

Консолидация

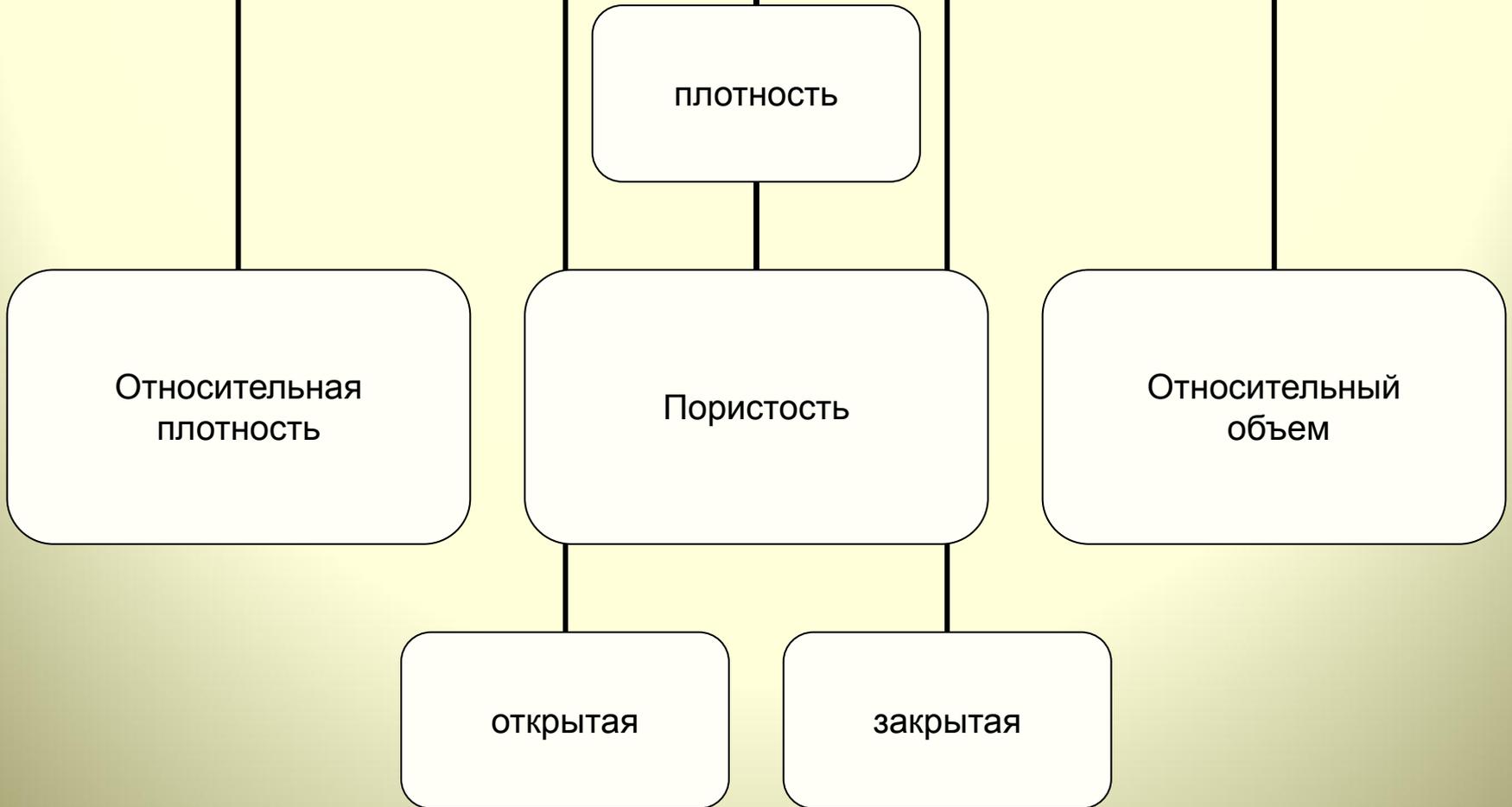
[Consolidato – лат.

от con – вместе, заодно;

solid – уплотняю, укрепляю,
сращиваю]

упрочнение, укрепление чего-
либо

Основные характеристики пористых тел

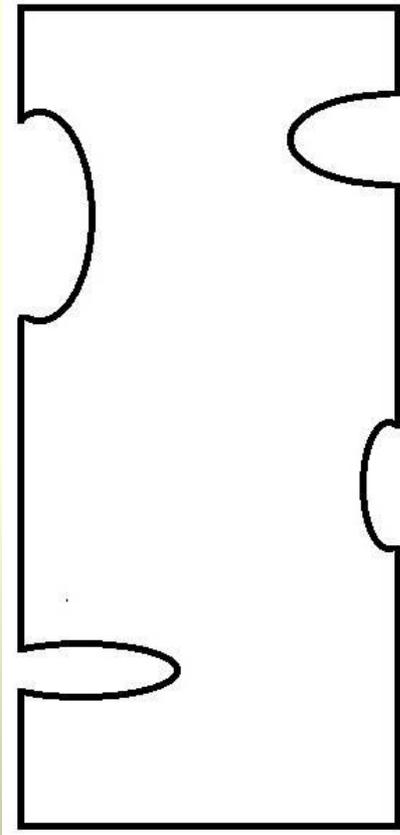


Основные характеристики пористых тел

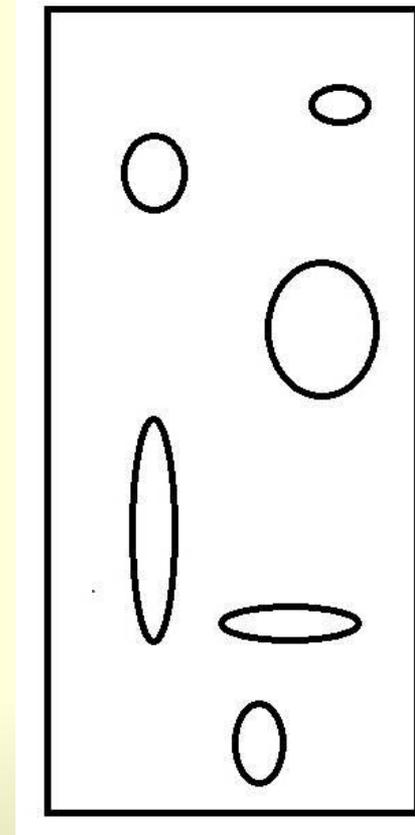
Параметр	Обозначение	Формула для вычисления	Единица измерения
Плотность	γ, ρ	$\gamma = m/V$	кг/м ³ ; г/см ³
Удельный вес	d	$d = q \cdot m/V$	Н/м ³
Относительная плотность	Θ	$\Theta = \gamma_p / \gamma_k;$ $\Theta = (\gamma_p / \gamma_k) \cdot 100\%$	%
Относительный объем	β	$\beta = 1/\Theta$	
Пористость	Π, ε	$\varepsilon = 1 - \Theta$	%

Виды пористости

открытая

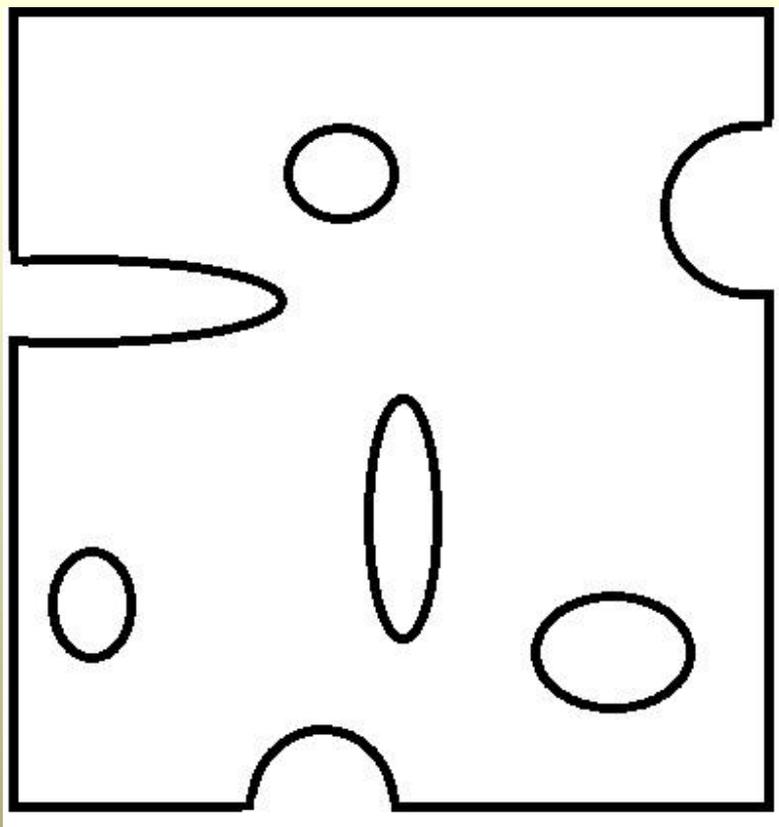


закрытая

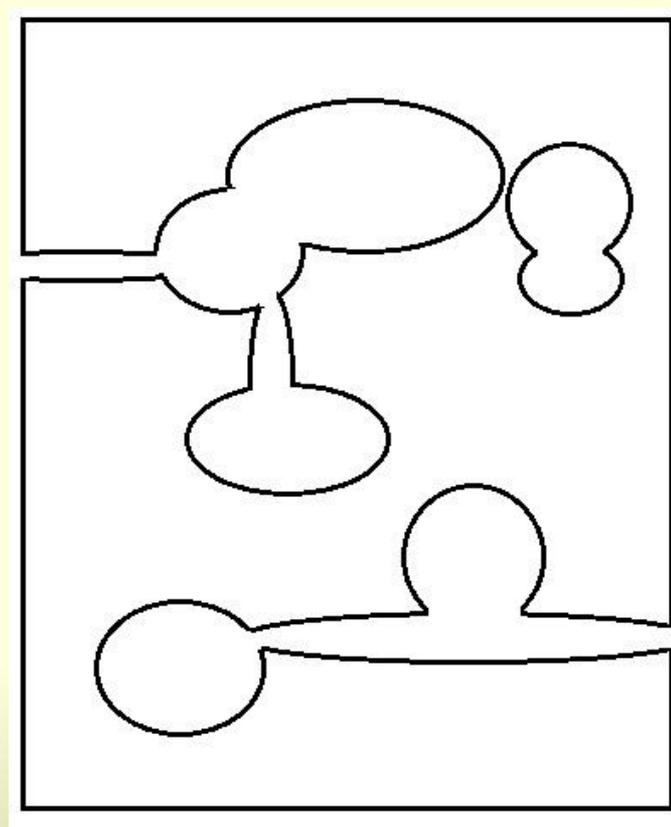


Виды пористости

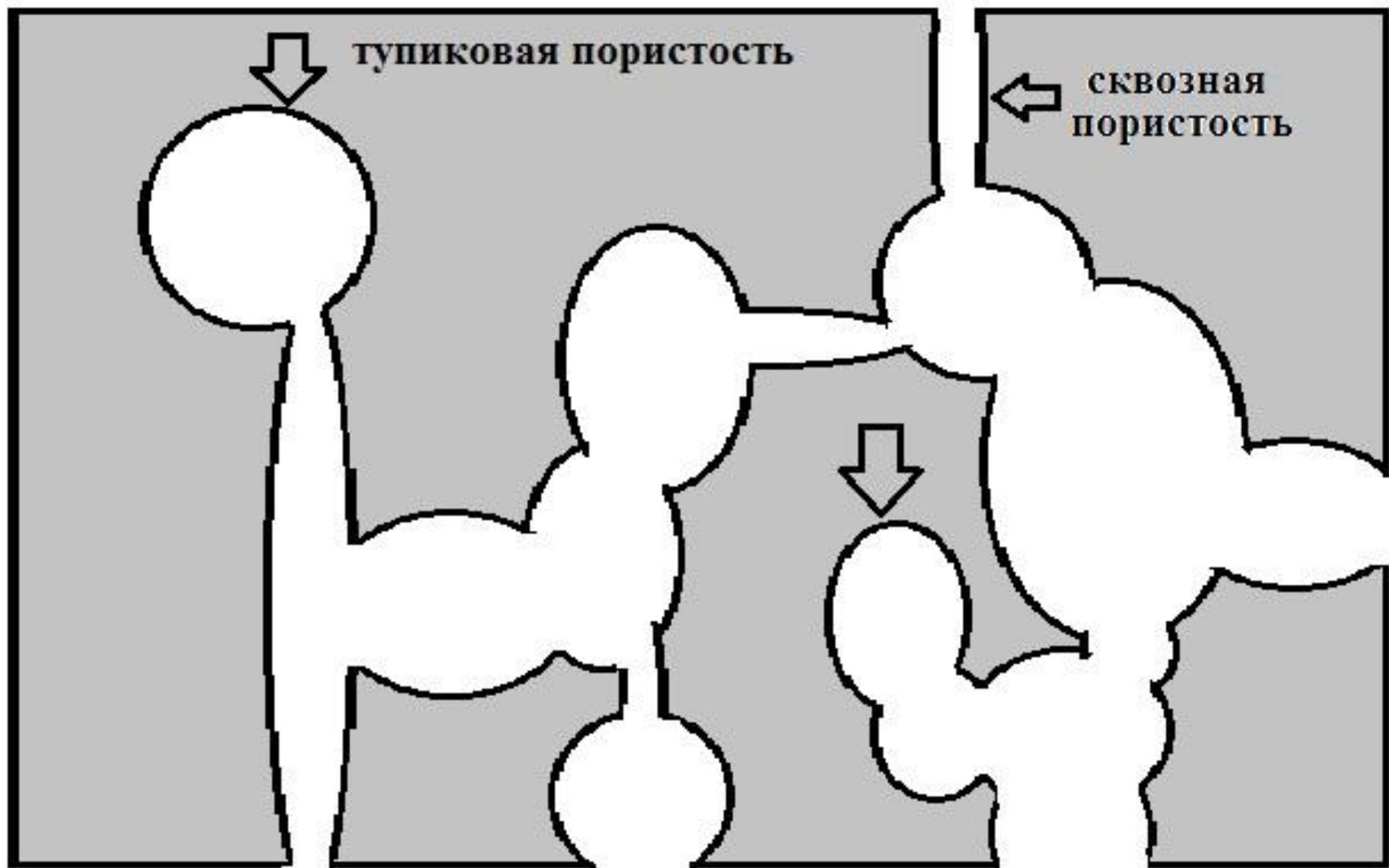
Изолированная



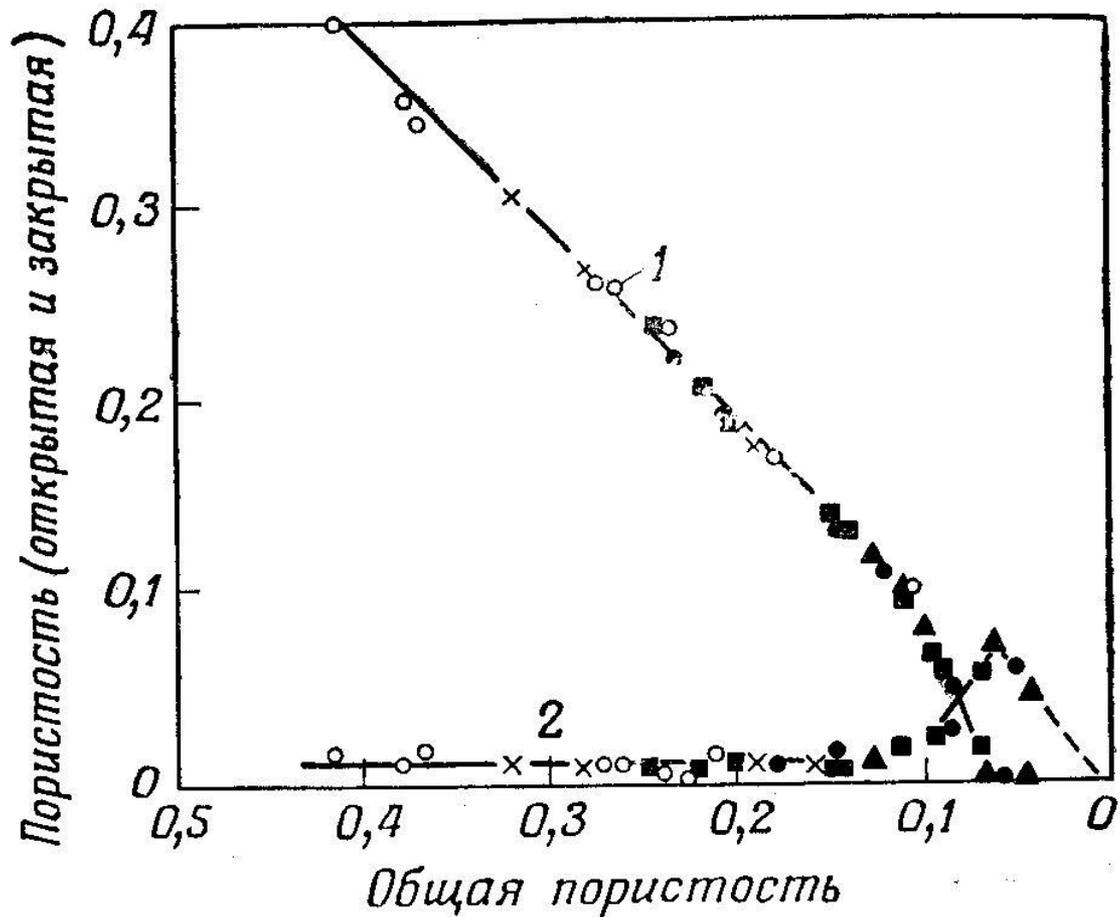
Сообщающаяся



Виды пористости



Виды пористости



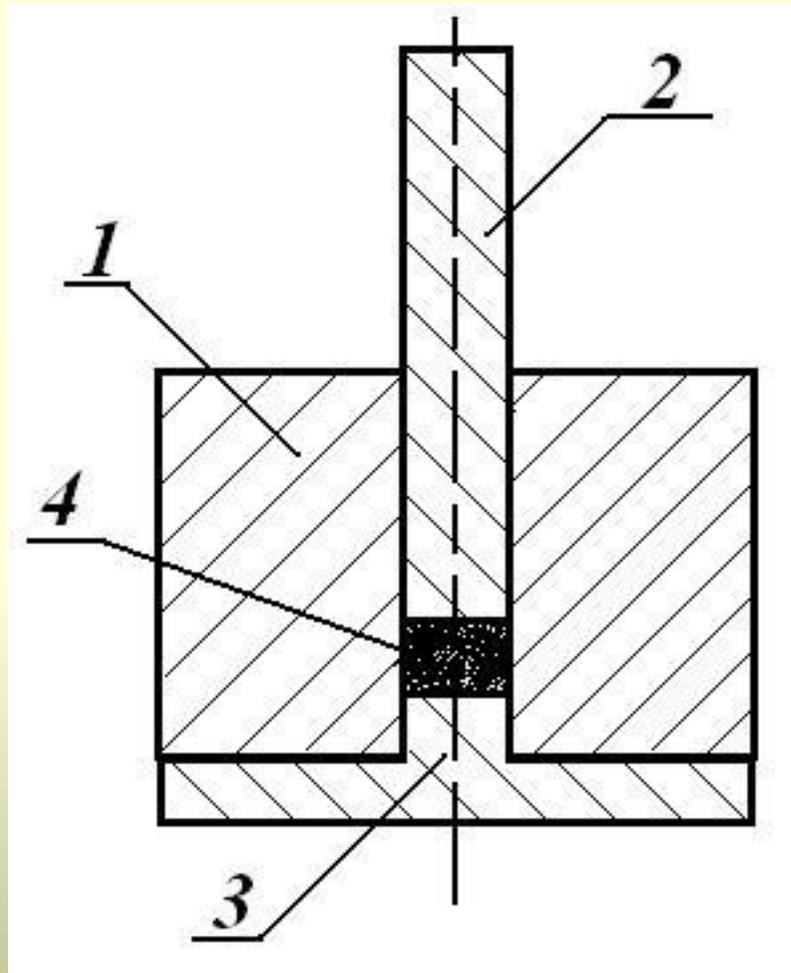
Формование
представляет собой процесс
получения заготовок или
изделий с заданными
размерами, формой и
пористостью различными
методами

Методы формования

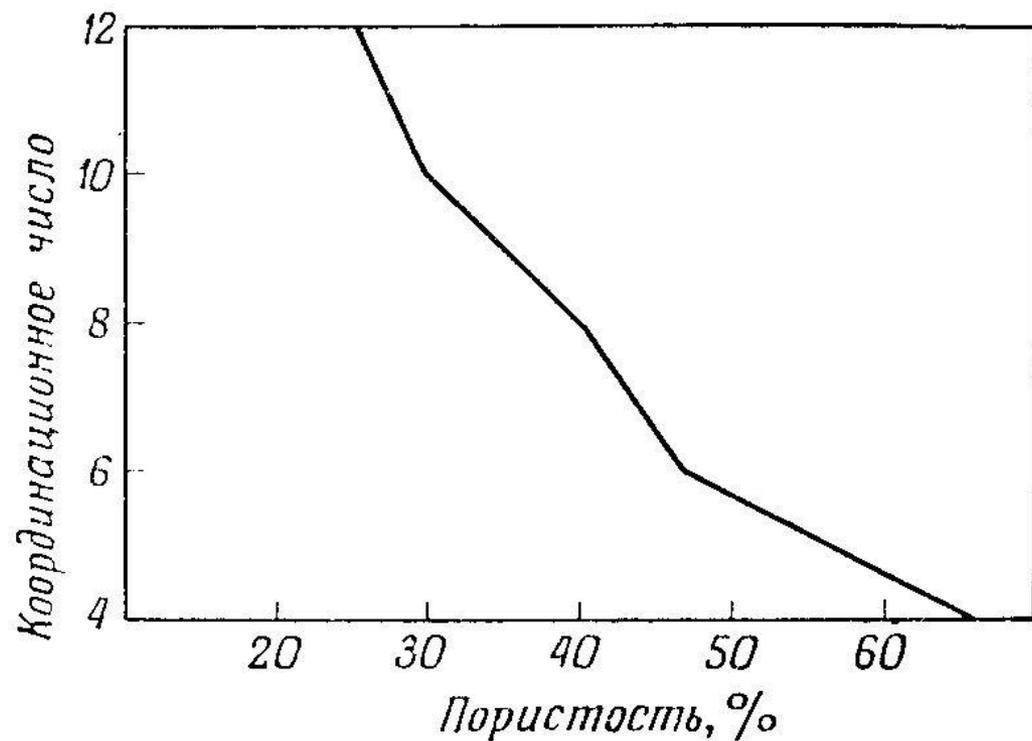
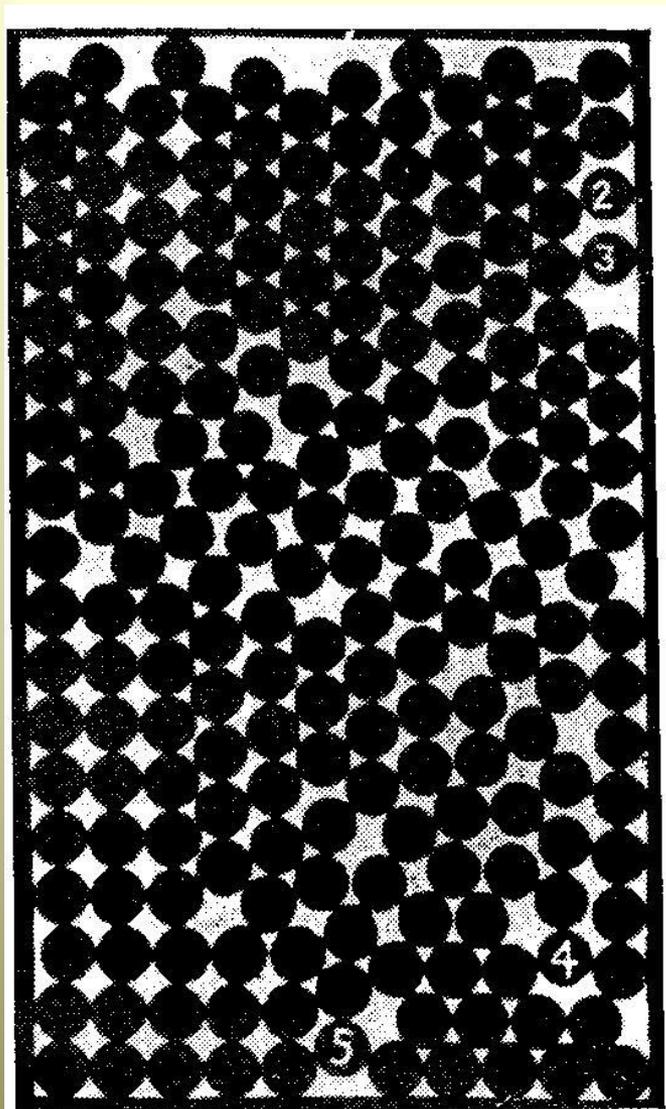
- **С приложением давления;**
- Прерывистые;
- С постепенным повышением давления (статические)
- С мгновенным повышением (динамические);
- Непрерывные;
- **Без приложения давления**

Основы формования порошков

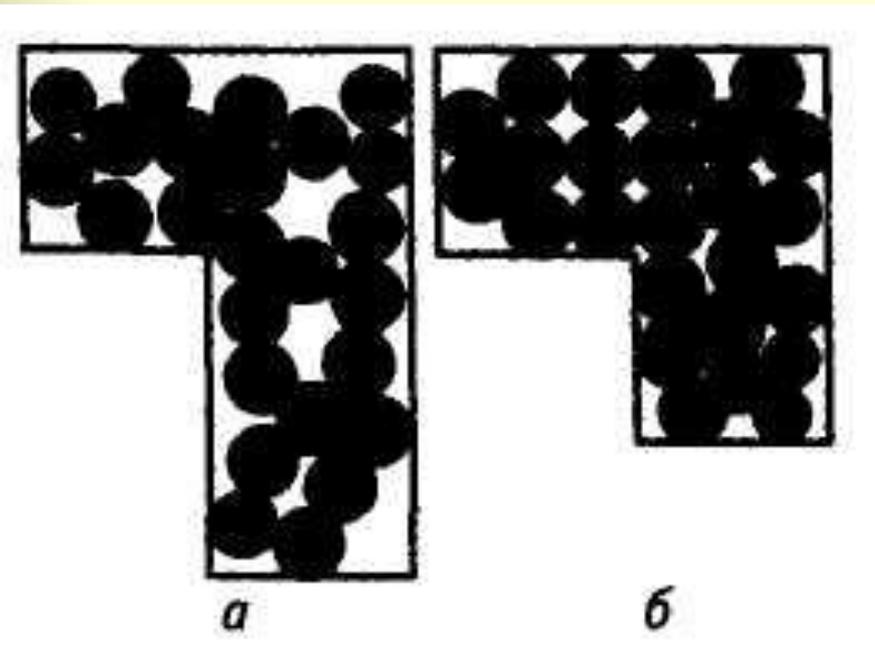
- Холодное прессование металлических порошков в прессформах



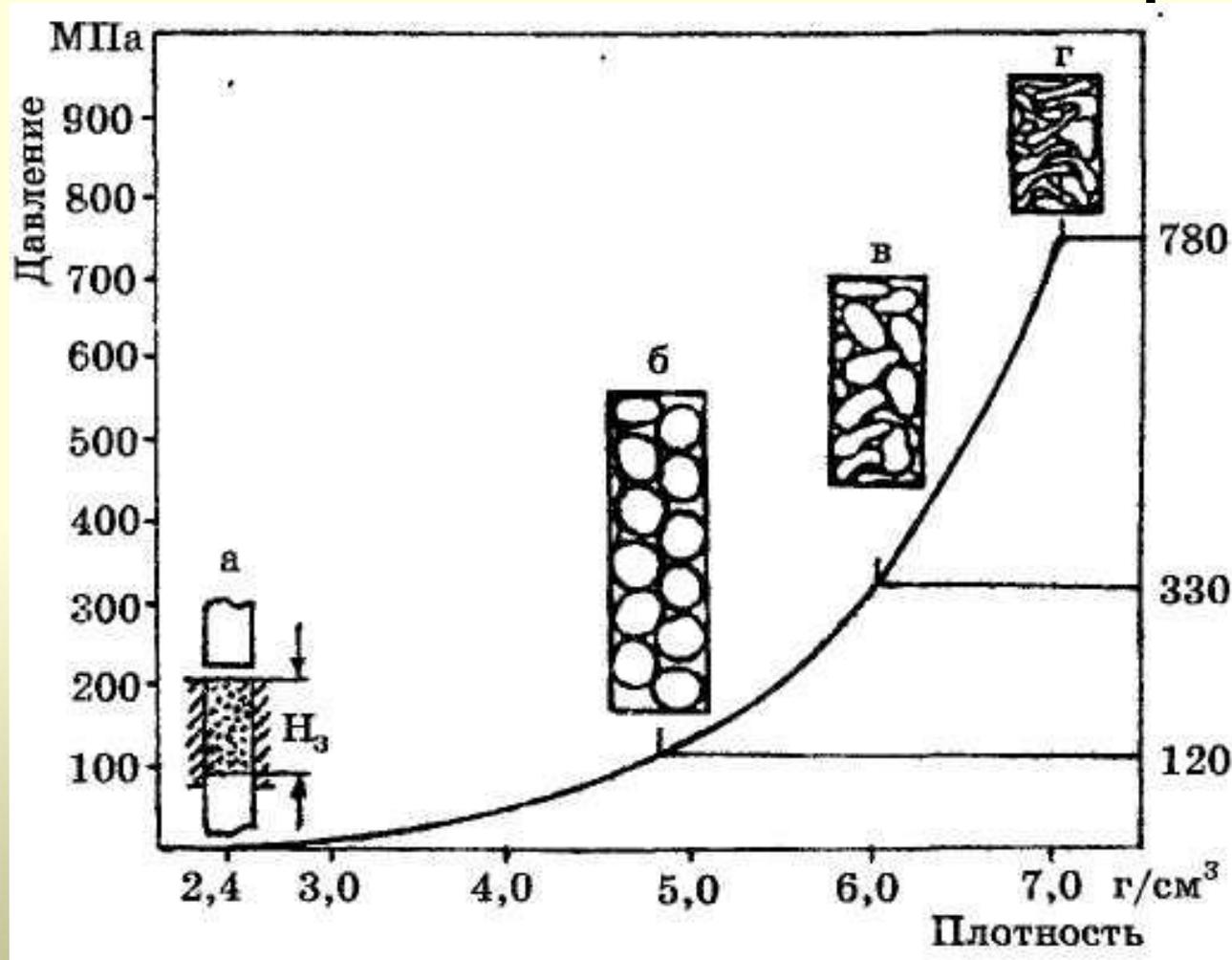
Засыпка порошка в прессформу



Идеализированный процесс уплотнения порошковых материалов

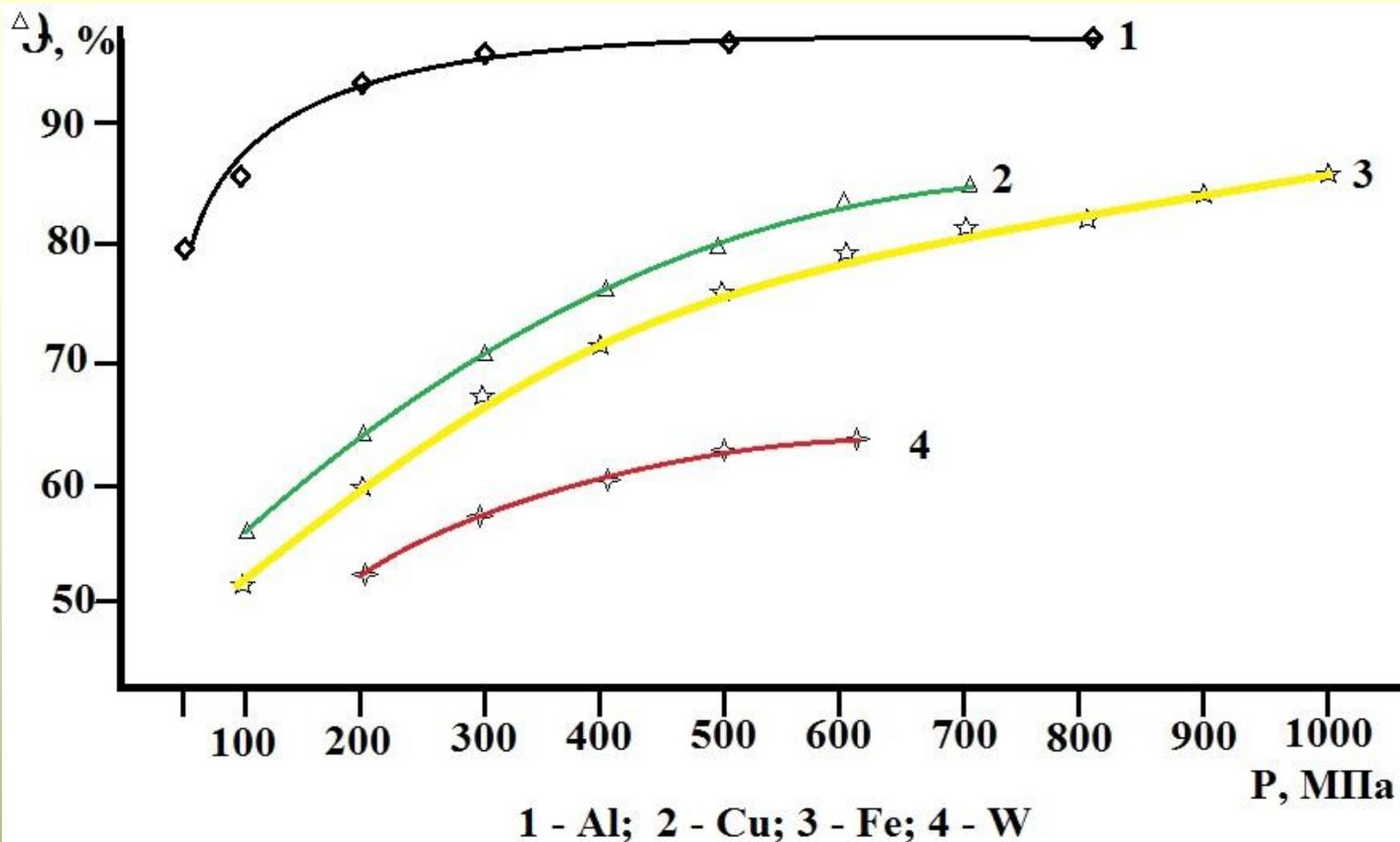


Уплотнение железного порошка



- а - позиция заполнения порошком матрицы; б - окончание первой стадии уплотнения; в - окончание второй стадии; г - окончание третьей стадии

Уплотняемость прессовок различных металлов



Уравнения М.Ю. Бальшина

$$\bullet \frac{dp}{p} = -m/\beta \cdot d\beta \quad (1)$$

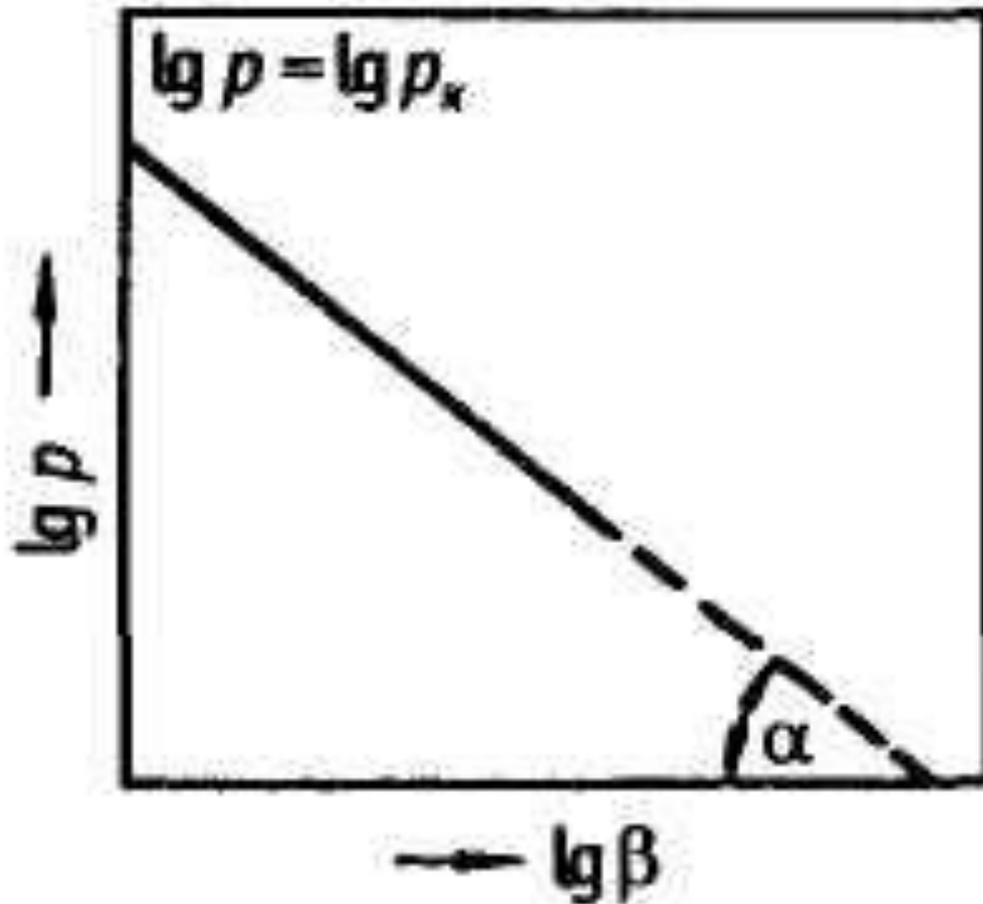
- Где: p – текущее давление прессования,
- β - относительный объем порошкового тела;
- Где: m – показатель прессования;

$$\bullet \lg p = -m \cdot \lg \beta + \lg p_{max}$$

• или

$$\bullet \lg p = m \cdot \lg \theta + \lg p_{max}$$

Логарифмические диаграммы прессования



Уплотняемость и формуемость порошка

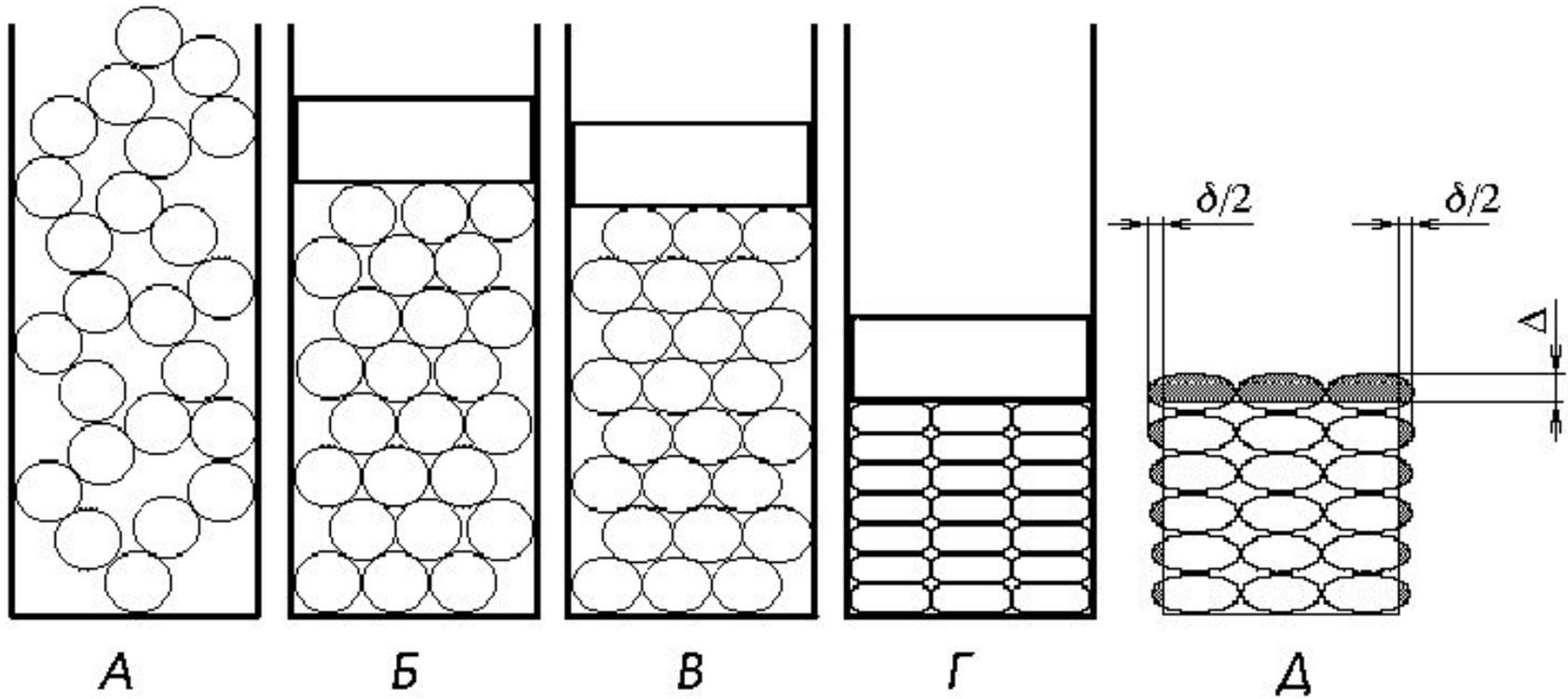
Уплотняемость порошка определяется как его способность приобретать определенную плотность при прессовании.

Формуемость порошка определяется как его способность сохранять форму после уплотнения при минимальном давлении прессования, при котором отсутствует осыпание кромок на прессовке.

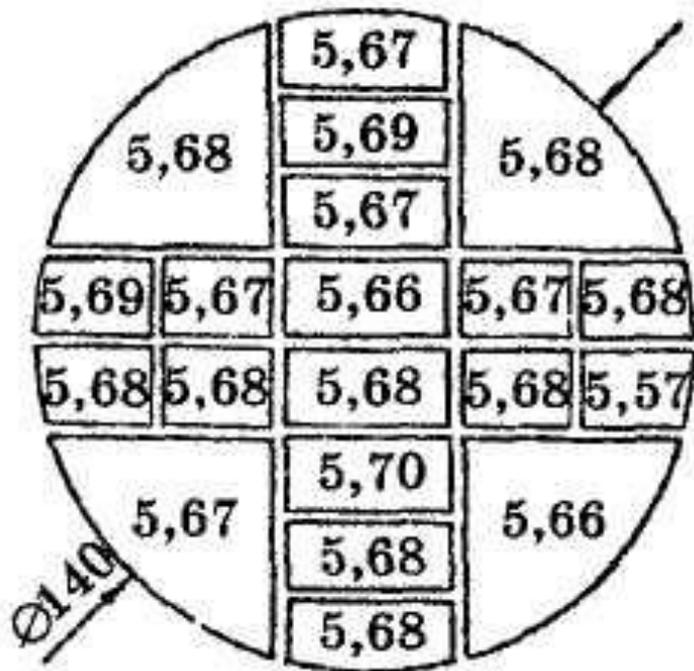
Прессование в жестких прессформах



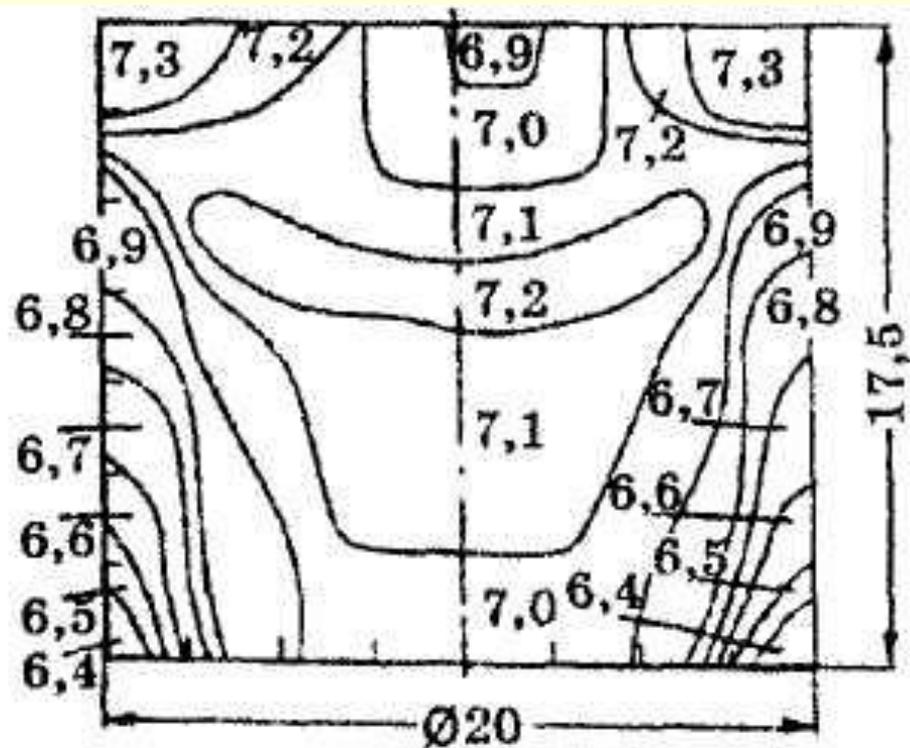
Схема одностороннего прессования



Внешнее и внутреннее трение



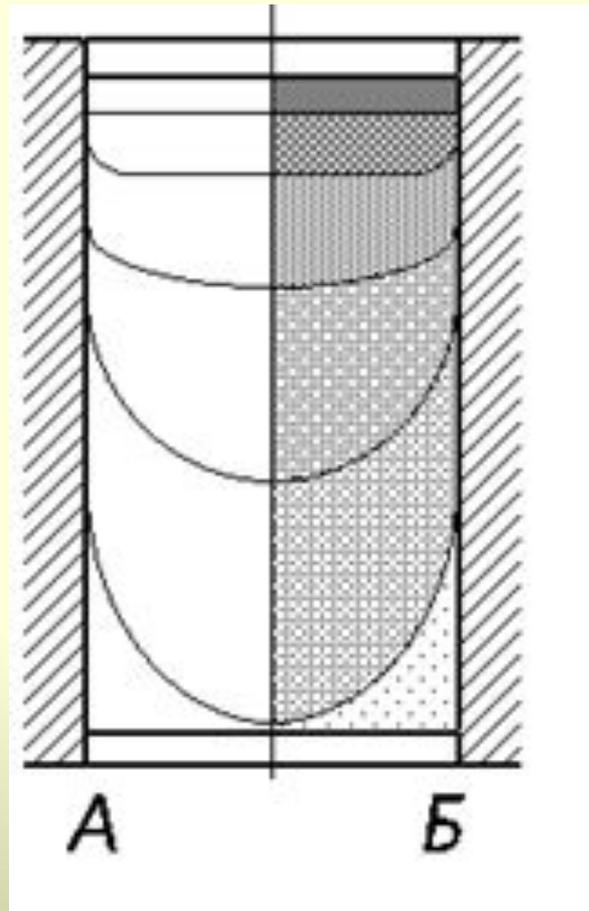
а



б

- а) – Мо, гидростат; б) – Fe, пресс-форма

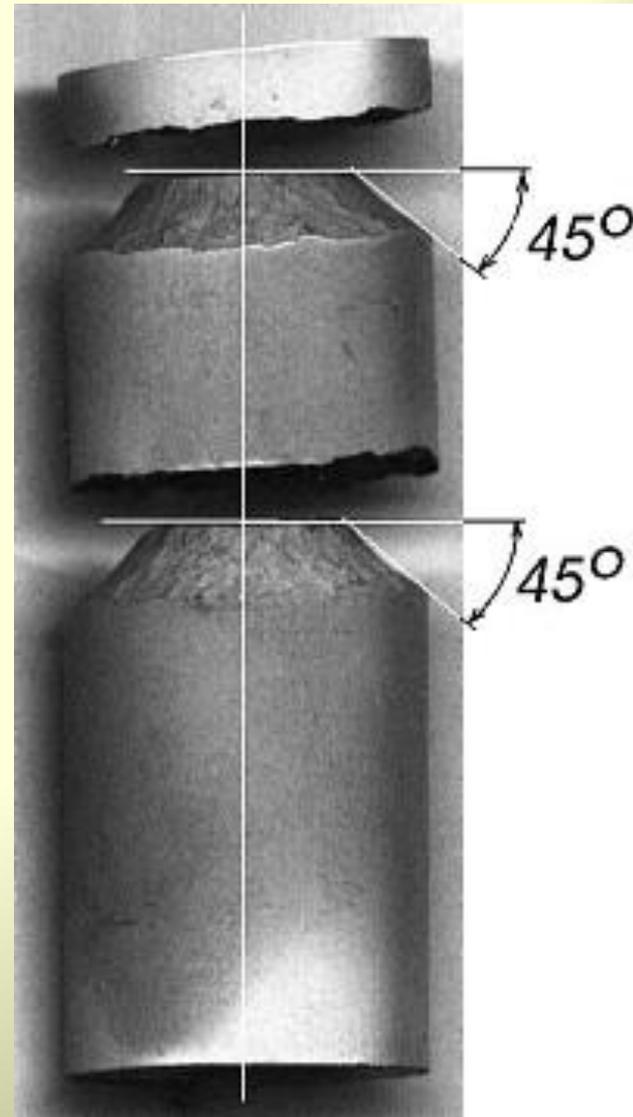
Распределение напряжений в заготовке при одностороннем прессовании и изменение плотности по высоте заготовки



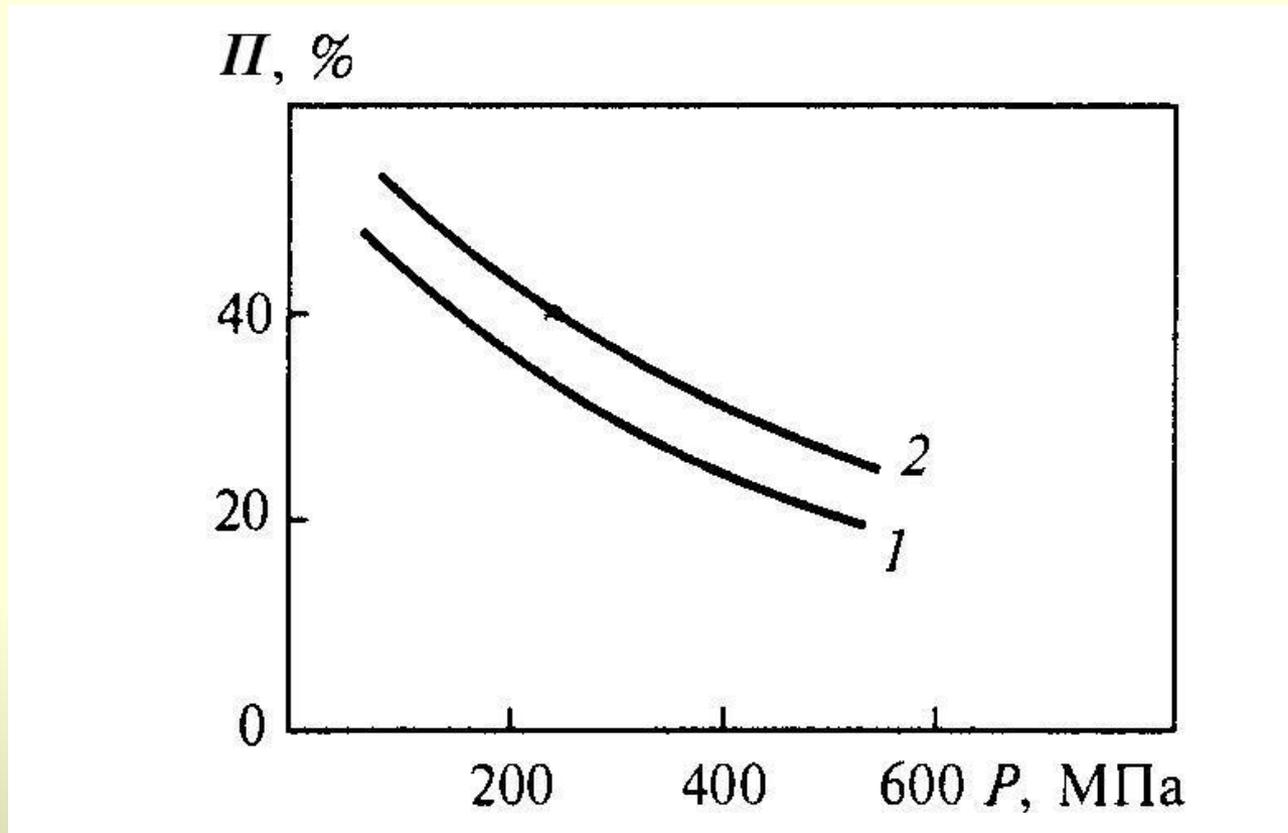
- Скорость прессования не должна быть слишком высока, т.к. при этом может происходить захват заготовкой воздуха, не успевшего вытесниться в окружающую среду, что снижает плотность заготовки и приводит к её последующему разрушению.
- Слишком высокое давление приводит к появлению расслоения заготовок (перепрессовке). Необходимо также приложить некоторое давление для того, чтобы извлечь заготовку из неразборной пресс-формы.

Перепрессовка

При извлечении прессовки из пресс-формы может наблюдаться "перепрессовка" - явление разрыва заготовки на части под воздействием сил упругого последействия, возникающего в прессовке вследствие упругой деформации частиц порошка. Разрывающие усилия направлены под углом $45-60^\circ$ к оси заготовки в направлении тангенциальных напряжений.



Зависимость пористости от давления прессования порошка стали X18H10



- 1 – со смазкой; 2 – без смазки

Смазки

- Уменьшают внешнее и внутренне трение;
- Уменьшают усилие прессования;
- Уменьшают неравноплотность по высоте.
- Но, выделяясь в процессе спекания, может служить причиной образования трещин;
- Осаждаясь на нагревателях печи, может вывести их из строя.

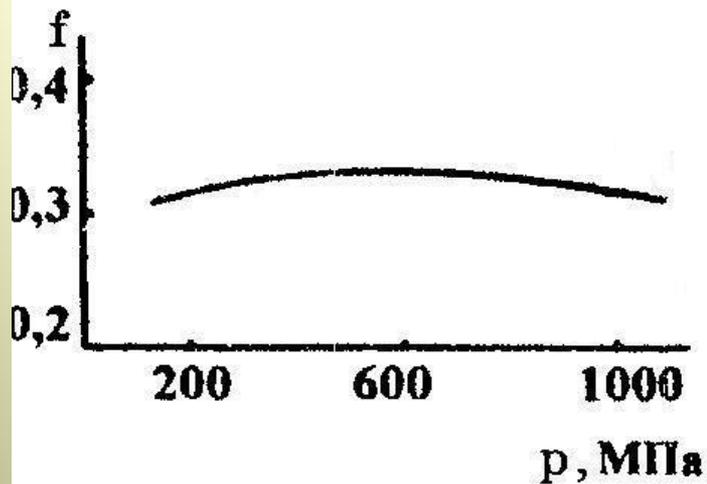
Смазки

- Инертные: индустриальные масла, парафин, дисульфид молибдена – MoS_2 ;
- Поверхностно-активные: олеиновая кислота – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- Нанесение на стенки пресс-форм;
- Введение в состав шихты
- Инертные смазки добавляют в количестве 0,5 – 2,0% от массы порошка;
- Поверхностно-активные до 0,5%

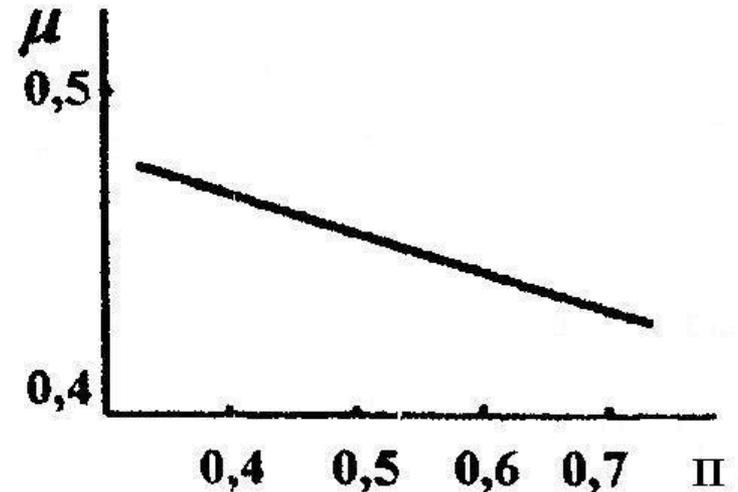
Прессуемость порошков в зависимости от способа прессования и дисперсности частиц

Порошок	Средний диаметр частиц, мкм	Насыпная плотность, г/см ³	Относительная плотность брикетов, спрессованных при 1 ГПа	
			Прессование в пресс-форме	Гидростатическое прессование
Ni	50	2,80	0,82	0,88
	5	2,30	0,73	0,77
	0,05	0,45	0,58	0,68
	0,015	0,40	0,49	0,61
Cu	50	1,60	0,91	0,94
	0,06	0,60	0,78	0,84
Si ₃ N ₄	1,1	0,52	0,64	0,69
	0,05	0,10	0,54	0,60
	0,017	0,03	0,47	0,50

Изменение коэффициентов внешнего (f) и внутреннего трения (μ) от параметров прессования



a



б

Факторы, определяющие величину потерь на трение при прессовании

- Величина коэффициента внешнего трения (наличие смазки);
- Отношение высоты к диаметру прессовки;
- Склонность к схватыванию в паре порошок – материал прессформы;
- Качество обработки внутренней поверхности матрицы

Стойкость прессформ

Материал матрицы	Количество изготовленных прессовок	
	Без смазки	Со смазкой
Углеродистая сталь	1000	1880
Высокохромистая сталь	5000	8000
Твердая хромированная сталь	50000	65000
Твердый сплав	700000	950000

Схема двустороннего прессования

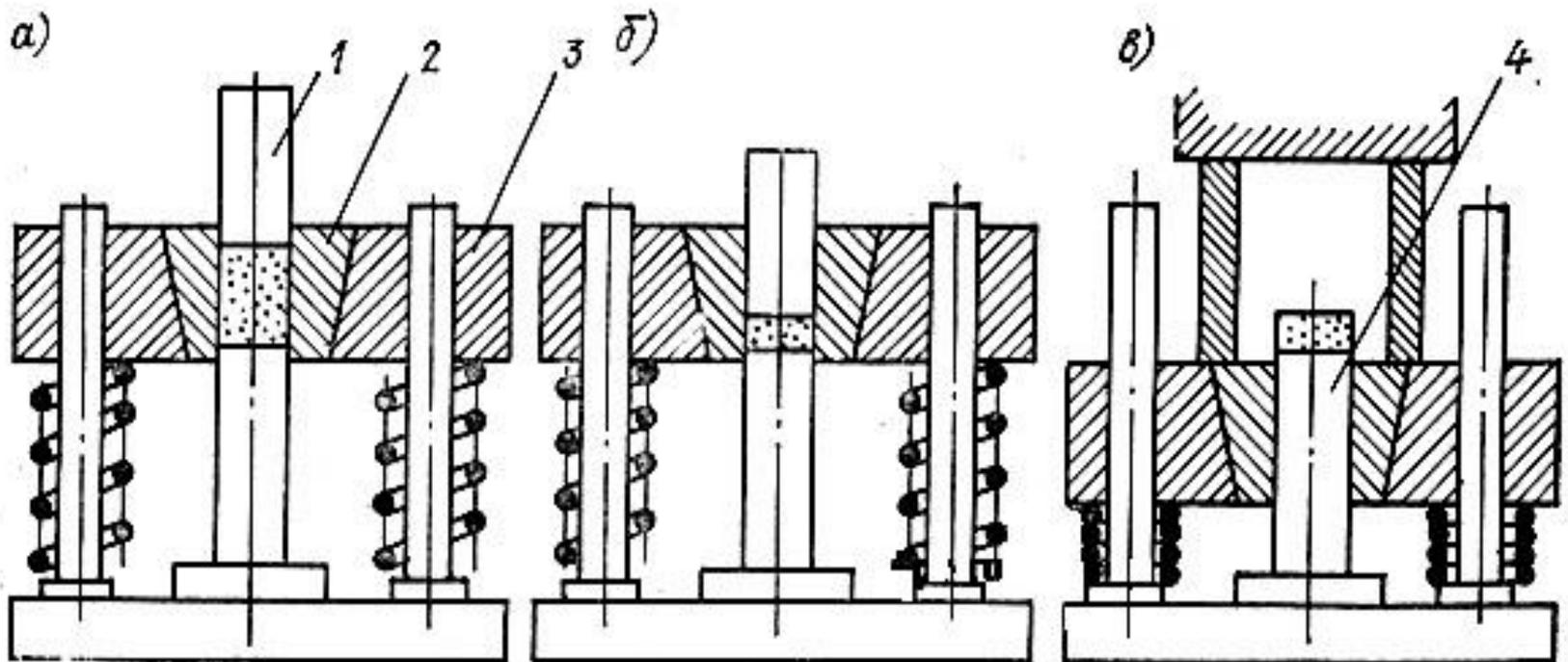
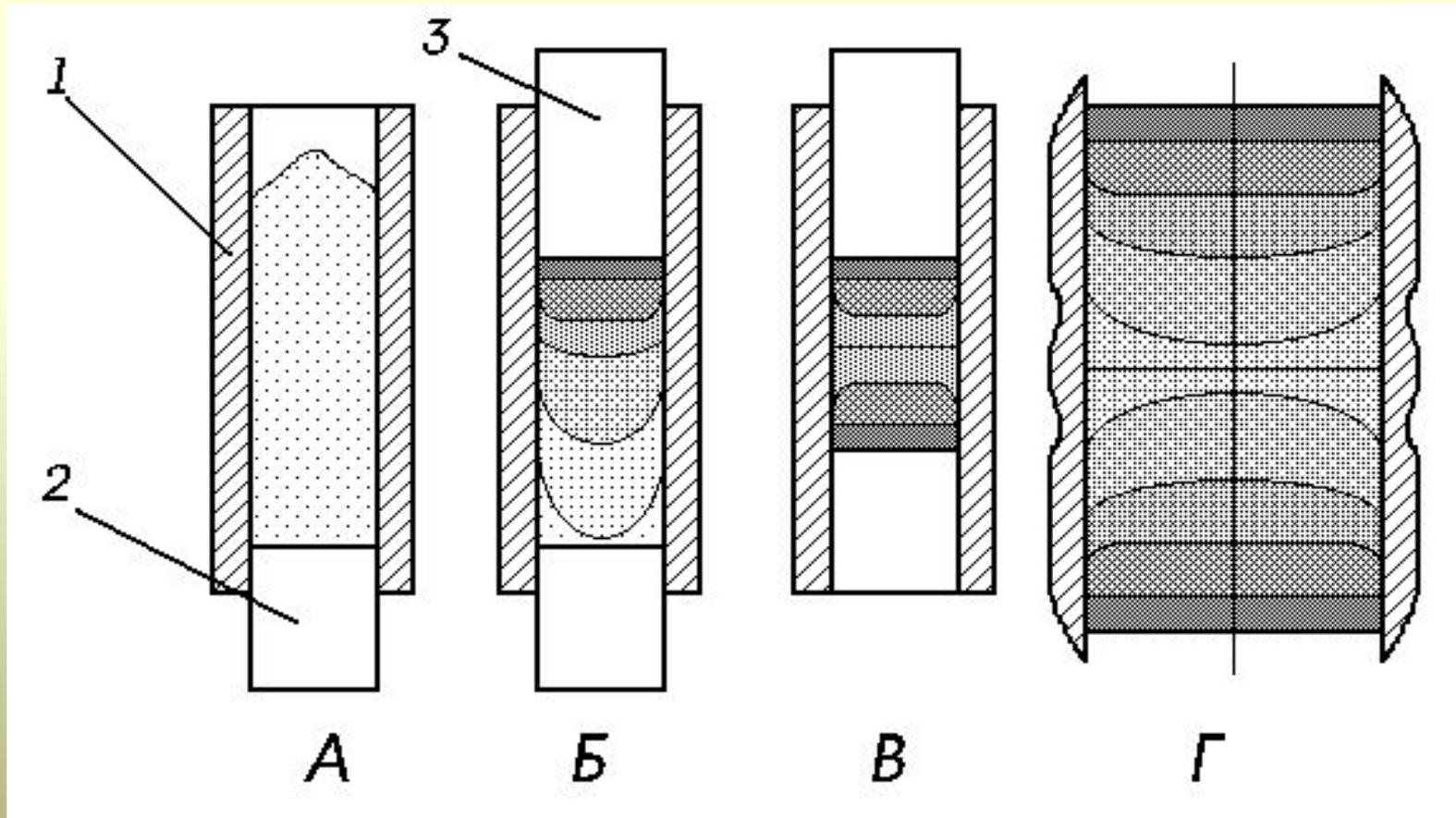


Схема двустороннего прессования

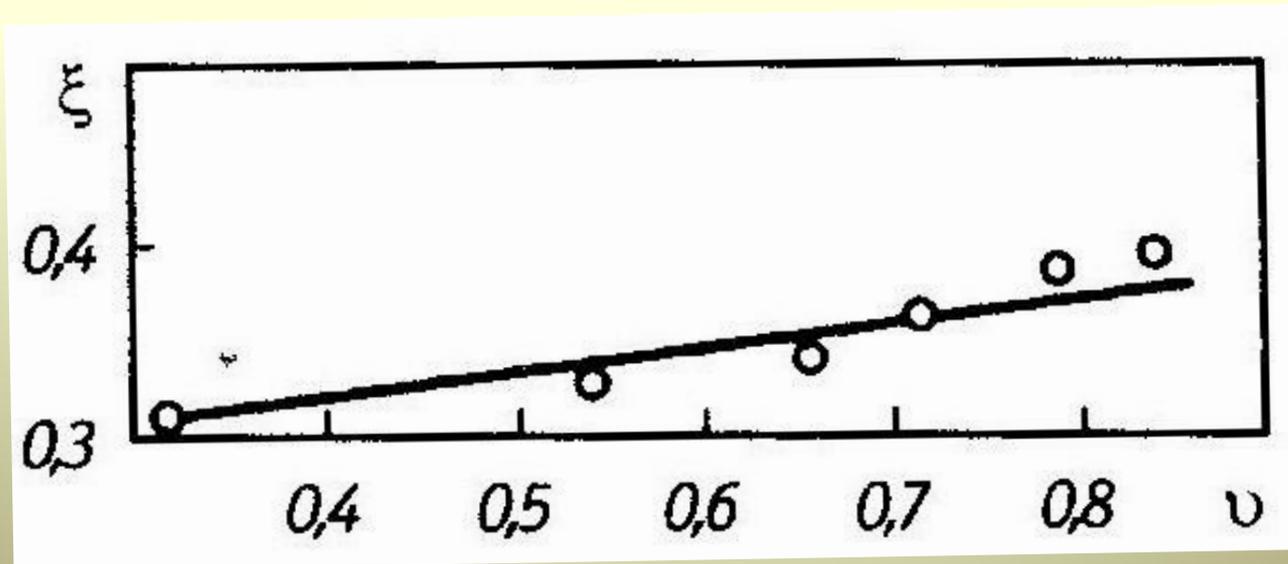


Боковое давление

- Важная характеристика при расчете прессформ;
- Чем пластичнее металл, тем выше боковое давление;

Боковое давление

- $\xi = P_{\sigma} / P \leq 1$
- Где: ξ - коэффициент бокового давления
 - $\xi = \frac{\nu}{1-\nu}$
- ν - коэффициент Пуассона



Упругое последствие

- $\xi = P_{\sigma}/P \leq 1$
- Где: ξ - коэффициент бокового давления
 - $\xi = \frac{\nu}{1-\nu}$
- ν - коэффициент Пуассона

Давление прессования, МПа	Медь			Железо		
	$\Delta H/H$	$\Delta D/D$	$\Delta V/V$	$\Delta H/H$	$\Delta D/D$	$\Delta V/V$
75	0,60	0,17	0,94	0,47	0,16	0,78
305	0,37	0,17	0,71	0,46	0,20	0,86
610	0,66	0,26	1,28	0,84	0,28	1,40