

ОП.03 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ФГОС по специальности среднего профессионального образования
23.01.17. Мастер по ремонту и обслуживанию автомобиля

ПЛАН КОНСПЕКТ УРОКА

Тема: Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Цели урока:

Обучающая: сформулировать новые понятия о видах железоуглеродистых сплавов, их составляющих; объяснять фазовые превращения в железоуглеродистых сплавах при нагреве и охлаждении в соответствии с физико-химическими закономерностями

Развивающая: способствовать развитию логического мышления и умению работать с учебной литературой

Воспитывающая:

-развивать интерес к предмету «Материаловедение»;

-содействовать развитию эстетического вкуса, культуры речи.

Тип урока: урок усвоения новых знаний

Средства обучения: Дидактический материал (опорные конспекты, слайды), учебная литература

Материально-техническое оснащение:

1. Учебные пособия;
2. Образцы металлов и сплавов.
3. Макеты, видео-проектор.

Время проведения: 90 минут.

Межпредметные связи: «Технологическое оборудование», «Технология машиностроения», «Процессы формообразования и инструменты»

ХОД УРОКА

1. Проверка домашнего задания. 5 мин.

2. Актуализация знаний. 5 мин.
2. Объяснить студентам тему и цели урока. 3- 5 мин.
3. Объяснение учебного материала 25 — 30 мин.
4. Показ видеоматериала урока 15 - 20 мин.
5. Обсуждение учебного материала, опрос учащихся. 15 мин.
6. Подведение итогов урока. 3 — 5 мин.
7. Домашнее задание. 5 мин.

Учебный материал:

1. Компоненты и фазы диаграммы железо-цементит
2. Диаграмма состояния железо-цементит
3. Классификация железуглеродистых сплавов

Вопрос 1

Железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны – важнейшие металлические сплавы современной техники. Производство чугуна и стали по объему превосходит производство всех других металлов вместе взятых более чем в десять раз.

Диаграмма состояния железо – углерод дает основное представление о строении железуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.

Начало изучению диаграммы железо – углерод положил Чернов Д.К. в 1868 году. Чернов впервые указал на существование в стали критических точек и на зависимость их положения от содержания углерода.

Значение диаграммы состоит в том, что она позволяет объяснить зависимость структуры и, соответственно, свойств, сталей и чугунов от содержания углерода, а также определить режимы термической обработки. С помощью диаграммы можно определить температуру плавления, кристаллизации и полиморфных превращений у различных сплавов, а также тип, количество и химический состав фаз в конкретных сплавах при любой температуре.

Компонентами железуглеродистых сплавов являются железо, углерод и

1. *Железо* – переходный металл серебристо-светлого цвета. Имеет высокую температуру плавления – $1539^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$.

В твердом состоянии железо может находиться в двух модификациях. Полиморфные превращения происходят при температурах $911^{\circ}C$ и $1392^{\circ}C$. При температуре ниже $911^{\circ}C$

существует Fe_{α} с объемно-центрированной кубической решеткой. В интервале

температур 911...1392° C устойчивым является Fe_γ с гранецентрированной кубической решеткой. Выше 1392° C железо имеет объемно-центрированную кубическую решетку и называется Fe_δ или высокотемпературное Fe_α . Высокотемпературная модификация Fe_α не представляет собой новой аллотропической формы. Критическую температуру 911° C превращения $Fe_\alpha \leftrightarrow Fe_\gamma$ обозначают точкой A_3 , а температуру 1392° C превращения $Fe_\alpha \leftrightarrow Fe_\delta$ - точкой A_4 .

При температуре ниже 768° C железо ферромагнитно, а выше – парамагнитно. Точка Кюри железа 768° C обозначается A_2 .

Железо технической чистоты обладает невысокой твердостью (80 НВ) и прочностью (предел прочности – $\sigma_B = 250 \text{ МПа}$, предел текучести – $\sigma_T = 120 \text{ МПа}$) и высокими характеристиками пластичности (относительное удлинение – $\delta = 50\%$, а относительное сужение – $\psi = 80\%$). Свойства могут изменяться в некоторых пределах в зависимости от величины зерна.

Железо характеризуется высоким модулем упругости, наличие которого проявляется и в сплавах на его основе, обеспечивая высокую жесткость деталей из этих сплавов.

Железо со многими элементами образует растворы: с металлами – растворы замещения, с углеродом, азотом и водородом – растворы внедрения.

2. Углерод относится к неметаллам. Обладает полиморфным превращением, в зависимости от условий образования существует в форме графита с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500 °C, плотность – 2,5 г/см³) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой с координационным числом равным четырем (температура плавления – 5000 °C).

В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (Fe_3C), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

3. Цементит (Fe_3C) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), содержит 6,67 % углерода.

Аллотропических превращений не испытывает. Кристаллическая решетка цементита состоит из ряда октаэдров, оси которых наклонены друг к другу.

Температура плавления цементита точно не установлена (1250, 1550° C). При низких температурах цементит слабо ферромагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 217° C.

Цементит имеет высокую твердость (более 800 HB , легко царапает стекло), но чрезвычайно низкую, практически нулевую, пластичность. Такие свойства являются следствием сложного строения кристаллической решетки.

Цементит способен образовывать твердые растворы замещения. Атомы углерода могут замещаться атомами неметаллов: азотом, кислородом; атомы железа – металлами: марганцем, хромом, вольфрамом и др. Такой твердый раствор на базе решетки цементита называется *легированным цементитом*.

Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Этот процесс имеет важное практическое значение при структурообразовании чугунов.

В системе железо – углерод существуют следующие фазы: жидкая фаза, феррит, аустенит, цементит.

1. Жидкая фаза. В жидком состоянии железо хорошо растворяет углерод в любых пропорциях с образованием однородной жидкой фазы.

2. Феррит (Φ) $Fe_{\alpha}(C)$ – твердый раствор внедрения углерода в α -железо.

Феррит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – $0,006\%$ при комнатной температуре (точка Q), максимальную – $0,02\%$ при температуре 727°C (точка P). Углерод располагается в дефектах решетки.

При температуре выше 1392°C существует высокотемпературный феррит (δ) ($Fe_{\delta}(C)$), с предельной растворимостью углерода $0,1\%$ при температуре 1499°C (точка J)

Свойства феррита близки к свойствам железа. Он мягок (твердость – 130 HB , предел прочности – $\sigma_B = 300\text{ МПа}$) и пластичен (относительное удлинение – $\delta = 30\%$), магнитен до 768°C .

3. Аустенит (A) $Fe_{\gamma}(C)$ – твердый раствор внедрения углерода в γ -железо.

Углерод занимает место в центре гранецентрированной кубической ячейки.

Аустенит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – $0,8\%$ при температуре 727°C (точка S), максимальную – $2,14\%$ при температуре 1147°C (точка E).

Аустенит имеет твердость $200...250\text{ HB}$, пластичен (относительное удлинение – $\delta = 40...50\%$), парамагнитен.

При растворении в аустените других элементов могут изменяться свойства и температурные границы существования.

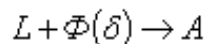
4. Цементит – характеристика дана выше.

В железоуглеродистых сплавах присутствуют фазы: цементит первичный ($Ц_I$), цементит вторичный ($Ц_{II}$), цементит третичный ($Ц_{III}$). Химические и физические свойства этих фаз одинаковы. Влияние на механические свойства сплавов оказывает различие в размерах, количестве и расположении этих выделений. Цементит первичный выделяется из жидкой фазы в виде крупных пластинчатых кристаллов. Цементит вторичный выделяется из аустенита и располагается в виде сетки вокруг зерен аустенита (при охлаждении – вокруг зерен перлита). Цементит третичный выделяется из феррита и в виде мелких включений располагается у границ ферритных зерен.

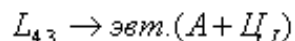
Вопрос 2

Линия $ABCD$ – ликвидус системы. На участке AB начинается кристаллизация феррита (δ), на участке BC начинается кристаллизация аустенита, на участке CD – кристаллизация цементита первичного.

Линия $AHJECF$ – линия солидус. На участке AH заканчивается кристаллизация феррита (δ). На линии HJB при постоянной температуре 14990C идет перетектическое превращение, заключающееся в том, что жидкая фаза реагирует с ранее образовавшимися кристаллами феррита (δ), в результате чего образуется аустенит:



На участке JE заканчивается кристаллизация аустенита. На участке ECF при постоянной температуре 1147°C идет эвтектическое превращение, заключающееся в том, что жидкость, содержащая 4,3 % углерода превращается в эвтектическую смесь аустенита и цементита первичного:



Эвтектика системы железо – цементит называется ледебуритом ($Л$), по имени немецкого ученого Ледебура, содержит 4,3 % углерода.

При температуре ниже 727°C в состав ледебурита входят цементит первичный и перлит, его называют ледебурит превращенный ($ЛП$).

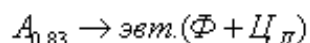
По линии HN начинается превращение феррита (δ) в аустенит, обусловленное полиморфным превращением железа. По линии NJ превращение феррита (δ) в аустенит заканчивается.

По линии GS превращение аустенита в феррит, обусловленное полиморфным превращением железа. По линии PG превращение аустенита в феррит заканчивается.

По линии ES начинается выделение цементита вторичного из аустенита, обусловленное снижением растворимости углерода в аустените при понижении температуры.

По линии MO при постоянной температуре 768° С имеют место магнитные превращения.

По линии PSK при постоянной температуре 727° С идет эвтектоидное превращение, заключающееся в том, что аустенит, содержащий 0,8 % углерода, превращается в эвтектоидную смесь феррита и цементита вторичного:



По механизму данное превращение похоже на эвтектическое, но протекает в твердом состоянии.

Эвтектоид системы железо – цементит называется перлитом (П), содержит 0,8 % углерода.

Название получил за то, что на полированном и протравленном шлифе наблюдается перламутровый блеск.

Перлит может существовать в зернистой и пластинчатой форме, в зависимости от условий образования.

По линии PQ начинается выделение цементита третичного из феррита, обусловленное снижением растворимости углерода в феррите при понижении температуры.

Температуры, при которых происходят фазовые и структурные превращения в сплавах системы железо – цементит, т.е. критические точки, имеют условные обозначения.

Обозначаются буквой А (от французского arrêt – остановка):

A1 – линия PSK (7270С) – превращение $\text{П} \leftrightarrow \text{А}$;

A2 – линия MO (7680С, т. Кюри) – магнитные превращения;

A3 – линия GOS (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение $\text{Ф} \leftrightarrow \text{А}$;

A4 – линия NJ (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – превращение $\text{А} \leftrightarrow \text{Ф}(\delta)$;

Acm – линия SE (переменная температура, зависящая от содержания углерода в сплаве) – начало выделения цементита вторичного (иногда обозначается A3).

Так как при нагреве и охлаждении превращения совершаются при различных температурах, чтобы отличить эти процессы вводятся дополнительные обозначения. При нагреве добавляют букву с, т.е. A_{c1} , при охлаждении – букву r, т.е. A_{r1} .

Вопрос 3

Все сплавы системы железо – цементит по структурному признаку делят на две большие группы: стали и чугуны.

Особую группу составляют сплавы с содержанием углерода менее 0,02% (точка P), их называют техническое железо. Микроструктуры сплавов представлены Структура таких сплавов после окончания кристаллизации состоит или из зерен феррита), при содержании углерода менее 0,006 %, или из зерен феррита и кристаллов цементита третичного, расположенных по границам зерен феррита если содержание углерода от 0,006 до 0,02 %.

Углеродистыми сталями называют сплавы железа с углеродом, содержащие 0,02...2,14 % углерода, заканчивающие кристаллизацию образованием аустенита.

Они обладают высокой пластичностью, особенно в аустенитном состоянии.

Структура сталей формируется в результате перекристаллизации аустенита.

По содержанию углерода и по структуре стали подразделяются на

дозэвтектоидные ($0,02\% < C < 0,8\%$), структура феррит + перлит ; **эвтектоидные** ($C = 0,8\%$), структура перлит (П), перлит может быть пластинчатый или зернистый

заэвтектоидные ($0,8\% < C < 2,14\%$), структура перлит + цементит вторичный (П + ЦП), цементитная сетка располагается вокруг зерен перлита.

По микроструктуре сплавов можно приблизительно определить количество углерода в составе сплава, учитывая следующее: количество углерода в перлите составляет 0,8 %, в цементите – 6,67 %. Ввиду малой растворимости углерода в феррите, принимается, что в нем углерода нет.

Сплавы железа с углеродом, содержащие углерода более 2,14 % (до 6,67 %), заканчивающие кристаллизацию образованием эвтектики (ледебурита), называют чугунами.

Наличие легкоплавкого ледебурита в структуре чугунов повышает их литейные свойства.

Чугуны, кристаллизующиеся в соответствии с диаграммой состояния железо – цементит, отличаются высокой хрупкостью. Цвет их излома – серебристо-белый. Такие чугуны называются белыми чугунами.

По количеству углерода и по структуре белые чугуны подразделяются на:

дозэвтектические ($2,14\% < C < 4,3\%$), структура перлит + ледебурит + цементит вторичный ($П + Л + Ц_{II}$);

эвтектические ($C = 4,3\%$), структура ледебурит (Л)

доэвтектические ($4,3\% < C < 6,67\%$), структура ледебурит + цементит
первичный ($L + C_I$)

В структуре доэвтектических белых чугунов присутствует цементит вторичный, который образуется в результате изменения состава аустенита при охлаждении (по линии ES). В структуре цементит вторичный сливается с цементитом, входящим в состав ледебурита.

Фазовый состав сталей и чугунов при нормальных температурах один и тот же, они состоят из феррита и цементита. Однако свойства сталей и белых чугунов значительно различаются. Таким образом, основным фактором, определяющим свойства сплавов системы железо – цементит является их структура.

Закрепляющий материал-задание

К 1 вопросу лекции

Ответить на следующие вопросы

1. Какие сплавы называют чёрными сплавами?
2. Какие виды сплавов по характеру взаимодействия компонентов могут образовывать между собой железо с углеродом?
3. Какой сплав называют сталью?
4. Какая структурная составляющая является эвтектикой?
5. К каким типам сплавов относятся структуры феррит, аустенит, ледебурит, перлит и цементит?

Твёрдые растворы

Химические соединения

Механические смеси

К 2 вопросу лекции

1. Определите по диаграмме температуру плавления чистого железа.
2. Какие параметры являются координатами диаграммы сплава?
3. Укажите линию начала первичной кристаллизации?
4. Что такое солидус?
5. Что такое ликвидус?
6. Укажите линию окончания первичной кристаллизации?
7. Какое химическое соединение образуют железо с углеродом?

К 3 вопросу лекции

1. Какие стали называют доэвтектоидными ?

2. Какие стали называют заэвтектоидными?

Тест-задание

1. Сколько кристаллических модификаций может образовывать чистое железо:

А) пять Б) четыре В) три Г) две

2. Сплав, образующийся при температуре 727°C и содержащий 0,8% углерода, называется:

А) перлит Б) феррит В) аустенит Г) эвтектика

3. Доэвтектический белый чугун – это сплав, с содержанием углерода:

А) до 0,8% Б) от 0,8% до 2,14% В) от 2,14% до 4,3% Г) выше 4,3%

4. Что означает линия «солидус» на диаграмме фазового равновесия двойных сплавов?

1. Линию конца кристаллизации
2. Линию начала кристаллизации
3. Линия аллотропического превращения
4. Линию эвтектического превращения

5. Какие железоуглеродистые сплавы называются сталями?

1. Содержание углерода более 0,8 %
2. Содержание углерода более 4,8%
3. Содержание углерода не более 2,14%
4. Содержание углерода более 0,002%

Подведение итогов урока. 3 — 5 мин.

Домашнее задание. 5 мин.

СОДЕРЖАНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Выучить параграф & 4. Общая характеристика металлов и сплавов Раздел 2 Строение и свойства металлов, Учебника Материаловедение Волгожанин С.А. Солнцев Ю.П. стр. 41.
Сделат

