

## Уважаемые студенты!

Ниже представлена лекция. Вам необходимо:

1. Внимательно прочесть лекционный материал
2. Законспектировать лекцию, выделяя основные понятия и определения, конспект должен составлять не менее 3-4 страниц тетради.
3. Ответить на вопросы письменно в конце законспектированной лекции.

Законспектированную лекцию и ответы на вопросы подготовить к проверке преподавателю по окончании карантина. Результат выполненного задания прислать на адрес электронной почты преподавателя: [helen-ivanova-1959@mail.ru](mailto:helen-ivanova-1959@mail.ru) -

4. В случае возникновения вопросов в течении времени вашей пары можно обратиться к преподавателю [helen-ivanova-1959@mail.ru](mailto:helen-ivanova-1959@mail.ru) или по телефону. **0721689390**

## Лекция

### Металлографический анализ . Исследование микроструктуры сварного соединения.

#### План лекции

- 1 Задача металлографии
- 2 Разрушающая и неразрушающая металлография
- 3 Этапы металлографического исследования и их особенности
- 4 Макроскопическое исследование
- 5 Микроскопическое исследование

Металлография — метод исследования и контроля металлических материалов.

Металлография изучает закономерности образования структуры, исследуя макроструктуру и микроструктуру металла (путём наблюдения невооруженным глазом либо с помощью светового и электронного микроскопов), а также изменения механических, электрических, магнитных,

тепловых и др. физических свойств металла в зависимости от изменения его структуры.

### **Задача металлографии**



Задачей металлографического исследования является установление взаимосвязи между качественными и количественными характеристиками структуры, и физическими, механическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами металлических материалов.

С помощью металлографического исследования отслеживают изменения состояния структуры металла, которые приводят к снижению прочности материала, и соответственно - к снижению прочности всей конструкции, ее остаточного ресурса.

### **Разрушающая и неразрушающая металлография**

Разрушающая металлография или металлография с вырезом образца - классический вид металлографии, при котором из объекта контроля удаляется образец. Из образца затем готовится препарат и исследуется на стационарном микроскопе в лаборатории. При этом целостность объекта, из которого изъяли образец, нарушается.

Неразрушающая металлография делится на два вида - металлография методом реплик и металлография непосредственно на объекте. В первом случае с зашлифованной поверхности металла делается "слепок" - реплика, во втором случае шлиф непосредственно наблюдается с помощью портативного металлографического микроскопа. При металлографии

непосредственно на объекте изображение структуры также получают непосредственно на объекте, и сразу проверяют качество изображения.

### **Этапы металлографического исследования и их особенности**

Говоря о металлографических исследованиях металлов, в каждом отдельном случае требуется индивидуальный подход. Тем не менее, можно выделить несколько основных этапов, которые непременно присутствуют во время проведения подобных исследований:

- Подготовка микрошлифов – специальных образцов, которые тщательно шлифуются, полируются и промываются до получения плоской поверхности, пригодной для детального осмотра.

- Изучение микроструктуры образца в нетравленном виде, непосредственно после полировки и промывки. Во время осмотра под микроскопом можно заметить отдельные темные участки и включения, которые могут представлять собой мелкие поры, неметаллические включения, структурные составляющие.

- Макро- и микроанализ во время металлографических исследований металла позволяет своевременно выявить его дефекты, понижающие эксплуатационные свойства и надежность изделий в работе.

Во время работы лаборанты используют самое разное оборудование, в том числе и микроскопы, добиваясь увеличения до нескольких тысяч раз. Так можно определить размеры и форму кристаллических зерен, а также обнаружить изменения во внутреннем строении металлического сплава под влиянием высоких температур или механического воздействия, микротрещины и другие дефекты.

### **Где применяется металлография**

#### ***В нефтегазовой промышленности***

Исследование эксплуатационной надежности промышленных труб (ГОСТ Р 53580-2009 “Трубы стальные для промышленных трубопроводов”) – металлографический контроль продольного сварного шва сварных труб.

## **В химической промышленности**

Металлографическое исследование (контроль) основного металла и сварных соединений, выполненных сваркой плавлением из низкоуглеродистых, низколегированных, среднелегированных, высоколегированных и двухслойных сталей, а также цветных металлов (меди, алюминия, серебра, титана) при изготовлении сосудов и аппаратов, предназначенных для работы в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и газовой отраслях промышленности. (РД 24.200.04-90)

В зоне термического влияния и в основном металле сварного соединения при необходимости проверяют:

- загрязненность неметаллическими включениями по ГОСТ 1778;
- микроструктуру по ГОСТ 5640; ГОСТ 8233;
- величину зерна по ГОСТ 5639;
- содержание альфа-фазы (в высоколегированных сталях) по ГОСТ 11878;
- склонность к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032.

Также металлография входит в перечень исследований для определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств (Методика МООР-98)

Металлографические исследования образцов заключаются в изучении макро- и микроструктуры металла, а иногда и в исследовании структуры излома образца.

Образцы для металлографического исследования вырезаются из изделия таким образом, чтобы поверхность шлифа включала полное сечение сварного шва, зону влияния и не подверженный изменениям основной металл. Обработка вырезанных образцов, их шлифование, полирование и травление производятся обычными приёмами, применяемыми при металлографическом исследовании металлов.

Исследование макроструктуры позволяет выявить непровары, недостаточную или излишнюю глубину расплавления, поры, раковины, шлаковые включения и прослойки, трещины, ликвацию в наплавленном металле, крупнозернистость и дендритное строение металла. Травление сварного шва на макроструктуру должно отчётливо выявить отдельные слои наплавленного металла, переходную зону, неизменённый основной металл. В необходимых случаях с макрошлифа снимается отпечаток по Бауману. Во многих случаях полезно определение твёрдости основного, наплавленного металла и переходной зоны. Технические условия часто предусматривают вырезку образцов из сварных изделий и их лабораторные испытания, дюрометром.

### **Макроскопическое исследование**

Анализ обычно начинается с тщательного визуального осмотра состояния поверхностей детали и часто заканчивается получением макроснимка.

По поверхности излома, например, аварийной детали можно судить о степени однородности ее материала, установить, хрупок он или пластичен, как произошло разрушение – по границам или по телу зерен. Поверхность излома у хрупкого металла кристаллична. По ее плоскостям скола отдельных зерен можно определить размеры и форму зерен.

При упругопластической деформации под действием внешней силы необратимо изменяются форма и размеры изготовленной из металла детали или испытуемого образца. Во время этой деформации, которую обычно называют пластической, зерна металла под действием силы  $P$  расслаиваются на пачки скольжения. Образующиеся пачки смещаются друг относительно друга, что приводит к вытягиванию зерен в волокна (рис. 1).

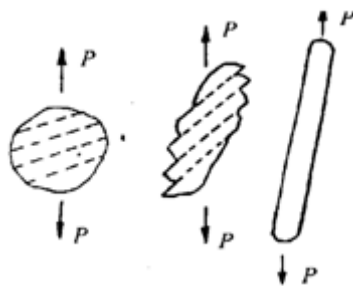


Рис. 1. Схема пластической деформации отдельного зерна металла.

В волокнистой структуре металла между волокнами располагаются различные разделяющие волокна включения. Его прочность на разрыв вдоль волокон оказывается выше, чем поперек. Сильно окисленная поверхность излома может быть у деталей, работающих при высоких температурах (горячий излом). Под действием знакопеременных нагрузок возможно возникновение усталостного излома.

### **Микроскопическое исследование**

Метод основан на применении оптических микроскопов, работающих по принципу отраженного света. Основные элементы мезоструктуры: зерно, фрагмент зерна, блоки, микровключения (их форма, размеры, количество и взаимное расположение), границы зерен, линии сдвига, полосы скольжения, микротрещины и микропоры.

Анализ мезоструктуры производится с помощью микрошлифов, рабочие поверхности которых в форме ровной площадки после тщательной шлифовки полируются до зеркального блеска. Затем они подлежат промывке чаще спиртом, и сушке обычной фильтровальной бумагой.

Действительную мезоструктуру анализируемого металла можно увидеть лишь после травления поверхности микрошлифа соответствующим реактивом. Реактив растворяет металл, прежде всего, по границам зерен. Дело в том, что здесь в тонком слое, не более 2-3 межатомных расстояний, атомы занимают компромиссное положение относительно кристаллических решеток контактирующих зерен. Меньший порядок взаимного расположения в совокупности с присутствием чужеродных примесных атомов и обуславливает обычно большую скорость растворения границ зерен

химическими реактивами. При этом они, естественно, углубляются, как схематически показано на рис. 2, а, и световые лучи, попав на них, рассеиваются. Поэтому в поле зрения окуляра границы зерен выглядят в виде ажурного темного контура, окаймляющего сравнительно светлые зерна (рис. 2.9, б).

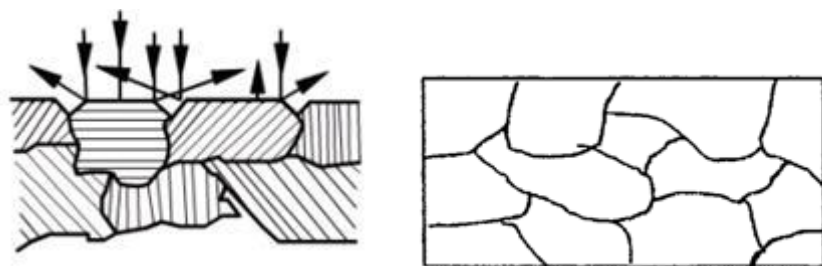


Рис. 2. Схема отражения световых лучей от поверхности шлифа (а) и видимой при этом зернистой структуры (б).

Исследование микроструктуры сварного соединения производится под микроскопом. Для выявления микроструктуры применяются обычные реактивы и способы травления. В необходимых случаях микроструктура фотографируется. Исследование микроструктуры особенно важно при сварке специальных сталей, так как оно позволяет установить различные дефекты сварки: микропоры, микротрещины, микроскопические включения и прослойки, непровары, включения нитридов, окислов и других загрязнений, наличие видманштеттовой структуры, крупнозернистость, неравномерность величины зёрен, выпадение карбидов, выгорание отдельных элементов, наличие закалочных структур мартенсита и троастита, наличие отбеливания в чугунах и т. д.

#### Микроскопическое исследование

Метод основан на применении оптических микроскопов, работающих по принципу отраженного света. Основные элементы мезоструктуры: зерно, фрагмент зерна, блоки, микровключения (их форма, размеры, количество и взаимное расположение), границы зерен, линии сдвига, полосы скольжения, микротрещины и микропоры.

Анализ мезоструктуры производится с помощью микрошлифов,

рабочие поверхности которых в форме ровной площадки после тщательной шлифовки полируются до зеркального блеска. Затем они подлежат промывке чаще спиртом, и сушке обычной фильтровальной бумагой.

Действительную мезоструктуру анализируемого металла можно увидеть лишь после травления поверхности микрошлифа соответствующим реактивом. Реактив растворяет металл, прежде всего, по границам зерен. Дело в том, что здесь в тонком слое, не более 2-3 межатомных расстояний, атомы занимают компромиссное положение относительно кристаллических решеток контактирующих зерен. Меньший порядок взаимного расположения в совокупности с присутствием чужеродных примесных атомов и обуславливает обычно большую скорость растворения границ зерен химическими реактивами. При этом они, естественно, углубляются, как схематически показано на рис. 3, *а*, и световые лучи, попав на них, рассеиваются. Поэтому в поле зрения окуляра границы зерен выглядят в виде ажурного темного контура, окаймляющего сравнительно светлые зерна (рис. 3, *б*).

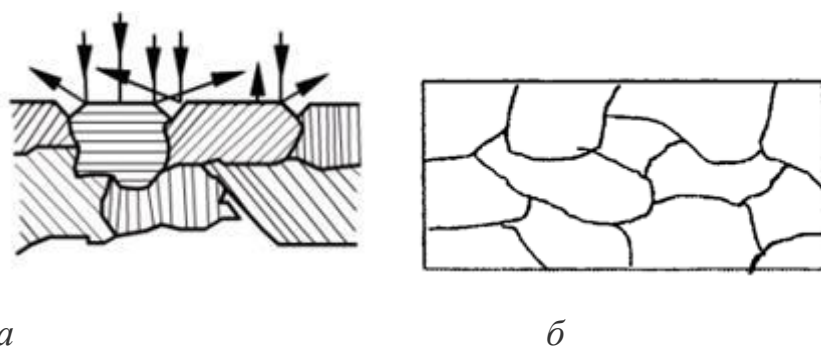


Рис. 3. Схема отражения световых лучей от поверхности шлифа (а) и видимой при этом зернистой структуры (б).

### **Контрольные вопросы**

- 1 Что представляет собой микроанализ (микроскопический анализ)
- 2 В чем заключается макроанализ
- 3 Что придаёт углерод сплавам железа