

# Курс: Основы материаловедения

## **Тема 1: Строение, свойства и методы испытаний металлов и сплавов**

# Металловедение

**Металловедение –  
это наука, изучающая  
состав, строение и  
свойства металлов  
и сплавов и  
зависимость между  
ними**



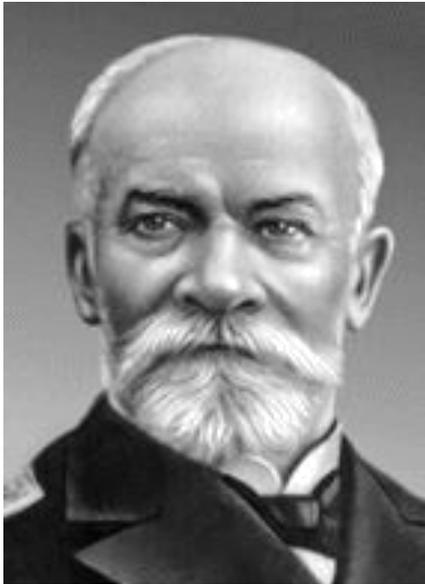
**Аносов**

**Павел Петрович**

**1799 – 1851**

**Российский металлург, известен работами по высококачественной литой стали. Установил один из важнейших законов металловедения — зависимость свойств металла от его кристаллического строения**

# Чернов Дмитрий Константинович



**1839-1921**

**Знаменитый металлург,  
"отец металлографии", творец  
современных методов  
тепловой обработки стали.**

- 1. Исследовал кристаллизацию и строение стального слитка, дал описание его структурных зон.**
- 2. Заложил основы металловедения.**
- 3. Дал теорию кристаллизации стального слитка, указал причины образования дефектов и меры борьбы с ними.**

# Металлы

- **Металлы (в химии) – это элементы из левой части Периодической системы Д.И.Менделеева с небольшим числом электронов на внешней электронной оболочке; при взаимодействии отдают электроны.**
- **Металлы (в технике) – это вещества, обладающие металлическим блеском и пластичностью.**

# **Свойства металлов**

## **Характерные свойства металлов :**

- 1. Высокая тепло- и электропроводность.**
- 2. Способность испускать электроны при нагреве (термоэлектронная эмиссия).**
- 3. Хорошая отражательная способность.**
- 4. Повышенная способность к пластической деформации.**
- 5. Непрозрачны, обладают специфическим металлическим блеском.**

# Строение металлов

1. В нормальных условиях (комнатная температура, атмосферное давление) большинство металлов находится в **твердом** агрегатном состоянии.

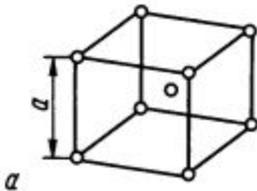
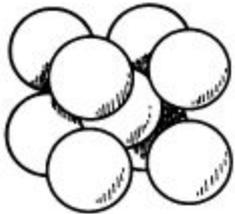
**Исключения:** ртуть (Hg), галлий (Ga)

2. Твердые металлы являются **кристаллическими телами**, атомы (ионы) в них расположены в определенном порядке, который периодически повторяется.

3. Кристаллическое строение металлов можно представить в виде **пространственной решетки**, в узлах которой находятся положительно заряженные ионы; электроны с наружных оболочек с ядром атома связаны слабо и способны легко перемещаться внутри металла

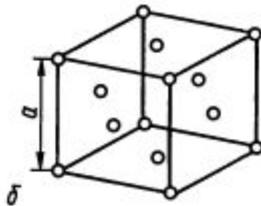
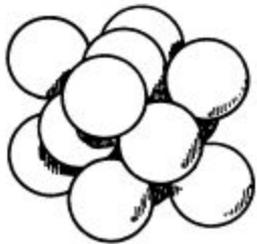
# Кристаллические решетки

## металлов



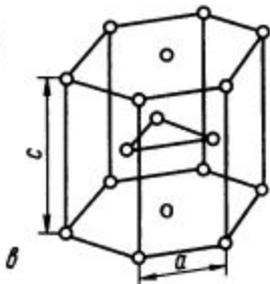
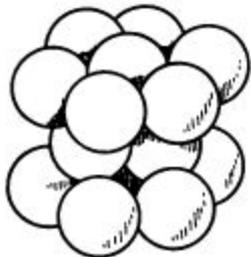
**ОЦК – объемноцентрированная кубическая, имеют металлы:**

**W, Mo, Cr, V, K, Na, Li,  $\beta$ -Ti,  $\alpha$ -Fe**



**ГЦК – гранецентрированная кубическая, имеют металлы:**

**Al, Cu, Ni, Ag, Au, Pb,  $\gamma$ -Fe, Ce**

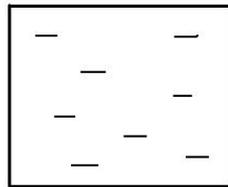


**ГПУ – гексагональная плотноупакованная, имеют металлы:**

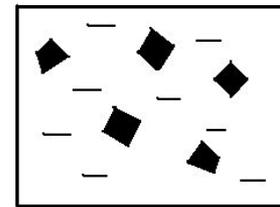
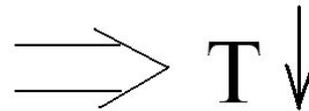
**Mg, Zn,  $\alpha$ -Ti, Cd, Be,  $\alpha$ -Zr, Os**

# Структура металлов

- **Структура** металлов – это их внутреннее строение, т.е. форма, размер и взаимное расположение отдельных составляющих, называемых фазами.
- **Фазами** называют однородные составные части металлов и сплавов, имеющие одинаковый состав или одинаковое агрегатное состояние.
- **Сплав** – это материал, полученный сплавлением двух или более компонентов (металлических и неметаллических)



1. Расплав  
 $T > T_{пл}$   
1 фаза



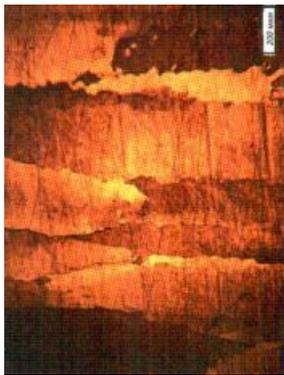
$T < T_{пл}$   
2 фазы  
ж + ТВ

# Макро- и микроструктура

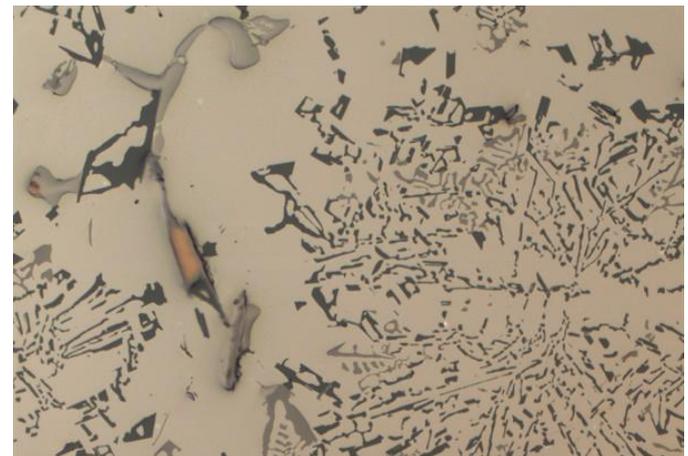
**Макроструктура** – это строение металла или сплава, видимое невооруженным глазом или при небольшом увеличении (от 2 до 20 раз).

**Микроструктура** – это строение металла или сплава, наблюдаемое с помощью микроскопа при больших увеличениях (от 100 до 1000 раз).

Макроструктура



Микроструктура x200



# Методы исследования структуры

## Макроструктуру исследуют:

- **По излому** (определяют размер зерна, наличие металлургических дефектов, характер разрушения)
- **По макрошлифу** (выявляют форму, размер и расположение зёрен, направление волокон в поковках и штамповках, наличие металлургических дефектов)

# Методы исследования структуры

- **Микроструктуру** исследуют на микрошлифах, для этого:
  - Образец полируют до зеркального блеска, подвергают травлению химическими реактивами специального состава;
  - Изучают под оптическим микроскопом с целью установления формы и размеров отдельных составляющих структуры (увеличение от 100 до 1000 раз);
  - Изучают под электронным микроскопом для установления состава фаз и структурных составляющих (увеличение до 100 000 раз)

# Микроструктура металлов и сплавов

## Примеры микроструктур различных сплавов



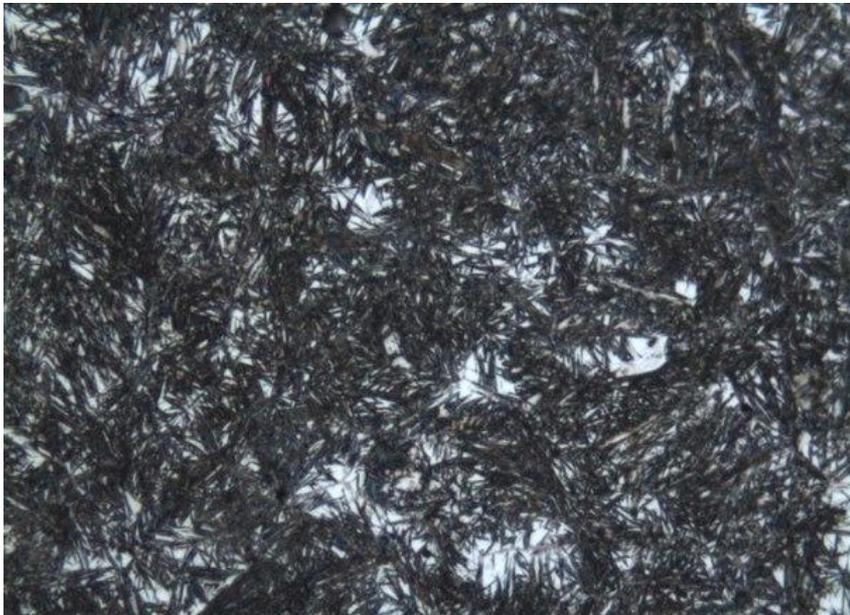
**Микроструктура  
серого чугуна**



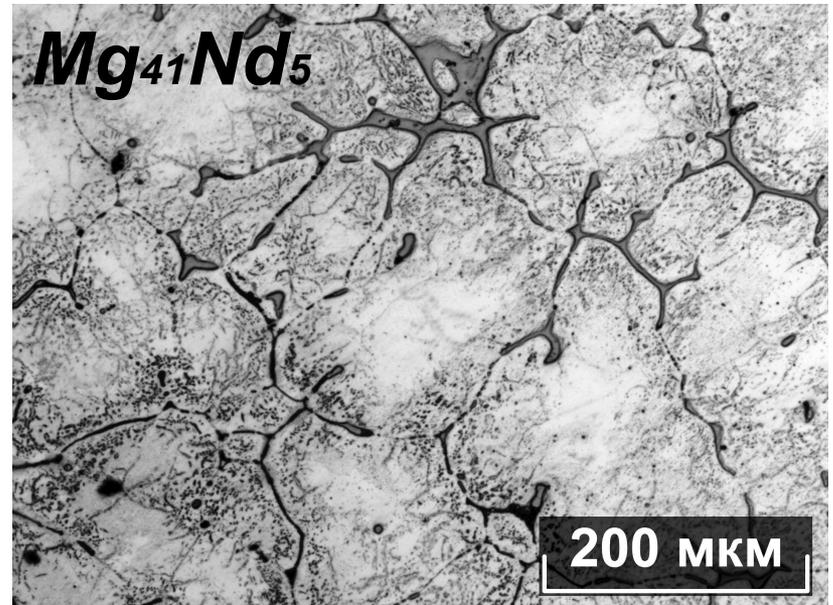
**Микроструктура  
силумина**

# Микроструктура металлов и сплавов

## Примеры микроструктур различных сплавов



Микроструктура  
стали



Микроструктура  
магниевого сплава  
в литом состоянии

# Упругая и пластическая деформация

**Деформацией** называется изменение размеров и формы тела под действием приложенной нагрузки

**Упругой** является деформация, которая исчезает после снятия нагрузки, при этом тело восстанавливает свои размеры и форму

**Пластическая** деформация остается после снятия нагрузки, тело своей прежней формы не восстанавливает

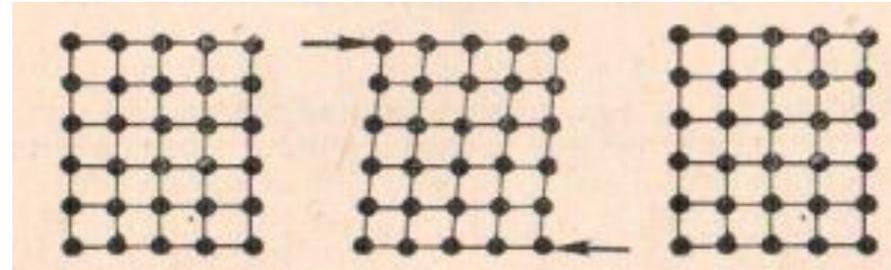


Схема упругой деформации

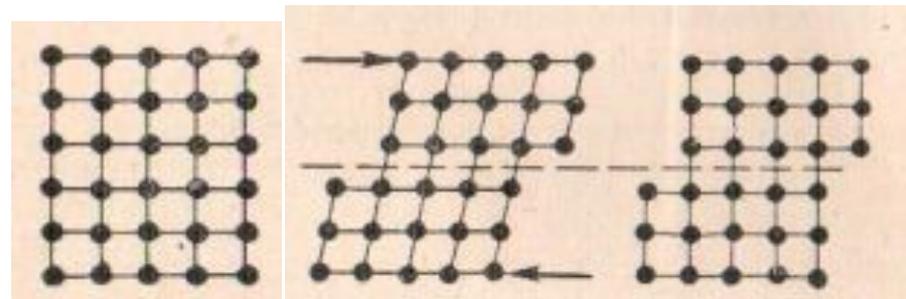


Схема пластической деформации

# Механические свойства металлов и методы их испытаний

## 1. Испытания на растяжение

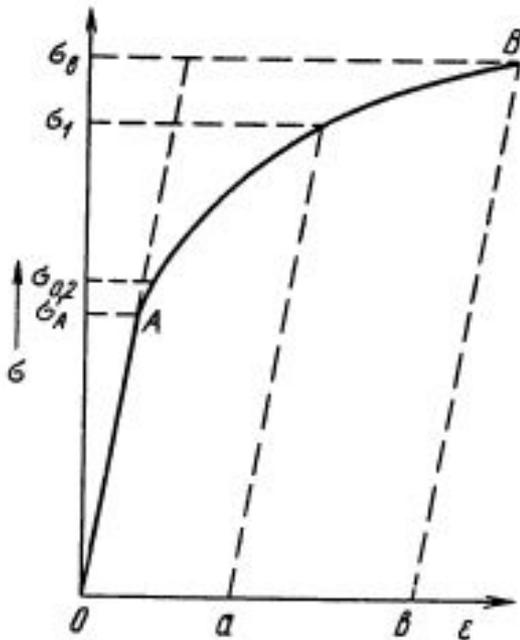


Рис. 41. Изменение деформации в зависимости от напряжения

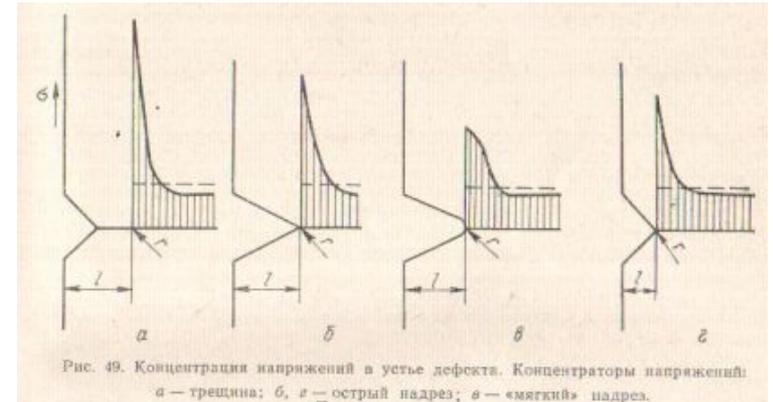
$\sigma_B$  — временное сопротивление разрыву или предел прочности — это максимальное напряжение, достигнутое при растяжении, при котором происходит разрыв образца (кгс/мм<sup>2</sup> или МПа)

$\sigma_{0,2}$  — предел текучести — это напряжение, вызывающее остаточную деформацию образца (удлинение), равную 0,2% от первоначальной длины образца (кгс/мм<sup>2</sup> или МПа)

$\delta$  ( $\psi$ ) — относительное удлинение (сужение) — это величина пластической деформации, предшествующей разрушению образца, характеристика пластичности материала (%)

# Механические свойства металлов и методы их испытаний

**2. Испытания на растяжение с концентраторами (надрезами)** применяют для приближения к реальным условиям эксплуатации материала в изделии и получения характеристик конструктивной прочности.



Виды концентраторов

**3. Испытания на сжатие** применяют для металлов, хрупких при более жестком испытании на растяжение, например, для чугуна.

**4. Испытания на изгиб** используют для малопластичных сплавов (чугун, литые алюминиевые сплавы)

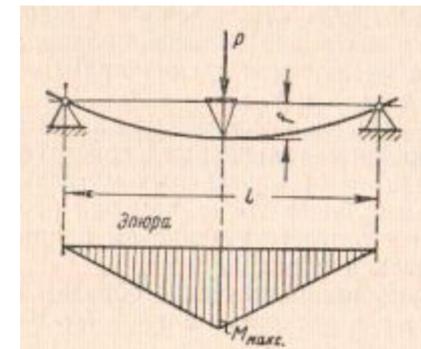


Схема испытаний на изгиб

# Механические свойства металлов и методы их испытаний

## Определение надежности:

Для оценки надежности материала проводят динамические испытания (испытания при высокой скорости приложения нагрузки)

## Испытание на удар:

- определяют **ударную вязкость**;
- оценивают склонность металла к хрупкому разрушению;
- **не** применяют для многих литых сплавов и цветных деформируемых сплавов

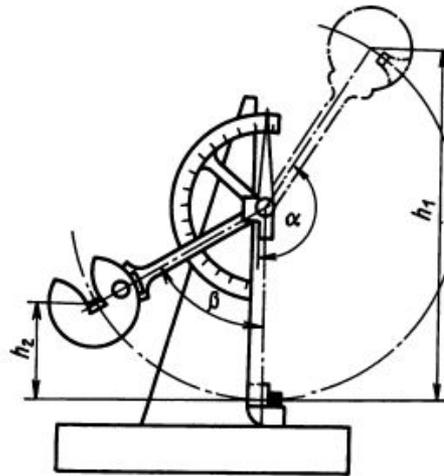


Рис. 60. Схема копра для испытания на удар

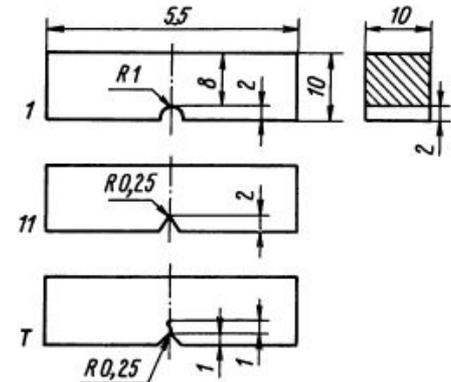


Рис. 61. Образцы для испытания на удар

Испытанием на удар при понижающейся температуре определяют **порог хладноломкости**

# Механические свойства металлов и методы их испытаний

## Определение долговечности:

Испытания на усталость, ползучесть, износ.

**Усталость металла** – это его разрушение под действием повторных или знакопеременных напряжений

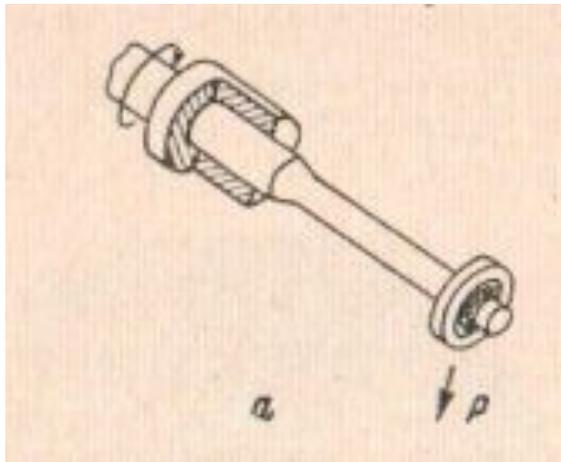
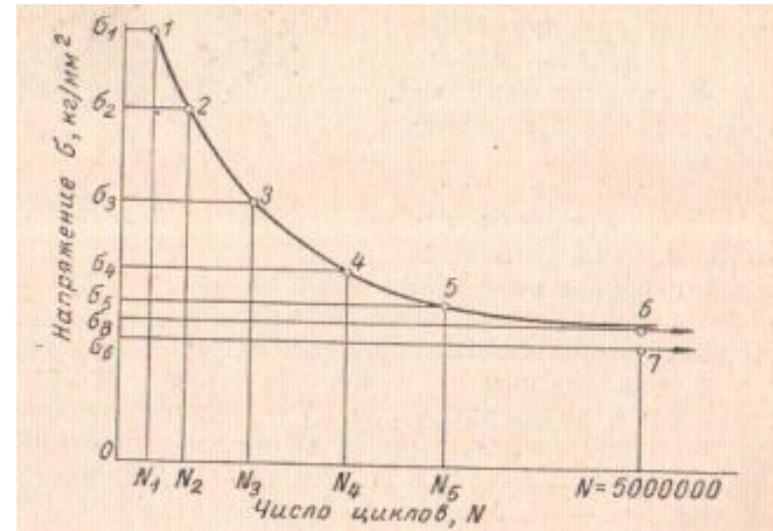


Схема испытаний на изгиб



Определение предела  
выносливости

# Твердость металла и методы ее определения

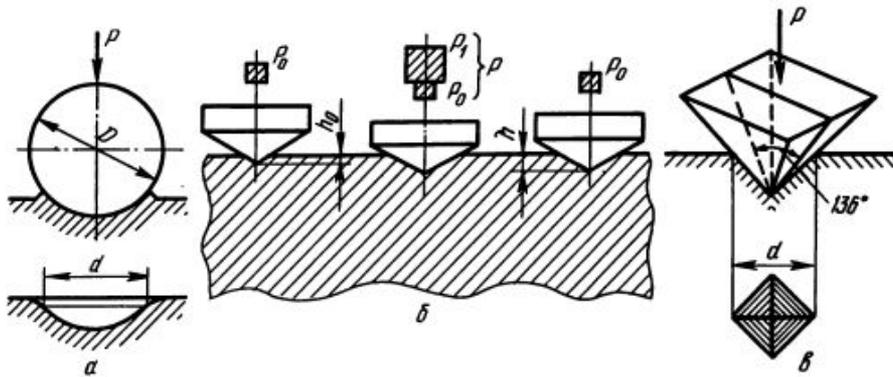


Рис. 59. Схемы испытания на твердость:  
а — по Бринеллю; б — по Роквеллу; в — по Виккерсу

**Твердость материала**  
— это сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела

**Метод Бринелля:** используют для мягких материалов (цветные сплавы); индентор — стальной шарик различного диаметра; число твердости HB находят по таблицам по диаметру отпечатка шарика.

**Метод Роквелла:** используют для всех материалов, индентор — алмазный конус или стальной шарик малого диаметра (~1,6 мм); число твердости (в зависимости от шкалы) HRA, HRB, HRC — по глубине отпечатка.

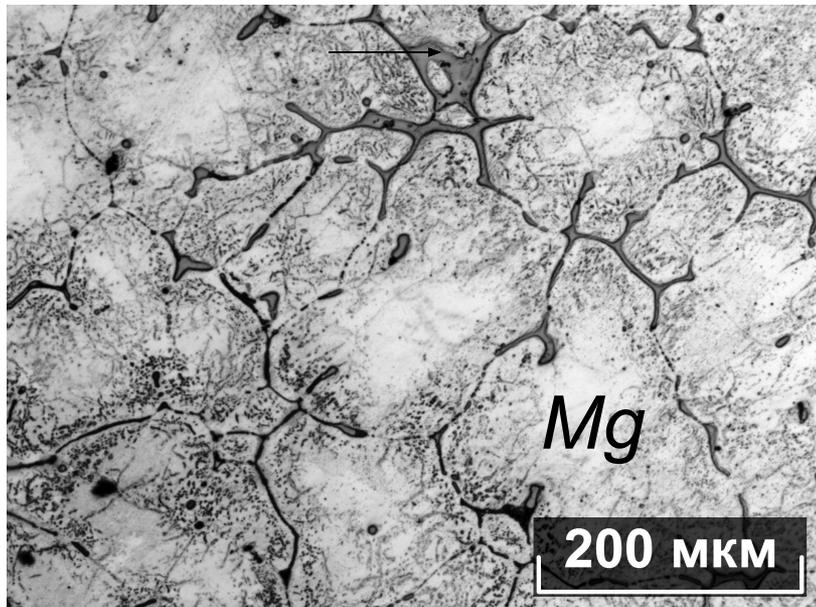
**Метод Виккерса:** используется для тонких поверхностных слоёв, имеющих высокую твердость (цементированных, азотированных), индентор — алмазная пирамида, число твердости HV находят по таблицам по диагонали отпечатка

# Самостоятельная работа

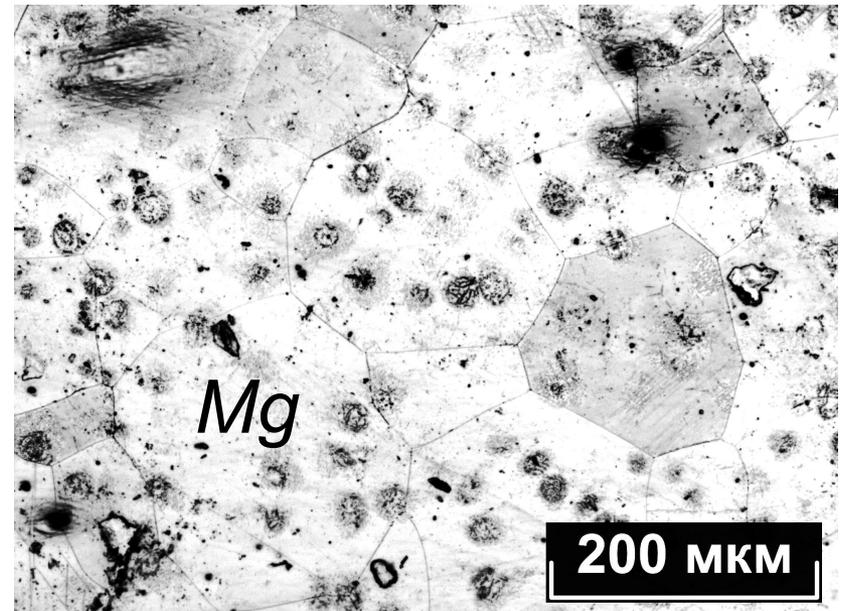
- 1 Как можно изобразить кристаллическое строение металла?**
- 2 Что такое сплав?**
- 3 Какие механические свойства металлов Вы знаете?**
- 4 Что такое макро- и микроструктура металла?**
- 5 Что такое твердость материала?**
- 6 Какие методы определения твердости металлов Вы знаете?**

# Микроструктура сплава МЛ10

$Mg_{41}Nd_5$



Литая структура



После ТО