**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Цель работы: Изучить взаимосвязь химического состава, микроструктуры и механических свойств углеродистых сталей в равновесном состоянии.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Углеродистая сталь промышленного производства кроме железа и углерода содержит ряд других элементов-примесей, допустимое содержание которых определяется стандартами. Основным элементом, с помощью которого изменяются свойства углеродистых сталей, является углерод.

Равновесное состояние углеродистых сталей достигается путем медленного охлаждения изделий с высоких температур (800-900°С).

Изучение микроструктуры производится на микрошлифах с помощью оптического микроскопа при увеличении 200-500 раз.

В микроструктуре углеродистой стали встречаются фазы: феррит и цементит. Эти фазы образуют особую структурную составляющую – перлит с содержанием углерода 0,8%. Сталь такого состава называется эвтектоидной.

Перлит образуется при распаде аустенита (твердого раствора углерода в γ - Fe) ниже 727°С.

Доэвтектоидные стали с содержанием углерода менее 0,8% имеют в микроструктуре кроме перлита еще и феррит.

Если же содержание углерода более 0,8%, стали называют заэвтектоидными и имеют в микроструктуре кроме перлита цементит в качестве самостоятельной структурной составляющей. Этот вторичный цементит выделяется при охлаждении еще выше 727°С из аустенита по границе зерен в виде сетки.

Феррит – это твердый раствор внедрения углерода в α – Fe с объемно-центрированной кубической решеткой. Предельная растворимость углерода (0,02%) наблюдается при температуре 727°С, при комнатной температуре растворимость снижается до 0,008%. Феррит - мягкая, пластичная фаза со следующими механическими свойствами:

$\sigma_в$ = 250 МПа, $\sigma_т$ = 120 МПА, δ = 40 – 50%, ψ = 80%, 80 – 90 НВ.

Цементит – это химическое соединение железа с углеродом карбид железа Fe_3C. В цементите содержится 6,67% С. Цементит имеет сложную кристаллическую решетку с плотной упаковкой атомов. Он обладает высокой твердостью более 800 НВ и хрупкостью.

Перлит – эвтектоидная механическая смесь феррита и цементита. Обычно имеет пластинчатое строение, т.е. состоит из чередующихся пластинок феррита и цементита извилистой формы. Толщина ферритных пластинок примерно в 7 раз больше, чем цементитных. Сумма толщин двух пластинок феррита и цементита составляет 0,6 – 1,0 мкм.

Пластинчатый перлит имеет следующие механические свойства:

σв = 800 – 850 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 500 – 550 МПа, δ = 16%, 200 – 250 НВ.

После специальной термической обработки (сфероидизации) перлит получает зернистое строение. В этом случае цементит имеет форму мелких (<1мкм) округлых зерен, равномерно расположенных в основной ферритной массе.

Зернистый перлит имеет более низкую твердость (170–180 НВ) и прочность (σв = 650Мпа), чем пластинчатый, что значительно облегчает механическую обработку режущим инструментом стали с такой структурой.

Таблица 1

Углеродистые качественные конструкционные стали*

Марка стали	Содержание углерода, %	Предел прочности σ_B, МПа	Марка стали	Содержание углерода, %	Предел прочности σ_B, МПа
08	0,05–0,12	324	40	0,37–0,45	568
10	0,07–0,14	333	45	0,42–0,50	598
15	0,12–0,19	372	50	0,47–0,55	628
20	0,17–0,24	412	55	0,52–0,60	647
25	0,22–0,30	452	60	0,57–0,65	677
30	0,27–0,35	490	65	0,62–0,70	695
35	0,32–0,40	530	70	0,67–0,75	715

*Выписка из ГОСТ 1050–74

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Готовые микрошлифы углеродистых сталей в равновесном состоянии.
2. Фотографии микроструктур сталей с разным содержанием углерода.
3. Металлографические микроскопы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Описать фазы – феррит и цементит, а также структурную составляющую – перлит.

2. Рассмотреть в микроскоп микрошлифы сталей и зарисовать схематически каждую микроструктуру на площади квадрата 30х30 мм. При этом необходимо как можно точнее передать в рисунке форму структурных составляющих и относительные площади, занимаемые ими.

3. Определить количество углерода и марки стали по структуре.

Определение количества углерода и марки стали по структуре

Поскольку плотности феррита и перлита близки, можно определить количество углерода в доэвтектоидной стали по уравнению:

$$C = 0{,}8Fn/100,\ \%,$$

где Fn – площадь, занятая перлитом, %.

Для контроля правильности сделанной оценки сравнить наблюдаемую микроструктуру с фотографиями микроструктур сталей с известным содержанием углерода.

По подсчитанному количеству углерода с помощью таблицы определить марку качественной углеродистой стали.

Анализ результатов эксперимента

В свободном изложении по полученным данным и таблице проанализировать характерные особенности изменения структуры и прочности сталей в зависимости от содержания углерода. Построить график зависимости прочности $\sigma_в$ от содержания углерода.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие твердые фазы образуются в системе $Fe – Fe_3C$?
2. Что представляет собой феррит в углеродистых сталях и какие его свойства?
3. Чем объяснить очень малое содержание углерода в феррите?
4. Что представляет собой цементит, какие у него свойства?
5. Можно ли считать перлит фазой? Какое он имеет строение?
6. Какими свойствами обладает пластинчатый перлит?
7. Как рассчитать содержание углерода в доэвтектоидных сталях, пользуясь правилом отрезков?
8. Почему увеличивается прочность доэвтектоидной стали с увеличением содержания углерода?

ВЫВОДЫ

Сформулировать письменно в виде одного – двух обобщающих заключений, научную и практическую значимость результатов выполненной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение. / Ю.М. Лахтин Ю.М., В.П. Леонтьева. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.

2. Геллер Ю.А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи: учеб. пособие для вузов / Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт. 6-е изд., перераб. и доп. М.:Металлургия, 1989. 456 с.

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович
МАХУКОВ Николай Георгиевич

Рецензент А. М. Долгих

Редактор Н.Н. Крылова

Подписано в печать 10.09.02 Формат 60x84 1/16
Бум. тип Усл. - печ. л. 0,46(0,5) Уч.-изд. л. 0,4
Тираж 100 экз. Заказ 112 Бесплатно

Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копи принтер СГТУ. 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77