

## Методы измельчения

а — раздавливание;

б — раскалывание;

в — удар;

г — излом;

д — истирание.

- В зависимости от физико-химических свойств измельчаемых материалов выбирают наиболее оптимальный вид измельчения для каждого типа материалов.

Материал	Метод измельчения
Прочный и хрупкий	Раздавливание, удар и излом
Прочный и вязкий	Раздавливание и истирание
Хрупкий, средней прочности	Удар, раскалывание и истирание
Вязкий, средней прочности	Истирание, удар и раскалывание



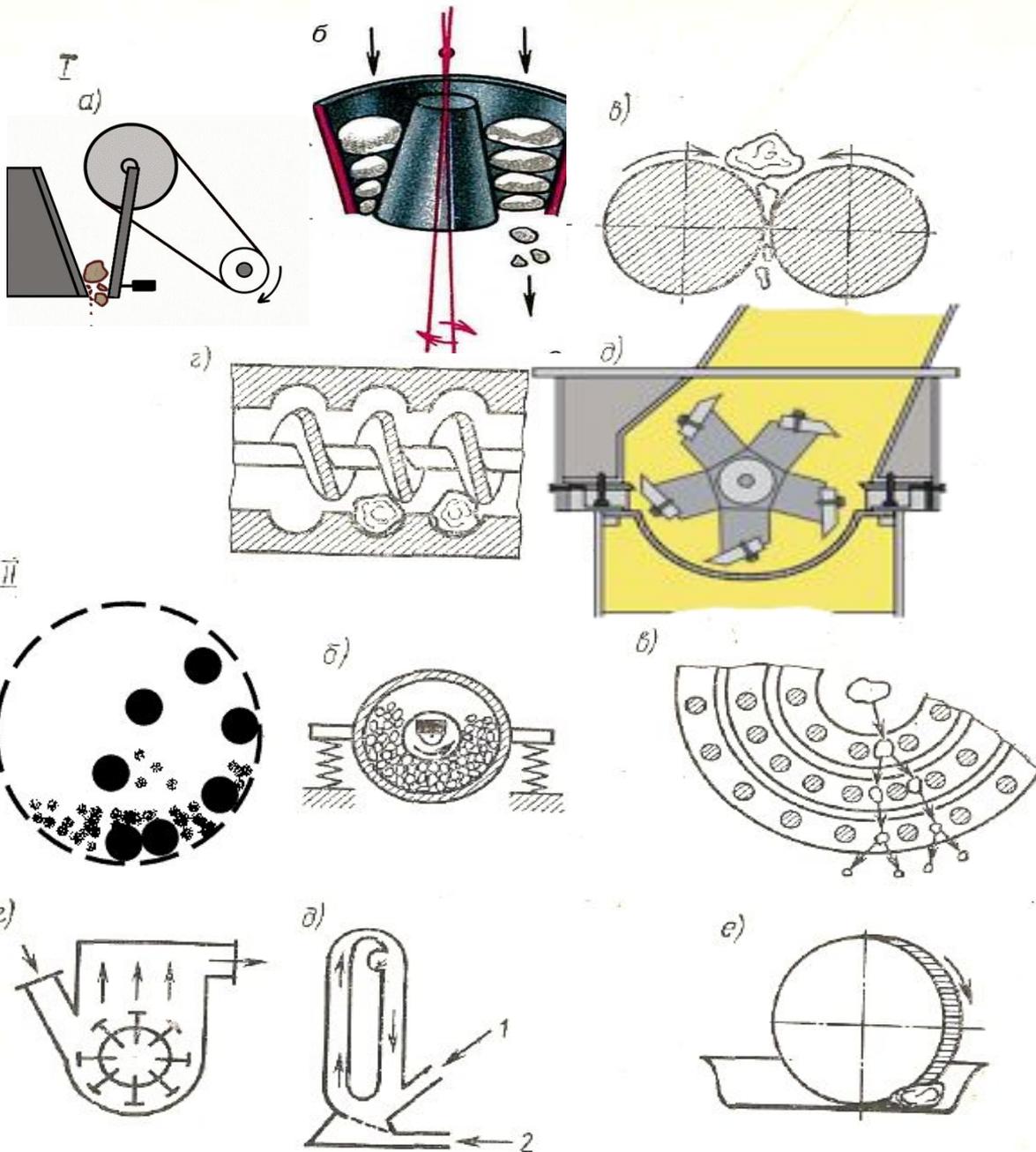
# Принципиальные схемы измельчителей

## I - дробилки

- а - щековая
- б - конусная
- в - валковая
- г - шнековая
- д - молотковая

## II - мельницы

- а - шаровая
- б - шаровая  
вибрационная
- в - дезинтегратор
- г - аэробильная
- д - струйная
  - 1 - материал
  - 2 - воздух
- е - бегуны



# Основные законы измельчения

---

Закон Риттингера  $W=k_R A$ , где

$W$  — затраченная работа

$k_R$  — коэффициент пропорциональности

$A$  — вновь образованная поверхность

Закон Кирпичева-Кика  $W=k_K V$ , где

$k_K$  — коэффициент пропорциональности

$V$  — объем измельчаемого материала

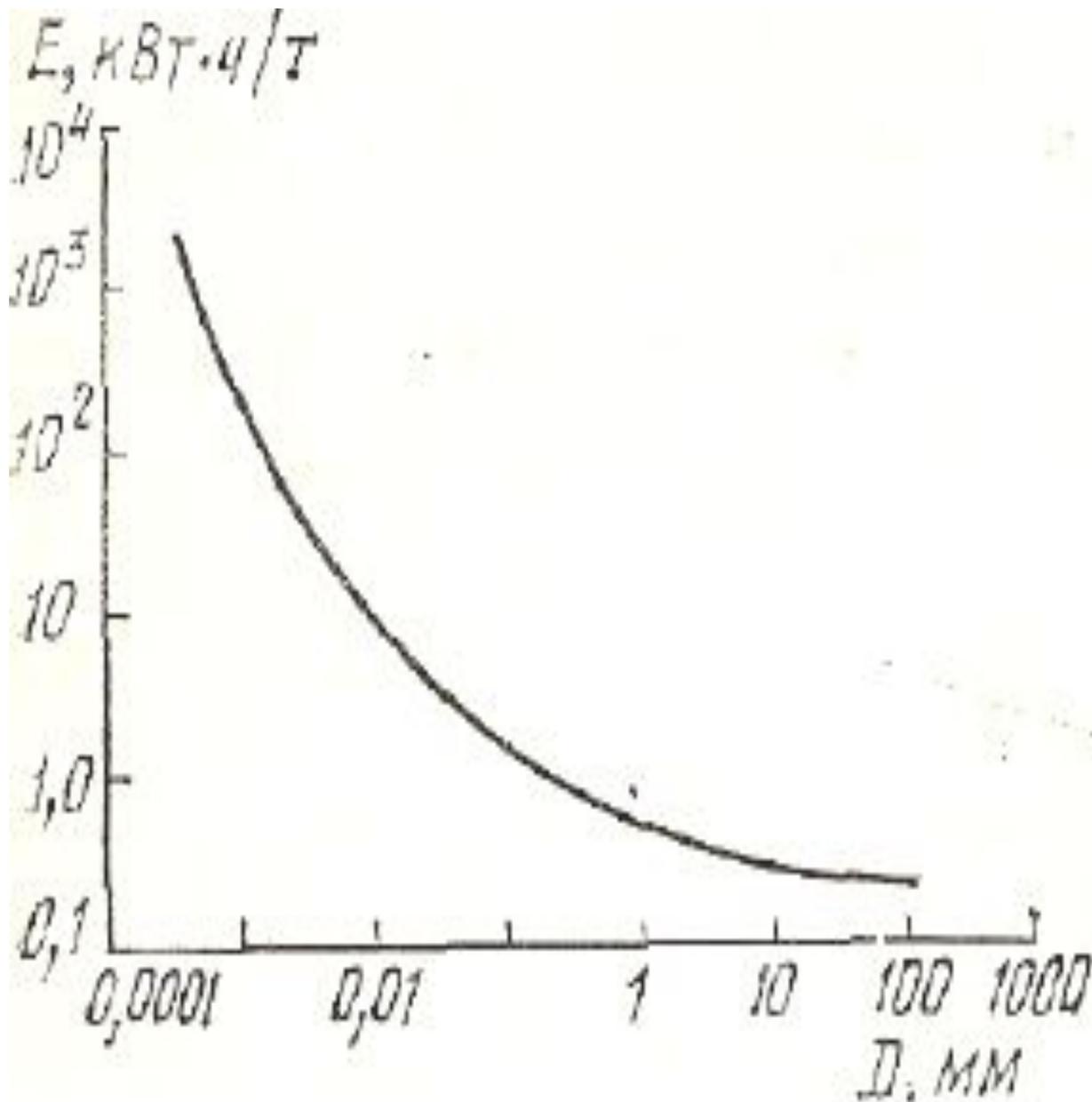
Закон Бонда  $W=k_B \sqrt[3]{VA}$

$k_B$  — коэффициент пропорциональности

- 
- Теоретически при помолу расход энергии в 3...4 раза больше, чем при среднем дроблении. По практическим данным расход на помол действительно выше, чем на дробление, но не в 3...4 раза, а в 15...20 раз.
- 



## Диаграмма Хукки (связь между работой и размером конечной крупности материала)



Практическое количество  
энергии, необходимой для  
измельчения:

- Щебня 0,6...1 кВтч/т
- Молотого песка 10...15 кВтч/т
- Цемента 35...45 кВтч/т

# Теоретическая и истинная прочности материалов

---

На прочность строительных материалов решающее воздействие оказывает их строение, которое подразумевает такие параметры как количество и характер пор, кристаллическая решетка и др.

Тип связи (кристаллическая решетка)	Пример вещества с данным типом решетки	Энергия связи, кДж/моль	Теоретическая прочность связи, МПа
Ионная	NaCl	754	38000
Атомная	Алмаз	712	36000
Металлическая	Na	109	5500
Молекулярная	CH <sub>4</sub>	10	500
Водородная	Лед	5	2500

---



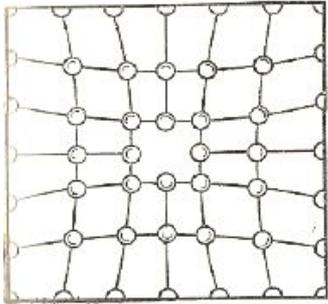
*Теоретическая прочность* – это такое критическое напряжение, которое надо квазистатически (медленно) приложить к идеальному бездефектному материалу при достаточно низких температурах, чтобы получить необратимую диссоциацию материала.

*Истинная прочность* рассматривает тела с присутствием дефектов, которые могут как уменьшать прочностные характеристики тела, так и увеличивать их.

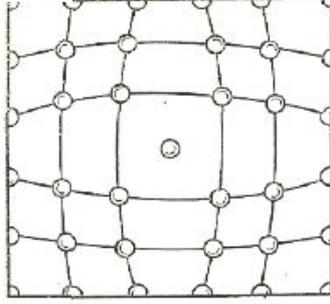
Дефекты в свою очередь подразделяют на точечные (т.н. нульмерные), одномерные и двумерные.



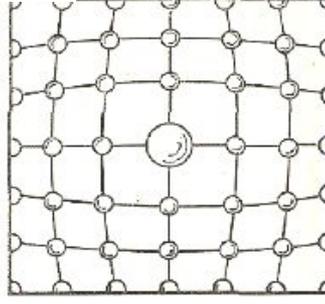
А)



Б)



В)



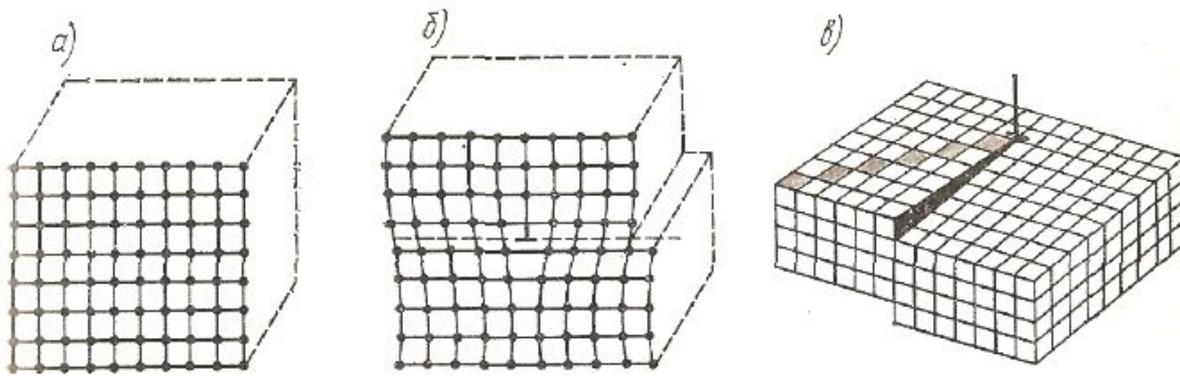
Точечные дефекты делят на:

- **Энергетические** - временные искажения регулярности решетки кристалла, вызванные тепловым движением или воздействием различных радиации;
- **Электронные** – к этому типу относят избыток и недостаток (дырка) электронов в валентных связях кристалла и парные дефекты (экситионы), состоящие из электрона и дырки, связанные между собой кулоновскими силами;
- **Атомные.**

## Точечные атомные дефекты решетки

- А) Вакантный узел
- Б) Смещение атома из узла в межузловое пространство
- В) Внедрение чужеродного атома или иона в решетку





## Схемы одномерных (линейных) дислокаций

- а) Кристалл идеальной структуры
- б) Кристалл с краевой дислокацией
- в) Кристалл с винтовой дислокацией

**Идеальная дислокация** (а) сформирована в виде семейства параллельных друг другу атомных плоскостей.

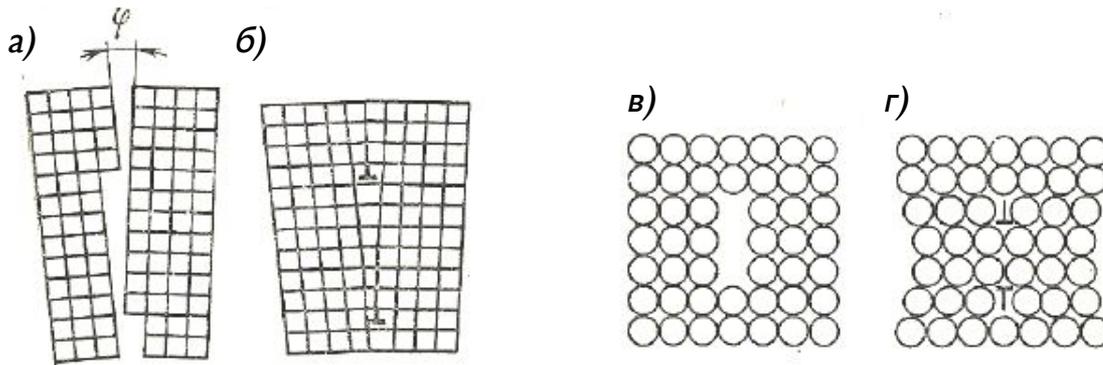
**Краевая дислокация** (б) образуется в случае обрыва одной атомных плоскостей.

В случае **винтовой дислокации** (в) атомные плоскости представляют собой систему, подобную винтовой лестнице.

Область наибольших искажений решетки называется ядром дислокации.

К **двумерным (плоскостным) дефектам** относятся границы между зёрнами кристаллов, ряды линейных дислокаций. Сама поверхность кристалла может рассматриваться как двумерный дефект.





При срастании (а, б) кристаллическая решетка в плоскости соприкосновения будет иметь различную ориентацию. Следовательно, возникнет переходный слой, в котором решетка с ориентацией одного блока переходит к ориентации другого блока.

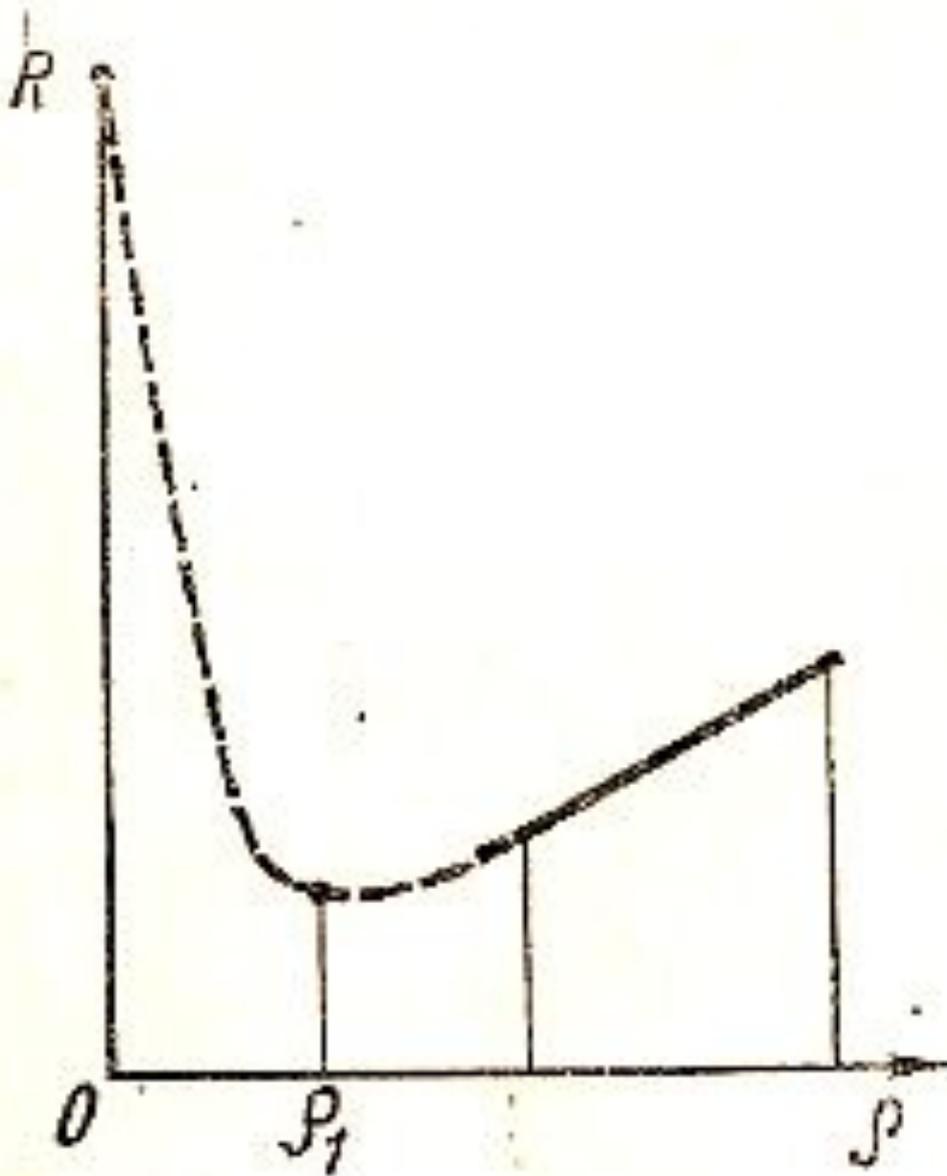
По мере развития пластической деформации и роста количества дефектов кристалл упрочняется. Сущность этого упрочнения состоит во взаимодействии дислокаций друг с другом и с другими дефектами решетки, приводящем к затруднению перемещения их в решетке кристалла.

## Образование дислокаций

На границах блоков

- а) Блоки, растущие навстречу друг другу
  - б) Возникшие дислокации
- Образование дислокаций из скопления вакансий
- в) Скопление вакансий в кристалле
  - г) Возникшие дислокации

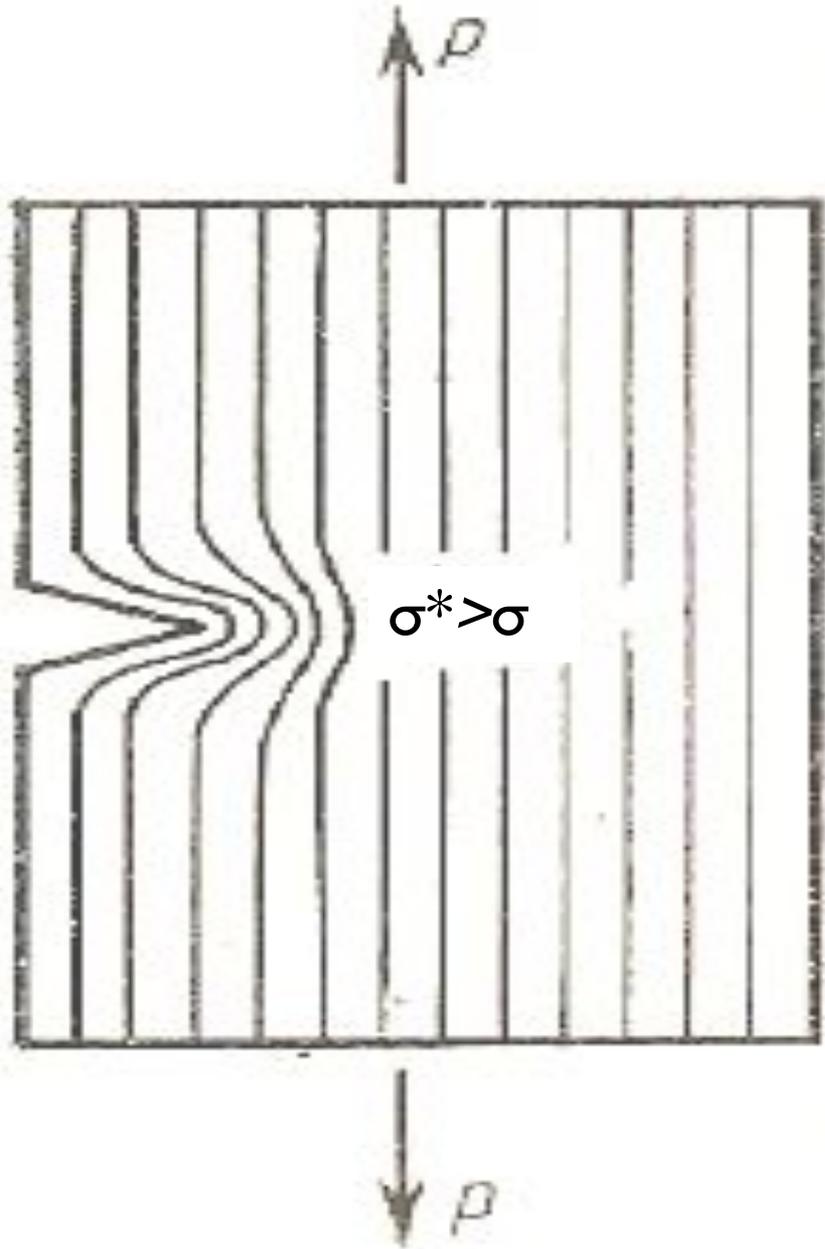




Зависимость сопротивления деформации  $R$  от числа дефектов  $\rho$  в единице объема

Применяющиеся в настоящее время методы упрочнения (наклеп, легирование) соответствуют правой полой ветви кривой. Методы упрочнения соответствующие левой ветви, приводят к получению бездефектных кристаллов.

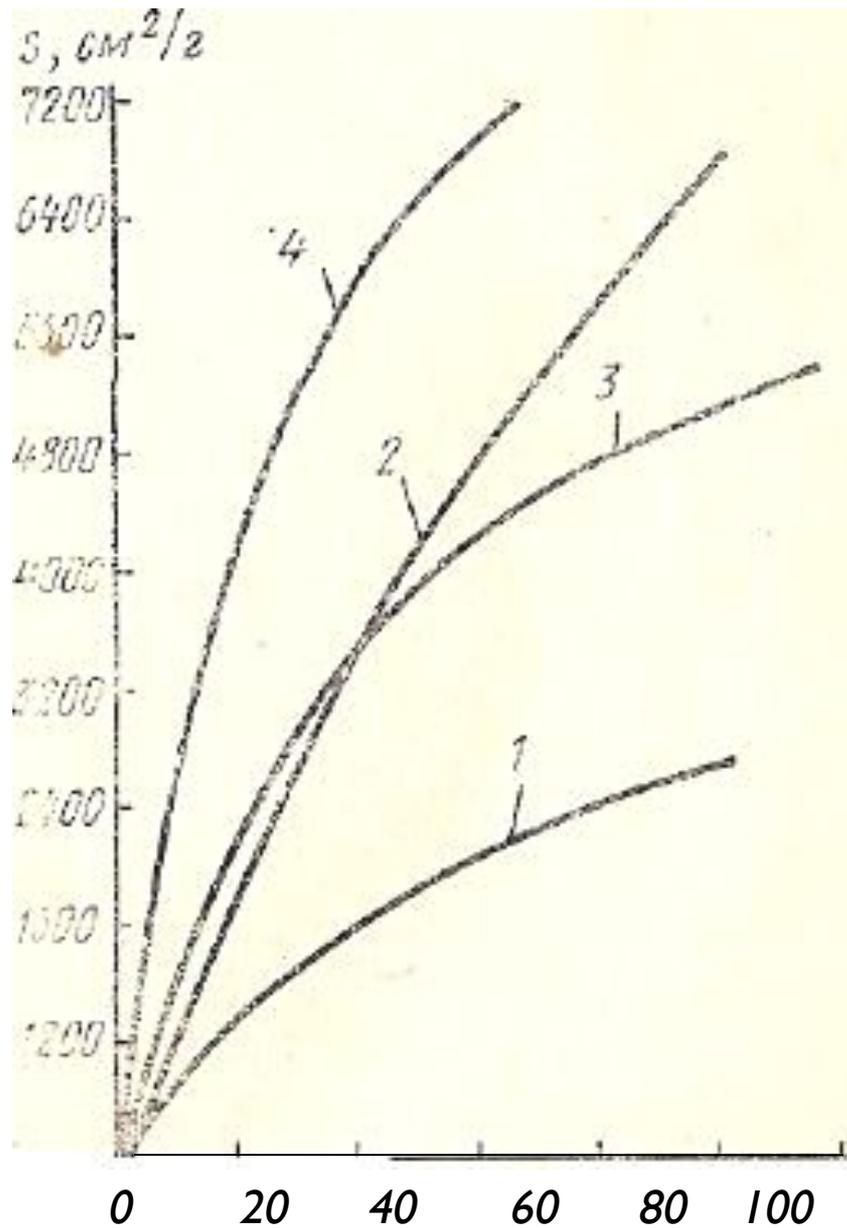




## концентрации напряжений у вершины трещины

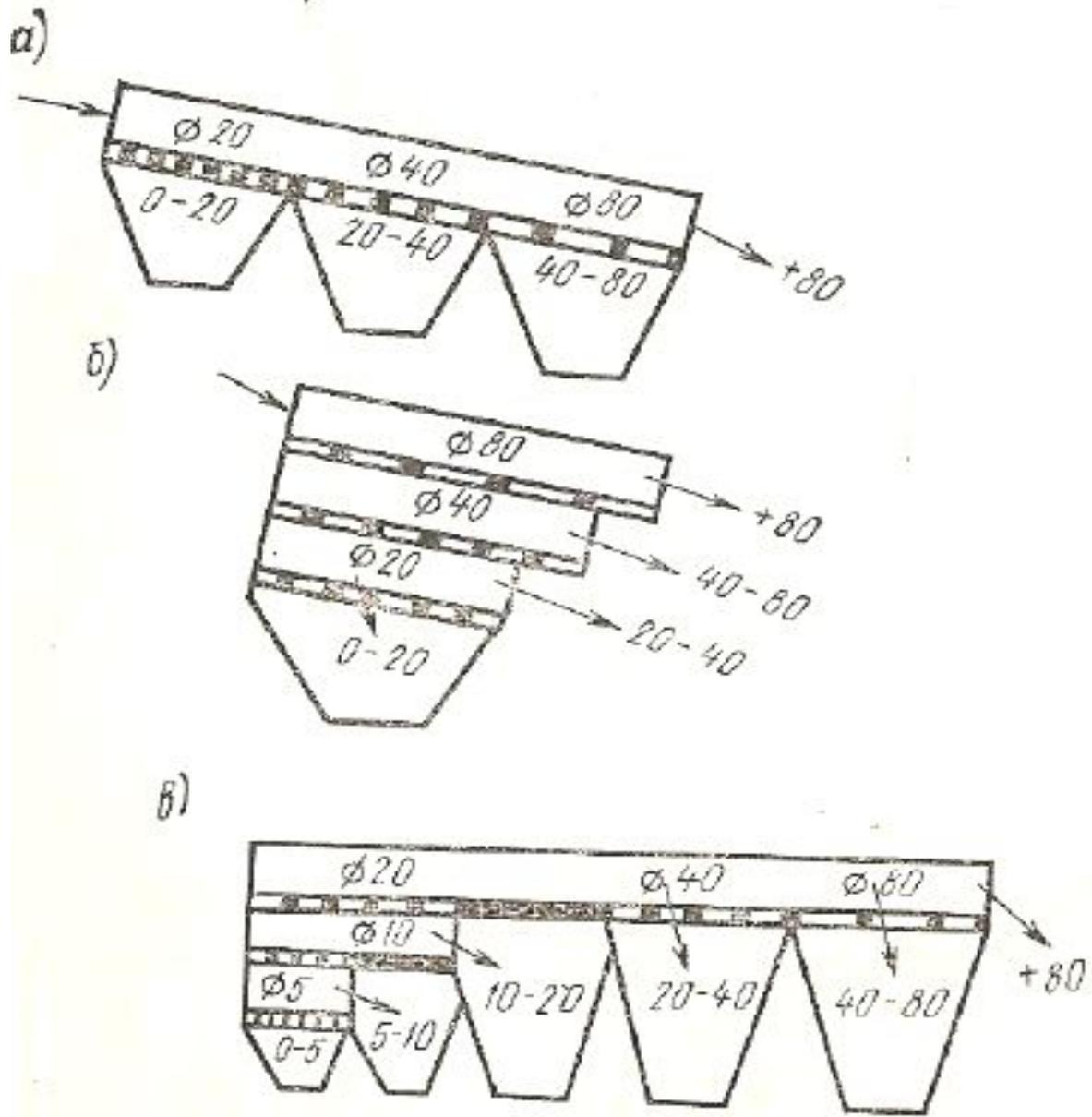
При растяжении на краях микротрещин возникает локальное перенапряжение  $\sigma^*$ , которое во много раз превосходит среднее напряжение  $\sigma$ , рассчитанное на все сечение образца. Если перенапряжение у вершины наиболее опасной трещины достигает теоретической прочности  $\sigma_T$ , то происходит катастрофическое (со скоростью, близкой к скорости звука) разрастание трещины и образец разделяется на части.





## Кинетика измельчения и размолоспособность

Из графиков, построенных по результатам опытов В. Товарова при помоле шлака (1), песка (2), клинкера (3) и известняка (4), следует, что при малом изменении удельной поверхности ее прирост  $\Delta s$  почти пропорционален затраченной энергии  $E$  (гипотеза Риттингера). При значительном увеличении удельной поверхности закон прямой пропорциональности нарушается и поверхность растет значительно медленнее, чем работа.



## Методы механической классификации

Известны два основных вида классификации:

**механическая**

(грохочение)

и

**гидравлическая.**

Принципиальные схемы грохочения:

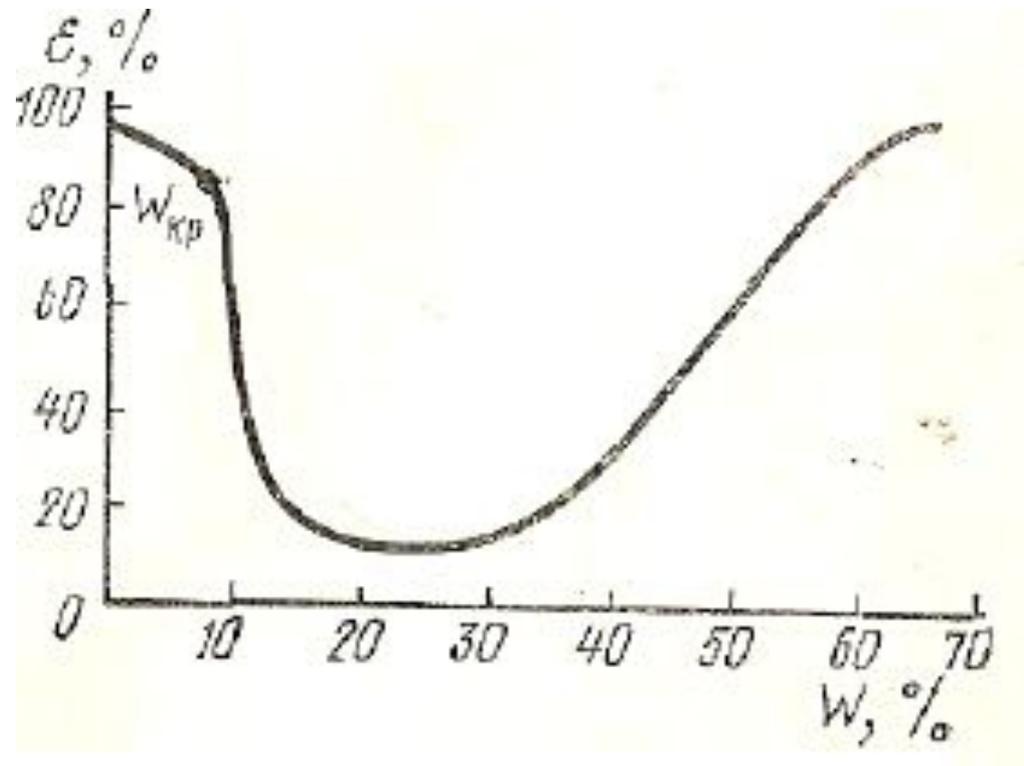
а) от мелкого к крупному;

б) от крупного к мелкому;

в) комбинированная.

## Зависимость эффективности грохочения от влажности

Начальный участок кривой, примерно до  $W_{кр} = 8\%$ , — слабо наклонная прямая. При критической влажности известняка кривая резко падает, так как происходит залипание отверстий грохота. В пределах  $12\% < W < 40\%$  грохочение практически прекращается — до 70% материала, подлежащего проходу, остается на сите. При дальнейшем увеличении влажности наступает переход к мокрому грохочению и эффективность снова повышается. При мокром грохочении ( $W > 50\%$ ) с увеличением воды орошения



эффективность грохочения

# Принципиальные схемы механических грохотов

а) неподвижный грохот;

б) качающийся грохот;

в) виброгрохот с  
инерционным приводом;

г) виброгрохот с  
направленными  
колебаниями;

д) барабанный грохот.

