



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ММС

В.Е.Панин

«05» сентября 2012г.

## ***Микроанализ стали***

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Общее материаловедение и технология материалов»  
для студентов направления 150100 «Материаловедение и технологии  
материалов»

Томск-2012г.

УДК 629

Лабораторный практикум: Метод, указ. по выполнению лаб. работы по курсу "Общее материаловедение и технология материалов" для студентов направления 150100 «Материаловедение и технологии материалов» - Томск: Изд. ТПУ, 2012. - 10 с.

Составитель магистрант Е.А.Сергеева

Рецензент к.т.н., доцент О.Ю.Ваулина

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры ММС "05" сентября 2012г.

Зав. кафедрой  
академик РАН



В. Е. Панин

## **I. Цель работы**

**Цель работы** – получить навыки работы на металлографическом микроскопе и ознакомиться со структурой различных материалов.

**Приборы и материалы:** стальные образцы, микроскоп ЛабоМет–И, реактивы для травления, спирт, вата, фильтровальная бумага.

## **II. Основные положения**

**1. Выявление микроструктуры при травлении и получение ее изображения в отраженном свете.** Выявление микроструктуры металлов основано на неравномерном растворении в реактиве структурных составляющих. В чистом металле границы зерен растравливаются сильнее, чем тело зерна. В результате на границах зерен после травления образуются углубления, которые рассеивают (гасят) лучи света, и потому при рассмотрении структуры под микроскопом они наблюдаются в виде темных линий (рис. 1а).

В сплавах неоднородные структурные составляющие также обладают неодинаковой растворимостью и потому на поверхности шлифа образуется определенный рельеф разной глубины (рис. 1б-в). Более глубоко протравленные (вытравленные) участки шлифа дают больше рассеянных лучей и выглядят в микроскопе более темными (рис. 2б)

Микроанализ позволяет проводить не только качественное изучение структуры материала, но и количественную оценку структурных составляющих. Можно измерить величину зерна, глубину слоя. Структура характеризуется фазовым составом, размерами и формой кристаллитов (зерен), их взаимным расположением и неизбежными дефектами.

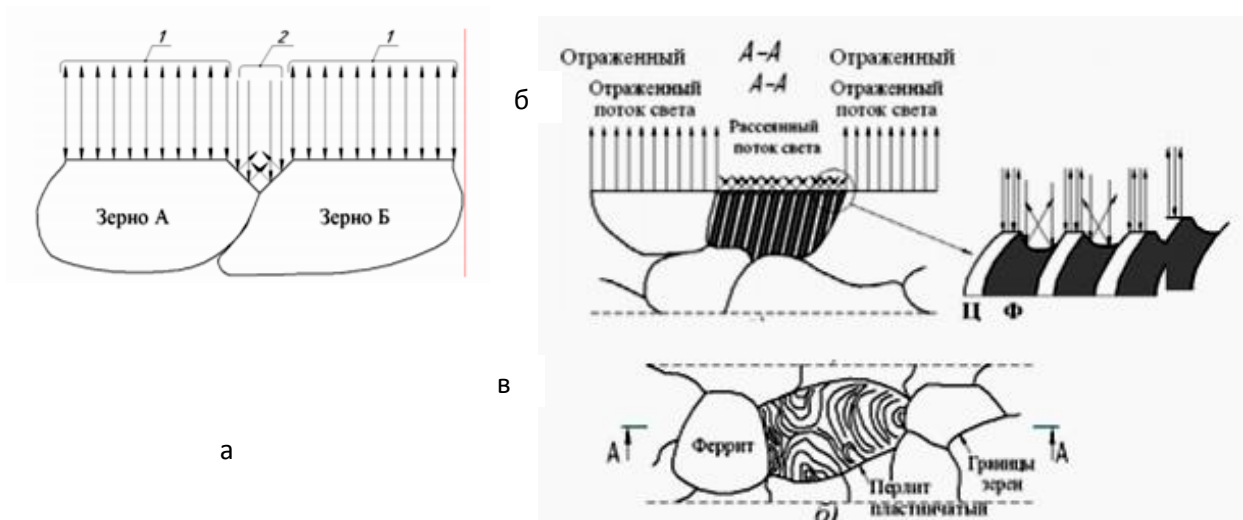


Рис. 1. а) Отражение лучей света от поверхности шлифа в чистых металлах:  
 1 – прямой и отраженный поток света, 2 – рассеянный поток света; схема отражения  
 лучей света в неоднородном феррито-перлитном сплаве (б) и наблюдаемая микроструктура в нем  
 под микроскопом (в): Ц – пластинка цементита в перлите (светлая); Ф – пластинка феррита в  
 перлите (темная)

В результате фазовых превращений в твердом состоянии при малых скоростях охлаждения в стали образуются следующие структуры (рис.2): перлит, избыточный феррит, вторичный цементит и третичный цементит.

Сталь, содержащую 0,8 % С, называют эвтектоидной (Приложение, рис.3), содержащие менее 0,8 % С называют доэвтектоидными (Приложение, рис.2), а более 0,8 % С – заэвтектоидными (Приложение, рис.4).

**Металлографический анализ** металлов и сплавов заключается в исследовании структуры материалов при больших увеличениях с помощью микроскопа, а наблюдаемая структура называется **микроструктурой**. Изучение под микроскопом структуры металлов возможно лишь при достаточно интенсивном отражении световых лучей от исследуемой поверхности. Поэтому поверхность образца должна быть специально подготовлена – шлифование и полирование, затем поверхность микрошлифа трвят. Существует **несколько методов травления**, из которых наиболее распространен метод избирательного растворения фаз. Для травления микрошлиф погружают полированной поверхностью в раствор избранного состава и через некоторое время вынимают (либо наносят на поверхность каплю травителя). Если полированная поверхность станет слегка матовой,

травление считается законченным, шлиф сразу же промывают водой, затем спиртом и высушивают фильтровальной бумагой.

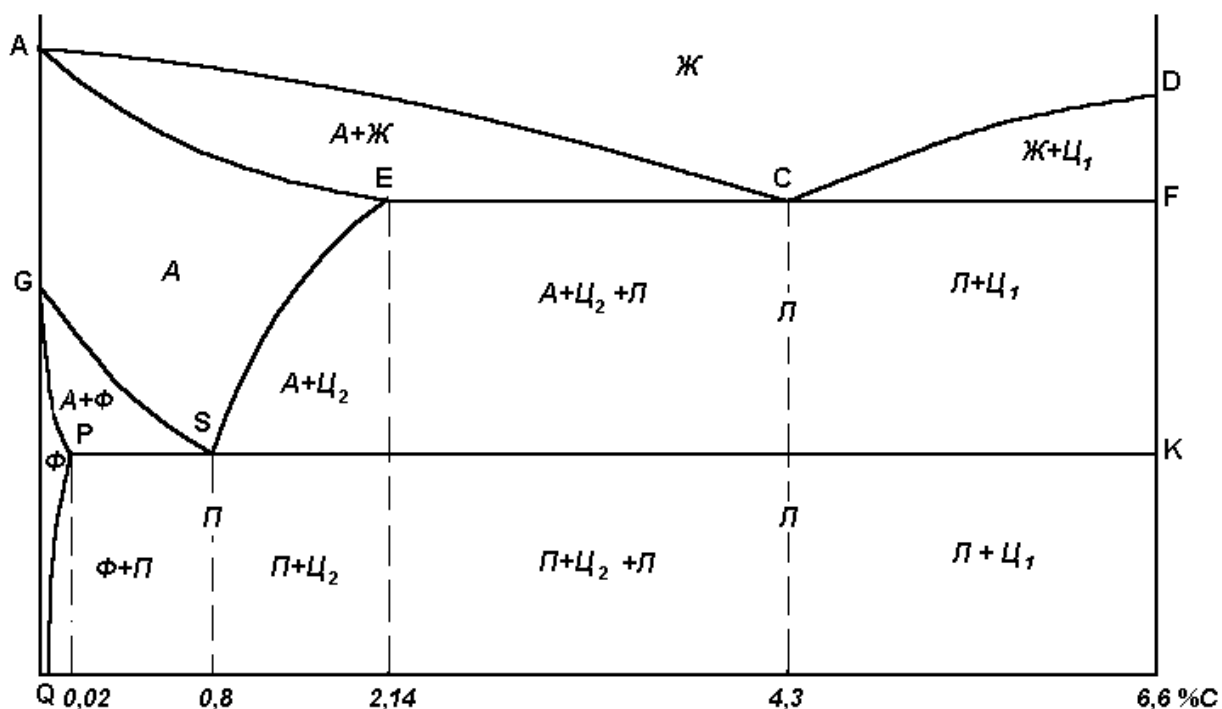


Рис. 2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C

Микрошлифы сталей хорошо травятся 3-5% раствором HNO<sub>3</sub> в спирте или раствором «царской водки» (смесь концентрированных азотной HNO<sub>3</sub> и соляной HCl кислот, взятых в соотношении 1:3 по объему), после чего структурно свободные феррит и цементит по сравнению с темным (коричневатым) перлитом выглядят белыми.

При охлаждении доэвтектоидной стали из аустенита вначале выделяется феррит. При рассмотрении в микроскоп феррит наблюдается в виде светлых зерен неодинаковой яркости. По мере увеличения концентрации углерода в доэвтектоидной стали количество зерен феррита убывает, а количество перлита увеличивается.

**2. Металлографическое определение углерода в сталях.** Если шлиф углеродистой стали хорошо приготовлен, то микроструктурным анализом можно определить содержание в стали углерода.

Такие определения фактически выполняют только для доэвтектоидных сталей, так как в заэвтектоидных сталях значительное

изменение в содержании углерода мало и почти незаметно изменяет микроструктуру.

Определить примерное содержание углерода в доэвтектоидной стали по структуре не сложно. Для этого на рисунок структуры доэвтектоидной стали (рис. 3) надо наложить сетку из равномерно расположенных точек (можно использовать точки пересечения линий линованной бумаги, на которой нарисована структура).

Сначала подсчитывают общее число точек  $N_0$ , попавших на рисунок, затем количество из них – на перлитных зернах  $N_{\text{П}}$ . Долю перлита в структуре определяют по формуле:

$$F_{\text{П}} = \frac{N_{\text{П}}}{N_0} \times 100\%$$

**Пример.** Общее число точек на структуре на рис. 3 равно 25. Из них на перлит попало – 16 точек (показаны крестиками).

Тогда доля перлита в структуре доэвтектоидной стали составит:

$$F_{\text{П}} = \frac{16}{25} \times 100\% = 64\%$$

Остальное – безуглеродистый феррит (с точностью до 0,001 % С).

Рассмотрим пропорцию:

- если в стали содержится 100 % перлита – в ней 0,8 % углерода;
- если в стали содержится 64 % перлита – в ней X % углерода.

Тогда содержание углерода в доэвтектоидной стали:

$$X_{\text{C}} = \frac{0,8 F_{\text{П}}}{100} = \frac{0,8 \times 64}{100} = 0,51\% \text{C}$$

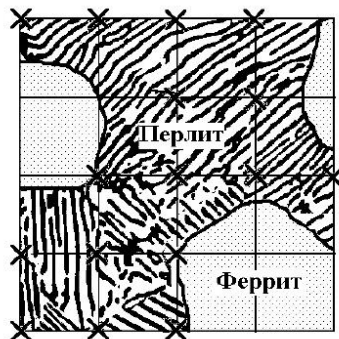


Рис. 3. Схема содержания углерода в доэвтектоидной стали по ее структуре

### 3. Расчет среднего размера зерна

Средний диаметр зерна ( $d_L$ ) вычисляется

по формуле:  $d_L = \frac{L}{N}$ , где  $L$  – суммарная

длина отрезков,  $N$  – общее число зерен, пересечённых отрезком.

**4 Измерение количества и площади твердой фазы.** Для оценки размера частиц в стали и определения их количества используют программный модуль SIAMS Photolab микроскопа ЛабоМет–И. Он позволяет делать снимки микроструктур для определения количества частиц, а так же проводить измерение геометрических характеристик объектов на изображении.

Методика модуль SIAMS Photolab состоит из следующих этапов:

- загрузка изображений,
- установка масштаба изображения,
- выделение маски (ручное или автоматическое) – удаление мелких частиц, заливка пор и т.п.,
- выделение объектов – объект выделяется цветом, рисунок 4,
- выбор формы представления результатов – приводятся результаты измерения геометрических характеристик и факторов формы (гистограммы, таблицы и массивы), рисунок 5 и таблица.

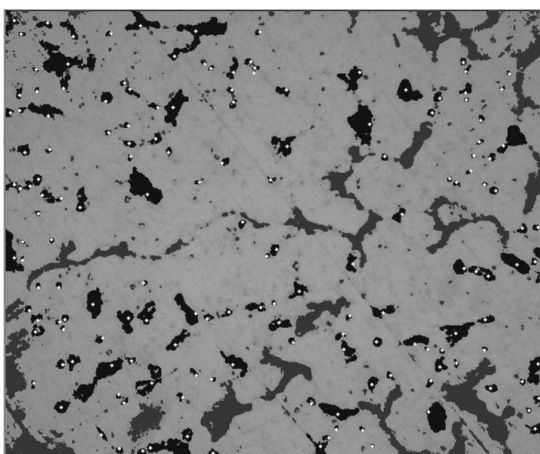


Рис. 4. Выделение измеряемых объектов

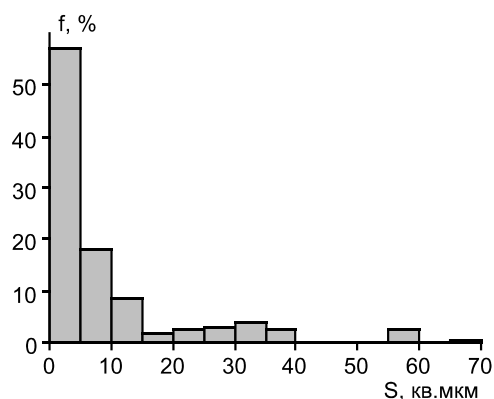


Рис. 5. Гистограмма результатов по площади зерен

Отчет о проведенных измерениях программный модуль SIAMS Photolab позволяет сохранять в Microsoft Office Word 7.0.

Таблица - Результаты измерений

Площадь	
Число частиц	162
Минимальное значение, кв.мкм	0.44
Максимальное значение, кв.мкм	68.98
Среднее значение, кв.мкм	9.19
СКО, кв.мкм	12.73
Медиана, кв.мкм	3.94
Размах, кв.мкм	6.22

### III. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями к выполнению лабораторной работы. Выписать в отчет цель работы, краткий конспект теоретической части и формулировки терминов.
2. Протравить свой шлиф 3-5% раствором  $\text{HNO}_3$  в спирте и раствором «царской водки».
3. Настроить микроскоп, пользуясь механической системой, получив при этом четкое изображение микроструктуры. С помощью микроскопа посмотреть травленный шлиф при разных увеличениях, поставить масштабную линейку. Для изучения микроструктур рассмотреть, зарисовать (сфотографировать) при разных увеличениях и описать микроструктуру микрошлифа (дефекты, включения). Сравнить качество травителя раствора  $\text{HNO}_3$  и «царской водки».
4. Провести на микроскопе необходимые измерения (размер зерна, фазы). Провести необходимый расчет (содержание углерода в стали, размер зерна). По результатам расчётов указать марку стали.
5. Ознакомиться с методикой подсчета количества и площади (периметра) твердой фазы.
6. Подготовить отчет и написать выводы по лабораторной работе.



К защите лабораторной работы допускаются студенты, предъявившие полностью оформленный отчет, содержащий выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. В чём сущность травления?
2. Какие классы стали (по содержанию углерода) вы знаете? В чем их отличие друг от друга?
3. Сколько углерода в доэвтектоидной стали? Какую структуру она имеет в равновесном состоянии?
4. Сколько углерода в эвтектоидной стали? Какую структуру она имеет в равновесном состоянии?
5. Сколько углерода в заэвтектоидной стали? Какую структуру она имеет в равновесном состоянии?
6. Метод определения примерного количества углерода в стали.
7. Метод определения размера зерен в стали
8. Что такое перлит?
9. Что такое цементит?
10. Что такое феррит?

## Приложение

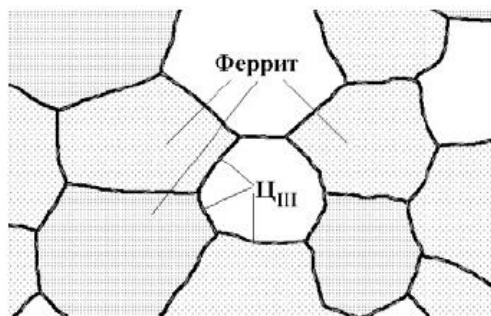


Рис.1. Микроструктура технического железа,  $\times 250$



Рис.2. Микроструктура доэвтектоидной стали,  $\times 250$



Рис.3. Микроструктура эвтектоидной стали,  $\times 250$

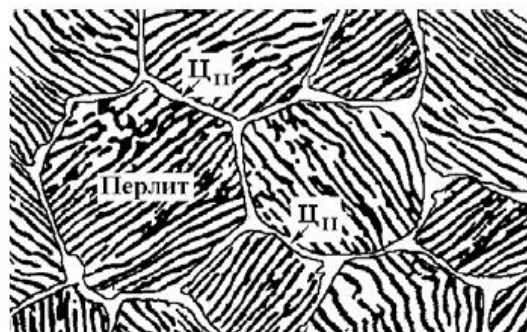


Рис.4. Микроструктура заэвтектоидной стали с пластинчатым П,  $\times 250$