючих можно использовать ацетилен, природ­ные газы, пары бензина и керосина и др. Сварочное пламя долж­но иметь максимально высокую температуру, быть экономичным и нейтральным по отношению к жидкому металлу. Наиболее часто используют ацетилен С2Н2, поскольку он имеет наиболь­шую теплоту сгорания, температура пламени при горении в чис­том кислороде 3150 °С.

Кислород, необходимый для проведения газосварочных ра­бот, получают обычно из воздуха методом его сжижения при очень глубоком охлаждении. Хранят и транспортируют кислород в спе­циальных баллонах емкостью 40 л под давлением 15 МПа. В од­ном баллоне содержится около 6 м3 кислорода. Кислородные баллоны окрашивают в голубой цвет. Баллоны подлежат испы­танию каждые 5 лет.

Обычно ацетилен получают непосредственно на месте произ­водства сварочных работ из карбида кальция при взаимодейст­вии его с водой по реакции

СаС2 + 2НаО = С2Н2Т + Са(ОН)2

Из 1 кг карбида кальция можно получить около 320 л ацети­лена. Для получения ацетилена используются специальные аце­тиленовые генераторы.

Для сварки можно использовать и ацетилен из баллонов, где он находится в растворенном виде. Баллоны для ацетилена за­полняют специальным активированным древесным углем, про­питанным ацетоном. Ацетилен хорошо растворяется в ацетоне и перестает быть взрывоопасным. В баллонах ацетилен нахо­дится под давлением 1,5... 1,6 МПа. При избыточном давлении выше 1,75 МПа ацетилен взрывоопасен. Ацетиленовые баллоны окрашивают в белый цвет.

Сварку проводят при непосредственном питании от генератора или от ацетиленового баллона. Для понижения давления сжатого газа, забираемого из баллонов, применяют специальные редук­торы. Они поддерживают давление на выходе из баллона посто­янным независимо от давления газа в баллоне. Кислородные редукторы могут устанавливать давление от 0,3 до 1,5 МПа, ацетиленовые — от 0,02 до 0,05 МПа. Редукторы, применяемые при газовой сварке, обычно имеют два манометра, один показы­вает давление газа в баллоне, а другой — давление газа на выхо­де из редуктора, т.е. рабочее давление газа.

Посты газовой сварки бывают стационарными и передвиж­ными. Питание стационарных постов осуществляется обычно от ацетиленового генератора и баллонов с кислородом, а пере­движных — от баллонов с кислородом и ацетиленом.

Схема оборудования для передвижного газосварочного поста показана на рис. 75, а. Ацетилен и кислород по специальным шлангам 1 и 3 от баллонов, снабженных регуляторами давления газа (редукторами и манометрами) 2, подводятся к газовой го­релке .

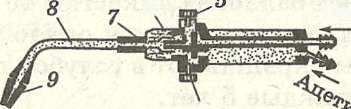
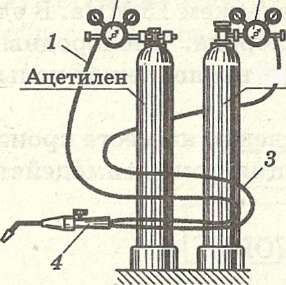


Рис. 75. *Оборудование для передвижного газосварочного поста (а) и схема инжекторной горелки (б):* 1,3 *— шланги подачи соответственно ацетилена и кислорода;* 2 *— регуля­торы давления газа;* 4 *— сварочная горелка; 5 — вентили;* 6 *— инжектор; 7 — смесительная камера;* 8 *— наконечник горелки;* 9 *— мундштук*

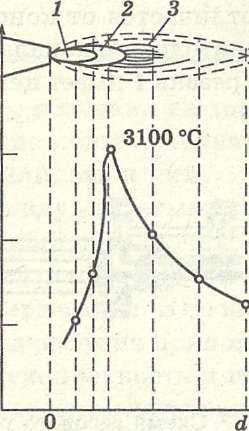
Дозировка и смешивание кислорода и ацетилена происходит в сварочной горелке. Наибольшее распространение в промыш­ленности получили инжекторные горелки, работающие на прин­ципе засасывания ацетилена (рис. 75, б).

Кислород под давлением 0,3...0,4 МПа поступает в горелку и через регулируемый вентиль 5 попадает к инжектору 6. Выхо­дя с большой скоростью из сопла инжектора, кислород создает значительное разрежение в смеситеной камере 7 за инжектором и засасывает ацетилен в каналы горелки. Образовавшаяся в сме­сительной камере горючая смесь по трубке наконечника 8 по­ступает к выходному отверстию мундштука 9.

Основным технологическим параметром газовой сварки яв­ляется мощность сварочного пламени, которая подбирается по толщине свариваемых деталей, измеряется расходом газа и ре­гулируется сменными наконечниками газовой горелки, имею­щими различные диаметры выходных отверстий инжектора и мундштука, что дает возможность регулировать мощность сварочного пламени. Присадочный металл в виде прутков или проволоки вводят в пламя горелки.

Сгорание смеси происходит на выходе из мундштука. Ацети- ленокислородное сварочное пламя (рис. 76) состоит из трех зон: ядра пламени 1, сварочной (восстановительной) зоны 2 и факела (окислительной зоны) 3.

В зависимости от соотношения (по объему) ацетилена и ки­слорода в горючей смеси пламя может быть нормальным, окис­лительным и науглероживающим. Регулируют характер пламени визуально по его цвету. Газовое пламя считается нормальным, когда соотношение газов 02 : С2Н2 = 1 или несколько больше. Нормальным пламенем сваривают большинство сталей. При увеличении содержания кислорода в смеси пламя приобретает голубоватый оттенок и имеет четко очерченное ядро. Такое пламя является окислительным и его используют при сварке латуней. При недостатке 02 (избытке ацетилена) пламя становится коп­тящим, удлиняется и приобретает красноватый оттенок. Такое пламя называется науглероживающим, его используют для сварки чугуна.



t,° С 3000

2000

1000

, см

Рис. 76. Схема ацетиленокислородного сварочного пламени и график изменения температуры пламени: 1 — ядро пламени; 2 — сварочная (восстановительная) зона; 3 — факел (окислительная зона); d — расстояние от мундштука горелки до зоны

пламени

Газовой резкой называется процесс сгорания металла в струе кислорода. Резка может быть ручной и машинной. Для ручной резки применяют резак (рис. 77), имеющий сменные мундштуки.

Конструкция резака отличается от конструкции сварочной го­релки наличием дополнительного канала 2 для подачи режущего кислорода. Мундштук резака 1 имеет центральное отверстие для режущего кислорода.

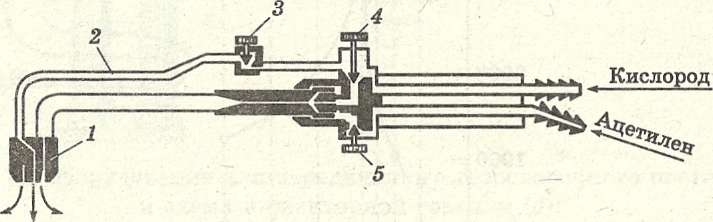


Рис. 77. Схема газового резака: 1 — мундштук; 2 — канал для режущего кислорода; 3, 4, 5 — вентили

При кислородной резке металл в месте разреза нагревают га­зовым пламенем до температуры его воспламенения в кислоро­де, затем на нагретую поверхность направляют струю режущего кислорода. Воспламенившийся металл выделяет при горении большое количество теплоты, которое вместе с подогревающим пламенем разогревает следующие слои. Вследствие этого горе­ние распространяется на всю толщину металла. Образующиеся при сгорании металла оксиды сдуваются струей кислорода.

Газокислородной резке хорошо поддаются конструкционные стали с содержанием углерода до 0,7 %. Кислородная резка чу­гуна затруднена, так как чугун начинает плавиться раньше, чем успевает нагреться до температуры воспламенения в кисло­роде. По этой же причине не поддаются обычной резке медные и алюминиевые сплавы. Медные сплавы, кроме того, имеют вы­сокую теплопроводность.

Газокислородная резка позволяет резать листы металла тол­щиной до 300 мм простейшей аппаратурой, проводить резку на монтаже и в полевых условиях, широко используется почти во всех областях металлургической и металлообрабатывающей про­мышленности, применяется также при раскрое листовой стали, вырезке косынок, кругов, фланцев и других фасонных заготовок.

Не поддающиеся обычной газовой резке высоколегированные стали, чугуны, некоторые цветные металлы и сплавы разрезают, используя способ кислородно-флюсовой резки.

**Раздел 6. Неметаллические материалы теплоэнергетического оборудования и трубопроводов.**

**Тема 6.1. Теплоизоляционные материалы.**

Теплоизоляционные материалы характеризуются низкой тепло­проводностью, оценивающейся соответствующим коэффициентом, показывающим, какое количество тепловой энергии (Вт) пропус­кает 1 м2 материала толщиной в 1 м при перепаде температур в 1 °С в течение часа. Теплопроводность материалов в основном зависит от их пористости и влажности. Зависимость теплоизоляционных свойств материала от пористости обусловлена малой теплопровод­ностью воздуха, содержащегося в порах материала.

Теплоизоляционными материалами условно считаются те, по­ристость которых обеспечивает коэффициент теплопроводности меньше 0,21 Вт/(м • °С) и объемную массу не более 700 кг/м3.

Основные требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам: негигроскопичность, так как при увлажнении повыша­ется их теплопроводность; механическая прочность, которая дол­жна обеспечивать надежность материала при монтаже и эксплуата­ции; высокая биостойкость, исключающая гниение и порчу грызу­нами; химическая стойкость, обеспечивающая неразрушаемость под действием жидкостей и газов.

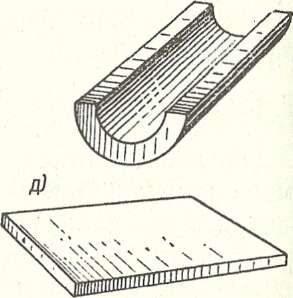
Теплоизоляционные материалы и изделия классифицируются: по виду исходного сырья, форме и строению материала; по назначе­нию и области применения.

По виду исходного сырья теплоизоляционные материала и из­делия разделяют на две группы — органические и неорганичес­кие.

К органическим теплоизоляционным материалам относятся дре­весноволокнистые, древесно-стружечные, торфяные и камышито­вые плиты, а также изделия из пластмасс.

К неорганическим теплоизоляционным материалам относятся ми­неральная вата и изделия из нее, стеклянная вата и изделия из нее, пеностекло, трепельные керамические изделия, асбестсодержащие изделия (асбестоцемештные, асбестодоломитовые, асбестомагнези- альные и т.д.), а также сыпучие теплоизоляционные материалы — керамзитовый гравий, вспученные вермикулит и перлит.

По форме теплоизоляционные материалы делят на штучные и сыпучие.



Штучные материалы (рис. 5.1) получают формованием и прида­нием им различных форм и размеров — плиты, маты, полуцилинд­ры, скорлупы, сегменты и др.

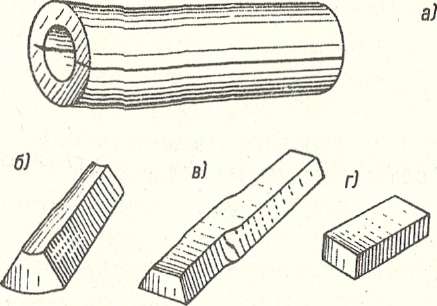


Рис. 5.1. Форглованные теплоизоляционные изделия: а Полуцилиндры; б — сегмент; в — сегмент, выпиленный из плиты; г — кирпич; д — плита

Сыпучие материалы получают в виде бесформенных масс волок­нистого строения или порошкообразных масс зернистого строения, а также в виде их смесей. Это керамзитовый гравий, вспученный вермикулит, необработанная (комковатая) или гранулированная минеральная вата, торфяная крошка, древесная шерсть.

Порошкообразные смеси, применяемые в виде мастик для тепло­изоляции трубопроводов и оборудования, также относят к сыпучим материалам. Например, для этих целей используют асбозурит, ас- бестотрепельный порошок.

Штучные (формованные) изделия подразделяют на жесткие и гиб­кие. К первым относят плиты, блоки, кирпич, скорлупы и др. (см. рис. 5Д)5 ко вторым — маты, войлоки, шнуры и т.п.

По типу применения материалы разделяют на две группы: для тепловой изоляции холодных поверхностей в зданиях (стен, пере­крытий) и для изоляции горячих поверхностей (теплопроводов, оборудования).

Деление теплоизоляционных материалов по виду применения можно считать условным, поскольку многие материалы, особенно неорганические, используют для теплоизоляции как строительных конструкций, так и промышленного оборудования. К таким мате­риалам относят минеральную и стеклянную вату, пеностекло, яче­истые бетоны и др. Для теплоизоляции промышленного оборудо­вания, работающего при более высоких температурах, чем строи­тельные конструкции, применяют, как правило, эффективные материалы с меньшим значением теплопроводности.

По структуре вещества (его строению) теплоизоляционные ма­териалы разделяют на несколько групп: ячеистые, волокнистые, зернистые, пластинчатые.

Строение материала влияет не только на его теплоизоляционные свойства, но и на другие показатели. На теплоизоляционные свой­ства материалов оказывает влияние их структура, особенно на ма­териалы волокнистого строения, так как теплопроводность поперек волокон значительно меньше, чем вдоль них (древесины, например, в 2 раза).

5.1.1. Органические теплоизоляционные материалы

Органические теплоизоляционные материалы изготовляются из растительного, животного или синтетического сырья.

К теплоизоляционным материалам на основе растительного сырья относятся торфяные плиты, изготовляемые из слаборазло- жившегося торфа с добавками, повышающими водо- и биостойкость и понижающими горючесть.

Температура применения ограничена + 100 °С. Основное назна­чение торфоплит — тепловая изоляция строительных конструкций, холодильного оборудования и трубопроводов с температурой до -60 °С.

Торфоплиты изготовляются мокрым и сухим способом и фор­муются размером 1000 х 500 х 30 мм, толщиной 60 и 90 мм.

Выпускают торфоплиты обыкновенные и с повышенной водо- и биостойкостью (табл. 5.1).

Таблица 5.1 Технические характеристики торфяных теплоизоляционных плит

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Обыкновенные | Специальные |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м ■ "С) | 0,058 | 0,0559 |
| Объемная масса при влажности 15%, кг/м3 | 170 | 220 |
| Предел прочности при изгибе, кПа/см2 | 300\* | 300 |

Материал хранится и транспортируется в жесткой таре в усло­виях, исключающих его увлажнение, повреждение и возможность возгорания.

Древесно-волокнистые плиты изготовляют из древесного волок­на с добавлением веществ, повышающих водостойкость, биостой­кость и огнестойкость.

Древесно-волокнистые плиты подразделяются на мягкие, полу­твердые, твердые и сверхтвердые.

Для целей теплоизоляции используют мягкие древесно-волокни­стые плиты, так как они обладают малой теплопроводностью. Мяг­кие плиты выпускают следующих марок: М-4, М-12, М-20 (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Технические характеристики древесно-волокнистых мягких (изоляционных) плит

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | М-4 | М-12 | М-20 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) | 0,047 | 0,06 | 0,08 |
| Объемная масса при влажности 15% кг/м3 | 150 | 350 | 350 |
| Предел прочности при изгибе, кПа/см2 | 400 | 1200 | 2000 |

Древесно-волокнистые плиты выпускают следующих размеров, мм: длина 1200,1800,2500,2700,3000; ширина 1200,1700; толщина 8, 10, 12, 16, 25.

Пробковые плиты изготовляют из отходов пробкового производ­ства. Эти плиты обладают стойкостью против гниения, низким водопоглощением, малой объемной массой и достаточной огнестой­костью (не горят открытым пламенем, а лишь медленно тлеют), не поражаются домовым грибом и не повреждаются грызунами. Объемная масса пробковых плит 150—250 кг/м3, теплопроводность 0,047—0,093 Вт/(м • °С). Пробковые плиты вырабатывают размером 100 х 50 см, толщиной 25—125 мм.

Из-за высокой стоимости пробковых плит и дефицитности сы­рья (натуральная пробка — кора пробкового дуба) плиты применя­ют в особо ответственных случаях, например для теплоизоляции холодильников.

Теплоизоляционные материалы на основе синтетического сырья изготовляют различными способами из синтетических смол. Сырь­ем для их изготовления служат термопластичные (полистирольные, поливинилхлоридные, полиуретановые) и термореактивные (моче-виноформальдегидные) смолы, вспенивающие вещества, наполни­тели, пластификаторы и др.

Синтетические теплоизоляционные материалы делятся на дне группы в зависимости от структуры: пенопласты и поропласты.

Пенопласты характеризуются малой плотностью и наличием несообщающихся между собой полостей или ячеек, заполненных газом или воздухом. Поропласты имеют структуры пор, сообща­ющихся между собой.

Пенополистирол — теплоизоляционный материал из группы пенопластов, представляет собой твердую пену с равномерной пори­стой структурой. Пенополистирол выпускают в виде плит размером 1000 х 500 х 100 мм.

Наиболее часто применяются плиты ПСБС со следующими тех­ническими характеристиками: коэффициент теплопроводности 0,05 Вт/(м • °С); объемная масса 25-40 кг/м3; предел прочности при изгибе 70—180 кПа/см2; температура применения от—180 до +70 "С.

Эти плиты стойки к воде, кислотам, щелочам, растворимы в нитросоединениях (бензин, минеральные масла, эфир), сгораемы (самозатухающие). Применяются как эффективный утеплитель в холодильных установках, для теплоизоляции оборудования и стро­ительных конструкций.

Пенопласт ФРП-1 относится к трудносгораемым теплоизоляци­онным материалам. Это жесткий газонаполненный пластик, изго­товленный на основе фенолформальдегидной смолы, светло-корич- невого цвета, с мелкопористой однородной структурой.

Изделия из пенопласта ФРП-1 применяются для тепловой изо­ляции трубопроводов, прокладываемых в тепловых сетях подзем­ных прокладок, и в холодильной технике (с защитой от увлажнения), а также в строительных конструкциях. Материал изготовляется путем смешения двух жидких, взрывобезопасных и трудно воспламеня­емых компонентов в следующих соотношениях по массе: резольная смола (ФРВ-1) 4—6, отвердитель (ВАГ-3) — 1. Изготовленная таким способом композиция заливается в полости, образуемые между фор­мой, устанавливаемой на участке трубопровода, или опалубкой и изолируемой поверхностью оборудования. Заливаемая композиция вспенивается и отверждается в результате химической реакции в те­чение 6—8 мин.

Технические характеристики изделий из пенопласта марки ФРП-1: коэффициент теплопроводности, при температуре 20 °С— 0,045 Вт/(м • °С); плотность 40-60 кг/м3.

Изделия из пенопласта ФРП-1 выпускают в виде: полуцилинд­ров внутренним диаметром 45—273 мм; трети цилиндра внутренним диаметром 325—920 мм; четверти цилиндра внутренним диаметром 920—1020 мм. Длина этих изделий 1500 мм. Применяются они для тепловой изоляции теплопроводов.

Изделия из пенопласта при хранении предохраняются от увлаж­нения. Они транспортируются в деревянных ящиках.

Пенопласт плиточный марки ПХВ — жесткая, пористая по своей структуре пластмасса с замкнутыми порами, изготовляется на ос­нове поливинилхлорида. В зависимости от объемноймассы плиточ­ный пенопласт ПХВ выпускается четырех марок (табл. 5.3).

Таблица 5.3.Технические характеристики пенопласта плиточного ПХВ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | ПХВ-1-85 | ПВХ-1-115 | ПХВ-2-150 | ПХВ-2-195 |
| Объемная масса, кг/м3 | 85 | 115 | 150 | 195 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) | 0,059 | 0,058 | 0,058 | 0,058 |
| Предел прочности при изгибе, кПа/см2 | 400 | 700 | 800 | 1500 |

Размер поставляемых плит, мм: длина 520—750, ширина 520—750, толщина 35—70.

Плиты из пенопласта применяют для изоляции строительных конструкций и в холодильных установках (оборудование, трубопро­воды). Температура применения от—180 до +70°С.

Пенопласт пенополиуретановый марки ППУ-ЗН6 — газонапол­ненная мелкопористая жесткая пластмасса, получаемая в результа­те реакций между несколькими химикатами. Вспененная масса посредством пистолета наносится на изолируемые поверхности. Материал самозатухающий (при изъятии из пламени не горит).

Технические харатеристики пенопласта пенополиуретанового мар­ки ППУ-ЗН6: коэффициент теплопроводности 0,028-0,035 Вт/(м • °С); плотность 40—60 кг/м3; предел прочности при сжатии 200 кПа/см2 температура применения от—180 до +70°С.

Размеры выпускаемых плит 1000 х 1500 и 1000 х 2000 мм. Для снижения теплоотдачи лучистого тепла поверхность теплоизоляци­онных плит с одной или двух сторон защищают алюминиевой фоль­гой марок АО, АЮ толщиной от 5 до 40 мкм. Примером таких теп­лоизоляционных материалов с повышенным отражательным эф­фектом может служить Пенофол — полиэтиленовый вспененный лист (табл. 5.4).

Таблица 5.4 Технические характеристики Пенофола

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Толщина, мм | Плотность,  кг/м3 | Ширина, см | Длина, м | Площадь, | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) |
| А (односто­ | 3 |  |  | 30 | 36 |  |
| ронний) | 4 |  |  | 30 | 36 |  |
|  | 5 | 44 | 120 | 30 | 36 | 0,037 |
|  | 8 |  |  | 15 | 18 |  |
|  | 10 |  |  | 15 | 18 |  |
| В(двусто- ' | 3 |  |  | 30 | 36 |  |
| ронний) | 4 |  |  | 30 | 36 |  |
|  | 5 | 54 | 120 | 30 | 36 | 0,032 |
|  | 8 |  |  | 15 | 18 |  |
|  | 10 |  |  | 15 | 18 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Толщина, мм | Плотность, кг/м3 | Ширина, см | Длина, м | Площадь, м2 | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) |
| С (односто­ронний, самоклейка) | 3 | 74 | 58 | 30 | 17,4 | 0,038 |
| 4 | 30 | 17,4 |
| 5 | 30 | 17,4 |
| 8 | 15 | 8,7 |
| 10 | 15 | 8,7 |

*Неорганические теплоизоляционные*

Теплоизоляционные материалы и изделия из неорганического сырья изготовляют из горных пород, шлаков, стекла и асбеста.

Минеральная вата — теплоизоляционный материал, получаемый из расплава горных пород и металлургических шлаков. Она состо­ит из тонких и гибких стекловидных волокон. Минеральную вату, получаемую из расплава горных пород, называют горной, а из рас­плава шлаков — шлаковатой. Процесс производства минеральной ваты состоит из двух основных операций: расплавления сырьевой смеси и превращения расплава в волокна.

Вследствие высокой пористости минеральной ваты, содержащей до 95% объема воздушных пустот, она имеет хорошие теплоизоля­ционные свойства. Длина волокон минеральной ваты в зависимос­ти от способа производства 2—60 мм. Вата должна содержать не менее 80—90 % тонкого волокна диаметром менее 7 мкм, более тол­стые волокна диаметром до 60 мкм допускаются в пределах 10—20%.

Минеральную вату выпускают четырех марок: 75,100,125 и 150 (табл. 5.5).

Таблица 5.5Технические характеристики минеральной ваты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Марка | | | |
| 75 | 100 | 125 | 150 | |
| Объемная масса под действием удельной нагрузки в 0,02 кгс/см2, кг/м3, не более | 75 | 100 | 125 | 150 | |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С), не более, при tcр, °С:  25 100 300 | 0,036 0,05 0,092 | 0,038 0,05 0,088 | 0,04 0,052 0,09 | 0,042 0,054 0,094 | |
| Средний диаметр волокон, мкм, не более | . 6 | 8 | 8 | 8 | |

Содержание серы в минеральной вате не должно превышать 1 %, влажность — не более 2%.

Помимо простоты производства и невысокой стоимости мине­ральная вата обладает рядом положительных качеств: она не горит, малогигроскопична и достаточно морозостойка; ее можно приме­нять в качестве теплоизоляционного материала при температуре изолируемой поверхности до 600 °С.

Из-за хрупкости и склонности минеральной ваты к пылеобразованию ее россыпью, как правило, не применяют.

Ниже рассмотрены теплоизоляционные изделия из минеральной ваты, получившие наиболее широкое распространение.

Плиты минераловатные на битумной связке. Этот вид изделий представляет собой теплоизоляционный материал, получаемый в результате обработки волокон ваты битумом. В зависимости от уп­лотнения под удельной нагрузкой 2 кПа/см2 плиты разделяют на мягкие (войлок) и полужесткие. В соответствии с ГОСТ-10140—80 мягкие плиты выпускают длиной 1000, 1500 и 2000, шириной 450, 500 и 1000 и толщиной 50,60,70,80,90 и 100 мм. Полужесткие плиты имеют длину 500 и 1000, ширину 450 и 590 и толщину 50, 60, 70, 80, 90 и 100 мм.

Мягкие и полужесткие минераловатные плиты на битумной связке применяют для теплоизоляции в ограждающих конструкциях зданий, для теплоизоляции промышленных установок, трубопро­водов и оборудования при температуре изолируемых поверхностей не выше 60 °С и для теплоизоляции ограждающих конструкций.

Плиты минераловатные на синтетическом связующем. Примене­ние синтетического связующего, как правило, повышает стоимость минераловатных плит, однако они получают новые положительные качества. Важно то, что материал становится пригодным для теп­лоизоляции поверхностей строительных конструкций и промыш­ленного оборудования с рабочей температурой от —60 до +400 °С. Производственные процессы изготовления плит на синтетическом связующем и на битумной связке во многом аналогичны.

Теплоизоляционные минераловатные плиты выпускаются квад­ратной и прямоугольной формы размером 1000 х 500 мм, толщиной 50, 75 и 100 мм, а также в форме матов в виде рулонов различных размеров.

Кроме плит разных видов и назначения из минеральной ваты изготовляют и другие теплоизоляционные изделия — скорлупы, сегменты, понуры и др.

Стеклянная вата и изделия из нее. Стеклянная вата представляет собой волокнистый материал, состоящий из тонких и гибких стеклянных нитей, получаемых из расплавленной стекломассы. Для из­готовления ваты используют стеклянный бой или сырье, применяе­мое для производства стекла: кварцевый песок, известняк, кальци­нированную соду и сульфат натрия. Стеклянная вата имеет более длинные волокна, чем минеральная, и отличается от нее большей химической стойкостью. Теплопроводность ее не выше 0,052 Вт/(м • °С) при температуре 25 "С, т.е. практически такая же, как и минераль­ной ваты. Стеклянная вата не горит и не тлеет, не гниет независимо от условий эксплуатации. Структура ваты должна быть рыхлой: ко­личество прядей, состоящих из параллельных, плотно расположен­ных волокон, — не более 20% по массе. Плотность ее в рыхлом со­стоянии не должна быть более 130 кг/м3.

Для теплоизоляции стеклянную вату применяют в виде матов, полос, плит, скорлуп и других изделий.

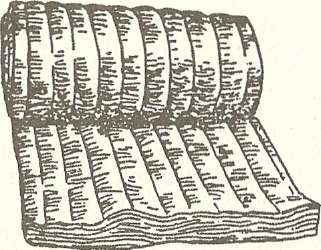


Рис. 5.2. Мат из стекловаты со сквозной простежкой

Маты из стеклянной ваты (рис. 5.2). Маты изготовляют путем прошивки стеклянной ваты, покрытой сверху и снизу слоем про­клеенных стеклянных волокон толщиной 1,5 мм. Этот слой скреп­ляет волокна изделия и предохраняет его от повреждений при транс­портировании и монтажных работах. Маты выпускают в виде ши­роких пластин прямоугольной формы длиной 1000—3000, шириной 200-750 и толщиной 10,15, 20,30 и 50 мм и в виде узких полос пря­моугольной формы длиной 500-6000 (с интервалами через 500 мм), шириной 30-250 и толщиной 10—30 мм. Плотность матов достига­ет 170 кг/м3.

Маты изготовляют путем наложения друг на друга и скрепления прошивкой тонких слоев стеклянных волокон, пересекающихся под различными углами. Поверхностный слой из стеклоткани, покры­вающий изделие сверху и снизу, должен быть проклеен 2—5%-ным раствором декстрина (клея).

Прошивают маты в продольном направлении асбестовыми или кручеными из стеклянного волокна нитями (рис. 5.3).

Маты используют для теплоизоляции плоских и цилиндричес­ких поверхностей с большим радиусом кривизны.

Технические характеристики теплоизоляционных изделий пред­ставлены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование, размеры в мм | Марка | Плотность, кг/м3 | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) | Температура применения, °С |
| Маты из стеклянного волокна: |  |  |  |  |
| 6000 х 1500 х 60, 50, 40 | М25 | 21-29 | 0,044 | От -60 до + 300 |
| 6000 х 1500 х 60, 50, 40 | М35 | 30-41 | 0,044 | От -60 до + 300 |
| Плиты из стеклянного волокна: |  |  |  |  |
| 1000 х 500 х 50, 75, 100 1000 x 500x50, 100 1000 х 500x50, 75, 100 1000 x 500x50, 100 1000 x 500 x50,100 | П-75 П-60 П-45 П-30 П-20 | 66-84 51-66 36-50 27-38 18-26 | 0,041 0,042 0,042 0,044 0,044 | От -60 до + 400 От -60 до + 375 От -60 до + 350 От -60 до + 300 От -60 до + 300 |
| Холсты из супертонких базальтовых волокон | БСТВ | До 23 | 0,032 | От -65 до + 300 |

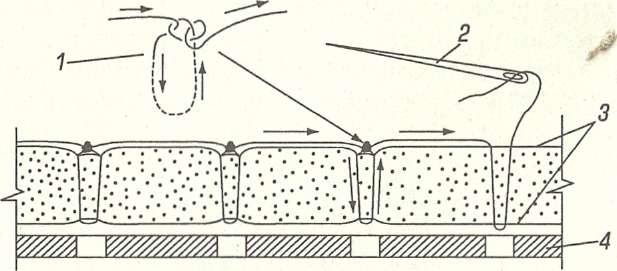


Рис. 5.3. Последовательность простежки мата: 1 — петля простежки; 2 — игла; 3 — слой проклеенных волокон;

4 — перфорированная плоскость простежного стола

Плиты поставляют упакованными в термоусадочную или поли­этиленовую пленку, а также, по согласованию с заказчиком, упа­ковку плит производят поштучно.

Теплоизоляционные материалы на основе базальтового волокна (БТШ, ATM-IO, БЗМ). Базальтовое волокно образуется при вагра­ночной плавке из шихт, содержащих горные породы, — в основном базальт или диабаз.

Базальтовая вата отличается от других видов минеральной ваты малым диаметром волокон и их эластичностью, а также сравнитель­но высокой температуростойкостью. Базальтовая вата инертна к воздействию воды и слабых кислот, что обусловливает ее долговеч­ность.

Шнуры теплоизоляционные базальтовые предназначены для теп­ловой изоляции поверхностей трубопроводов с температурой от —260 до +700 "С. Они состоят из сердцевины, изготовленной из су­пертонкого базальтового волокна, и оплетки сердцевины — базаль­тового жгута.

Шнуры в зависимости от диаметра маркируются от БТШ-6 до БТШ-40, где цифры обозначают диаметр шнура в мм. Коэффици­ент теплопроводности при средней температуре 5 ~ 25 °С не более 0,047 Вт/(м • °С).

Базальтовые шнуры поставляются в бухтах массой до 30 кг, упа­кованных в полиэтиленовую пленку или упаковочную бумагу и уло­женных в фанерные ящики. Шнуры хранятся в закрытых сухих помещениях и предохраняются от увлажнения и загрязнения. Ма­териал нетоксичен и негорюч.

Холсты из супертонких базальтовых волокон представляют собой слой перепутанных штапельных волокон, скрепленных между со­бой силами естественного сцепления. Плотность холстов до 23 кг/м3, коэффициент теплопроводности не более 0,032 Вт/(м • °С).

Холсты предназначены для изготовления высокоэффективных тепло-, звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов; в строительных конструкциях — в качестве высокотемпературной изоляции в энергетическом и промышленном оборудовании печей; в жилищном, гражданском строительстве — в конструкциях легких многослойных перегородок и стен, в качестве звукоизоляционных слоев междуэтажных перекрытий, в конструкциях легких подвес­ных потолков для улучшения изоляции от ударного шума; в конст­рукциях глушителей шума установок вентиляции и кондициониро­вания воздуха; в качестве фильтров для очистки газовоздушных и жидких сред, а также других изделий со специфическими свойства­ми, обусловленными тонковолокнистой структурой.

Упаковка изделий производится в полиэтиленовую пленку.

Маты прошивные из минеральной ваты ВФ- 75 изготовляют про­шивкой хлопчатобумажной нитью с обкладкой с одной стороны металлической сеткой. Эти маты применяют для теплоизоляции промышленного оборудования и трубопроводов с температурой изолируемой поверхности до 600 °С.

Техническая характеристика матов прошивных из минеральной ваты ВФ-75: объемная масса не более 100 кг/м3; коэффициент теп­лопроводности при температуре 0 °С — 0,032 Вт/(м • °С), а при 100 °С — 0,049 Вт/(м • °С); влажность не более 1%. Размеры, мм: длина 3000 и 5000, ширина 500 и 1000; толщина (под нагрузкой 0,017 кгс/см2) 50—100 с интервалом 10 мм.

Асбестсодержащие теплоизоляционные материалы обычно содер­жат хризолитовый асбест, обладающий высокой температуростой- костью. Включение хризолитового асбеста в теплоизоляционные изделия понижает их теплопроводность и повышает прочность. Эти изделия выдерживают высокие температуры при эксплуатации.

Асбестовая бумага — листовой или рулонный материал, изготов­ленный из асбеста с небольшой добавкой склеивающих веществ (обычно крахмала до 5 % массы асбеста). Асбест подвергают мокрой распушке, а затем из приготовленной массы изготовляют листы на листоформовочной машине. В зависимости от степени распушки асбеста и уплотнения массы на листоформовочной машине объем­ная масса асбестовой бумаги составляет 450-500 кг/м3, теплопро­водность ее 0,12-0,174 Вт/(м • °С) при 0 °С и 0,14-0,198 Вт/(м • "С) при 100 "С.

При нагревании свыше 200 °С объемная масса и прочность ас­бестовой бумаги вследствие выгорания органических склеивающих веществ уменьшаются, а при температуре свыше 500 °С асбестовые волокна разрушаются вследствие дегидратации асбеста (удаления кристаллизационной воды). Масса 1 м2 асбестовой бумагиО,65—1,9 кг, влажность не выше 3%. Размеры листовой бумаги: длина 1000 и ширина 950 мм с допуском ~ 10 мм, толщина 0,3—1,5 мм. Jim. полу­чения гофрированной бумаги гладкую бумагу пропускают между двумя обогреваемыми рифлеными барабанами. Гофрированная бумага служит для изготовления асбестового картона.

Асбестовый картон изготовляют из асбестовой бумаги или асбе­стового волокна, смешанного с наполнителем — каолином и связу­ющим веществом — крахмалом. Ячеистый асбестовый картон состо­ит из чередующихся слоев гладкой и гофрированной бумаги, скле­енных между собой жидким стеклом или клеем. Размер его листов 1000 х 1000 мм при толщине 5—50 мм. В зависимости от толщины бумаги и размеров воздушных прослоек его объемная масса состав­ляет 250—600 кг/м3, теплопроводность 0,052-0,093 Вт/(м • °С) при 50 °С.

Картон из асбестового волокна и наполнителя изготовляют на листоформовочных машинах. Размер листов картона 1000 х 1000 мм, толщина 2—12 мм, объемная масса 900—1000 кг/м3, теплопровод­ность 0,157 Вт/(м • °С) при 0 °С и 0,182 Вт/(м • °С) при 100 °С.

Асбестовый картон в виде плит применяют для теплоизоляции плоских поверхностей, а в виде цилиндрических и полуцилиндри­ческих скорлуп — для изоляции трубопроводов.

Асбестокремнеземистые порошкообразные смеси состоят в основ­ном из распушенного асбеста и кремнеземистых горных пород.

Наиболее распространенный из этих материалов — асбозурит — смесь асбеста 6-го и 7-го сортов (не менее 15%) с трепелом или ди­атомитом. Применяется путем нанесения нескольких слоев масти­ки (после затворения водой) для изоляции горячих поверхностей (до 600 °С). Теплопроводность асбозурита в пределах 0,186-0,256 Вт/ (м • °С), объемная масса 150-850 кг/м3.

Асбозурит, смешанный с небольшим количеством воды, приме­няют в виде мастики для отделки поверхности изоляции, а также в качестве мастичной теплоизоляции поверхностей трубопроводов и промышленного оборудования при температуре до 900 °С.

В зависимости от объемной массы отформованных образцов ас­бозурит разделяется натри марки: 600, 700 и 800 (табл. 5.7).

Таблица 5.7Техническая характеристика асбозурита

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Марка | | |
| 600 | 700 | 800 |
| Плотность, кг/м3 | 600 | 700 | 700 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м • °С) при температуре 25 °С | 0,18 | 0,2 | 0,22 |

Асбозурит перевозят навалом и хранят в условиях, исключающих загрязнение и увлажнение.

Асбестомагнезиальныематериалы — смесь асбеста с солями маг­ния и кальция. Наибольшее применение имеет совелит. Он состо­ит из порошкообразной смеси распушенного асбеста (20%) и доло­мита (80%).

Совелитовую смесь, смешанную с небольшим количеством воды, в виде мастики наносят на теплоизолируемые поверхности. Из со- велита изготовляют плиты шириной 170,250,500, длиной 500, тол­щиной 40-75 мм; полуцилиндры и сегменты длиной 500, толщи­ной 40—80 и внутренним диаметром 57—426 мм. Объемная масса совелитовых изделий в сухом состоянии не более 400 кг/м3, тепло­проводность не более 0,08 Вт/(м • °С). На теплоизолируемые поверх­ности совелитовые изделия монтируют насухо или на мастике со смещением поперечных швов и крепят бандажными кольцами из оцинкованной проволоки. Поверхность совелитовой теплоизоляции должна быть обязательно защищена покровным слоем, например алюминиевой фольгой (рис. 5.4).



Пеностекло представляет собой вспененную стекольную массу с замкнутыми порами. Сырьем для его изготовления служит смесь тонкоизмельченного стекла и газонаполнителя (молотый извест­няк). Эту смесь засыпают в соответствующие формы и нагревают в печах до 900 °С, при этом происходит вспенивание расплавленной стекломассы за счет разложения газообразователя.

При охлаждении вспененная стекломасса превращается в проч­ный материал ячеистой структуры (объемная масса 200—600 кг/м3) с низкой теплопроводностью (0,09-0,14 Вт/м • °С) и пределом проч­ности 2—6 МПа.

Пеностекло в виде изделий (плиты, полуцилиндры, сегменты, скорлупы) используется для теплоизоляции теплопроводов, тепло­вых агрегатов, где температура поверхности не превышает 300-400 °С, а также для утепления ограждающих конструкций зданий и камер холодильников.

Вспученный перлит — сыпучий теплоизоляционный материал. Его изготовляют путем обжига (1000 °С) породы вулканического происхождения — перлита стекловидной структуры. При обжиге он многократно увеличивается в объеме. Перлит вспученный — пори­стый зерновидный материал белого цвета плотностью (насыпной) 250—600 кг/м3 для мелкокусковых фракций (5-20 мм) и 100-500 кг/м3 для зерновидных фракций (не менее 5 мм), теплопроводностью 0,076-0,093 и 0,047-0,09 Вт/(м • °С).

Вспученный перлит в виде мелкокусковых фракций (щебень) и зерновидных фракций (песок) используют в качестве заполнителя при изготовлении теплоизоляционных изделий. Обычно связующи­ми материалами служат органические материалы (синтетические смолы, нефтяной битум) и неорганические (жидкое стекло, порт­ландцемент).

Изделия из вспученного перлита (полуцилиндры, сегменты, плиты) применяют с учетом свойств связующих материалов. Изде­лия на органических связующих используют в качестве утеплителя холодильников и строительных конструкций, а неорганических — для тепловой изоляции трубопроводов, котлов и др.

Вспученный вермикулит. Вспученным вермикулитом называют сыпучий теплоизоляционный материал, получаемый путем измель­чения и кратковременного обжига в течение 3—5 мин природного вермикулита. Вермикулит — сложный алюмосиликат магния (про­дукт изменения слюд, преимущественно биотита).

В процессе обжига при 800—1000 °С вермикулит вспучивается, увеличиваясь в объеме в 20 раз и более. Вспученный вермикулит обладает высокой пористостью, малой объемной массой, низкой теплопроводностью и значительной температуроустойчивостью.

Насыпная объемная масса его зависит от условий обжига и разме­ров зерен.

В зависимости от размеров зерен вермикулит делят натри фрак­ции: крупную — 5—10, среднюю — 0,6—5 и мелкую — до 0,6 мм. В крупном и среднем вермикулите допускается наличие не более 15% по массе зерен большего или меньшего размера. С учетом объем­ной массы вермикулит вырабатывают трех марок — 100,150 и 200. По требованию заказчика предприятия могут выпускать более тя­желый вермикулит марок 250 и 300.

Обжигают вермикулит в шахтных или вращающихся печах. Наи­более эффективный способ вспучивания вермикулита — обжиг его во взвешенном состоянии. Вспученный вермикулит сортируют на фракции по крупности зерен и по объемной массе и упаковывают в плотные бумажные четырехслойные мешки. Хранят вермикулит в крытых помещениях в условиях, не допускающих его увлажнения, распыления, загрязнения и уплотнения.

Вспученный вермикулит — эффективный теплоизоляционный материал. Применяют его для засыпки при температуре изолиру­емых поверхностей от 260 до 1100 °С. Используют вермикулит и для изготовления теплоизоляционных изделий — при добавке вяжущих веществ из него формуют плиты, скорлупы и сегменты. Темпера- туростойкость изделий из вспученного вермикулита зависит от при­меняемого вяжущего вещества. Изделия на основе портландцемента имеют температуростойкость до 1000 °С, на основе глины с добав­кой крахмала — до 900 °С и на основе полимерных связующих — не выше 200 °С. Вспученный вермикулит применяют также в качестве заполнителя для легких бетонов и приготовления штукатурных теп­лоизоляционных растворов.

Ячеистый бетон представляет собой искусственный камневидный материал с равномерно распределенными в нем порами диа­метром не более 1—2 мм.

Сырьем для получения ячеистого бетона являются портландце­мент, известь, песок, порообразователи и вода. Предварительно вспученная смесь минерального вяжущего, тонкодисперсного крем­неземистого компонента, порообразователя и воды помещается в автоклав, где происходит быстрое ее твердение. Твердение может происходить и в обычных условиях (на воздухе).

В объеме ячеистого бетона до 85% равномерно распределенных пор, разделенных тонкими и прочными перегородками из искус­ственного камня.

В зависимости от вида вяжущего материала различают ячеистые бетоны на портландцементе, на воздушной извести, на шлаковых вяжущих с активизаторами твердения и на гипсовых вяжущих.

По назначению ячеистый бетон разделяют на следующие виды: теплоизоляционный, плотностью 500 кг/м3, используемый для из­готовления теплоизоляционных плит, скорлуп и конструкций плот­ностью 500—900 кг/м3 для ограждающих конструкций зданий.

Теплоизоляционные изделия в виде плит из ячеистого бетона выпускают длиной 2000, шириной 500 и толщиной 80-200 см с гра­дацией через 20 см.

Теплопроводность этих плит должна быть в пределах 0,11— 0,13 Вт/(м • °С), влажность — не более 15%.

Плиты из ячеистого бетона применяют для теплоизоляции стро­ительных конструкций и поверхностей промышленного оборудо­вания при температуре изолируемых поверхностей до 400°С. В кон­струкциях, которые при эксплуатации подвергаются увлажнению, плиты надо надежно защищать от воздействия влаги, а при нали­чии агрессивной среды — и от ее воздействия.

Кроме указанных плит из ячеистого бетона вырабатывают и дру­гие виды теплоизоляционных изделий, прочностные свойства ко­торых можно повысить армированием.

**Список используемых источников.**

1. **Технология металлов и конструкционные материалыю Под ред.Б.А.Кузьмина. М., 1989.**
2. **Материаловедение. Под ред. В.Т.Батиенкова. М., 2005 г.**
3. **Н.В.Акулич Материаловедение и технология конструкционных материалов. Мн., 2008 г.**
4. **К.С.Орлов Материалы и изделия для санитарно-технических устройств и систем обеспечения микроклимата. М., 2005г.**
5. **Ф.Д.Гелин, А.С.Чаус. Металлические материалы. Мн., 2007 г.**
6. **Г.Т.Широкий, П.И.Юхневский, М.Г.Бортницкая Материаловедение в санитарно-технических системах.Мн., 2009 г.**
7. **М.Е.Дриц, М.А.Москалев. Технология конструкционных материалов и материаловедение.М., 1990 г.**