Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Калужский филиал

Пояснительная записка по курсу:

«Технология конструкционных материалов»

Калуга 2006 г.

**Программа**

program LITS;

const E : real = 0.0001;

f : array [1..10] of real = (0.15,0.19,0.21,0.17,0.15,0.14,0.13,0.12,0.11,0.10);

var

A,B,C,W,V : integer;

S1,S2,S3,AL,AM,AR,BL,BM,BR,CR,KR,Y : real;

begin

write('Input A: ');

readln(A);

write('Input B: ');

readln(B);

write('Input C: ');

readln(C);S1 = 10.01333\

S1:=5+4\*(2\*A+B+C)/3000;

Y:=f[round(C/100)];

write('Input W: ');

readln(W);

write('Input V: ');

readln(V);

write('Input S2: ');

readln(S2);

writeln;

if (S2 < 0.7\*S1-E) and (S2 > 0.7\*S1+E) then writeln('S2 vipolnit is prokata.');

if V > 1.3\*S2 then writeln('Vvesti svarku flanca.');

AL:=5.5\*(S1+Y);

AM:=1.7\*(S1+Y);

AR:=(S1+Y+W)/6;

BL:=5.5\*S2;

BM:=1.7\*S2;

BR:=0.7\*S2;

CR:=(S1+S2)/6;

S3:=0.8\*S1;

KR:=(S1+S3)/6;

writeln('S1 = ',S1:4:5);

writeln('AL = ',AL:4:5);

writeln('AM = ',AM:4:5);

writeln('AR = ',AR:4:5);

writeln('BL = ',BL:4:5);

writeln('BM = ',BM:4:5);

writeln('BR = ',BR:4:5);

writeln('CR = ',CR:4:5);

writeln('S3 = ',round(S3+0.5));

writeln('KR = ',KR:4:5);

writeln;

write('Press enter to exit');

readln;

end.

S1 = 10.01333

AL = 55.78833

AM = 17.24367

AR = 5.35722

BL = 0.00000

BM = 0.00000

BR = 0.00000

CR = 1.66889

S3 = 9

KR = 3.00400

**Введение**

Сплавы обычно получаются в жидком состоянии.

Литейные металлические сплавы состоят из двух или нескольких составляющих. Основной составляющей является металл, придающий всему сплаву металлический характер. Металлические сплавы обычно дешевле чистых металлов и имеют более высокие механические и физические свойства. Так, прочность стали (сплав железа с углеродом) значительно выше прочности железа; бронза (сплав меди с оловом и другими элементами) и латунь (сплав меди с цинком и другими элементами) прочнее меди; силумин (сплав алюминия с кремнием) прочнее алюминия. Установлено также, что многие сплавы отличаются гораздо лучшими, литейными свойствами, чем чистые металлы.

Большинство металлов, из которых изготовляются сплавы, находится в земной коре не в чистом виде, а в химическом соединении с другими элементами. Такие природные соединения металлов, содержащие различные посторонние примеси, называются рудами. Из этих руд после их подготовки на металлургических заводах получают чистые металлы или сплавы.

Фасонные отливки из различных сплавов применяются во всех отраслях промышленности, строительства и быта. Особенно велика роль фасонных отливок в машиностроении. Область применения литых деталей все время расширяется. Доля их в общей массе машин составляет (%):

Металлообрабатывающие станки ……..80

Текстильные машины ……..72

Прокатные станы ……..68

Тракторы ………….58

Паровые турбины ……..55

Электровозы ……..26

Отливки, изготовляемые в настоящее время, имеют толщину стенок от 2 до 500 мм, массу от 10 г до 260 т и габариты от 1 см до 30 м. Естественно, что только сплавы, имеющие хорошие литейные свойства, могут обеспечить требуемые качества таких разнообразных отливок. Необходимо также, чтобы отливки после затвердевания и охлаждения обладали требуемыми механическими, физическими и химическими свойствами. Наряду с этим сплавы должны быть по возможности дешевыми и не содержать дефицитных элементов.

Немаловажное значение имеет температура плавления сплава. Чем ниже температура плавления, тем с меньшими затратами тепла можно расплавить и перегреть сплав в плавильной печи до требуемой температуры при выпуске из печи и заливке.

**Условия эксплуатации**

В выхлопной части корпуса турбины имеется профиль Жуковского, поверхность которого должна иметь малую шероховатость. Данная деталь работает при высоких температурах и давлении.

Стальные литые детали используют в труднейших условиях эксплуатации - при вибрационных и знакопеременных нагрузках, в разных агрессивных средах и т.д. Надёжность применения литых деталей проверена в течение многих лет эксплуатации различных машин и оборудования. Технический прогресс вызвал повышение требований к качеству литых деталей. Многие литые детали ответственного назначения в связи с этим подвергают просвечиванию рентгеновскими или гамма - лучами, проверяют ультразвуком, магнитной дефектоскопией, методом керосиновой пробы и другими специальными методами контроля.

**Литейные свойства сплавов**

Важнейшие свойства сплавов: высокая жидкотекучесть, малая усадка, небольшая склонность к образованию литейных напряжений, незначительная ликвация примесей, мелкокристаллическое строение.

**Жидкотекучесть**. Способность сплава в жидком состоянии заполнять литейную форму и воспроизводить контуры полостей формы и стержней называют жидкотекучестью. О жидкотекучести сплавов судят по длине (в см) заполненной части формы. Жидкотекучесть сплавов увеличивается с повышением температуры перегрева сплава. Однако во избежание появления брака по усадке, пригару формовочной смеси и трещинам температура сплава при заливке форм должна быть умеренно высокой.

**Усадка**. Процесс уменьшения линейных размеров и объема жидкого сплава в форме при охлаждении называют усадкой. В литейном производстве различают объемную и линейную усадку сплавов.

Объемной усадкой называют разность между объемом полости формы и объемом отливки после ее охлаждения. Линейной усадкой называют разность между линейными размерами формы и остывшей отливки.

В практике литейного производства усадку обычно выражают в процентах по отношению к первоначальному объему жидкого сплава (объемная усадка) или к первоначальным линейным размерам в полости формы (линейная усадка). Величина усадки зависит от химического состава сплава. Так, повышение содержания углерода и кремния и уменьшение содержания марганца и серы в чугуне приводят к уменьшению усадки.

Для борьбы с линейной усадкой следует размеры модели делать больше размеров отливки на величину литейной усадки. Борьба же с усадочными раковинами и пористостью более трудна. К основным

мерам предупреждения усадочных раковин и пористости относятся:

достаточное питание отливки путем увеличения сечения литниковой

системы, установка прибылей, применение холодильников, улучшение конструкции отливки.

**Литейные напряжения.** В отливке в процессе ее остывания в форме возникают литейные напряжения: вследствие неравномерной усадки — усадочные напряжения; ввиду неодинаковой скорости остывания отдельных частей отливки — термические напряжения; в связи с изменением кристаллического строения отливки — фазовые напряжения.

Усадке практически всегда в той или иной степени препятствуют болваны, стержни и т. п., и поэтому в разных частях отливки получается неравномерная усадка.

В некоторых сплавах в процессе охлаждения изменяются структура и размеры отдельных зерен, вследствие чего увеличивается или уменьшается объем отливок. Эти изменения в тонких и толстых частях отливки совершаются в разное время.

Литейные напряжения в отливках, вызванные этими явлениями, могут привести к образованию горячих и холодных трещин, короблению отливки.

**Ликвация.** При затвердевании сплава, залитого в форму, на протяжении всего времени его остывания происходит процесс выравнивания химического состава по всему сечению отливки. Однако этот процесс протекает медленно, вследствие чего в отдельных частях отливки, а также в отдельных зернах сплава, наблюдается химическая неоднородность, называемая ликвацией. Обычно ликвация обусловливается тем', что отдельные составляющие сплава, имеющие неодинаковую плотность и различные температуры затвердевания, отделяются от основной массы сплава как в жидком состоянии, так и при его затвердевании.

Ликвация уменьшается при понижении температуры и скорости заливки, а также при ускорении затвердевания отливки. Наибольшей склонностью к ликвации отличаются сплавы с большим содержанием свинца.

**Строение (структура) сплавов.** Наилучшие свойства имеют сплавы в том случае, когда их структура получается мелкокристаллической и без промежуточных пленок, ослабляющих связь между отдельными кристаллами (или группами кристаллов). Обычно в литейных сплавах рассматриваются не отдельные кристаллы, которые очень малы, а группы кристаллов, образующие кристаллиты или зерна.

Уменьшение размеров зерен сплава достигается понижением температуры и скорости заливки и в особенности увеличением скорости охлаждения при затвердевании отливки. Для того чтобы придать сплаву мелкозернистую структуру, в него вводят особые добавки — модификаторы.

**Механические свойства стали 25Л**

Прочность на растяжение: ;



Предел текучести: ;



Относительное удлинение 20%;

НВ= 143;у=58%.

Сталь 25Л имеет небольшое количество углерода и из-за этого высокую температуру плавления, для того, чтобы процесс заливки происходил нормально, сталь нужно нагреть до температуры примерно 1560° С.

**Химический состав стали 25Л**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Mn | Si | P | Cr | Ni | Cu | S | C |
| Содержание % | 0,35-0,90 | 0,22-0,90 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,045 | 0,22-0,3 |

Сталь 25Л имеет ферритно-перлитную структуру.

**Влияние примесей на свойства стали**

Марганец вводится в сталь для раскисления и остаётся в ней в количестве 0,3...0,8%. Мn уменьшает вредное влияние кислорода и серы.

Кремний - полезная примесь, вводится в сталь в качестве активного раскислителя в количестве до 0,4%.

Сера – вредная примесь, вызывает красноломкость стали, в стали она находится в виде сульфидов FeS, которые образуют с железом эвтектику, отличающуюся низкой температурой плавления и располагающуюся по границам зёрен, при горячей деформации границы зерен оплавляются и сталь хрупко разрушается. От красноломкости предохраняет марганец, который связывает серу в сульфиды MnS исключающие образование легкоплавкой эвтектики. Положительное влияние серы проявляется лишь в улучшении обрабатываемости резанием.

Фосфор – вредная примесь. Он растворяется в феррите, упрочняет его, но снижает вязкость при пониженных температурах, т.е. вызывает хладноломкость.

**Технологическая часть**

**Последовательность изготовления отливки:**

1. Разработка технологического процесса.

2. Разработка чертежа отливки.

З. Плавка.

4. Изготовление стержневой смеси, стержней, форм.

5. Изготовление оснастки.

6. Получение отливок.

7. Заливка форм сплавом, сборка форм.

8. Термическая обработка отливок.

9. Контроль отливок (керосиновая проба).

**Выбор положения отливки в форме**

Положение отливки при заливке выбирается в зависимости от способа формовки, устройства литниковой системы, величины припусков на обработку, размера опок и т. д. Выбор правильного положения формы при заливке оказывает решающее влияние на качество отливки и по существу предопределяет разъем формы и весь технологический процесс формовки.

При разработке технологического процесса формовки надо руководствоваться следующими правилами.

1. Отливка в форме должна быть расположена так, чтобы наиболее  
   ответственные части, подвергающиеся механической обработке, находились в нижней части формы
2. Отливки, имеющие форму тел вращения (цилиндровые гильзы,  
   барабаны, шпиндели и др.) с обрабатываемыми наружными и внутренними поверхностями, должны заливаться вертикально или центробежным способом.
3. Отливки из сплавов с большой усадкой необходимо заливать  
   в положении, обеспечивающем направленное затвердевание металла,  
   а верхние части отливки питать прибылями.
4. Плоские плиты и диски, а также тонкостенные отливки необхо-  
   димо заливать в наклонном положении.
5. Форма при заливке должна иметь такое положение , при котором стержни можно было бы устанавливать в форму легко и без крепления. Следует избегать применения подвесных стержней с односторонней посадкой, а также длинных, тонких, недостаточно закрепленных горизонтальных стержней.

**Проектирование литниковых систем и прибылей**

Литниковая система представляет собой ряд соединенных в определенной последовательности элементов — каналов и предназначена для заполнения форм металлом, а прибыли служат для питания отливок в процессе кристаллизации. Иногда прибыль может быть связана конструктивно с литниковой системой.

Правильная конструкция литниковой системы должна обеспечивать: непрерывную подачу по кратчайшему пути сплава в форму; спокойное и плавное ее заполнение; улавливание шлака и других неметаллических включений; не вызывать местных разрушений формы из-за большой скорости и неправильного направления потока металла; создание направленного затвердевания отливки; минимальный расход сплава на литниковую систему.

Литниковая система включает, как правило, следующие элементы:

1) стояк — вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу  
(воронку) со шлакоуловителем;

2) шлакоуловитель — горизонтальный трапецеидальный канал,  
соединяющий стояк с питателями;

1. питатель — горизонтальный канал, соединяющий шлакоуловитель с отливкой;
2. выпор — вертикальный канал, расположенный на самой верхней части отливки или сбоку; он служит для отвода газов из формы и   
   наблюдения за ходом заполнения формы.

**Оснастка**

В комплект линейной технологической оснастки входят модели, модельные плиты, стержневые ящики, опоки и т.д. модели - приспособления для получения в формовочной отпечатков полости, соответствующих наружной конфигурации отливок. Размеры модели делают больше, чем соответствующие размеры отливок, на величину линейной усадки сплава, которая составляет для углеродистой стали 1,8...2%.

Модели могут быть деревянными или металлическими. Стержневые ящики для изготовления стержней обеспечивают равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Как и модели, стержневые ящики имеют литейные уклоны, при назначении их размеров учитывают величину усадки сплава и припуска на механическую обработку. Стержневые ящики делают из таких же материалов, что и модели.

Опоки - прочные рамы различной формы, предназначенные для изготовления литейных полуформ из формовочных смесей, соединяют опоки штырями.

В единичном и мелкосерийном производстве применяют координатные модельные плиты, устанавливаемые на стол формовочной машины. Координатная металлическая плита имеет большое число отверстий, что позволяет быстро устанавливать и закреплять деревянную модель на плите с помощью штырей.

**Изготовление стержневой смеси и стержней**

Стержневая смесь - многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления стержней. Формовочные и стержневые смеси должны иметь хорошую пластичность, текучесть, газопроницаемость, выбиваемость, термохимическую устойчивость, непригораемость и т.д.

**Изготовления стержней**

1. Гидролиз. 15% - раствор концентрир. (3% от объёма этилсиликата), ацетон 12, 6%. этилсиликат 77. 6%

2. Суспензия. Песок - кварц 33% с мариалитом 87%, кислая вода Н20+НСI - 9,8%, гидролизированный раствор этилсиликат - 30%.

Стержни из жидкой самотвердеющей смеси изготавливают путём заливки. Извлекают стержни из ящика через 10-40 мин. после чего из него выжигается органическая составляющая. Затем стержни термически упрочняют.

Стержни, затвердевающие в стержневом ящике, имеют большую точность.

**Состав формовочной смеси**

Формовочная смесь - это многокомпонентная смесь формовочных материалов (формовочные материалы совокупность природных и искусственных материалов).

Песок - основной исходный материал для формовочных смесей, наиболее часто используют кварцевый песок, в основном состоящий из SiO2, обладает высокой огнеупорностью, прочностью, твёрдостью, термохимической устойчивостью.

В смесях для стального литья в качестве противопригарной добавки используют пылевидный кварц, в формовочные смеси часто вводят 6% влаги в качестве связующего материала жидкое стекло и др. вещества - коллоидные растворы органических веществ, такие добавки повышают не только прочность; в результате их выгорания увеличиваются также газопроницаемость и податливость смесей.

Газопроницаемость смеси увеличивается с применением песка с однородными размерами зёрен и с уменьшением в ней содержания глины. Пластичность смеси улучшается с повышением в ней (до определённого предела) связующих материалов и воды, а так же песка с мелким зерном.

**Облицовочная смесь**

Кварцевый песок – 67%, оборотная смесь – 26%, жидкое стекло – 5%, глина – 2%, влага (сверх 100) – 6%.

**Наполнительная смесь**

Оборотная смесь – 94%, глина – 6%, влага (сверх 100) – 6%.

**Изготовление литейной формы**

Разовая песчаная форма пригодна только для одной отливки, при выемке готовой детали форму разрушают.

Форму изготавливают из формовочной смеси. Сначала с помощью модели формируется нижняя полу форма. для этого модель устанавливают на модельную плиту, потом устанавливается опока и на ней накопительная рамка, высота которой соответствует степени уплотнения формовочной смеси в форме, в рамку и опоку засыпают формовочную смесь и уплотняют её. Затем опоку переворачивают на 180° . Далее формуют верхнюю полуформу, ставят вторую опоку, засыпают в неё формовочную смесь и уплотняют. Поднимают верхнюю полу форму и удаляют из неё модели. метод уплотнения - пескомет.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок, формы и стержни покрывают тонким слоем противопригарных материалов, после чего стержни устанавливаются в полуформы и полуформы собирают. Точное соединение опок обеспечивают при помощи тщательно обработанных стальных штырей и центрирующих отверстий в приливах опок.

Для того чтобы при заливке не произошёл подъём верхней опоки статическим давлением металла, её скрепляют с нижней опокой при помощи скоб.

**Заливка металла**

Металл в литейную форму заливают расплавом через литниковую систему. Она обеспечивает непрерывное поступление расплава в форму, предотвращает разрушение формы. Попадание шлака и воздуха. Для получения отливок без усадочных раковин и пористости. которые могут образовываться вследствие уменьшения объёма расплава при его затвердевании, применяют прибыли, которые размещают в тех частях отливки, где усадка проявляется наиболее значительно.

Заливку производят не прерывая струю, во избежание слоев, после заливки и охлаждения металла в форме до требуемой температуры отливку из неё удаляют (выбивают), при этом форма разрушается.

Обрубку, т.е. удаление литников, прибылей и дефектов проводят на дисковых и ленточных пилах, газовой и электродуговой резкой, пневматическими зубилами и др.

После выбивки отливок из формы на их поверхностях остаётся пригоревшая формовочная смесь и заусенцы, которые очищают. Отливку в дальнейшем подвергают термической обработке. Вид ТО зависит от вида сплава, применяемого для получения отливки.

**Термическая обработка**

Для стали 25Л - нормализация, которая заключается в нагреве до температуры на 50˚-70˚ и охлаждении на спокойном воздухе, но лучше использовать с обдувной вентиляцией.

Нормализация, обеспечивая полную перекристаллизацию структуры, приводит к получению высокой прочности стали, т.к. ускорении охлаждения распад происходит при более низких температурах.

После нормализации углеродистых сталей образуется ферритно-аустенитная структура. При ускоренном охлаждении, характерном для нормализации, доэвтектоидный феррит, при прохождении температурного интервала Аr3 - Аr, выделяется на границах зёрен аустенита и не успевает образовать равноосные зёрна, поэтому кристаллы феррита образуют сплошные или разорванные оболочки вокруг зёрен аустенитно-ферритной сетки.

Нормализация позволяет несколько уменьшить анизотропию свойств (неодинаковый химический состав по сечению), вызванную наличием в горячедеформированной стали вытянутых неметаллических включении.

При ускоренном охлаждении возникает больше самопроизвольно образующихся центров кристаллизации, поэтому строчечность структуры менее резко выражена. Это является дополнительным преимуществом нормализации. При использовании нормализации идёт процесс обезуглероживания.

**Способы получения жидкой стали для фасонного литья**

В литейных цехах, изготовляющих фасонные стальные отливки, плавку стали производят главным образом в мартеновских и электрических дуговых и индукционных печах.

В зависимости от требований, предъявляемых к стали, и качества шихтовых материалов используют печи с основной или кислой футеровкой, определяющей характер процесса плавки.

Основной процесс проводится в печах, футерованных магнезитовым крипичом, или с магнезитовой, а также доломитовой набивкой. Эти огнеупорные материалы состоят преимущественно из окиси магния (МgО) и окиси кальция (СаО).

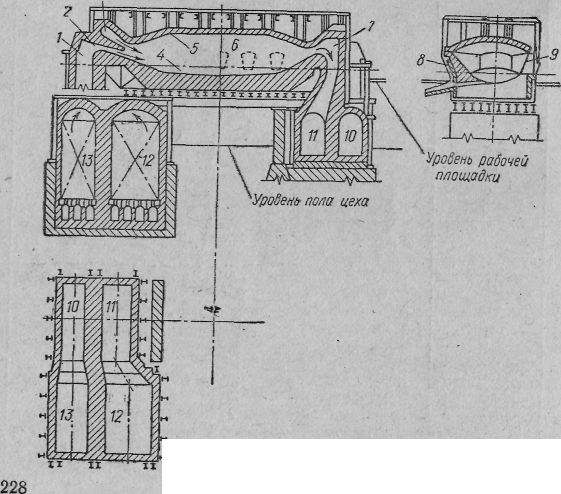
В печах с основной футеровкой плавка ведется с применением основного шлака, содержащего высокий процент окиси кальция. Такой шлак позволяет удалить из жидкой стали большую часть содержащихся в ней вредных примесей — серы и фосфора, которые соединяются с окисью кальция в прочные соединения.

Кислый процесс проводится в печах, футерованных материалами, одержащими главным образом окись кремния (SiO2).

**Мартеновские печи**

В фасонолитейных цехах преимущественно применяются мартеновские печи с основной футеровкой емкостью от 20 до 60 т. Показатели работы мартеновских печей даны в табл.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Основные показатели работы мартеновских печей | | | | |
| Емкость печи  по завалке, т | Площадь  пода, м2 | Съем стали  с 1 м2  площади  пода в сутки,  т | Удельный расход условного топлива  на 1 т стали, кг | Стойкость  (количество плавок) |
| 10  15  20  30 | 9,5  12,5  15,0  20,0 | 4,5—6,0  4,5—6,0  5,0—6.5  5,5— 6,5 | 190—280 | 460—600 |
| 40  50 | 25,0  29,0 | 6,0—7,5  6,0 — 7,5 | 180 — 260 | 400-500 |



Под печи выполнен из чугунных плит, покрытых слоем теплоизоляционного материала, нескольких рядов магнезитового кирпича и верхнего слоя магнезитовой наварки (при основном процессе) из магнезитового порошка в смеси с каменноугольной смолой.

Схема устройства мартеновской печи.

Свод печи делается из магнезитохромитовых или динасовых кирпичей. В передней стене 9 расположены окна 6, закрываемые дверцами, через которые загружают шихтовые материалы, ведется наблюдение за ходом плавки и отбираются пробы металла.

Под ванны имеет наклон к задней стенке, в которой находится летка для выдачи металла. Летка во время плавки заделывается доломитом или магнезитом.

К обеим торцевым стенкам примыкают головки с каналами 1, 2, 3 и 7, через которые подается топливо и воздух и отводятся продукты горения.

Для повышения температуры пламени в печи газообразное топливо и воздух предварительно нагреваются до 1100—1200° С при прохождении через воздушный 12 и газовый 13 регенераторы, которые нагреваются теплом отходящих продуктов горения. Регенераторы заложены кирпичной кладкой с проходами для газа.

Нижняя часть печи состоит из двух пар шлаковиков 10 и 11 (газовых и воздушных), соединенных с одной стороны с головками печи, а с другой — с регенераторами. Шлаковики служат для собирания шлака и пыли, уносимых из рабочего пространства продуктами горения. Две пары регенераторов 12 и 13 предназначены для аккумуляции теплоты отходящих продуктов горения и передачи ее газу и воздуху. Регенераторы соединены боровами с перекидными клапанами и работают попарно и попеременно: в то время как одна пара регенераторов нагревает воздух и газ, другая — аккумулирует тепло отходящих продуктов горения. Спустя 10—15 мин происходит перевод клапана в новое положение и начинает работать другая пара регенераторов.

Жидкое топливо (мазут), также применяемое в этих печах, вводится с помощью форсунок и распыляется струей воздуха под давлением 5—6 кгс/см3. Такие печи имеют только одну пару регенераторов и соответственно одну пару шлаковиков.

Плавку стали в мартеновских печах применяют преимущественнодля крупных стальных отливок. Мартеновский способ выплавки стали обладает следующими преимуществами: возможностью использования большого количества стального лома и передела в жидкую сталь исходных материалов разнообразного химического состава; высоким качеством и возможностью выплавки сталей многих марок; относительно небольшой стоимостью передела. Емкость мартеновских печей составляет 5—500 т, а в цехах фасонного литья машиностроительных заводов 5—100 т.

По конструкции современные мартеновские печи подразделяют на неподвижные или стационарные и качающиеся. Большинство мартеновских печей стационарного типа. Преимущество качающихся печей — это слив стали в ковш в несколько приемов, порциями, а также слив шлака в шлаковню по ходу плавки через порог загрузочного окна. Недостаток таких печей — сложность конструкции печи.

Мартеновские печи строят с кислой и основной футеровкой. Динасовый кирпич применяют для кладки главных сводов, сводов головок и регенераторов, вертикальных каналов, стен шлаковиков в насадках и других частях основной мартеновской печи, а в кислых печах, кроме того, для кладки пода, передней и задней стенок, а для наварки пода после каждой плавки применяют кварцевый песок. Нижнюю часть регенераторов и борова выкладывают из шамотного кирпича, наружную часть — из обычного красного кирпича. Для уменьшения потерь теплоты через кладку регенераторов шлаковики (выше уровня пола цеха и ниже его на 1—1,65 м), а также часть рабочего пространства печи снаружи облицовывают теплоизоляционным материалом. Для повышения стойкости кладки и улучшения условий труда современные мартеновские печи оборудуют системой водяного охлаждения.

Продолжительность службы мартеновской печи при динасовом своде для больших печей составляет 250—300 плавок, для печей малой и средней емкости 400—500 плавок, а при магнезитовой футеровке свода да 700 и более плавок.

Современные мартеновские печи снабжены необходимой контрольно-измерительной аппаратурой и оборудованы устройством для автоматического регулирования расхода топлива и воздуха, а также давления в рабочем пространстве. Автоматически производится переключение клапанов, механизирован подъем заслонок рабочих окон и т. д.

**Топливо мартеновских печей.** На заводах, не имеющих доменного производства, применяют генераторный или коксовый газ или жидкое топливо, а на заводах, имеющих доменное производство, — смесь коксового и доменного газов с добавкой для подсвечивания факела пламени генераторного газа или смолы.

**Процесс выплавки стали в мартеновских печах.** В зависимости от футеровки ванны — основной (магнезитовой) или кислой (динасовой) — процесс выплавки стали может быть основным или кислым. В настоящее время почти вся сталь выплавляется в печах с основной футеровкой. Это объясняется тем, что в основном мартеновском процессе можно переплавлять шихту с более высоким содержанием фосфора и серы, чем в готовой стали. Мартеновским процессом можно выплавлять углеродистые, низко- и среднеуглеродистые стали, используемые для производства фасонных отливок.

Кислый мартеновский процесс, благодаря некоторым особенностям, обеспечивает получение плотной структуры стали, поэтому он незаменим при выплавке высококачественных сталей.

Наибольшее распространение для производства фасонных отливок получил скрап-процесс с использованием твердого передельного мартеновского чугуна.

**Основной скрап-процесс на твердом чугуне.** При скрап-процессе основным источником кислорода для окисления примесей чугуна является газовая фаза печи. Только незначительную часть кислорода дает железная руда, вводимая в печь по ходу плавки в количестве около 30%. Шихту для скрап-процесса рассчитывают так, чтобы она содержала около 1% Мn, не более 0,3% Р, не более 0,05—0,06% S и минимальное количество кремния. Обычно шихта при скрап-процессе содержит около 30% передельного мартеновского чугуна, до 15% стальной стружки при выплавке углеродистых сталей и около 10% при выплавке легированных. Остальную часть металлической шихты составляет привозной стальной лом и собственный возврат. Шихту рассчитывают исходя из того, чтобы содержание углерода в ней было на 0,3—0,5% больше содержания углерода в готовой стали.

Процесс плавки условно можно разделить на следующие периоды: заправка печи, завалка и плавление, кипение, раскисление и выпуск.

**Заправка печи.** В процессе эксплуатации печи ее под, стенки, откосы изнашиваются. Для поддержания пода, откосов печи в надлежащем состоянии их периодически обновляют, осуществляя заправку печи. Для заправки печи применяют обожженный, молотый и просеянный доломит или металлургический магнезит, а иногда сырой дробленый доломит. Заправку печи производят в минимальное время, чтобы устранить окисление пода. Обычно эта операция не превышает 10—15 мин. Заправку заканчивают заделкой выпускного отверстия магнезитовым порошком.

Заправку печи осуществляют машинами и вручную. Ее начинают, как только уровень металла в печи при выпуске готовой стали начнет понижаться.

**Завалка шихты при работе на скрап-процессе на твердом чугуне.** Чем быстрее производят завалку, тем меньше продолжительность плавки. На под следует загружать мелкий чистый лом (10—20% общего количества стального лома в шихте); на лом известняк (6—7% массы металлической шихты) и иногда боксит; иногда же вместо известняка применяют известь. Это сокращает плавку стали и сокращает расход чугуна, идущего на завалку. Поверх известняка загружают боксит, после чего в течение 10—15 мин прогревают известняк. На прогретый известняк загружают передельный чугун (10—15% массы металлической шихты), затем стальную стружку, на которую загружают крупный лом. После хорошего прогрева металлической части шихты заваливают остальной чугун. При работе скрап-процессом на твердой завалке заправку порогов проводят быстро, чтобы предупредить заплывание их плавящимся чугуном, загружаемым в конце, периода завалки.

**Плавление.** Период плавления в печах, работающих скрап-процессом, длится условно от конца завалки до полного расплавления и является самым длительным периодом мартеновской плавки. В период плавления полностью окисляется кремний и частично марганец и фосфор, содержащиеся в передельном чугуне, а также происходит процесс образования шлака. Для ускорения периода плавления воздух обогащают кислородом, который при работе печи на мазуте вводят в форсунки и вдувают вместе с воздухом распылителями.

При выплавке углеродистых сталей содержание углерода сразу же после расплавления не должно превышать более чем на 0,3% допускаемого содержания углерода в готовой стали. Если углерода содержится меньше, то в печь вводят соответствующее количество передельного или зеркального чугуна.

К моменту полного расплавления стали образуется шлак из окислов металлической части шихты, флюсов (известняк, боксит), материала пода и кладки печи. Образование шлака до полного расплавления способствует ускорению и интенсификации процессов дефосфорации, обессеривания, кипения ванны. Для этого в печь за 15—40 мин до полного расплавления стали вводят такое количество извести и боксита, чтобы основность шлака составляла 1,5—2,0. Такой шлак содержит 30—35% СаО; 18—25% SiO2; 10—15% FеО. После расплавления этот шлак скачивают из печи для снижения содержания фосфора в стали. После спуска шлака наводится новый шлак нормальной основности (СаО>40% и SiO2<20%) из свежеобожженной извести и боксита.



По окончании наведения нового шлака ванну переводят на режим «чистого кипения», происходящего только за счет кислорода, содержащегося в жидкой ванне. При этом постоянно повышают основность шлака, доводя ее к моменту окончания кипения до 2,2—3,5. В период чистого кипения в стали увеличивается содержание марганца за счет его восстановления из шлака. Одновременно происходит окисление углерода со скоростью около 0,25% в час. Скорость окисления углерода может быть повышена подачей кислорода в ванну. Чистое кипение способствует очистке стали от растворенных газов и неметаллических включений. Период чистого кипения наиболее ответственный, поэтому в этот период плавки периодически контролируют состав стали и шлака.

После получения в стали заданного количества углерода производят предварительное раскисление силикомарганцем, силикошпигелем и доменным ферросилицием. Через 5—10 мин приступают к окончательному раскислению и доведению стали до заданного химического состава. При выплавке легированных сталей добавки в виде ферросплавов вводят в печь в разное время: никель — в начале плавки вместе с завалкой, хром — после предварительного раскисления, молибден — в период дефосфорации и наведения шлака и т. д.

Окончательное раскисление производят во время выпуска стали в ковш или на желобе мелкораздробленным ферросилицием ФС45 или ФС75. Для раскисления в ковш вводят 0,8—1 кг алюминия на 1 т стали.

**Интенсификация мартеновского процесса кислородом.** Основным преимуществом применения кислорода в мартеновских печах является повышение производительности печей и снижение расхода топлива на 1 т стали, а также уменьшение количества продуктов горения.

Интенсификацию мартеновского процесса осуществляют следующими способами: газификацией топлива дутьем, обогащенным кислородом; подачей кислорода для обогащения воздуха горения; расплавлением заваленного в печь скрапа кислородной струей и прямым окислением примесей ванны.

Существует несколько способов подачи кислорода для обогащения воздуха. Наиболее распространен способ подачи кислорода непосредственно в головки мартеновской печи. В печах с газовым отоплением кислород вводят в газовую струю на выходе последней из газового канала в печь. Расход кислорода при обогащении воздуха в печах, отапливаемых жидким топливом, колеблется в пределах 15—25 м3/т, а в газовых печах составляет 35 м3/т. Воздух обогащают кислородом главным образом в период завалки и расплавления. Производительность печи при этом увеличивается на 10—12%.

Для ускорения процесса расплавления вводят струю чистого кислорода на скрап, заваленный в печь. Плавить скрап кислородной струей необходимо после нагрева его до 1400° С. Для ускорения процесса окисления углерода применяют метод окисления металла чистым кислородом, вводимым непосредственно в ванну. При таком прямом окислении металла кислородом значительно лучше удаляются фосфор и сера.

Прямое окисление кислородом осуществляют при помощи трубок или специальных сопл с водяным охлаждением, которые устанавливают в передней или задней стенках, а иногда в своде печи. Удельный расход кислорода при прямом окислении углерода ванны 2,5—5,0 м3/т.

**Кислый мартеновский процесс** обычно используют для выплавки высококачественных сталей. Окислительная способность шлака в кислом мартеновском процессе ниже, чем в основном, соответственно ниже концентрации кислорода в сплаве. При плавке высококачественных сталей применяют чистые по сере и фосфору исходные шихтовые материалы и топливо с минимальным содержанием серы.

Используют два варианта кислого мартеновского процесса: кремневосстановительный (пассивный) и с ограниченным восстановлением кремния (активный).

При кремневосстановительной кислой мартеновской плавке процесс ведут так, что кремний восстанавливается из шлака и материала пода печи. Количества восстановившегося кремния достаточно для получения спокойной стали без введения дополнительных раскислителей.

При процессе с ограниченным восстановлением кремния в печь вводят железную руду или окалину для повышения окислительной способности шлака и понижения его температуры. Это способствует уменьшению восстанавливаемого кремния до 0,1—0,12%. Наряду с железной рудой или окалиной применяют также добавку в шлак извести, которая снижает в нем концентрацию кремния.