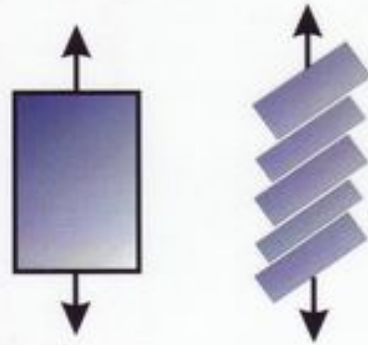


Деформация скольжением



Полосы скольжения в деформированном алюминии

Плоскости и направления скольжения

Решетка ГЦК (Cu, Al)

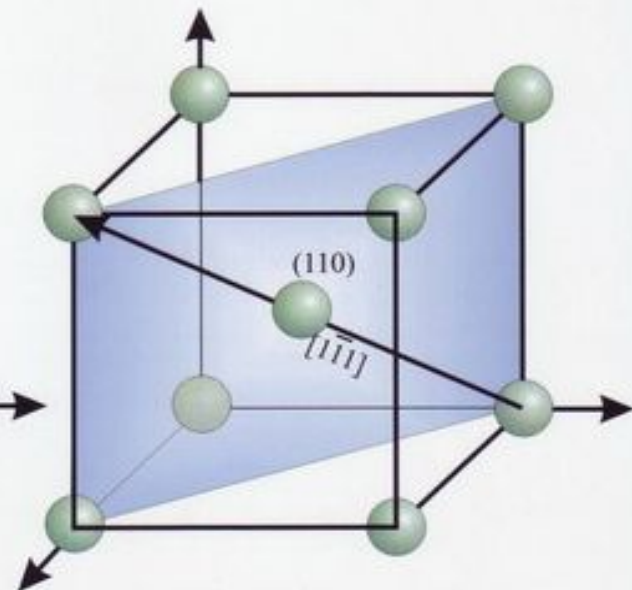
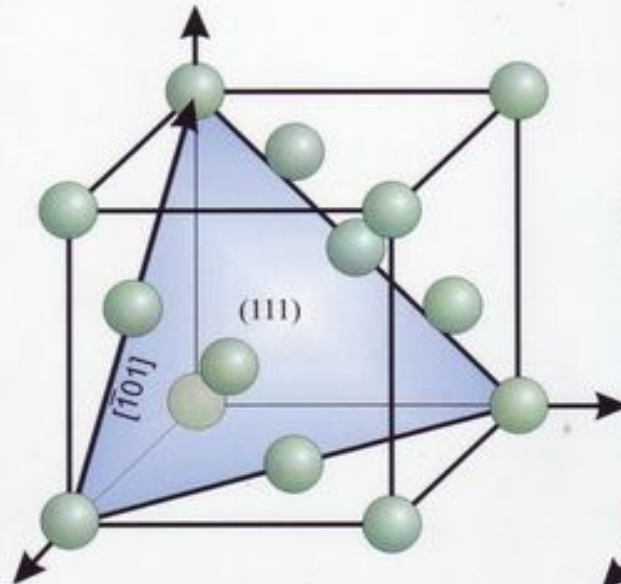
Плоскости скольжения - $\{111\}$

Направления скольжения - $\langle 110 \rangle$

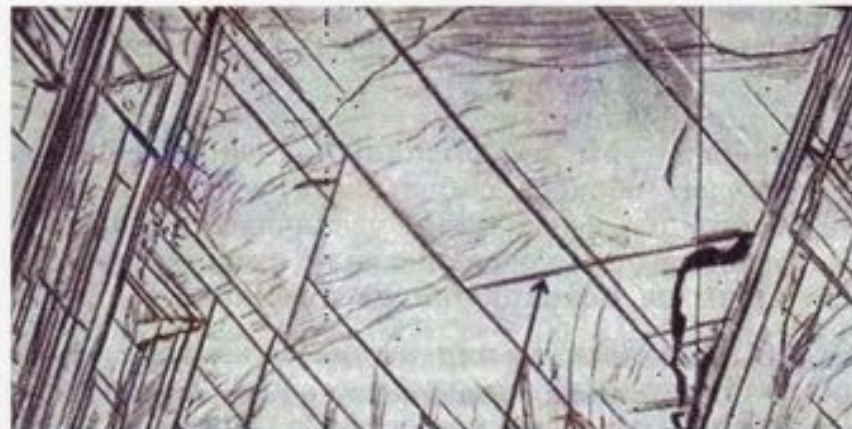
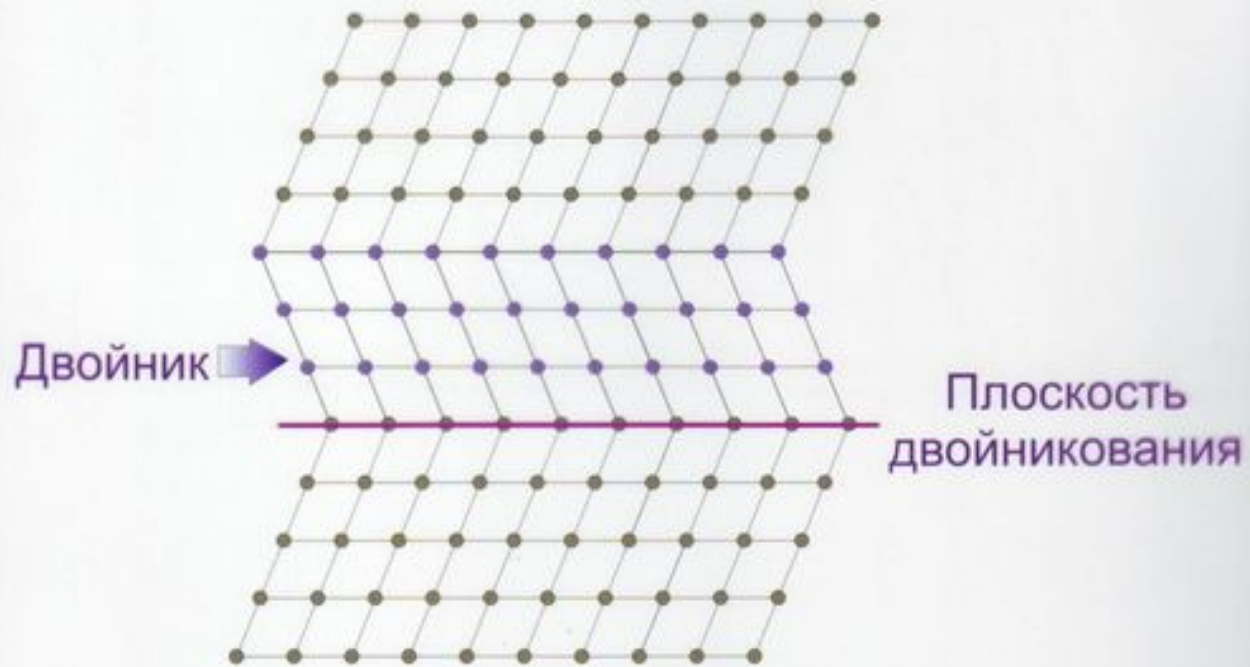
Решетка ОЦК (Cr, W)

Плоскости скольжения - $\{110\}, \{112\}$

Направления скольжения - $\langle 111 \rangle$

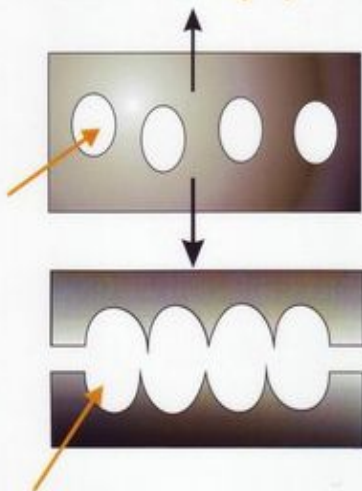


Деформация двойникованием

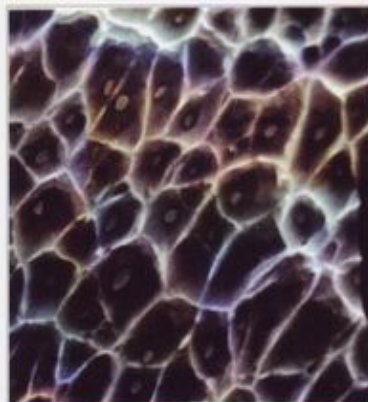
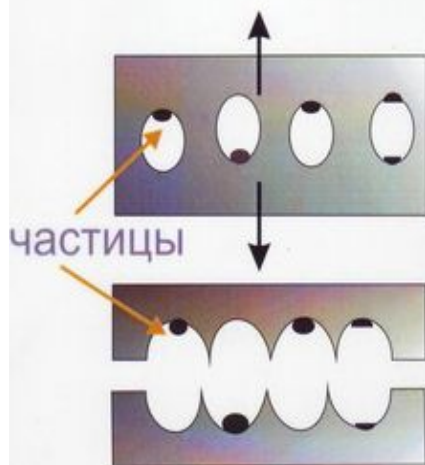


Двойники деформации в кристалле цинка

Вязкое внутризеренное разрушение

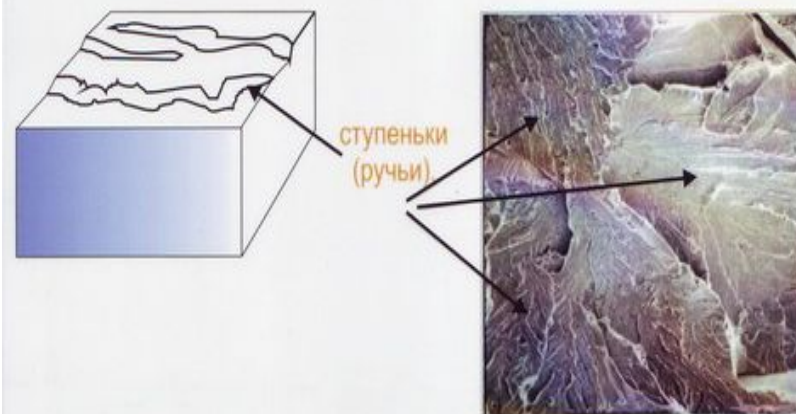


РЭМ x 400



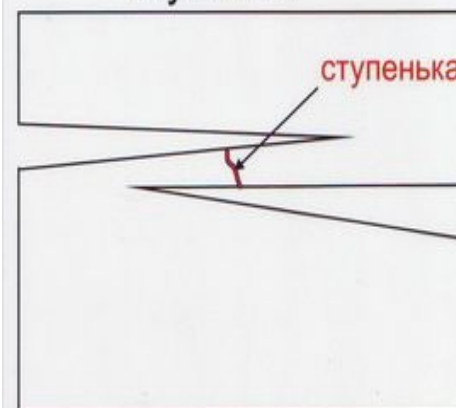
РЭМ x 750

Хрупкое внутризеренное разрушение (скол)



РЭМ x 300

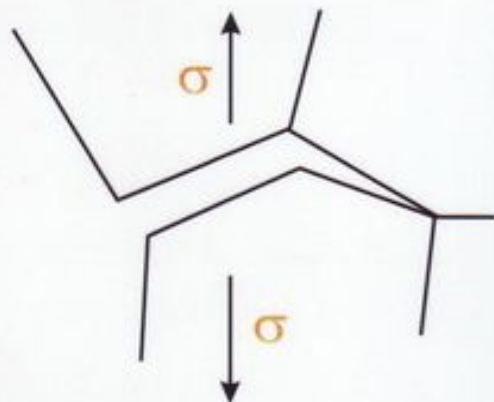
Образование ступенек.



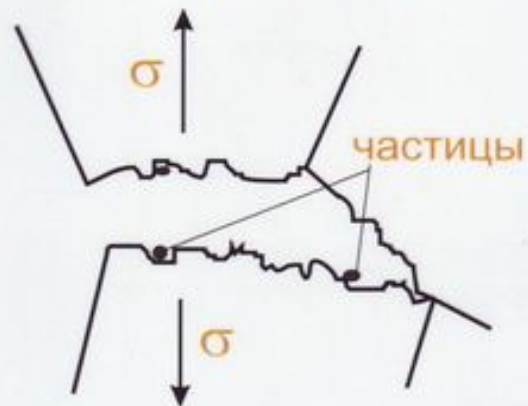
Хрупкое разрушение Fe_α происходит по плоскостям $\{100\}$.

Межзеренное разрушение

Хрупкое разрушение



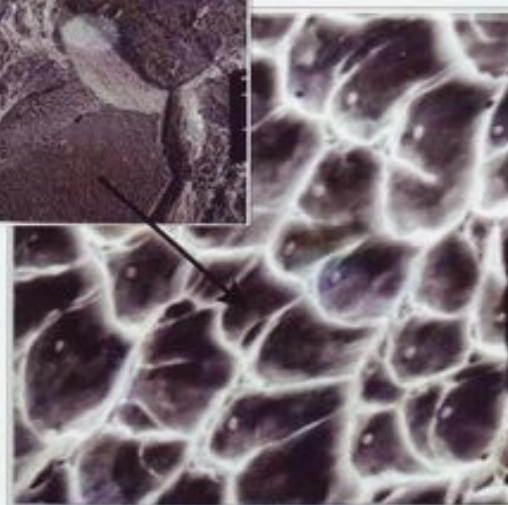
Вязкое разрушение



РЭМ x 300



РЭМ x 100

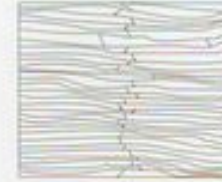


РЭМ x 500

Изменение микроструктуры при пластической деформации

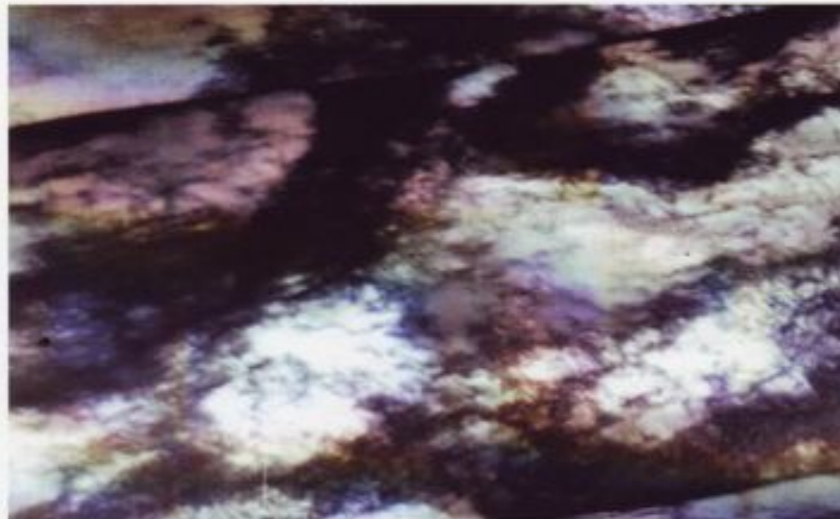


Исходная структура



Увеличение степени деформации

Ячеистая дислокационная структура деформированного металла



РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Изменение микроструктуры деформированного металла при нагреве

Температура нагрева \longrightarrow



После деформации Первичная рекристаллизация Собирательная рекристаллизация



$$T_{\text{рекр.}} = a T_{\text{пл.}}$$

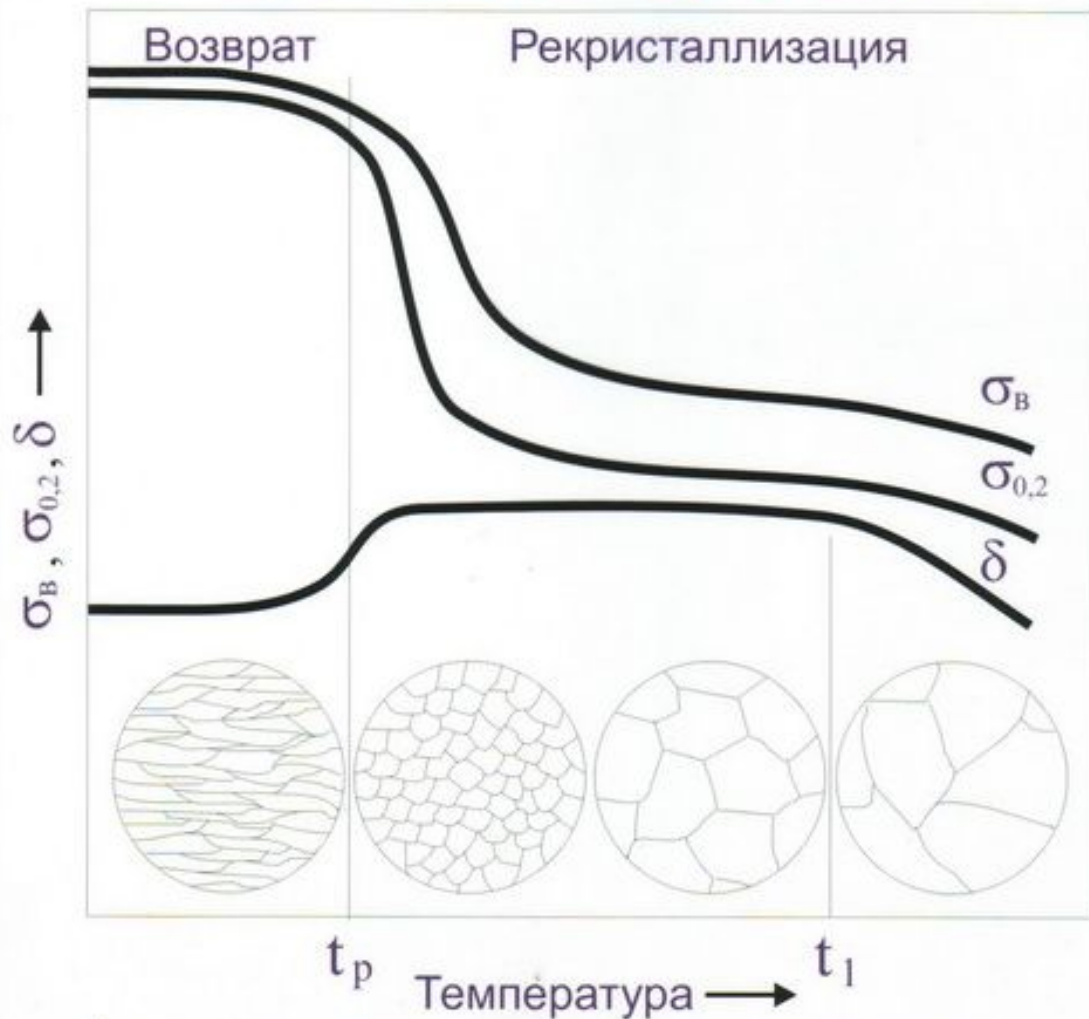
$T_{\text{рекр.}}$ - температура рекристаллизации, К

$T_{\text{пл.}}$ - температура плавления, К

Для технически чистых металлов $a = 0.3-0.4$

Для высокочистых металлов $a = 0.1-0.2$

Влияние нагрева на свойства деформированного металла



t_p - температура начала рекристаллизации
 t_1 - температура, начиная с которой наблюдается перегрев

Диаграмма условных напряжений



Условное напряжение:

$$\sigma = \frac{P}{F_0}$$

Где F_0 - исходная площадь поперечного сечения образца

Относительная деформация

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

где l_0 - начальная длина образца.

Характеристики прочности (МПа)

Предел пропорциональности -	$\sigma_{\text{пл.}}$
Предел упругости -	$\sigma_{\text{упр.}}$
Предел текучести -	$\sigma_{\text{T}} (\sigma_{0.2})$
Предел прочности (временное сопротивление) -	$\sigma_{\text{в}}$

Характеристики пластичности (%)

Относительное удлинение -	δ
Относительное сужение -	ψ

Измерения твердости по Бринеллю

Метод заключается во вдавливании стального шарика диаметром D в поверхность образца под действием нагрузки P , приложенной в течении определенного времени. После снятия нагрузки измеряют диаметр отпечатка d , остающийся на поверхности образца.



Схема определения твердости по Бринеллю

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

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

Время выдержки под нагрузкой - 10, 30 или 60 секунд..

Число твердости по Бринеллю (HB) - отношение нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка $F_{отп}$:

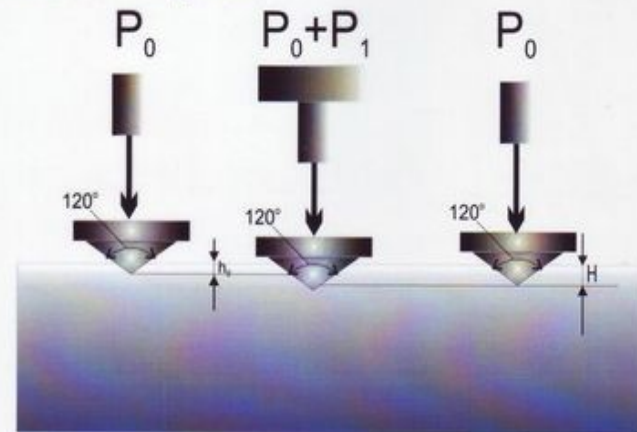
$$HB = \frac{P}{F_{отп}} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Измерение твердости по Роквеллу

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

P_0 - предварительная нагрузка (100 Н),

P_1 - основная нагрузка.

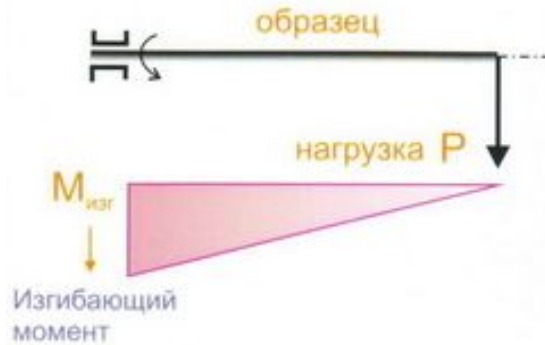


Единица твердости по Роквеллу (HR) - безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм.

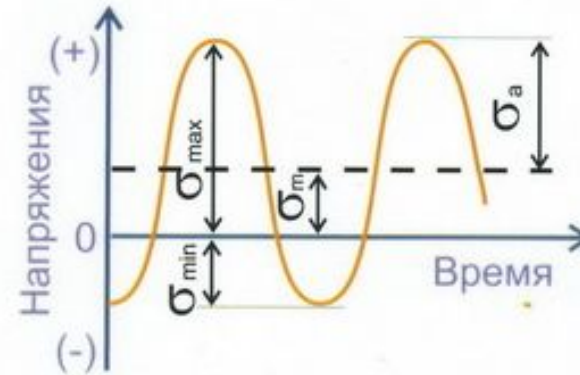
Обозначения твердости	Индентор (наконечник)	Шкала индикатора	Основная нагрузка	Расчетная формула
HRC	алмазный конус	C	1400 Н	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRA	алмазный конус	A	500 Н	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRB	стальной шарик	B	900 Н	$130 - \frac{H - h_0}{0,002}$

Испытания на выносливость

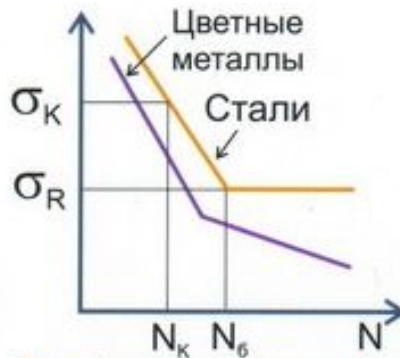
Схема нагружения - изгиб с вращением



Цикл напряжений



Кривые усталости



σ_a - амплитуда напряжений;
 $\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min})/2$ - среднее напряжение цикла;
 $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ - асимметрия цикла

Разрушение при усталости (схема).



σ_R - физический предел выносливости
 σ_K - ограниченный предел выносливости при заданном количестве циклов N_K