

Направление подготовки бакалавров
«Химическая технология»

Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Тема 6. Металлографический анализ. Исследование макро- и микроструктуры металлов.

1.1. Определение металлографического анализа.

1.2. Исследование макроструктуры металлов.

1.3. Исследование микроструктуры металлов.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Определение и основные понятия металлографического анализа

Металлографический анализ – визуальное исследование **структуры** металла с помощью невооруженного глаза или микроскопа.

Структура металла – это тип, форма, размеры, конфигурация, взаимное расположение **областей** твёрдого тела, отделённых друг от друга поверхностями раздела.
Элементы структуры: трещина, раковина, неметаллическое включение, зерно, и т.д.

Структура металлов делится на **макроструктуру** и **микроструктуру**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Макро- и микроструктура металлов

- *Макроструктура металла* – это структура металла, видимая невооружённым глазом или при увеличении до 100 раз.
- *Изучается на темплетах. Темплет* – образец для исследования макроструктуры
- В зависимости от вида изучаемых дефектов исследуемая поверхность **темплета** может проходить специальную подготовку: шлифование, полирование, травление или не проходить.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Микроструктура

- *Микроструктура металла* – это структура металла, наблюдаемая с помощью металлографического микроскопа при увеличении от 100 до 2000 раз.
- *Изучается на шлифах. Шлиф* – образец для исследования микроструктуры.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование макроструктуры

*Просмотр поверхности специально подготовленных образцов – **темплетов** (макрошлифов) при исследовании макроструктуры проводится невооружённым глазом, а также с помощью лупы или микроскопов при увеличении до 100 раз.*

*Исследование макроструктуры прежде всего позволяет получать информацию о наличии в металле **дефектов** после различных видов технологического процесса изготовления: литья, сварки, резания и т.д.*



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование макроструктуры

- При исследовании макроструктуры металла различают **поверхностную** макроструктуру и **объемную**.
- **Поверхностная** микроструктура определяется условиями получения металла, условиями его последующей обработки и условиями хранения и эксплуатации;
- **Объемная макроструктура** – определяется условиями получения металла и условиями его последующей обработки.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование макроструктуры

В процессе исследования макроструктуры выявляются следующие дефекты структуры металла:

Поверхностная макроструктура

-Задание № 1 лабораторного практикума

- вид и шероховатость поверхности (определяется прежде всего видом обработки: литье, деформация, резание и т.д.)

-Задание № 2 лабораторного практикума : исследуются как поверхностные, так и объемные дефекты

- поверхностные дефекты: трещины(литейные, коррозионные, деформационные, термические), коррозионные поражения (питтинг, язва, межкристаллитная коррозия и т.д.)

Эти дефекты определяются условиями получения металла , его обработки, эксплуатации и хранения.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование макроструктуры

В задании №2 изучаются и некоторые объемные и поверхностные дефекты макроструктуры.

- **Газовый пузырь;**
- **Неметаллическое включение**, количество неметаллических включений их размеры.
- **Раскатанный газовый пузырь** – большое неметаллическое включение в металле.
- **Раскатанные неметаллические включения** – неметаллические включения, находящиеся на одной линии, получаются при раскатывании большого неметаллического включения, например, раскатанного газового пузыря.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование макроструктуры

- **Задание № 3** с помощью **объект-микрометра ОМО** определить размеры дефекта.
- **Объект- микрометр ОМО** специальный образец, который используется для определения цены деления шкалы окуляра.
- На объект – микрометре нанесена на расстоянии в 1мм шкала в 100 делений.
- В микроскоп смотрим в каком количестве делений шкалы окуляра укладывается шкала объект-микрометра.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Использование объект-микрометра.

- Например, она укладывается в 50 делениях шкалы окуляра.
- Тогда цена 1 деления шкалы окуляра будет равна равна 0,02 мм.
- Далее измеряем, например, ширину трещины в делениях шкалы окуляра. Она равна 6 делениям шкалы окуляра.
- Таким образом ширина трещины будет равна $6 \times 0,02 = 0,12$ мм



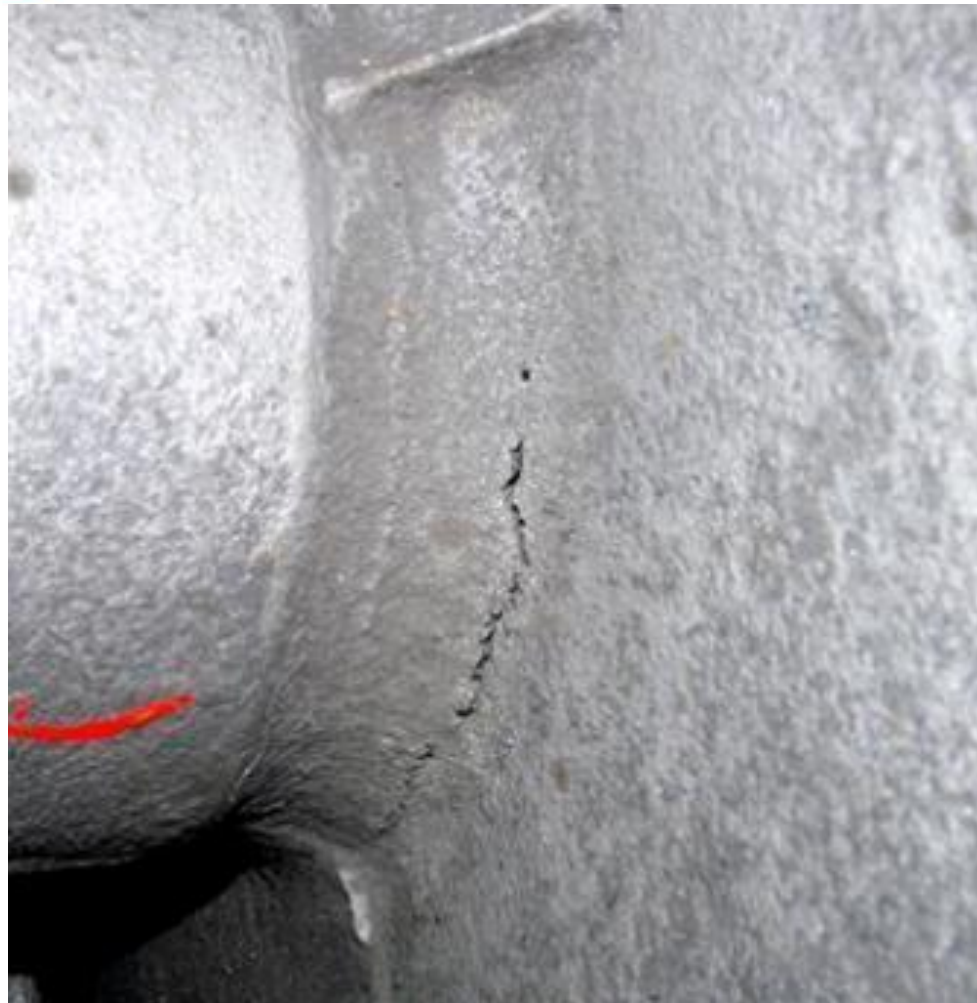
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Фрактография

- Излом металла всегда происходит по дефектом, поэтому макроструктуру часто изучают на изломах металлов.
- Исследование макроструктуры на изломах металлов называется **фрактографией**.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Термическая трещина
Без увеличения



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Коррозионная трещина
Увеличение x12



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Питтинг
Увеличение x24



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Исследование микроструктуры

Исследование микроструктуры проводится с помощью **металлографических микроскопов** на специально подготовленных образцах, которые называют **шлифами**. При исследовании микроструктуры металлов изучают, прежде всего, следующие её элементы:

- *зерно в металле и его размеры; **Задание №1***
- *размер зерна каждой фазы;*
- *конфигурация зерен различных фаз и их взаимное расположение.*



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

- ***фазы, присутствующие в данном образце металла и их количественное соотношение; Задание №2***



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Шлифы для исследования микроструктуры

Шлиф – специальным образом подготовленный образец металла для изучения **микроструктуры**.

Изготовление шлифов – трудоёмкий и длительный процесс, включающий в себя целый ряд операций:

- Вырезается образец металла.
- Проводится шлифование образца (осуществляется в **несколько переходов** с использованием абразивных материалов со всё более мелким зерном);
- полирование (на полированном шлифе можно изучать отдельные элементы макро- и микроструктуры, например, неметаллические включения;
- травление (для выявления структурных составляющих металла).



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Составы растворов для травления шлифов

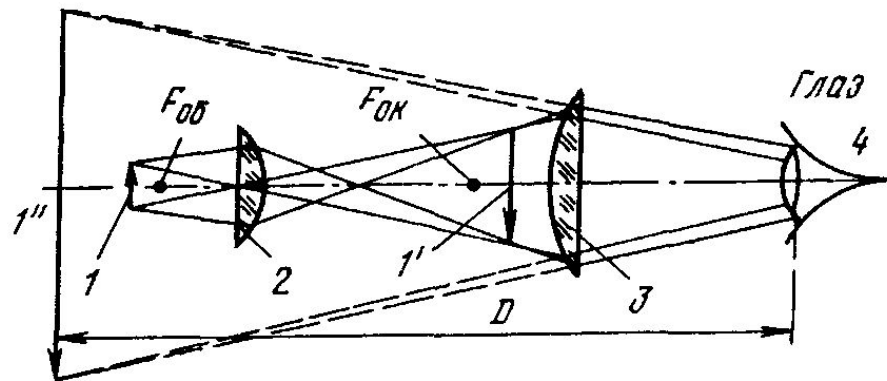
Материал	Состав раствора
Алюминий и его сплавы	HF (35-40%) – 1 мл; HCl (35-38%) – 1,5мл HNO_3 (61-68%) – 2,5мл H_2O – 95мл
Углеродистые и низколегированные стали	HNO_3 (61-68%) – 3-5мл $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (96%) – 95 мл
Медь и её сплавы	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 10 г H_2O – 100 мл
Высоколегированные мартенситные и быстрорежущие стали	HNO_3 (61-68%) – 10-15 мл; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (96%) – до 100 мл.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Микроструктуру металлов исследуют с помощью оптических металлографических микроскопов.

В **оптическом** микроскопе изображение формируется в **отражённом** свете. В современных металлографических микроскопах используется увеличение от 50 до 2000 раз. С их помощью можно различать структурные составляющие размером не менее 0,2 мкм.



1 – объект изучения; 1' – увеличенное действительное перевернутое изображение; 1'' – увеличенное мнимое изображение объекта; 2 – объектив; 3 – окуляр; 4 – глаз наблюдателя; $F_{об}$ и $F_{ок}$ – фокусные расстояния объектива и окуляра; D – расстояние наилучшего видения объекта



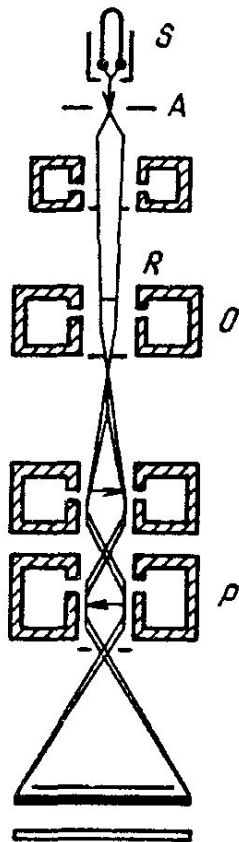
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Основные части металлографического микроскопа

- Оптическая система (объектив и окуляр)
- Источник света (лампа, система зеркал, диафрагмы, светофильтры)
- Механическая система (грубая и точная наводка на резкость, смена объективов и окуляров).
- Предметный столик



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



В электронных микроскопах используются не оптические, а электронные лучи с очень малой длиной волны. Это позволяет изучать объекты размером до 0,2-0,5 нм.

Существует два принципиально различных типа электронных микроскопов: просвечивающие (ПЭМ) и растровые (РЭМ).

Наибольшее распространение получили ПЭМ, с их помощью можно получать увеличение до 10^6 раз. РЭМ позволяют получить увеличение до 10^4 - 10^5 раз, этот тип микроскопов используется при металлографическом исследовании сплавов, обладающих гетерогенной и дисперсной структурой.