



Курс: Материаловедение

Казачков Олег Владимирович, доцент, к.т.н.
Институт лесных, инженерных и строительных наук,
кафедра транспортных и технологических машин и оборудования
kaz@psu.karelia.ru



План лекции:

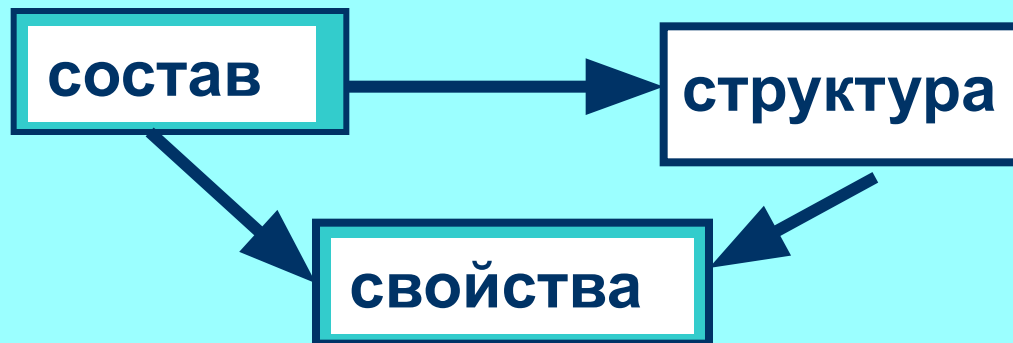
Металлы; их классификация, строения и свойства

- Предмет изучения
- Металлы; их классификация, особенности
- Атомно – кристаллическое строение
- Дефекты кристаллов
- Методы исследования материалов
- Металлографические методы
- Определение механических и технологических свойств
- Кристаллизация металлов и строение слитка



Предмет изучения

- **Материаловедением** называется наука, устанавливающая связь между составом, структурой и свойствами материалов и изучающая закономерности их изменения при внешних воздействиях.



Историческая справка



Михаил Васильевич
Ломоносов
(1711- 1765)

- Более двухсот лет назад М. В. Ломоносов дал простое и ясное определение понятия «металл». Он писал: **«Металлы- тела твердые, ковкие, блестящие».**
- О роли металлов в жизни человека писал М.В.Ломоносов в "Слове о пользе химии": **"Металлы подают укрепление и красоту важнейшим вещам в обществе потребным... И кратко сказать ни едино ремесло, ни едино художество простое употребление металлов миновать не может..."**

Особенности металлов

Металлические свойства

**Термоэлектронная
эмиссия**

Тепло – и электропроводность

Металлический блеск

КОВКОСТЬ

**Положительный температурный
коэфф электросопротивления**

Классификация металлов

```
graph TD; A[Металлы] --- B[Черные  
Железо и его сплавы]; A --- C[цветные]
```

Металлы

Черные
Железо и его сплавы

цветные

Классификация черных металлов

Цветные металлы

Железные:

Тугоплавкие:

Легкоплавкие:

Редкоземельные:

Щелочноземельные:

Классификация цветных металлов

Цветные металлы

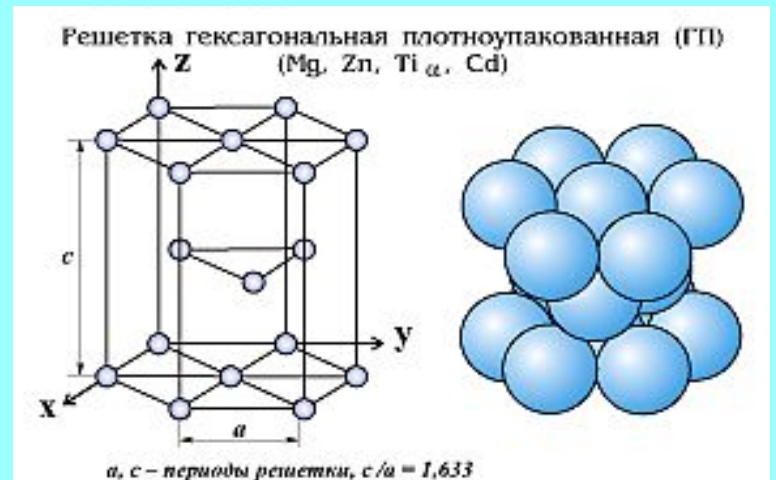
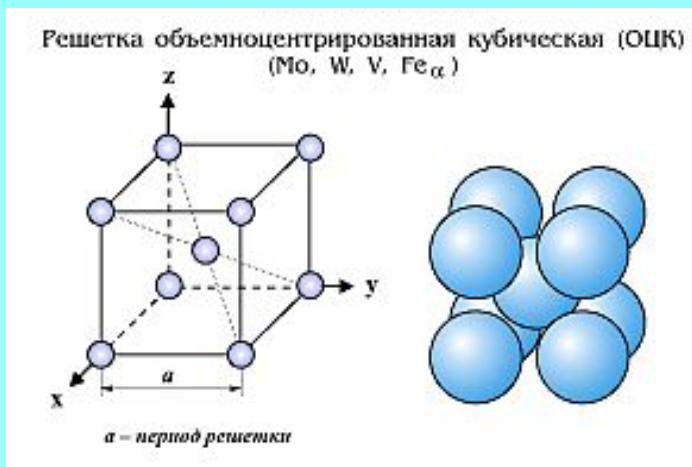
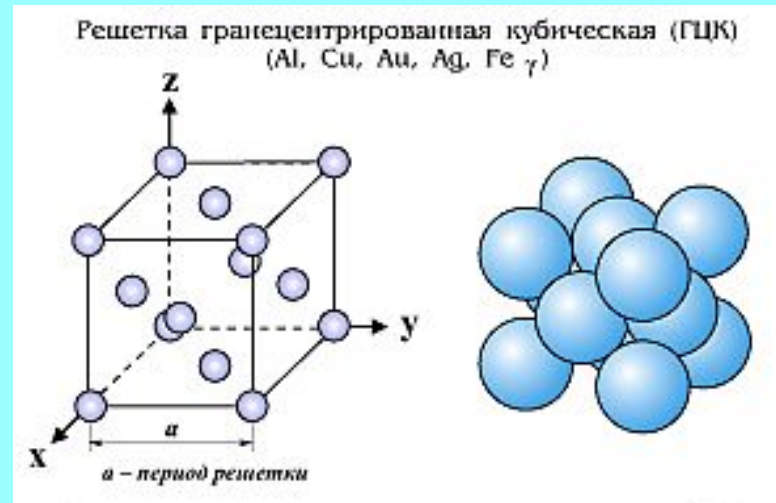
Легкие:

Благородные:

Тяжелые:

Урановые:

Типы элементарных ячеек



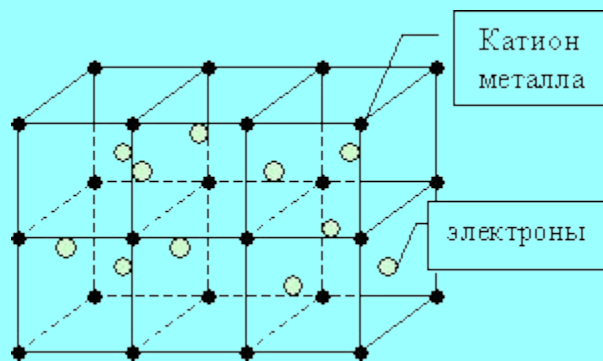


Характеристики кристаллических решеток

- Период решетки – расстояние между центрами ближайших атомов в элементарной решетке
- Координационное число – количество ближайших равноудаленных атомов относительно «базисного атома»
- Плотность упаковки – число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку
- Коэфф. компактности – отношение объема всех атомов решетки к ее геометрическому объему



Металлическая связь



**Схема
металлической связи**

Характерные особенности:

- **Закономерное расположение катионов, окруженных свободными электронами**
- **Наличие дальнего порядка в расположении атомов**
- **Атомы располагаются на расстоянии, когда энергия отталкивания и притяжения равны**

Классификация структурных дефектов

дефекты

Нульмерные (точечные)

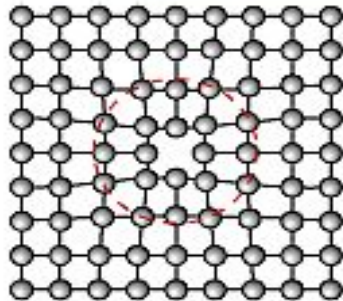
Одномерные (линейные)

Двухмерные (поверхностные)

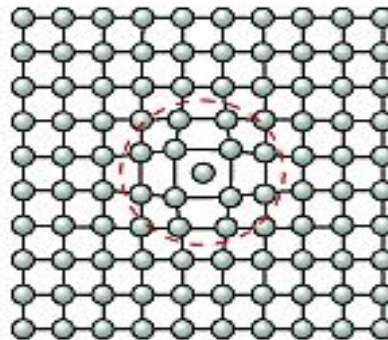
Трехмерные (объемные)

Дефекты кристаллической решетки

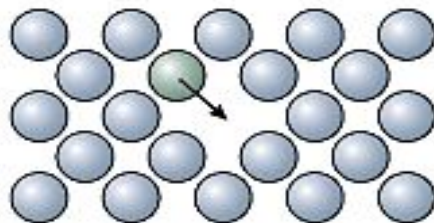
Точечные дефекты кристаллической решетки



Вакансия - это узел кристаллической решетки, занятый атомом.

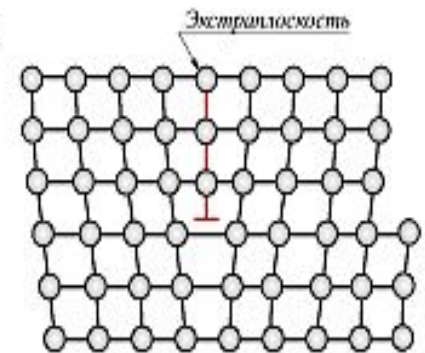
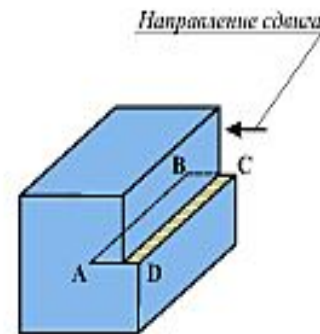


Межузельный атом - это атом, расположенный в межузельном пространстве кристаллической решетки.

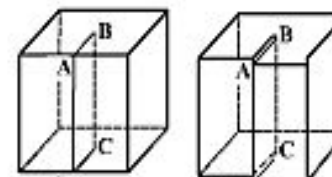


В металлах диффузия преимущественно осуществляется вакансионным механизмом, при котором перемещающийся атом в своем движении меняет местами с вакансией

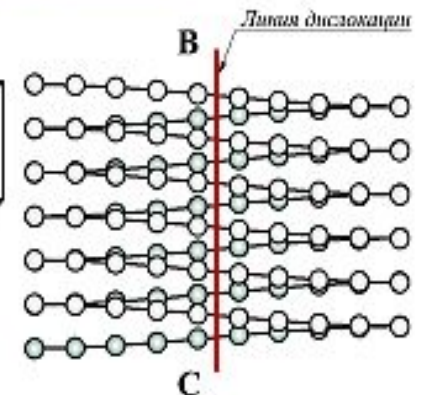
Краевая дислокация



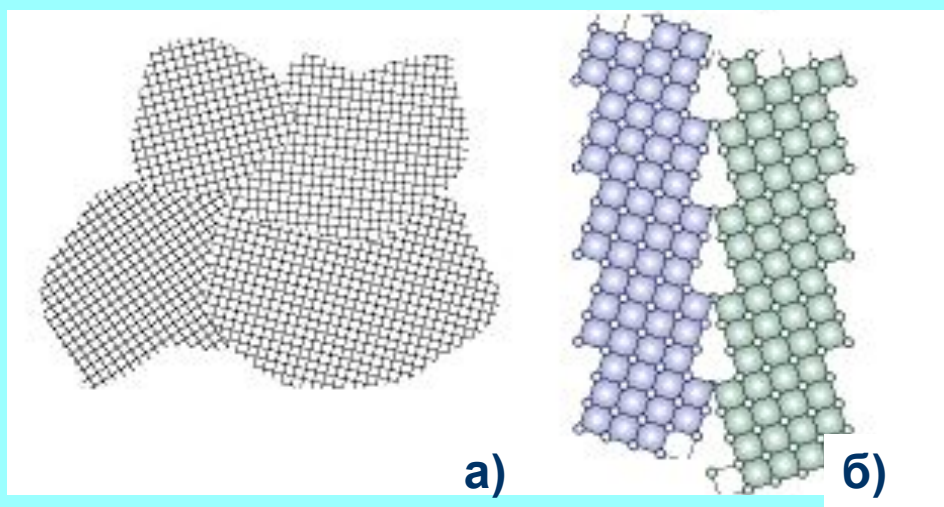
Винтовая дислокация



τ - направление сдвига

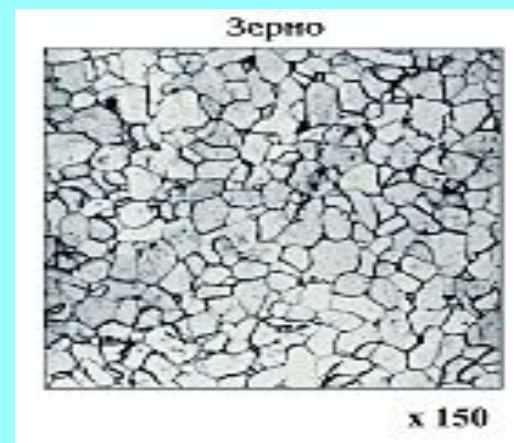


Строение структуры металлов



а) Схема структуры металла

б) Схема строения границы зерна





Методы исследования материалов

1 Металлографические методы

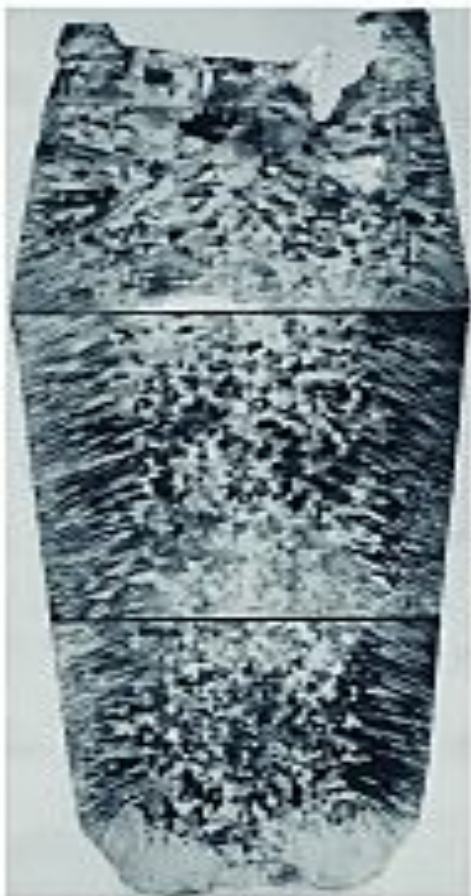
- **Макроанализ** – изучение структуры невооруженным глазом
- **Микроанализ** - изучение структуры под микроскопом
- **Фрактография** – изучение изломов

2 Методы структурного анализа – изучение атомно – кристаллического строения

- Рентгеноструктурный и электронно – графический анализ

3 Определение свойств при различных испытаниях

Макроанализ металлов



Макроструктура слитка



Волокнистая структура после ГОШ

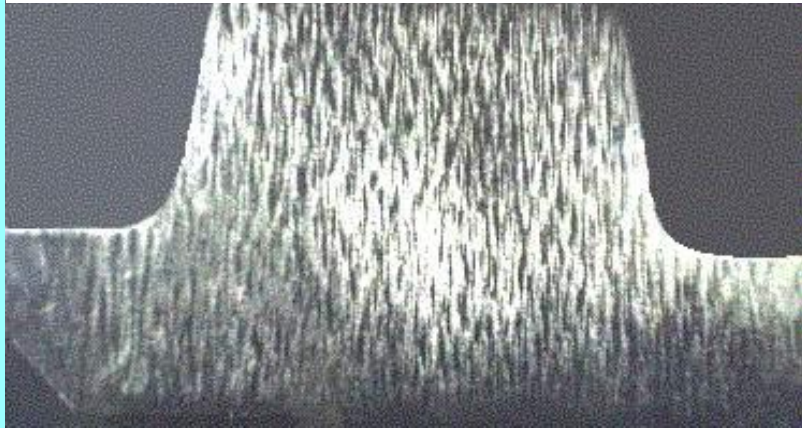


Газовые поры

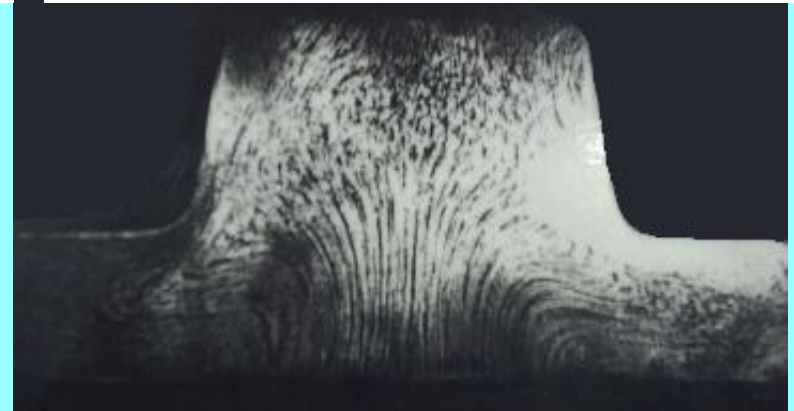


Волокнистая структура металла

(горячий прокат + обработка резанием)

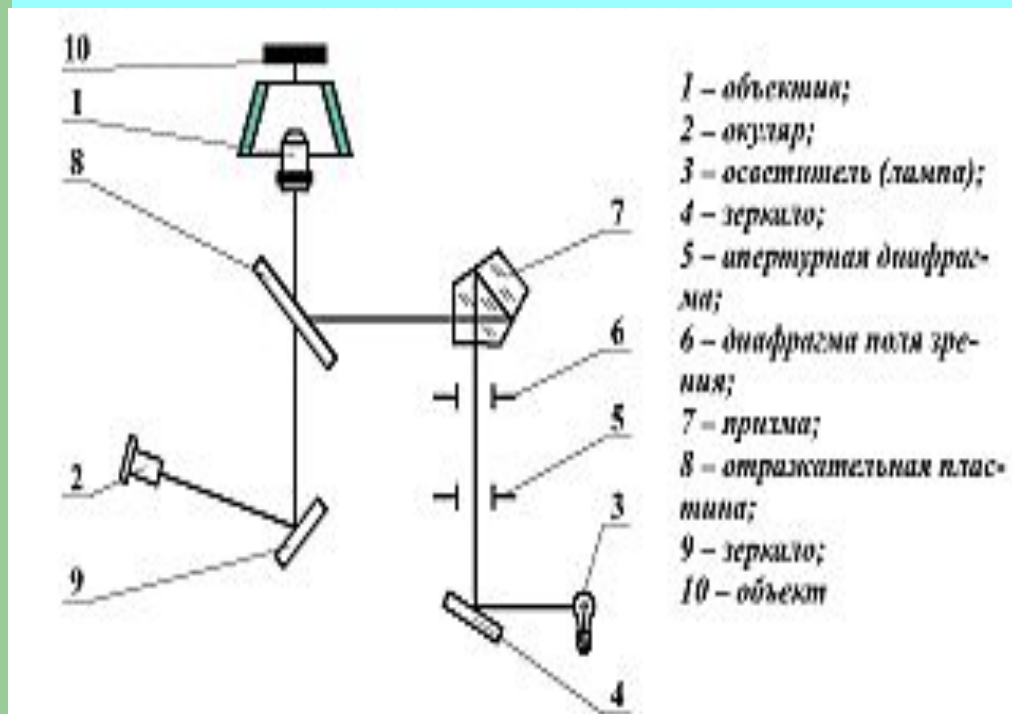


(горячий прокат + горячая штамповка)



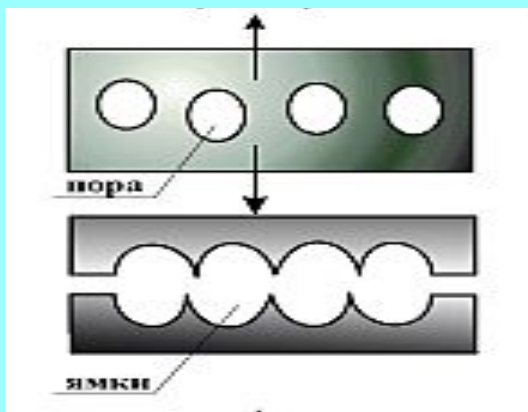
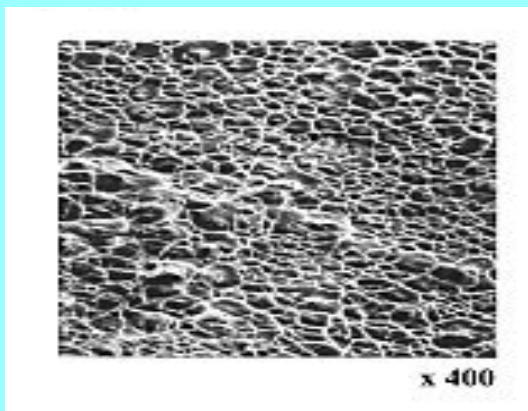
- Волокнистую структуру, соответствующую профилю изделия или направлению наибольших напряжений, используют в деталях, работающих при динамических, циклических нагрузках с высоким напряженным состоянием (шестерни, коленчатые валы, шатуны).

Микроанализ металлов

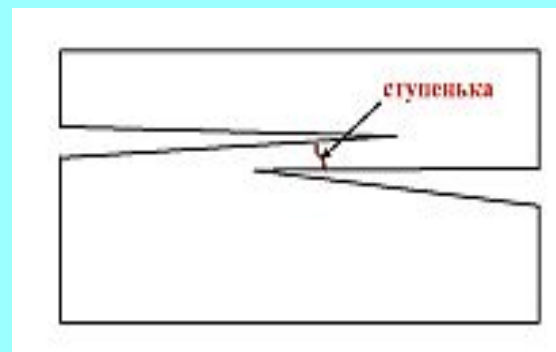
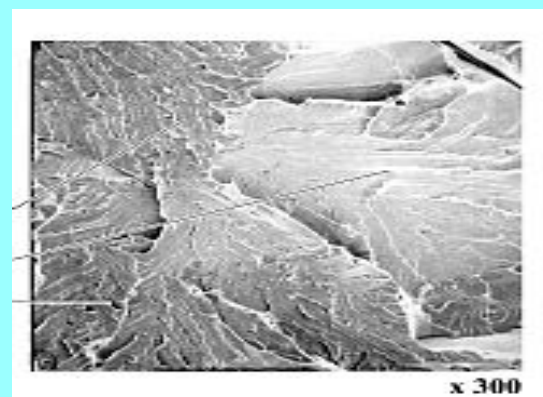


Оптическая схема микроскопа МИМ-7

Виды разрушения металлов



Вязкое разрушение



хрупкое разрушение

Классификация свойств металлов и сплавов

Группа свойств

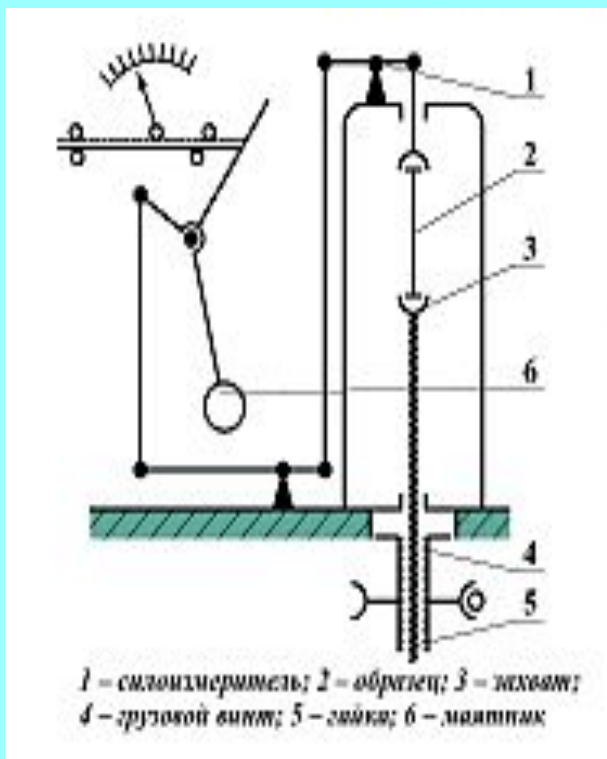
Механические

Технологические

Химические

Физические

Испытания на растяжение



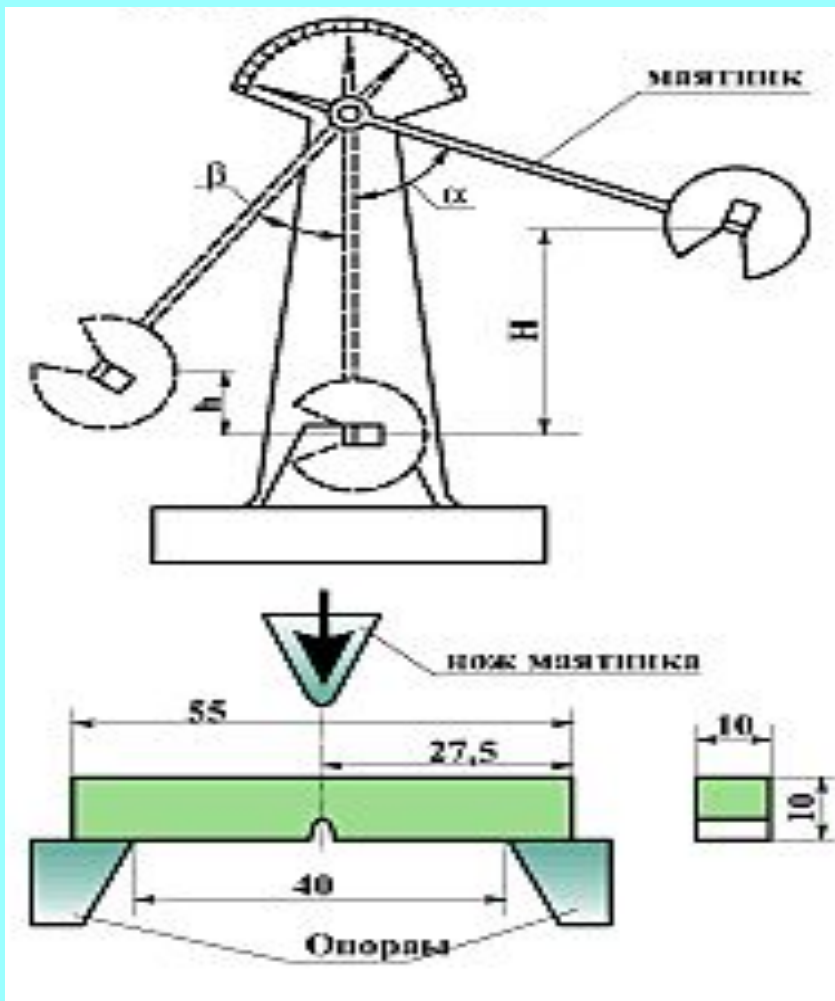
Характеристики прочности

- Предел прочности
- Предел текучести

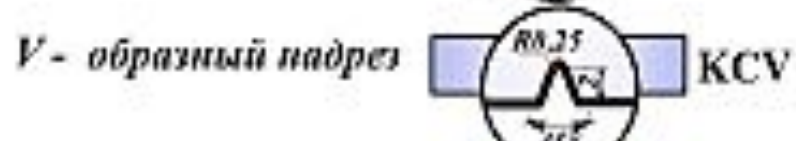
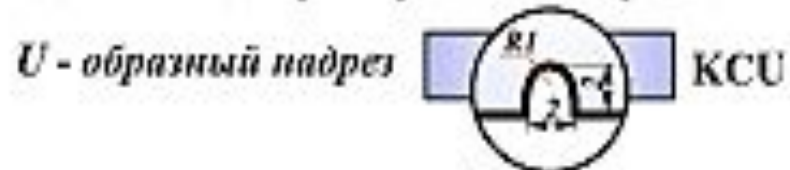
Характеристики пластичности

- Относительное удлинение
- Относительное сужение

Испытания на ударный изгиб



Виды концентраторов на образце



Ударная вязкость

$$КС = \frac{K}{F} \text{ (МДж/м}^2\text{)}$$

K - работа удара, затраченная на пластическую деформацию и разрушение образца;

Измерение твердости по Бринеллю

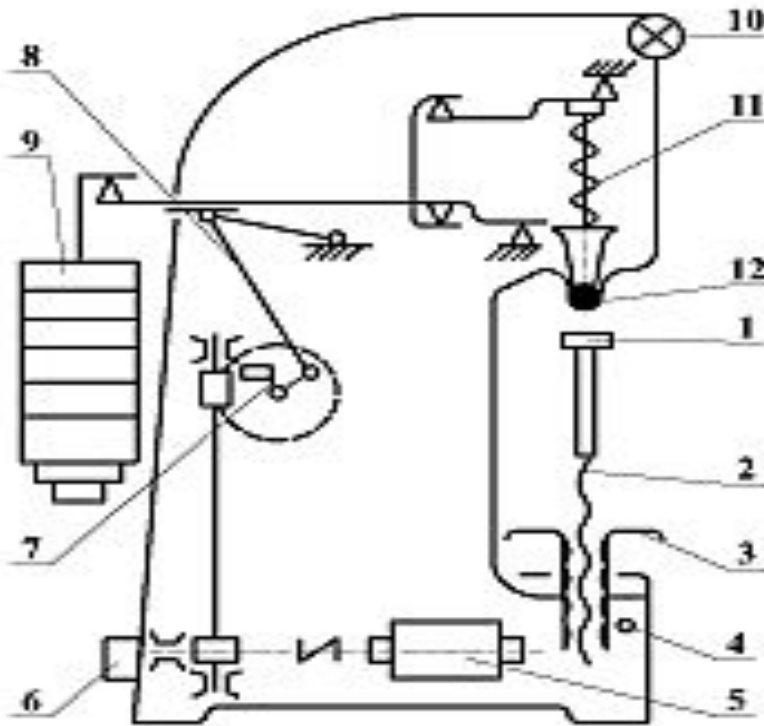


Схема прибора:
 1 – стальной; 2 – подъемный винт; 3 – лупа; 4 – пусковая кнопка; 5 – электродвигатель;
 6 – магнитный пускатель; 7 – подвижный упор;
 8 – штурвал; 9 – стрелка; 10 – сигнальная лампа;
 11 – пружина; 12 – оправка с шариком (индентор)



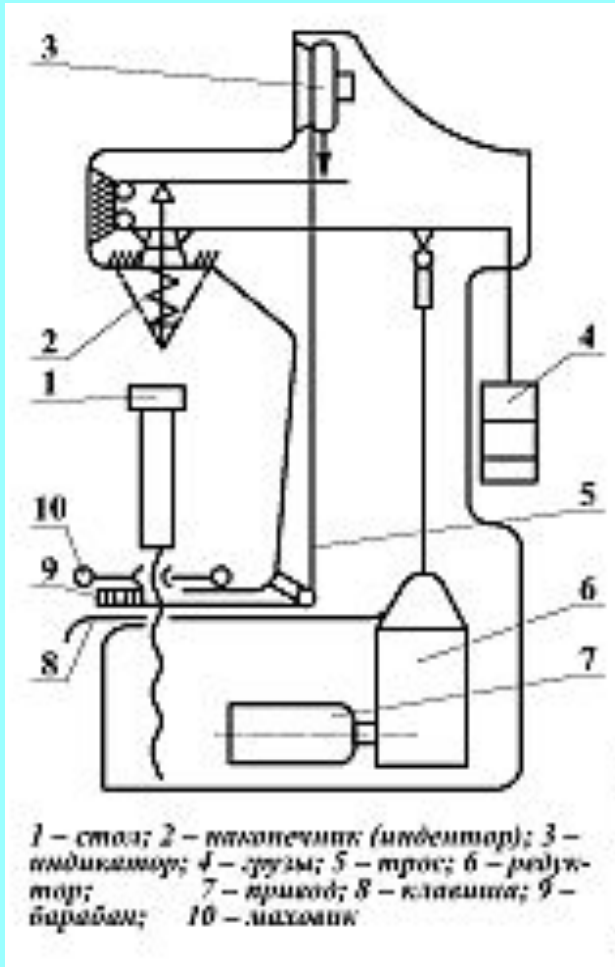
Индентор – стальной закаленный шарик диаметром D , равным 10, 5 или 2,5 мм;

Нагрузка – от $2,5 D^2$ до $30 D^2$ (кгс);

Время выдержки под нагрузкой – 10, 30 или 60 секунд

Число твердости по Бринеллю (НВ) – отношение нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка

Измерения твердости по Роквеллу



Индентор – алмазный конус с углом 120° при вершине или стальной шарик диаметром 1,588 мм

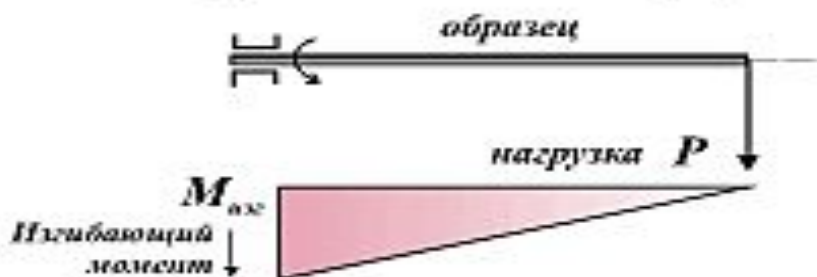
P_0 – предварительная нагрузка (10 кг);
 P_1 – основная нагрузка

Единица твердости по Роквеллу (HR) – безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм

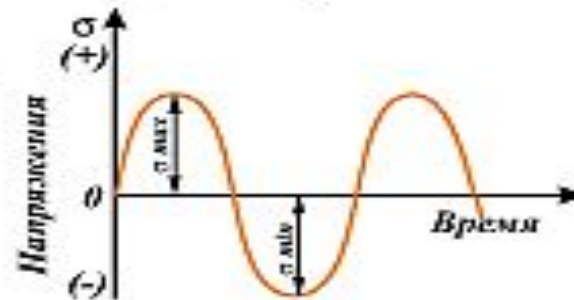
Обозначение твердости	Индентор (наконечник)	Шкала индикатора	Полная нагрузка, кг
HRC	алмазный конус	C	150
HRA	алмазный конус	A	60
HRB	стальной шарик	B	100

Испытания на выносливость

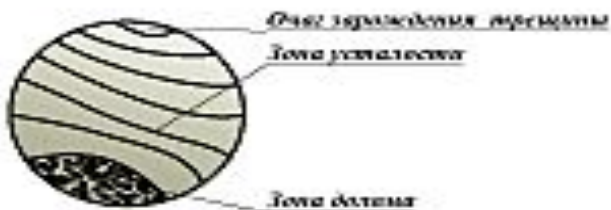
Схема нагружения – изгиб с вращением



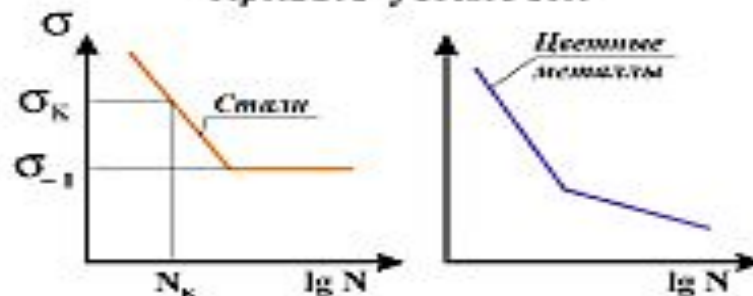
Цикл напряжений



Разрушение при усталости (схема)



Кривые усталости



σ_{-1} - физический предел выносливости

σ_K - предел вычисленной выносливости при заданном количестве циклов до разрушения N_K

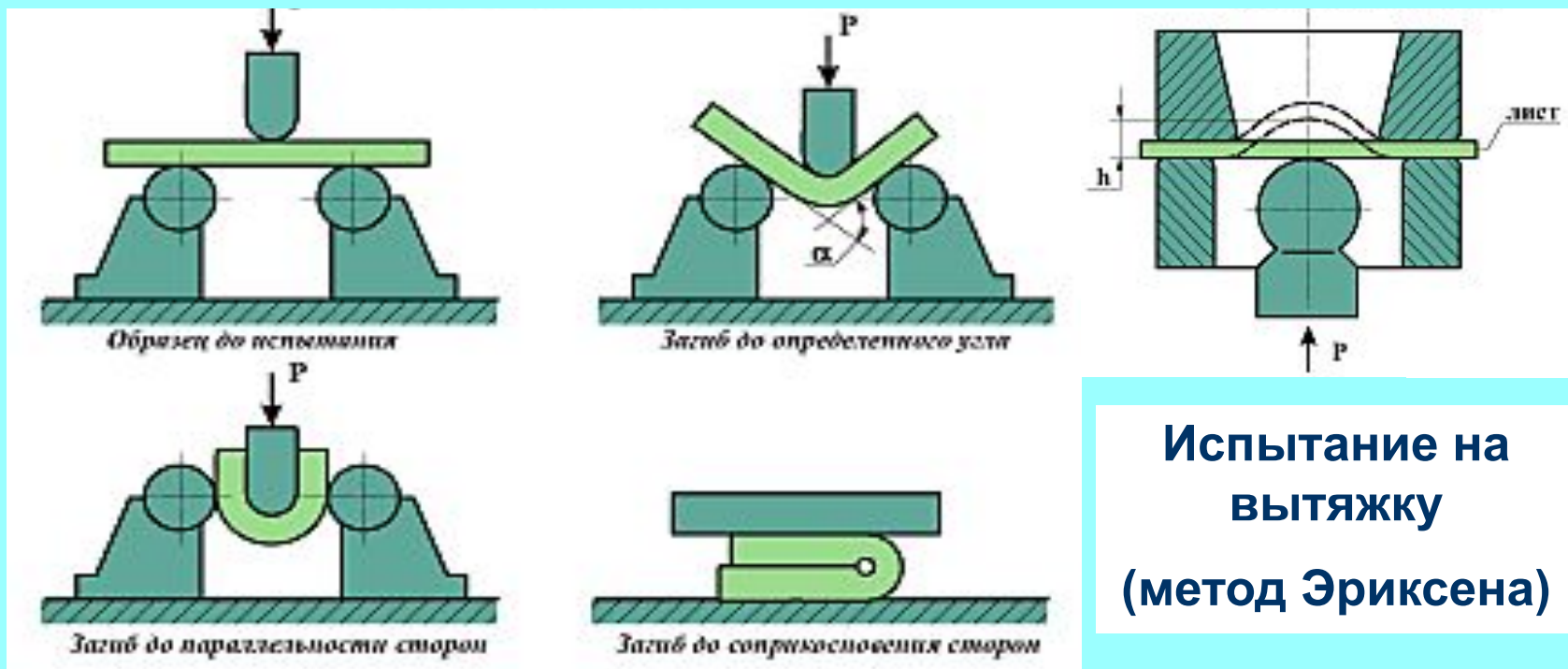


Технологические свойства

- **Свариваемость сталей** - свойство материала образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям конструкции.
- Оценка свариваемости низкоуглеродистых сталей по эквиваленту углерода:
- $C_{\text{экв.}} = C + Mn/20 + Ni/15 + (Cr + Mo + V)/10$
C=0,25-хорошая свариваемость; C=0,35-удовлетворительная; C=0,45-ограниченная; C более 0,45-плохая



Технологические свойства



Проба на изгиб



Свойства литейных сплавов

- **Температура плавления.** Различают легкоплавкие, средне- и тугоплавкие сплавы
- **Жидкотекучесть.** Способность сплава воспроизводить рельеф полости формы.
- **Усадка.** Свойство сплава уменьшаться в объеме при затвердевании.
- **Ликвация.** Проявление неоднородности химического состава в различных частях отливки.
- **Газовые раковины.** Выделение растворимых газов в период затвердевания отливки



Кристаллизация металлов

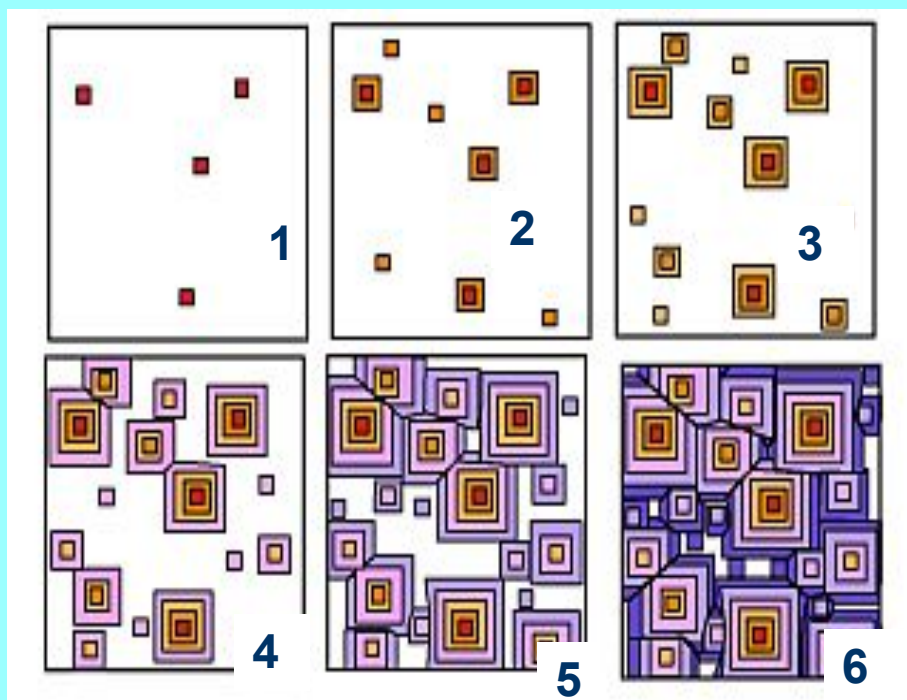
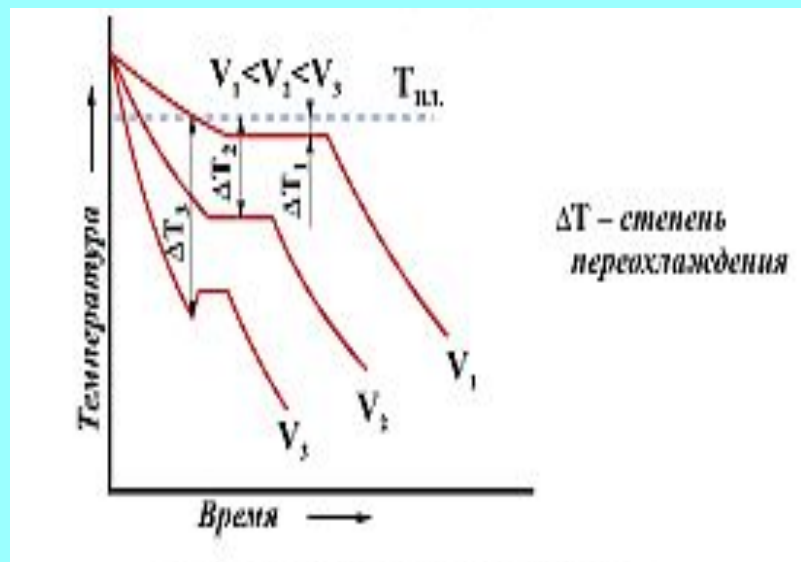


Схема процесса кристаллизации



Кривая охлаждения

Строение стального слитка

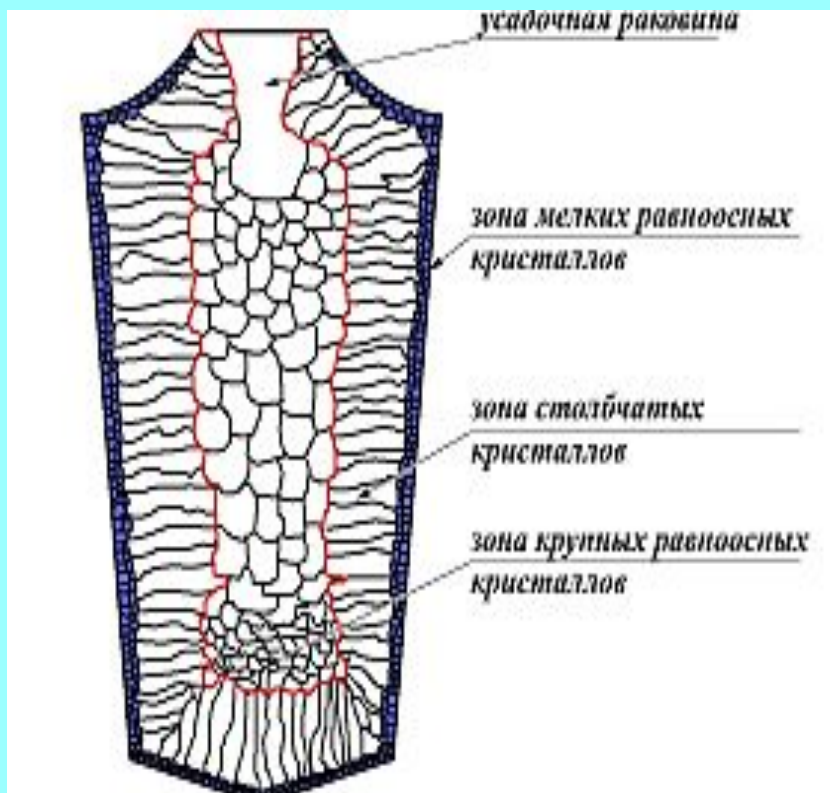


Схема макроструктуры слитка



Схемы дендритов





Список литературы

основная

- **Шубина Н.Б. Материаловедение в горном машиностроении. МГГУ, 2011, 272с.**
- **Казачков О.В. Материаловедение. Металлы и металлические сплавы.(термины). ПетрГУ, 2015.**
- **Казачков О.В. Материаловедение. Черные металлы и сплавы. ПетрГУ, 2015.**

дополнительная

- Лахтин Ю.М., Леонтьева В.Н. Материаловедение. Учебник для ВУЗов технич. спец. – 3-е изд. – М. Машиностроение, 1990. – 528с.
- Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для ВУЗов / Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов, В.П. Кузин, Д.И. Чашников. – 2-е изд., перер., доп. – М. МИСИС, 1996. – 576с.
- Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для студентов