ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

# УНИВЕРСИТЕТ

## ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИКИ И ПСИХОЛОГИИ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ И

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

### Реферат по технологии

конструкционных материалов

**Тема:**

***«Термическая обработка чугунов»***

#### ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ

.

КУРС II, ГРУППА 4 ТП 22,

РУКОВОДИТЕЛЬ:

ЗЛАТОУСТОВ В.Д.

1999 – 2000 УЧЕБНЫЙ ГОД

**СОДЕРЖАНИЕ:**

стр.

1. Введение ……………………………………. 3
2. Основная часть

***«Термическая обработка чугунов».***

1. Виды чугунов ………………………….. 4

2. Термическая обработка чугунов:

а) отжиг ………………………………… 7

б) нормализация ……………………….10

в) закалка и отпуск …………………...10

г) старение ……………………………...12

1. Химико-термическая обработка

чугунов ……………………………..12

III. Заключение ……………………………….13

IV. Используемая литература ………………14

Термическая обработка, совокупность операций теплового воздействия на материалы с целью изменения структуры и свойств в нужном направлении1. От правильного выполнения термической обработки зависит качество и стойкость изготовляемых деталей машин и механизмов, инструмента и другой продукции. Для проведения термической обработки требуются не только глубокие знания теории и практики, но и умение самостоятельно выбрать и разработать наиболее эффективный технологический процесс термической обработки для различных деталей и инструментов, умение выбрать наиболее рациональный метод контроля, установить причины дефектов, методы их предупреждения и исправления, использовать все технические возможности и правильно организовать работу .

При термической обработке в результате нагрева до определённой температуры и охлаждения происходит изменение структуры и, как следствие этого, изменение механических и физических свойств.

Все превращения, происходящие в результате нагревания до определённой температуры и охлаждения в сталях и чугунах, можно проследить по диаграмме железо – углерод (Fe – C), которая является фундаментом науки о стали и чугуне. Углерод с железом образует химическое соединение - цементит или может находиться в сплаве в свободном состоянии в виде графита. Соответственно существуют две диаграммы сплавов железо – углерод: цементитная и графитная.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 Большой энциклопедический словарь; Под ред. Прохорова А.М.- М: “Советская

энциклопедия”, 1991, с.1324.

**Виды чугунов.**

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, в которых содержание углерода больше 2.14%. Они содержат постоянные примеси (Si, Mn, S, P), а иногда и легирующие элементы ( Cr, Ni, V, Al и др.); как правило хрупок. В зависимости от состояния углерода в чугуне различают: белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны.

белый чугун серый чугун высокопрочный ковкий чугун

чугун

Весь углерод в белых чугунах находится в связанном состоянии в виде цементита. В зависимости от содержания углерода белые чугуны делят на эвтектический, доэвтектический и заэвтектический.

Эвтектический чугун – это чугун с содержанием углерода 4.3% имеет структуру ледебурита.

Доэвтектический чугун - это чугун с содержанием углерода от 2.14 до 4.3% имеет структуру перлит + вторичный цементит + ледебурит.

Заэвтектический **чугун** - это белый чугун с содержанием углерода от 4.3 до 6.67 % имеет структуру цементит первичный + ледебурит.

эвтектический доэвтектический заэвтектический

чугун чугун чугун

Образование структур белых чугунов, в которых углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, характеризуется по диаграмме состояния сплавов системы железо – цементит (Fe-Fe3C ) . Диаграмма состояния сплавов системы железо – графит характеризует образование структур чугунов, в которых весь углерод находится в свободном состоянии в виде графита, то есть нет цементита и структура феррито – графитная1.

Но при производстве чугунов выяснилось, что кроме белых и феррито – графитных чугунов можно получить и чугуны, в структуре которых имеются и графит, и цементит, то есть часть углерода находится в свободном, а часть - в связанном состоянии;и такие чугуны получают в реальных условиях.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 Кузьмин Б.А. и другие . Металлургия. Металловедение и конструкционные материалы - М., “Высшая школа”, 1977, с. 187.

В производственных условиях получают чугуны со следующими структурами:

1. феррит + перлит + графит **(серый феррито – перлитный чугун)**. При ускорении охлаждения при температуре 738о  выделение графитного эвтектойда прекращается и оставшийся углерод переходит в цементит, в результате чего образуется часть перлита, следовательно, в этом чугуне есть и цементит, и графит. У такого чугуна основа доэвтектойдной стали ( феррит + перлит ) испещрена чешуйками графита1.

2. перлит + графит **(серый перлитный чугун)** Если охлаждение ускоряется при температурах выше 738о , то графитный эвтектойд не выделяется, а аустенит превращается в перлит. В этом чугуне, поскольку в перлит входит цементит,имеется цементит и графит. У такого чугуна основа эвтектойдной стали ( перлит ) и графитные включения в форме чешуек.

3. перлит + цементит вторичный **(перлитно – цементитный чугун)**. У такого чугуна основа как у заэвтектойдной стали ( перлит + цементит вторичный ) и включения графита. При увеличении скорости охлаждения между температурами линии эвтектического и эвтектойдного превращения (1153о-738о) до перлитного превращения из аустенита выделяется не графит, а цементит.

4. перлит + цементит + графит или перлит + ледебурит + графит **(половинчатыечугуны)**. В структуре таких чугунов наряду с графи- том наблюдается ледебурит **(**охлаждение ускорилось при эвтектическом превращении). Ледебурит состоит из цементита и перлита. В этих чугунах также имеется и цементит, и графит.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. М.,”Высшая школа” ,1980, с.99.

Кристализация указанных структур не может быть объяснена только одной из диаграмм состояний (Fe-Fe3C или железо – графит). При образовании этих структур идет смещенная кристаллизация по обеим системам: графитной (Fe-C )

и цементитной (Fe-Fe3C ). Это объясняется так: кристаллизация начинается по графитной системе и выделяется какое-то количество графита, но для того, чтобы выделялся всё время графит, требуется весьма замедленное охлаждение, при этом чем ниже температура, тем скорость охлаждения, необходимая для кристаллизации графита, должна быть меньше, так как с понижением температуры скорость кристаллизации графита уменьшается. Если скорость охлаждения при какой-то температуре больше скорости, обеспечивающей выделение графита, то выделение графита полностью или частично прекращается, сплав по отношению к условиям кристаллизации графита оказывается переохлаждённым, что способствует выделению цементита и кристаллизация с графитной системы переходит на цементитную (смешанный процесс кристаллизации).

Чугун, имеющий графитные включения сфероидальной формы, называют

высокопрочным чугуном, так как графит сфероидальной формы имеет меньшее отношение его поверхности к объему, что определяет наибольшую сплошность металлической основы, а следовательно, и прочность чугуна. Структура металлической основы чугунов с шаровидным (сфероидальным) графитом такая же, как и в обычном сером чугуне, то есть в зависимости от химического состава чугуна, скорости охлаждения (толщины стенки отливки) могут быть получены чугуны со следующей структурой: феррит + шаровидный графит (ферритный высокопрочный чугун), феррит + перлит + шаровидный графит (феррито-перлитный высокопрочный чугун), перлит + шаровидный графит (перлитный высокопрочный чугун)1.

Ковкий чугун – условное название мягкого и вязкого чугуна, получаемого из белого чугуна отливкой и дальнейшей термической обработкой. Используется длительный отжиг, в результате которого происходит распад цементита с образованием графита, то есть процесс графитизации, и поэтому такой отжиг называют графитизирующим. Ковкий чугун, как и серый, состоит из сталистой основы и содержит углерод в виде графита, однако графитовые включения в ковком чугуне иные, чем в обычном сером чугуне. Разница в том, что включения графита в ковком чугуне расположены в форме хлопьев, которые получаются при отжиге, и изолированно друг от друга, в результате чего металлическая основа менее разобщена, и чугун обладает некоторой вязкостью и пластичностью. Из-за своей хлопьевидной формы и способа получения (отжиг) графит в ковком чугуне часто называют углеродом отжига.

По составу белый чугун, подвергающийся отжигу на ковкий чугун, является доэвтектическим и имеет структуру ледебурит + цементит (вторичный) + перлит. Для получения структуры феррит + углерод отжига в процессе отжига должен быть разложен цементит ледебурита, вторичный цементит и цементит эвтектоидный, то есть входящий в перлит. Разложение цементита ледебурита и цементита вторичного ( частично) происходит на первой стадии графитизации, которую проводят при температуре выше критической (950 – 1000оС); разложение эвтектоидного цементита происходит на второй стадии графитизации, которую проводят путём выдержки при температуре ниже критической (740 – 720оС), или

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
1 Кузьмин Б.А. и др. Металлургия. Металловедения и конструкционные материалы. М: “Высшая школа”, 1977, с.190.

при медленном охлаждении в интервале критических температур (760 – 720оС)

.

График режима отжига белого чугуна для получения ковкого чугуна.

**Термическая обработка чугунов.**

##### Термическую обработку чугунов проводят с целью снятия внутренних напряжений, которые возникают при литье и вызывают изменения размеров и формы отливки с течением времени, снижение твёрдости и улучшение обрабатываемости резанием, повышение механических свойств.

##### Чугун подвергают отжигу, нормализации, закалке и отпуску, а также некоторым видам химико-термической обработки (азотированию, алитированию, хромированию).

##### Отжигу **для снятия внутренних напряжений** подвергают чугуны при следующих температурах:

##### серый чугун с пластинчатым графитом 500 –570оС;

##### высокопрочный с шаровидным графитом 550 – 650оС;

##### низколигированный 570 – 600оС;

##### высоколигированный чугун (типа нирезист) 620 – 650оС1.

##### Нагрев медленный со скоростью 70 – 100оС/ час, выдержка при температуре нагрева зависит от массы и конструкции отливки и составляет от 1-го до 8-ми часов. Охлаждение до 250оС (для предупреждения возникновения термических напряжений) медленное, со скоростью 20 – 50оС /ч, что достигается охлаждением отливки вместе с печью. Далее отливки охлаждают на воздухе2.

###### При этом отжиге фазовых превращений не происходит, а снимаются внутренние превращения, повышается вязкость, исключается коробление и образование трещин в процессе эксплуатации.

###### **Графитизирующий отжиг** применяют для получения ковкого чугуна из белого чугуна и для устранения отбела отливок из серого чугуна.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 Зуев В.М. Термическая обработка металлов. - М: “Высшая школа”, 1976, с.188.

2 Седов Ю.Е., Адаскин А.М. Справочник молодого термиста. – М:”Высшая школа”, 1986, с.112.

###### Для получения ковкого чугуна используют белый доэвтектический чугун (2,5 – 3,0 % С; 0,5 – 1,5 % Si; 0,3 – 1,0 % Mn; 0,08 – 0,2 % Р; не более 0,12 % S), в котором при отжиге происходит распад цементита с образованием графита – графитизация белого чугуна.

Графитизацию при температурах выше критической можно представить следующим образом:

Цементит аустенит и графит.

Процесс графитиззации начинается с возникновения графитных центров, которые наиболее легко зарождаются в местах нарушения сплошности – в закалочных и деформационных микротрещинах, усадочных микропорах. При появлении в белом чугуне центров графитизации нарушается равновесие между аустенитом и цементитом и в соответствии с диаграммой железоуглеродистых сплавов (линии ES, E’S’) возникает перепад концентрации углерода на границах раздела фаз: аустенит – графит и аустенит – цементит. В возникающей системе из трёх фаз – аустенита, графита и цементита аустенит не может одновременно находиться в равновесии с цементитом и графитом. Так как система стремится к равновесию из аустенита, который пересыщен в слое, прилегающем к графиту, будет выделяться избыток углерода и включения графита будут расти. Но при этом аустенит становится ненасыщенным в слое, который прилегает к цементиту, и происходит распад цементита и растворение углерода в аустените, что снова вызывает пересыщение аустенита в слое, который прилегает к графиту, и выделение из него избыточного углерода. Таким образом, распад цементита продолжается до полного его растворения в аустените, после чего между включениями графита и аустенита устанавливается равновесие. В результате такого распада образуется хлопьевидный графит (углерод отжига) , характерный для структуры ковкого чугуна.

В исходном состоянии белый доэвтектический чугун имеет структуру, которая состоит из перлита, вторичного и эвтектического цементита. При переходе через эвтектоидный интервал температур перлит превращается в аустенит, а при повышении температуры до 950-1000оС происходит распад цементита (эвтектического и вторичного) и образуется структура аустенит и графит. Этот процесс называют **первой стадией графитизации**.

Полной графитизации, то есть получения структуры, которая состоит из перлита и графита, можно достигнуть охлаждением чугуна;

1. в эвтектоидном интервале температур с такой скоростью, чтобы происходил прямой эвтектоидный распад аустенита на феррит и графит (А Ф + Г);

2. немного ниже эвтектоидного интервала температур с образованием из аустенита перлита [A П ( Ф + Ц )] с выдержкой при этой температуре для графитизации эвтектоидного цементита (Ц Ф + Г).

И в том и в другом случае будет получаться структура феррит и графит; этот процесс называют **второй стадией графитизации**. Если вместо ферритного ковкого чугуна требуется, чтобы структура была перлитной или феррито-перлитной, то вторую стадию графитизации совсем не проводят или не доводят до конца и после первой стадии графитизации или частично проведённой второй стадии охлаждают на воздухе. В первом случае будет получаться структура перлит и графит, во втором – феррит, перлит и графит.

Для сокращения времени отжига белого чугуна применяют следующие методы:

модифицирование; предварительную закалку;

предварительную низкотемпературную выдержку.

**Модифицирование** – это введение в металлические расплавы модифика-торов1. Самым распространённым модификатором - элементом, применяемым для модифицирования чугуна, является аллюминий, добавляемый в небольшом количестве (0.01-0.02%).

**Отжиг с предварительной закалкой** заключается в том, что белый чугун подвергают закалке с 900-950оС в воде или масле. При закалке, во время мартенситного превращения, образуются многочисленные микротрещины, в которых наиболее легко зарождаются центры графитизации.

**Отжиг с предварительной низкотемпературной выдержкой** заключается в том, что белый чугун выдерживают в течении 6-ти -- 8-ми часов при температуре 350-400оС. Число центров графитизации увеличивается, и сокращается время отжига. Механизм влияния низкотемпературной выдержки ещё не установлен.

Если ковкому чугуну хотят придать одновременно повышенную прочность и пластичность, применяют **сфероидизирующий отжиг**, в результате которого получается структура зернистого перлита и графита. Используют белый чугун с повышенным содержанием марганца (около 1%). Марганец незначительно удлиняет первую стадию графитизации,но тормозит распад цементита во второй стадии, что позволяет дать выдержку, достаточную для превращения пластинчатого перлита в зернистый.

Получение чугуна с зернистым перлитом можно представить в виде следующих схем :

1.быстрое охлаждение после первой стадии графитизации до температуры несколько ниже 700-720оС и длительная выдержка при этой температуре;

2.быстрое охлаждение после первой стадии графитизации до температуры 20оС с последующим циклическим режимом - нагрев выше и охлаждение ниже температуры 700-720оС повторяют несколько раз.

**Графитизирующий отжиг** применяют также для устранения отбела отливок из серого чугуна, возникающего при литье в металлические формы, в связи с чем повышается хрупкость и резко снижается обрабатываемость. При проведении данного отжига отливки нагревают до 850-950оС в течение 2-х—3-х часов (первая стадия графитизации) и охлаждают на воздухе до температуры 20оС или проводят вторую стадию графитизации (от 2-х до 6-ти часов). Быстрый распад цементита объясняется повышенным содержанием в серых чугунах кремния (1.5-3%). В результате отжига устраняется отбел и структура становится перлитной,феррито-перлитной или ферритной.

**Низкотемпературный отжиг** применяют для снятия внутренних остаточных напряжений отливок серого чугуна. Данный отжиг проводят по следующему режиму: медленный нагрев отливок (30-180оС/ч) до 530-620оС, выдержка при этой температуре 1-4 часа (с момента нагрева до заданной температуры наиболее толстого сечения отливки) и медленное охлаждение вместе с печью со скоростью 10-30оС/ч до 250-400оС 2. В результате такого отжига внутренние остаточные напряжения уменьшаются на 80-85% и увеличивается количество феррита. Отжиг при более высоких температурах может вызвать графитизацию эвтектоидного цементита, снижение твердости и прочности чугуна.

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

1. Большой энциклопедический словарь; Под редакцией Прохорова А.М.–

М: “Советская энциклопедия”, 1991, с. 823

2 Седов Ю.Е., Адаскин А.М. Справочник молодого термиста – М: ”Высшая школа”, 1986, с.112.

Нормализацию применяют для увеличения связанного углерода, повышения твердости, прочности и износостойкости серого, ковкого и высокопрочного чугунов. При нормализации чугун нагревают выше температур интервала превращения (850-950оС) и после выдержки в течение 0.5-3.0 часа, при которой должно произойти насыщение аустенита углеродом, охлаждают на воздухе1.

Растворение графита в Y-фазе является важным процессом при нормализации (а также и при закалке) чугуна с ферритной или феррито-перлитной структурой. Этот процесс подобен цементации стали; разница в том, что при цементации происходит насыщение поверхностного слоя стальной детали углеродом из внешней среды, а при нагреве чугунной отливки «карбюризатором» являются многочисленные включения графита, расположенные в металлической основе, и насыщение углеродом происходит во всём объёме отливки. На растворение углерода в аустените чугунной отливки влияет температура: с повышением температуры нагрева растворимость углерода в Y-фазе резко увеличивается. В результате нормализации чугуна с исходной структурой основной массы феррит или феррит и перлит получается структура перлита или сорбитообразного перлита с повышенной твердостью и прочностью.

Перлитные чугуны не нормализуют, так как повышение степени дисперсности продуктов распада аустенита существенно не влияет на механические свойства.

При закалке чугуна превращения аналогичны превращениям, происходящим при закалке стали. Но в связи с наличием в чугуне включений графита закалка чугунов имеет следующие особенности.

1. Закалка проводится из двухфазного аустенито-графитного состояния.
2. При нагреве происходит растворение графита в аустените, в связи с чем, несмотря на различную исходную структуру чугуна, превращению при охлаждении подвергается аустенит с эвтектоидной или заэвтектоидной концентрацией углерода.
3. При растворении графита в зонах, удалённых от мест контакта аустенита с графитом, концентрация углерода меньше.
4. Ликвация при нагреве под закалку не устраняется.

Закалке подвергают серый, ковкий и высокопрочный чугун для повышения твёрдости, прочности и износостойкости. По способу выполнения закалка чугуна может быть объёмной непрерывной, изотермической и поверхностной.

**При объёмной непрерывной закалке** чугун нагревают под закалку (медленно для отливок сложной конфигурации) до температуры на 40 – 60оС выше интервала превращения (обычно до 850 – 930оС) с получением структуры аустенит и графит. Затем дают выдержку для прогрева и насыщения аустенита углеродом; выдержка тем длиннее, чем больше феррита и меньше перлита, например, 10 – 15 мин для перлитных чугунов и до 1,5 – 2 часа для ферритных чугунов. Отливки охлаждают в воде (простой конфигурации) или в масле (сложной конфигурации).

После закалки от оптимальной температуры и выдержки, обеспечивающей достаточное растворение углерода в аустените, в ферритном чугуне получается

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 Седов Ю.Е., Адаскин А.М. Справочник молодого термиста – М: “Высшая школа”, 1986, с. 113.

мартенситная структура с максимальной твёрдостью HRC 55 –60. В чугунах

высокопрочных, аустенит которых обладает пониженной критической скоростью закалки, твёрдость после закалки достигает HRC 60 –62. Прочность после закалки понижается. Прокаливаемость высокопрочного чугуна выше прокаливаемости серого чугуна. После закалки чугун подвергают низкому отпуску для снятия части внутренних напряжений или высокому отпуску с получением сорбитной или троостосорбитной структуры.

**При изотермической закалке** чугун нагревают до 830 – 900оС выдерживают 0,2 – 1,5 часа и охлаждают в расплавленных солях, имеющих температуру 250 – 400оС, и после выдержки охлаждают на воздухе. Структура чугуна после изотермической закалки состоит из бейнита, остаточного аустенита и графита. Прочность, твёрдость и износостойкость изотермически закаленного чугуна выше по сравнению со свойствами чугуна после улучшения (закалки и отпуска) со структурой сорбита или троостита. Преимущество изотермической закалки – резкое уменьшение закалочных напряжений и коробления. Изотермической закалке обычно подвергают отливки из высококачественного чугуна (например, с шаровидным графитом) небольшого сечения (толщина стенки 10 – 12 мм), так как необходимо переохладить аустенит до температуры изотермической выдержки.

**Поверхностную закалку** с нагревом с помощью токов высокой частоты применяют для повышения поверхностной твёрдости и износостойкости чугунных отливок. Поверхностной закалке рекомендуется подвергать перлитные чугуны. Это объясняется тем, что при нагреве перлитных чугунов нет необходимости в насыщении аустенита углеродом за счёт растворения графита. Превращения, происходящие при поверхностной закалке таких чугунов, аналогичны превращениям при поверхностной закалке перлитных чугунов 840 – 950оС, время нагрева – несколько секунд, скорость нагрева около 400оС/с, охлаждение в воде или эмульсии. Твёрдость после закалки серого чугуна HRC 50 – 55, высокопрочного HRC 58 – 60. Распределение твёрдости по сечению закалённого слоя (толщиной 1,5 – 4 мм) дотаточно равномерное. Микроструктура поверхностного слоя – мелкоигольчатый мартенсит и включения графита. После поверхностной закалки проводится низкий отпуск. Поверхностной высокочастотной закалке подвергают детали из перлитного чугуна, работающие на износ – направляющие станин станков ( изготовляемые из модифицированного серого чугуна), коленчатые и кулачковые валы (из высокопрочного чугуна), гильзы цилиндров (из легированного чугуна) и другие детали.

При поверхностной закалке ферритных чугунов для получения высокой твёрдости после закалки необходим нагрев с меньшей скоростью (~ 5 – 10оС/с) и до более высокой температуры (~ до 1050оС) для того, чтобы произошло насыщение аустенита углеродом (вследствие растворения графита).

На результат поверхностной закалки ферритного чугуна влияет характер распределения графитных включений в металлической основе, т.е. их количество, размер и расстояние между ними. Чем мельче включения графита, тем их больше и расстояние между ними меньше. С увеличением количества графитовых включений твёрдость закалённого ферритного чугуна повышается особенно резко при увеличении числа включений до 200 –300 на 1мм2.

Отпуск проводится с целью снятия термических напряжений, повышения твёрдости, прочности и износостойкости. Нагрев проводят медленный для

сложных изделий до температуры 150 – 300оС для деталей работающих на износ или 400 – 600оС, затем дают выдержку 1 – 3 часа. Охлаждение проводят на воздухе.

Для стабилизации размеров литых чугунных деталей, предотвращения коробления и снятия внутренних напряжений применяют старение.

Различают два вида старения: естественное и искуственное.

**Естественное старение** осуществляется на открытом воздухе или в помещении склада. Изделия после литья выдерживаются в течение 6 – 15 месяцев. При естественном старении снижение напряжений в отливках составляет 3 – 10 %

При вибрационном старении снижение напряжений достигает 10 – 15 %. Во время вибрации в отливке возникают дополнительные временные напряжения, вызывающие локальные пластические деформации чугуна и , таким образом, повышающие стойкость против последующего коробления.

Старение методом статистической перегрузки отличаются тем, что для создания дополнительных временных напряжений деталь подвергают воздействию внешних статических нагрузок. При этом методе снижение напряжений достигает 10 – 30 %.

Старение методом термоударов (термоциклическое старение) осуществляется путём быстрого нагрева и охлаждения всей детали или отдельных участков её. Стойкость против коробления повышается за счёт пластических деформаций, вызываемых временными температурными напряжениями. Общий уровень напряжений снижается на 10 –20 %. Термоциклическое старение осуществляется по следующему режиму: загрузка в печь и нагрев за 3 – 3,5 часа до 350оС, выдержка 2 – 2,5 часа, а затем резкое охлаждение (на воздухе); снова повторный нагрев (за 1 – 1,5 часа) до 320оС, выдержка 4 – 5 часов и охлаждение вместе с печью до 150 – 100оС**.**

**Искусственное старение** осуществляется при повышенных температурах; длительность – несколько часов.

При искуственном старении отливки чугуна загружают в печь, нагретую до 100 – 200оС, нагревают до температуры 550 – 570 оС со скоростью 30 – 60оС в час, выдерживают 3 – 5 часов и охлаждают вместе с печью со скоростью 20 – 40оС в час до температуры 150 – 200оС, а затем охлаждают на воздухе.

Обычно старение проиводят после грубой механической обработки.

**Химико – термическая обработка.**

Кроме термической обработки чугуны подвергают химико – термической обработке.

Для повышения поверхностной твёрдости, износостойкости, предела усталости и коррозийной стойкости серые и высокопрочные чугуны подвергают азотированиюилинасыщению азотом поверхности отливки. Чаще азотируют серые перлитные чугуны, легированные хромом, молибденом, алюминием. Температура азотирования 550 –580оС, время выдержки 30 – 70 часов, степень диссоциации аммиака около 30%. В результате азотирования получается слой толщиной до 0,4мм твёрдостью до HV 900. Оптимальная температура азотиро-

вания высокопрочного чугуна 650 – 700оС, степень диссоциации аммиака 30 – 45%. Слой толщиной 0,25мм получается после выдержки 12 часов; твёрдость до HV 1000.

Кроме азотирования, повышение поверхностной твердости, износостойкости

и предела выносливости легированного серого перлитного чугуна можно достигнуть газовым и жидкостным цианированием **–** диффузионным насыщением поверхности отливок углеродом и азотом при температуре 570оС. Более эффективно газовое цианирование – слой толщиной 0,15 – 0,20мм с максимальной твёрдостью HV 1000 достигается через 8 часов.

Для повышения жаростойкости и сопротивления атмосферной коррозии чугунные отливки можно подвергать алитированию, то есть насыщению поверхности алюминием. Температура алитирования 900 - 1050оС, время выдержки

2 – 6 часа, охлаждение вместе с печью или на воздухе.

Для повышения коррозионной стойкости в кислотах, износостойкости и жароупорности чугунные отливки подвергают силицированию – поверхностному или объёмному насыщению кремнием путём обработки в газовой среде, содержащей кремний.

Хромирование – диффузионное насыщение поверхностного слоя чугунных отливок хромом, для повышения твёрдости до HV 1600, износостойкости, жаростойкости, предотвращения коррозии или в защитно-декоративных целях. Хромирование проводят при температуре 950 – 1000оС, время выдержки 10 – 12 часов в твёрдой среде, 5 часов – в газовой. Охлаждают вместе с печью или на воздухе.

Кроме того для улучшения обрабатываемости и предупреждения задиров чугунные отливки можно подвергать сульфидированию. Его проводят при температуре 550 – 600оС, чугунные отливки выдерживают 3 часа, затем охлаждают на воздухе.

Полученные в доменных печах чугуны не обладают всеми эксплуатационными свойствами, поэтому чтобы снять внутреннее напряжение, возникающее при литье и вызывающее с течением времени изменение размеров и формы отливки, снизить твёрдость и улучшить обрабатываемость резанием и повысить механические свойства чугунов необходимо подвергнуть их термической обработке. Все виды термической обработки взаимосвязаны. Нельзя получить все необходимые механические свойства лишь одним видом термической обработки; при отжиге снимаются внутренние напряжения, повышается вязкость, при нормализации изменяется структура, повышается прочность и износостойкость, при закалке повышается твёрдость, структура становится более равновесной, а при отпуске повышается пластичность, уменьшается хрупкость закалённой отливки. Старение стабилизирует размеры литых чугунных деталей.

Теорию термической обработки необходимо знать каждому термисту, так как от правильного выбора , разработки наиболее эффективного технологического процесса термической обработки и его выполнения зависит качество изготовляемых деталей. Только изучив теорию и практику термической обработки металлов, термист может успешно работать на современных машиностроительных заводах, успешно внедрять в технологию термической обработки новейшие достижения науки и техники, бороться за механизацию и автоматизацию технологических процессов.

**Используемая литература:**

1. Большой энциклопедический словарь; Под редакцией Прохорова А.М.–

М: Советская энциклопедия, 1991, 1628 с.

1. Зуев ВМ. Термическая обработка металлов – М: Высшая школа, 1976,

344 с. с ил.

1. Кузьмин Б.А. и др. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы - М: Высшая школа, 1977, 304 с. с ил.
2. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы – М: высшая школа, 1980, 360 с. с ил.
3. Самохоцкий А.И., Парфёновская Н.Г. Технология термической обработки металлов – М: Машиностроение, 1976, 311 с. с ил.
4. Седов Ю.Е., Адаскин А.М. Справочник молодого термиста – М: Высшая школа, 1986, 239 с. с ил.