

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

Кафедра металлических конструкций

УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ И ИХ СВОЙСТВА

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Технология конструкционных материалов»
для студентов направления 270100 - «Строительство»
с ориентацией на специальности: 270102 - «ПГС»

270104 - «ГС»

270105 - «ГСХ»

270106 - «ПСМ»

270109 - «ТГВ»

270112 - «ВиВ»

270115 - «ЭУН»

и направления 270200 «транспортное строительство» с ориентацией
на специальность 270205 – «АДА»

Нижний Новгород - 2010 г.

Углеродистые стали и их свойства: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для студентов направления 270100 - «Строительство» с ориентацией на специальности: 270102- «ПГС»; 270104 - «ГС»; 270105 - «ГСХ»; 270106 - «ПСМ»; 270109 - «ТГВ»; 270112 - «ВиВ»; 270115 - «ЭУН» и направления 270200 «транспортное строительство» с ориентацией на специальность 270205 – «АДА»: Нижний Новгород, ННГАСУ, 2010 г.

В методических указаниях дана классификация углеродистых сталей по структуре и содержанию в них углерода, определяющих их механические свойства. Показаны области применения углеродистых сталей.

Рис. 7.

Составитель: Г.С.Шмаков

УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ И ИХ СВОЙСТВА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить структуры углеродистой стали и понять их влияние на ее механические свойства.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. СТАЛЬ - это железоуглеродистый сплав, содержащий углерода менее 2% и имеющий в своем составе неизбежные примеси $Si = 0,05-0,3\%$, $Mn = 0,4-0,6\%$, $S < 0,05\%$ и $P < 0,05\%$.

Сталь - пластически деформируемый материал, который можно гнуть, ковать, штамповать и прокатывать в горячем и холодном состояниях.

Механические свойства стали определяются ее структурой, которая зависит от содержания в стали углерода.

2.2. МИКРОСТРУКТУРА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ в отожженном состоянии включает в себя следующие фазы:

ФЕРРИТ - твердый раствор внедрения углерода в α -железо: $Fe_{\alpha(C)}$. Феррит весьма пластичен $\delta = 45\%$ и имеет сравнительно небольшую твердость: $H_b = 70-80 \text{ кН/см}^2$. В феррите растворяется до 0,02 % углерода (при температуре 727°C).

ЦЕМЕНТИТ - химическое соединение железа с углеродом Fe_3C . Цементит - хрупкая фаза, обладающая большой твердостью $H_b = 800 \text{ кН/см}^2$. В цементите содержится 6,67% углерода.

ПЕРЛИТ - механическая смесь феррита и цементита. В перлите содержится 0,8% углерода. Это прочная, вязкая структура, обладающая сравнительно высокой твердостью и прочностью.

$H_b = 270 \text{ кН/см}^2$, $\sigma_b = 95 \text{ кН/см}^2$, $\delta = 10\%$.

Структура стали в отожженном состоянии определяется содержанием в ней углерода и характеризуется нижней левой частью диаграммы железо-углерод, представленной на Рис.6.

При температурах выше фазовых превращений, определяемых линиями PSK и GS Рис.6, углеродистые стали имеют аустенитную структуру.

АУСТЕНИТ - твердый раствор внедрения углерода в γ -железо: $Fe_{\gamma(C)}$. В аустените растворяется до 2% углерода (при температуре 1147°C).

2.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЖЕЛЕЗО - это железоуглеродистые сплавы содержащие менее 0,02% углерода. Структура технического железа - феррит Рис.1. Поэтому техническое железо обладает высокой пластичностью и низкой прочностью. В промышленности оно используется крайне редко - для спецработ.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛИ ПО ЕЕ МИКРОСТРУКТУРЕ

По структуре стали делятся на три класса (Рис.6):

1. доэвтектоидные стали: $0,02 < C < 0,8\%$
2. эвтектоидная сталь: $C = 0,8\%$
3. заэвтектоидные стали: $C > 0,8\%$

СТРУКТУРА ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ состоит из феррита и перлита. Зерна феррита под микроскопом светлые, а зерна перлита - темные, Рис.2. С увеличением в стали содержания углерода количество зерен перлита будет увеличиваться. Рис.3, при этом прочность и твердость стали повышаются, а пластичность уменьшается.

СТРУКТУРА ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ ($C = 0,8\%$) после отжига состоит полностью из перлита, Рис.4. Твердость и прочность эвтектоидной стали выше доэвтектоидной, а пластичность ниже.

СТРУКТУРА ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ ($C > 0,8\%$) состоит из перлита и цементита, Рис.5. Количество цементита в структуре заэвтектоидной стали увеличивается с увеличением содержания в ней углерода. Наличие в структуре заэвтектоидной стали цементита приводит к значительному повышению ее твердости и снижению пластичности по сравнению с эвтектоидной сталью.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛИ ПО СОДЕРЖАНИЮ В НЕЙ УГЛЕРОДА

На практике стали по содержанию углерода подразделяются на:

1. малоуглеродистые $C = 0,05 - 0,25\%$
2. среднеуглеродистые $C = 0,3 - 0,55\%$
3. высокоуглеродистые $C = 0,6 - 1,3\%$

МАЛОУГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ($C < 0,25\%$) имеют ферритоперлитную структуру, Рис.6. Перлита в этих сталях содержится до 30% - остальное феррит, Рис.3. Это обуславливает высокую пластичность малоуглеродистых сталей ($\delta = 10 - 30\%$) при их достаточной прочности ($\sigma_B = 25 - 50 \text{ кН/см}^2$).

Из малоуглеродистой стали изготавливают листовой прокат, прутки, профили сортового и фасонного проката, используемые в строительных конструкциях.

СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ($C = 0,3 - 0,55\%$) имеют также ферритоперлитную структуру Рис.6. Однако перлита в этих сталях содержится значительно больше - до 70%, Рис.3. Такое большое количество перлита значительно повышает прочность и твердость стали, а ее пластичность и ударная вязкость при этом уменьшаются, Рис.7.

Среднеуглеродистые стали используются, в основном, для изготовления машиностроительных деталей, упрочняемых термической обработкой.

ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫЕ ДОЭВТЕКТОИДНЫЕ СТАЛИ, содержащие углерода: $0,55 < C < 0,8\%$ и имеют перлитоферритную структуру, Рис.6. Перлита в этих сталях содержится до 95%. При таком высоком содержании перлита сталь приобретает высокую твердость, а наличие между зернами перлита пластичной фазы феррита придает ей упругость и достаточную вязкость.

Из высокоуглеродистой доэвтектоидной стали изготавливают пружины, рессоры, слесарный и ударнорежущий инструмент: молотки, зубила, топоры, стамески.

СТРУКТУРА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ, содержащей 0,8%С, состоит полностью из перлита, рис.4. Поэтому эвтектоидная сталь обладает высокой твердостью при достаточной вязкости. Из этой стали изготавливаются, например, пилы, ножовки.

СТРУКТУРА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ, содержащих более 0,8% углерода состоит из перлита и цементита, Рис.6. Цементит наблюдается на микрошлифе в виде светлой сетки по границам зерен перлита Рис.5, либо в виде светлых пластинчатых включений. Количество цементита в структуре этих сталей увеличивается с увеличением содержания в них углерода.

Наличие в структуре высокоуглеродистой стали цементита приводит к значительному повышению ее твердости и снижению пластичности по сравнению со среднеуглеродистой сталью.

Из высокоуглеродистой заэвтектоидной стали изготавливают, в основном, режущий инструмент: метчики, фрезы, сверла, напильники, а также гравировальный и хирургический инструмент. Зависимость

механических свойств углеродистой стали от содержания в ней углерода представлена на Рис.7.

5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ОТОЖЖЕННОЙ СТАЛИ ПО ЕЕ МИКРОСТРУКТУРЕ

Так как содержание углерода в феррите при нормальной температуре не превышает 0,01%, то можно считать, что практически весь углерод в отожженной доэвтектоидной стали содержится в перлите. Поскольку феррит и перлит имеют примерно одинаковый удельный объем, то, следовательно, зная площадь занимаемую на микрошлифе перлитом, можно определить процент углерода по формуле:

$$C = \frac{0,8 \cdot F_n}{100} \%$$

где F_n - площадь в %, занимаемая перлитом на микрошлифе;

0,8 - содержание углерода в перлите в %.

К примеру, на глаз определили, что 25% площади микрошлифа занято перлитом. Тогда содержание углерода в такой стали будет:

$$C = \frac{0,8 \cdot 25}{100} = 0,20\%$$

6. СОДЕРЖАНИЕ ПИСЬМЕННОГО ОТЧЕТА И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАБОТЕ

В отчете должны быть отражены:

1. Характеристика стали по химическому составу и механическим свойствам.
2. Стальной участок диаграммы железо-углерод. Рис.6.
3. Характеристика класса стали по структуре.
4. Определение фаз, составляющих структуру стали: феррит, перлит, цементит.
5. Схемы микроструктур образцов доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной сталей.
6. По микроструктуре образца охарактеризовать класс стали, ее механические свойства и область применения.
7. Понятие о малоуглеродистой, среднеуглеродистой и высокоуглеродистой сталях; их механические свойства и области применения.
8. Определить по микрошлифу количество углерода в доэвтектоидной стали.

Геннадий Сергеевич Шмаков

Углеродистые стали и их свойства: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Металловедение и сварка» для студентов направления 270100 - «Строительство» с ориентацией на специальности: 270102- «ПГС»; 270104 - «ГС»; 270105 - «ГСХ»; 270106 - «ПСМ»; 270109 - «ТГВ»; 270112 - «ВиВ»; 270115 - «ЭУН» и направления 270200 «транспортное строительство» с ориентацией на специальность 270205 – «АДА».

Подписано к печати
офсетная, тираж 100 экз., заказ №

, бумага газетная, формат 60x90 1/16
. Уч.изд.л.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950, г.Н.Новгород, ул.Ильинская, 65.

Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, г.Н.Новгород, ул.Ильинская,65.