



МИКРОСКОПЫ MAGUS

4 часть. Металлографические микроскопы

МАРИНА ЛОБАЧ

Научный руководитель проекта MAGUS



МЕТАЛЛОГРАФИЯ

МЕТАЛЛОГРАФИЯ — МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА И СПЛАВОВ.

- Структура металла — это собирательное название характеристик макроструктуры, микроструктуры и субструктуры.
- Структура металла влияет на его эксплуатационные характеристики.
- Результаты металлографического исследования позволяют выбирать оптимальные материалы для различных целей.

Металлография используется на всех этапах жизненного цикла детали — от разработки и контроля материалов до производства и анализа аварий, отказов.

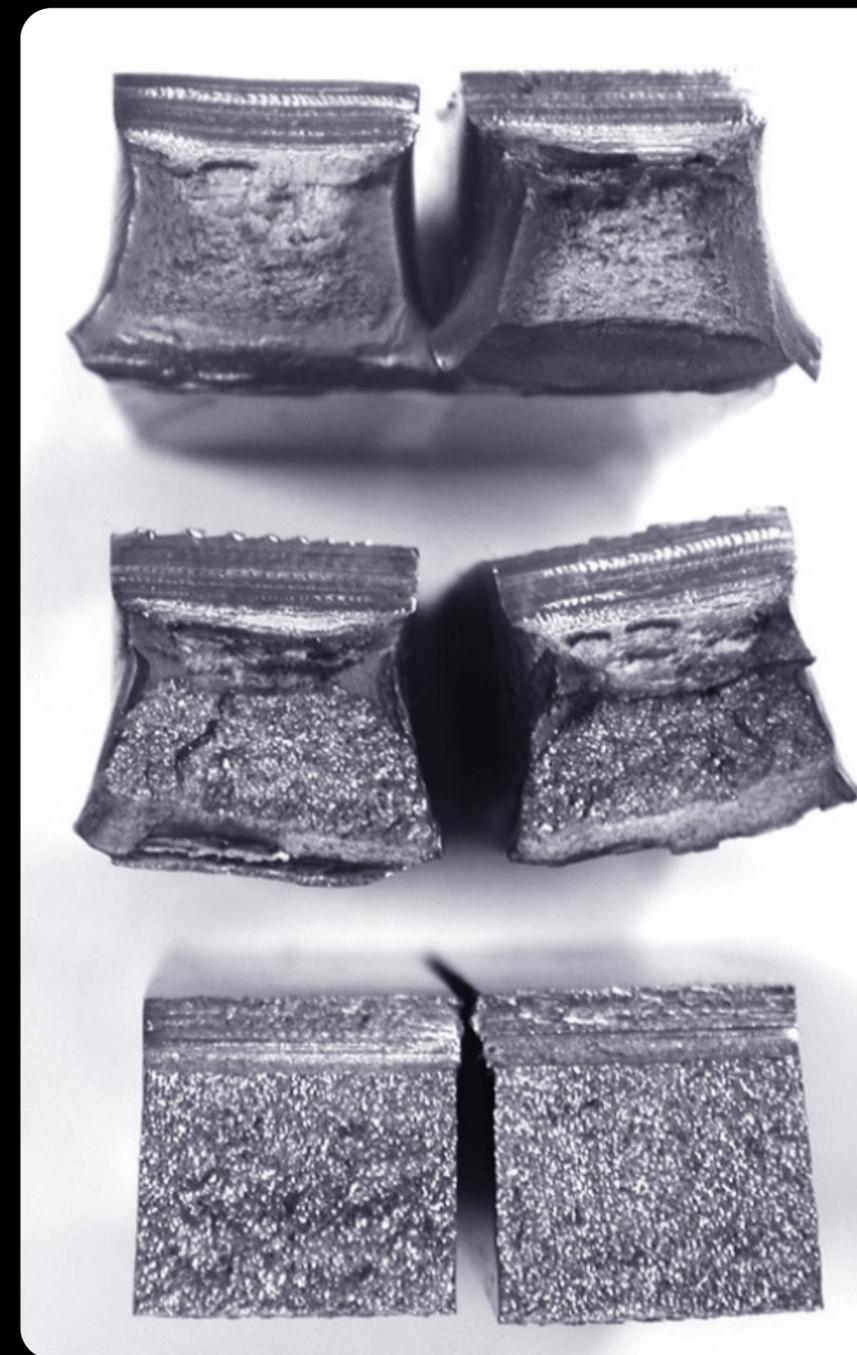
МАКРОСТРУКТУРА

Объекты исследования — макрошлифы и изломы.

Макроструктуру изучают невооруженным глазом, с помощью лупы или стереомикроскопа на увеличении 10–40х.

Устанавливают наличие раковин, рыхлости, газовых пузырей, расслоения, трещин, пор, неметаллических включений и других дефектов металлов, изучают расположение и форму крупных зерен.

Такой анализ дает представление об общем строении металла, оценивает его качество и участки, требующие дальнейшего микроисследования.



МИКРОСТРУКТУРА

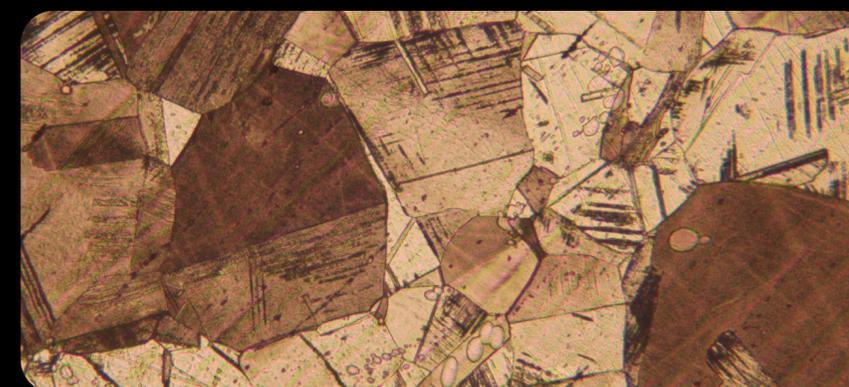
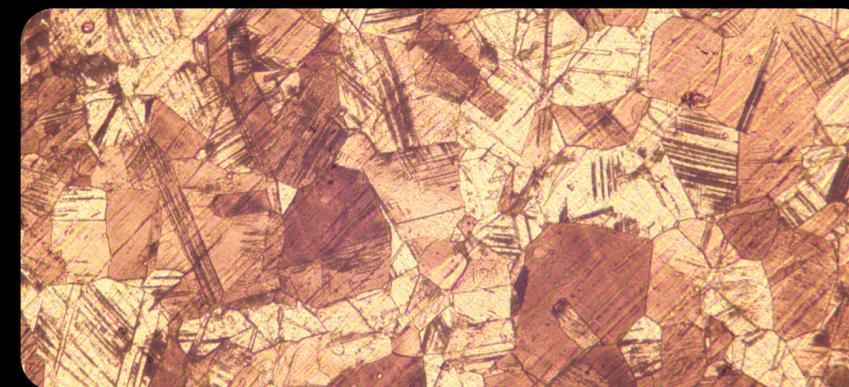
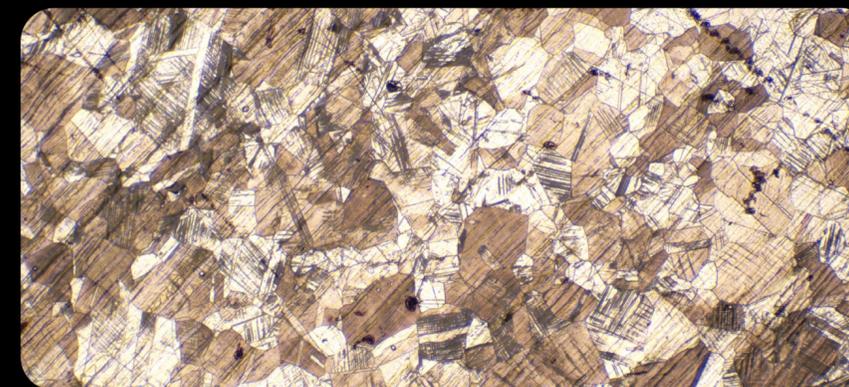
С помощью металлографического микроскопа изучают микроструктуру — размеры, формы и взаимное расположение кристаллитов (зёрен) разных фаз, относительное их количество.

Для микроанализа необходимо увеличение 100–2000х.

На микроскопе изучаются полированные шлифы.

На полированной поверхности металла можно наблюдать встречающиеся в металле неметаллические включения. Эти включения не принимают полировку, поэтому кажутся в отраженном свете более темными, чем окружающий их металл.

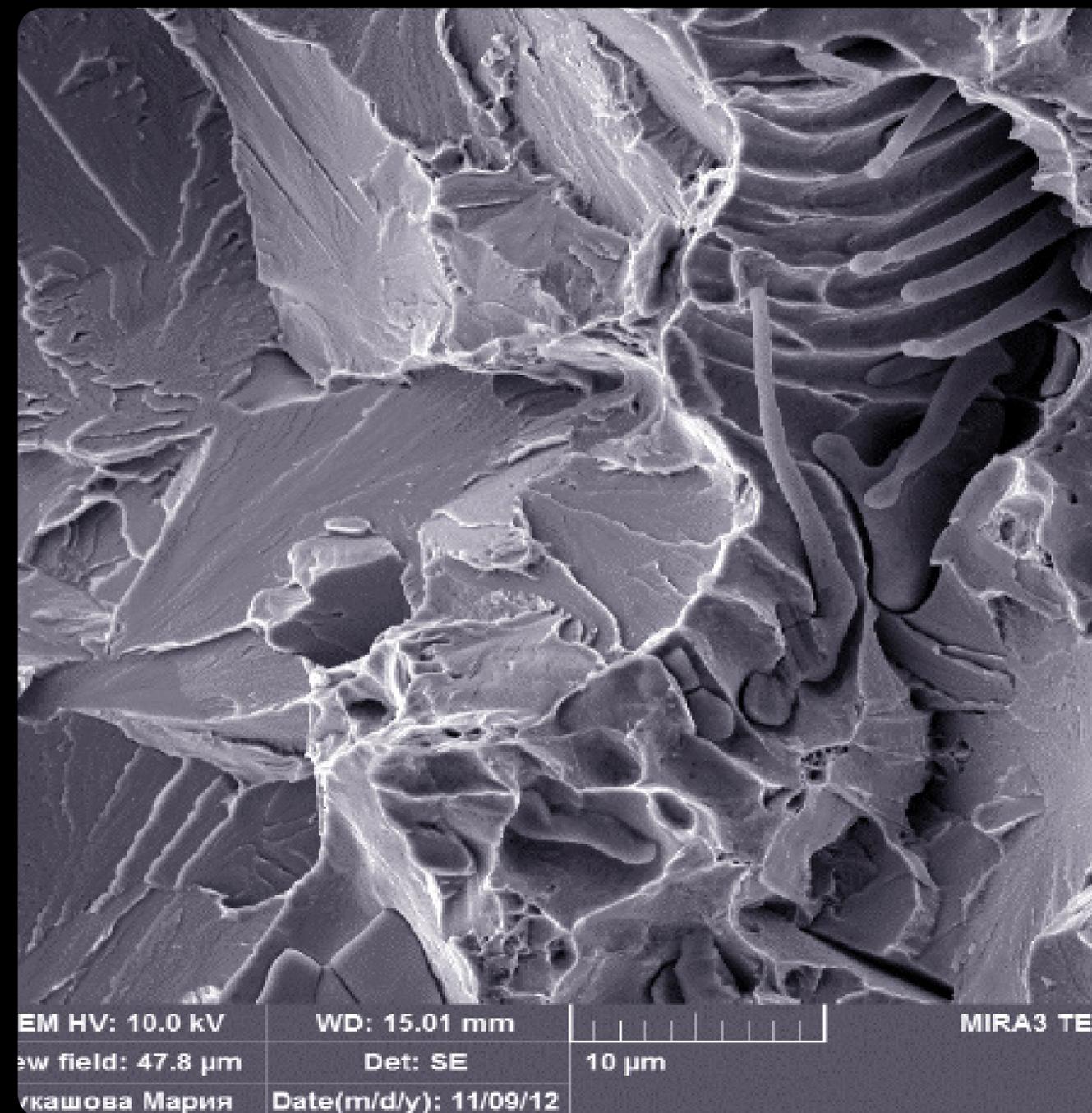
Затем полированная поверхность металла подлежит травлению соответствующими реактивами (кислотными или щелочными растворами). После травления во всяком металле обнаруживается зернистое строение, показывающее структуру сплава.



СУБСТРУКТУРА

Ещё более тонкие детали строения металла — субструктуру, строение кристаллической решетки — наблюдают с помощью электронного микроскопа.

Пример: сталь, строчечные включения сульфида марганца на поверхности излома.

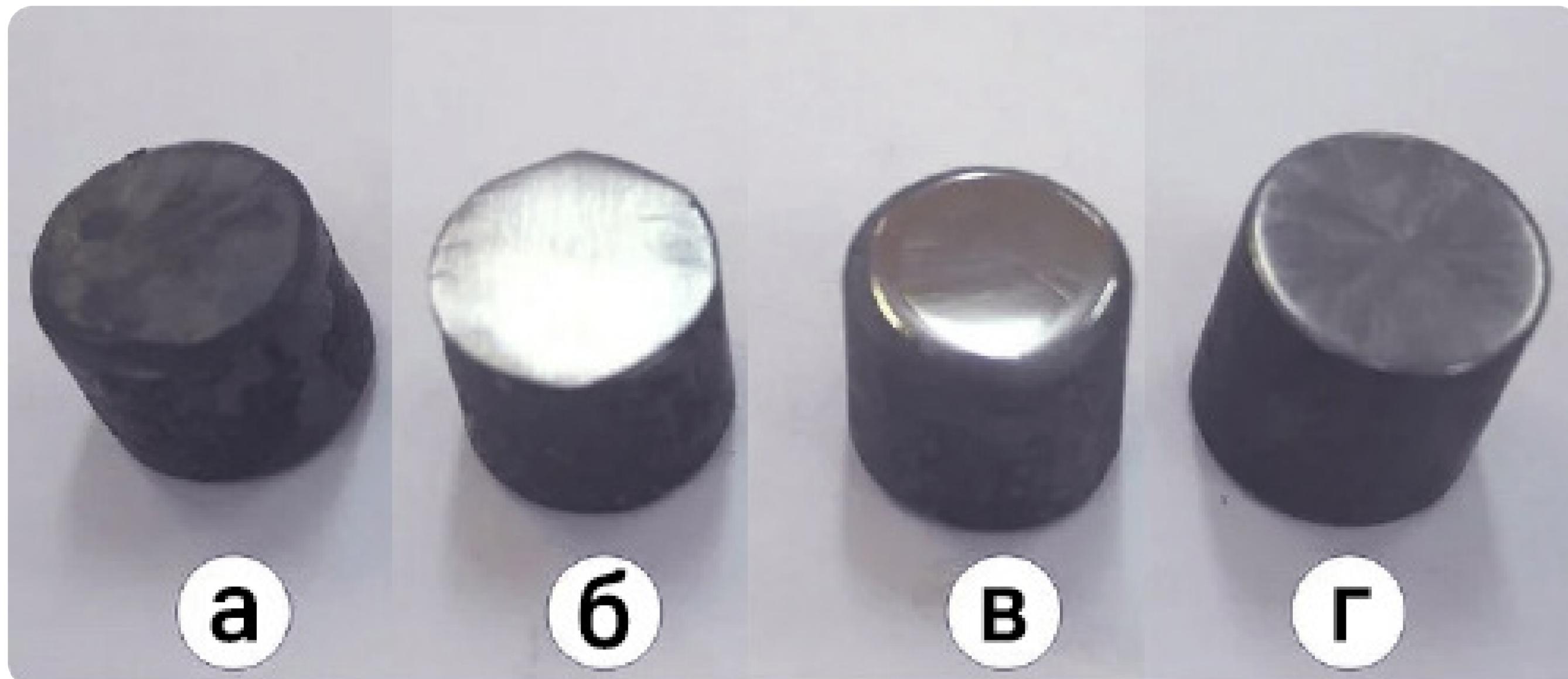


ПРОБОПОДГОТОВКА

Пробоподготовка — это совокупность действий над изучаемым образцом для перевода его в форму, наиболее подходящую для дальнейшего исследования.

Этапы подготовки образцов металла для микроскопии:

- Вырезка образца.
- Получение плоской поверхности (например, при помощи токарного и фрезерного станка).
- Запрессовка проб в субстрат для подготовки образцов к шлифовке (обязательно в случае исследования тонких, мелких образцов).
- Шлифование.
- Полирование.
- Изучение поверхности микрошлифа до травления.
- Травление (при необходимости).



а) Образец, изъятый с места аварии для исследования
б) Отшлифованный микрошлиф

в) Отполированный микрошлиф
г) Протравленный микрошлиф

Образцы для металлографического микроскопа:
– тонкие, мелкие образцы запрессованы в субстрат.



МЕТАЛЛОГРАФИЯ

Области промышленности, в которых нужны металлографические микроскопы:

- Металлургия.
- Автомобилестроение.
- Атомная промышленность.
- Энергетика.
- Аэрокосмическая промышленность.
- Научно-исследовательские, изыскательские работы в различных исследовательских и научных центрах, университетах, лабораториях.
- Археология: из какого металла состоит древняя находка, каким способом был сделан предмет — холодной или горячей ковкой, а может быть, и литьем.

Предприятия, в которых используются металлографические микроскопы (с конкретными примерами):

- Металлургические предприятия (ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»).
- Предприятия авиа-, ракето-, машино- и автомобилестроения (ПАО «Ростовский производственный вертолетный комплекс Росвертол»).
- Научно-исследовательские институты (Челябинский НИИ металлургии).
- Конструкторские бюро (ОАО «Проектно-конструкторское бюро металлургической теплотехники и энерготехнологии цветной металлургии»).
- Учебные заведения (Национальный исследовательский технологический университет МИСИС).

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП

- Специфика — наблюдение поверхности непрозрачных тел, следовательно, работа в отраженном свете. Осветитель установлен со стороны объектива. Система призм и зеркал направляет свет через объектив на объект. Свет отражается от объекта и направляется обратно в объектив.
- Микроскопы бывают прямые и инвертированные.



ПРЯМЫЕ МИКРОСКОПЫ

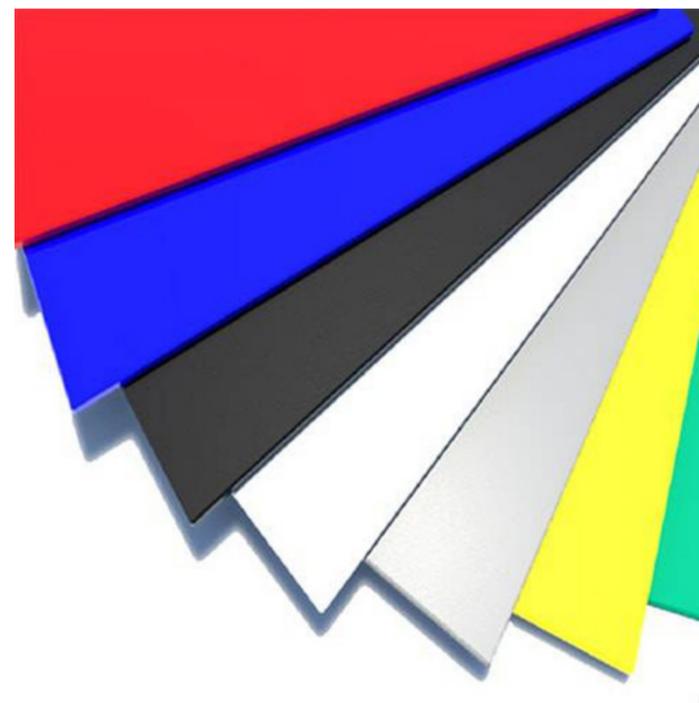
Для изучения плоских объектов:

- В проходящем и отраженном свете: маленькие плоские.
- В отраженном для крупных объектов без ограничения высоты объекта.
- Инспекционный с большим ходом столика.



MAGUS METAL 600 И MAGUS METAL 600 BD

Прямой микроскоп с маленьким предметным столом с проходящим светом для исследования плоских прозрачных и непрозрачных объектов



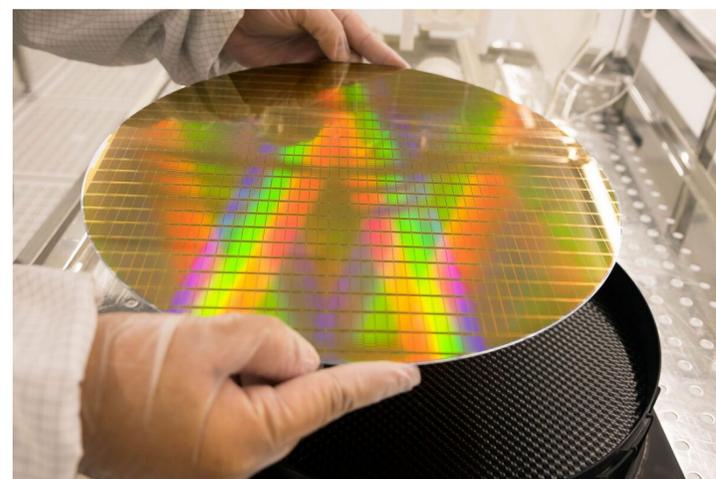
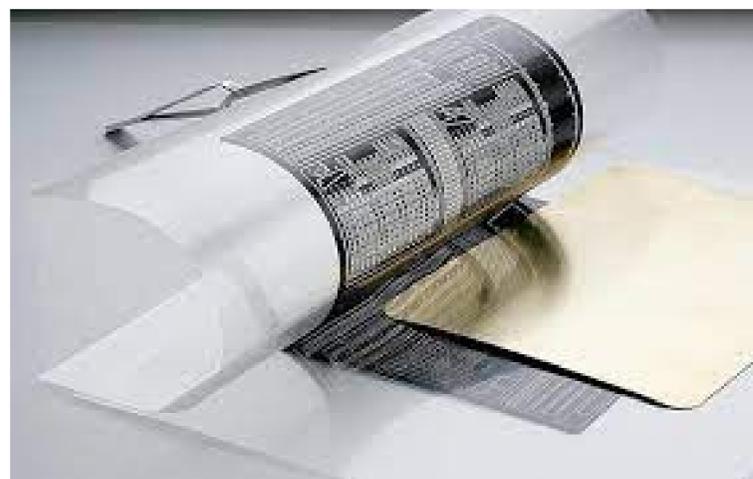
MAGUS METAL 630 И MAGUS METAL 630 BD

Прямой микроскоп с универсальным штативом для исследования высоких объектов



MAGUS METAL 650 И MAGUS METAL 650 BD

Инспекционный микроскоп с большим предметным столом для исследования кремниевых пластин и фотошаблонов



ИНВЕРТИРОВАННЫЕ МИКРОСКОПЫ

Не имеют ограничения на размер образца, не требуют параллельности опорной и рабочей граней образца, но имеют ограничение по массе образца.



MAGUS METAL V700 И MAGUS METAL V700 BD

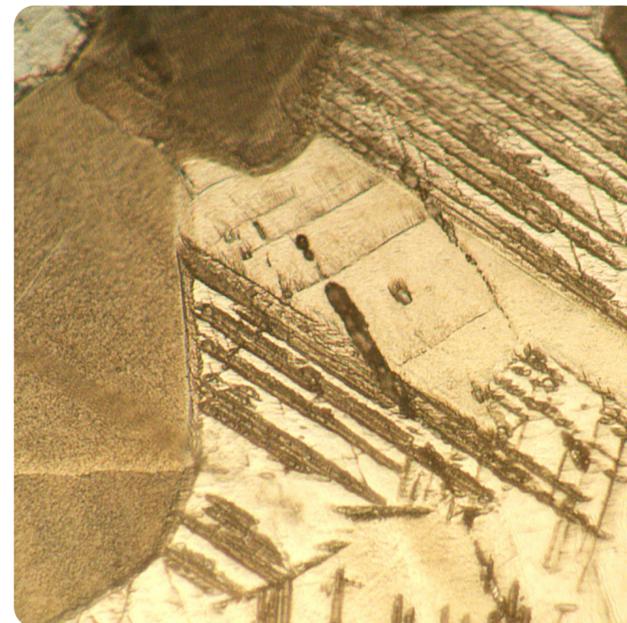
Инвертированный микроскоп для исследования
поверхности объемного образца



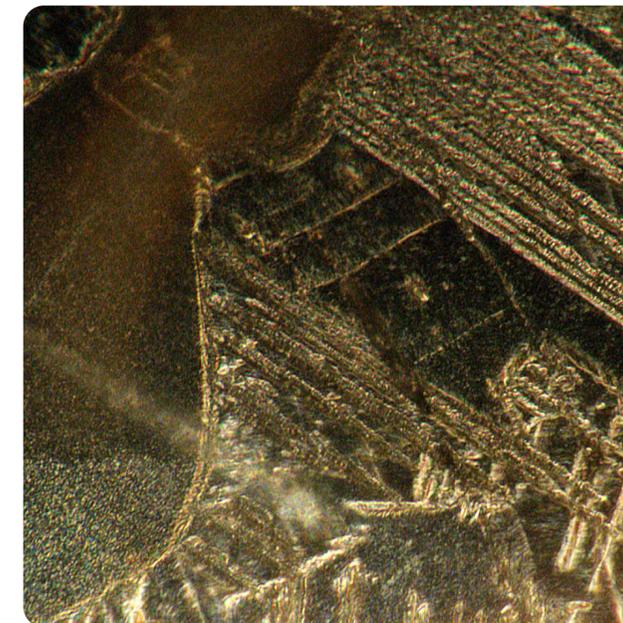
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Светлое поле дает достоверное увеличенное изображение объекта.
- При работе по методу темного поля наблюдаем объект в рассеянном свете и получаем контрастные изображения границ зерен и дефектов поверхности, невидимых в светлом поле.
- Простая поляризация выявляет полимеры, загрязнения и инородные включения, повышает контраст изображения и убирает блики с ярких металлических поверхностей.
- Дифференциально-интерференционный контраст (DIC) используется при изучении топографии образцов. Цветовая раскраска демонстрирует изменение высоты объекта.

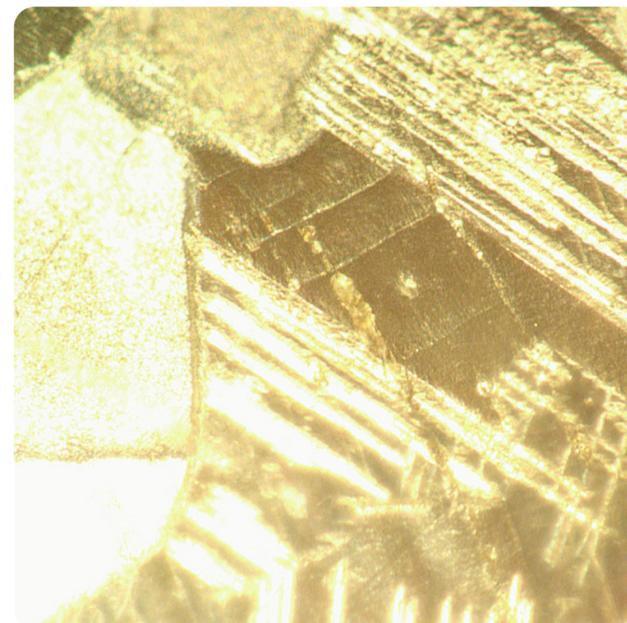
BF



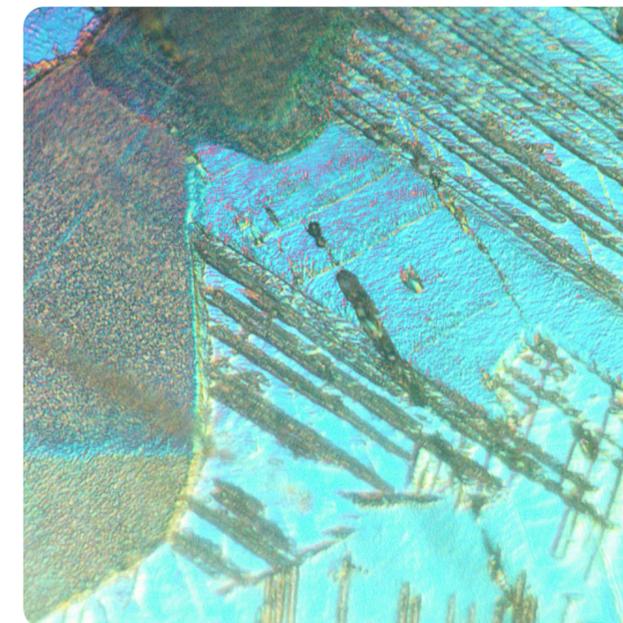
DF



POL



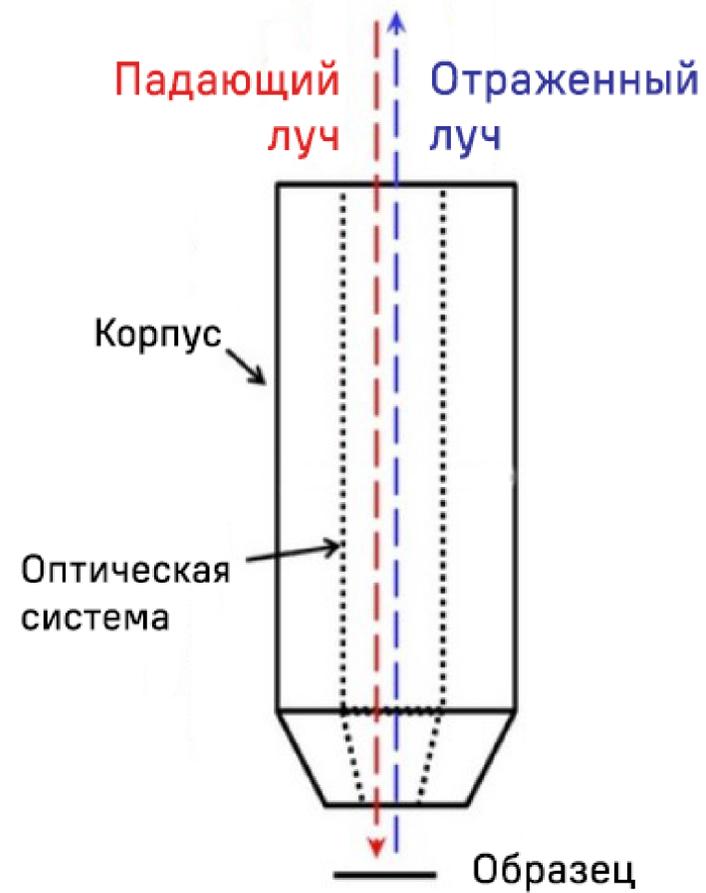
DIC



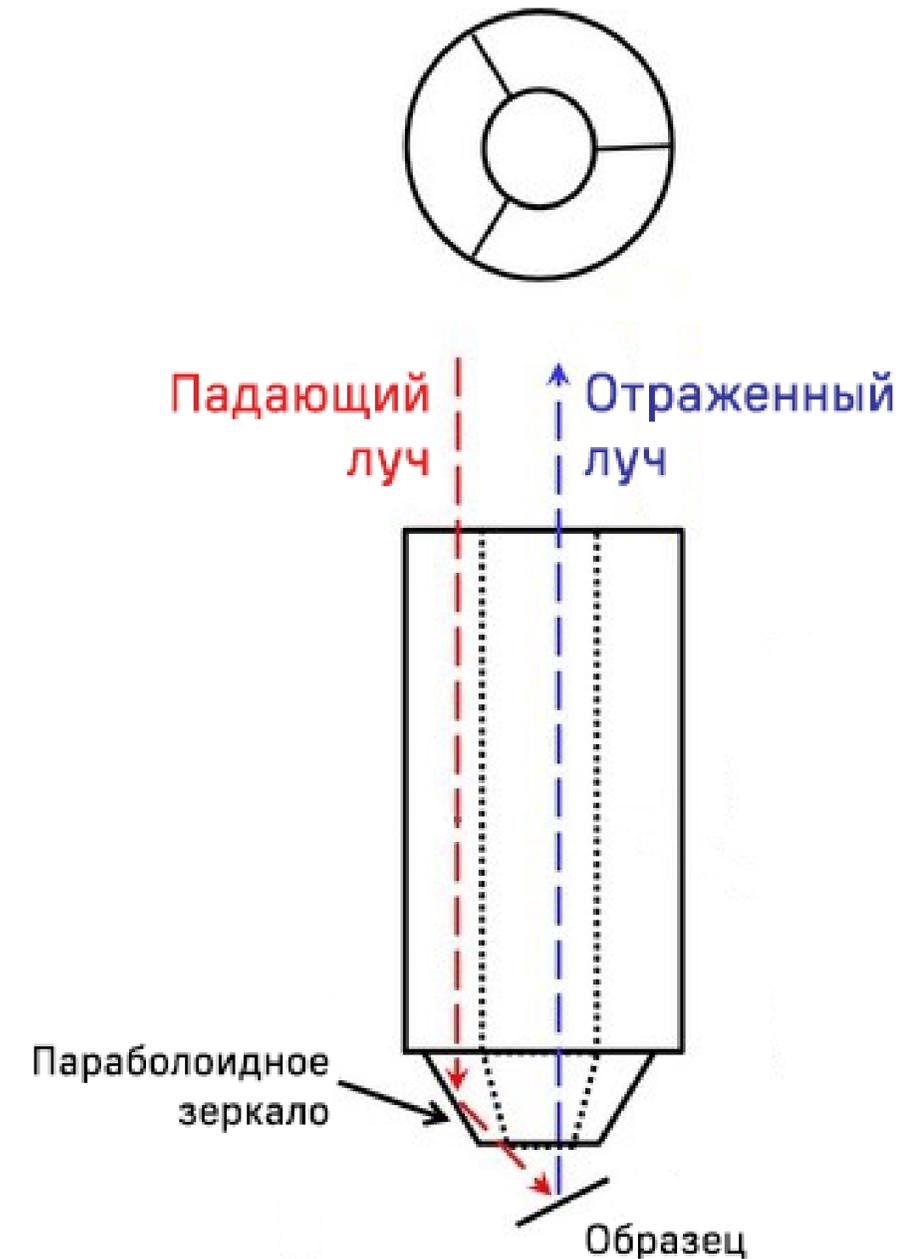
МЕТОД ТЕМНОГО ПОЛЯ

- При освещении объекта светом через объектив сложно оценить топографию поверхности объекта или микродефекты образца из-за отсутствия теневых областей. Для определения рельефа поверхности тени — это единственное, за что зацепится наше зрение.
- Рельефную контрастную картину создает освещение объекта сбоку косым светом.
- На стереомикроскопе так работает осветитель типа «гусиная шея».
- На микроскопе плоского поля рабочее расстояние объектива не позволит вводить источник света сбоку. В таком случае используем темнопольные объективы с маркировкой BD.

Объектив светлого поля



Объектив темного поля





MAGUS

ОБЪЕКТИВНОЕ ПРЕВОСХОДСТВО