

## Лабораторная работа

### "ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОРОШКОВ ПУТЕМ ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ"

#### Цель работы:

1. Изучить ассортимент, состав и свойства алюминиевого порошка;
2. Изучить технологию холодного прессования деталей из алюминиевых порошков;
3. Исследовать механические характеристики детали из алюминиевого порошка.

#### 1. Теоретическая часть

Алюминий – лёгкий парамагнитный металл серебристо-белого цвета, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке. Алюминий обладает высокой тепло- и электропроводностью, стойкостью к коррозии за счёт быстрого образования прочных оксидных плёнок, защищающих поверхность от дальнейшего взаимодействия. Важнейшим свойством алюминия является его малая плотность (примерно 2,70 г/см<sup>3</sup>). Температура плавления алюминия около 660 С.

Физико-химические, механические и технологические свойства алюминия очень сильно зависят от вида и количества примесей, ухудшая большинство свойств чистого металла. Основными естественными примесями в алюминии являются железо и кремний. Железо, например, присутствуя в виде самостоятельной фазы Fe-Al, снижает электропроводность и коррозионную стойкость, ухудшает пластичность, но несколько повышает прочность алюминия.

Таблица 1

*Химический состав некоторых сплавов алюминий*

Марка	Al, %	Si, %	Fe, %	Применения
<b>Алюминий высокой чистоты</b>				
A995	99,995	0,0015	0,0015	- Химическая аппаратура
A98	99,98	0,006	0,006	- Фольга для обкладок конденсаторов
A95	99,95	0,02	0,025	- Специальные цели
<b>Алюминий технической чистоты</b>				
A8 AD000	99,8	0,10 0,15	0,12 0,15	- Катанка для производства кабельно-проводниковой продукции (из A7E и A5E), - Сырье для производства алюминиевых сплавов - Фольга - Прокат (прутки, ленты, листы, проволока, трубы)
A7 AD00	99,7	0,15 0,2	0,16 0,25	
A6	99,6	0,18	0,25	
A5E	99,5	0,10	0,20	
A5 AD0	99,5	0,25 0,25	0,30 0,40	
AD1	99,3	0,30	0,30	
A0 AD	99,0	0,95 В сумме до 1,0 %		

#### Механические свойства

Механические свойства физических материалов, такие как прочность, сопротивление разрушению, твёрдость и др. являются во многих случаях определяющими для принятия решения о применении материала.

Механические свойства обычно подразделяют на:

- 1 упругие,
- 2 прочностные,
- 3 термоупругие.

К упругим свойствам относятся модуль упругости  $E$ , модуль сдвига  $G$ , коэффициент Пуассона  $\nu$  (в ряде источников его иногда обозначают  $\mu$ ). К прочностным свойствам относятся предел пропорциональности  $\sigma_{\text{пц}}$ , предел текучести  $\sigma_T$ , условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  для материалов без ярко выраженной площадки текучести, предел прочности  $\sigma_b$ , предел усталостной прочности  $\sigma_{-1}$  и т.п. Под термоупругими свойствами обычно подразумеваются коэффициенты линейного термического расширения  $\alpha$  (КЛТР). Иногда к термоупругим свойствам относят упругие свойства, существенно меняющиеся с изменением температуры.

Модуль упругости  $E = 70\text{--}71$  ГПа для технического алюминия при 20 С. При повышении чистоты алюминия его величина уменьшается (67 ГПа для А99).

Модуль сдвига  $G = 27$  ГПа.

Основные параметры механических свойств технического алюминия приведены ниже:

**Таблица 2**

*Механические свойства*

Параметр	Ед. изм.	Деформированный	Отожженный
Предел текучести $\sigma_{0,2}$	МПа	80-120	40-80
Предел прочности при растяжении $\sigma_b$	МПа	130-160	80
Относительное удлинение при разрыве $\Delta$	%	5 – 10	30 – 40
Относительное сужение при разрыве $\Psi$	%	50 - 60	70 - 90
Предел прочности при срезе $\sigma_{\text{ср}}$	МПа	100	60
Твердость	НВ	30 - 35	20

**Алюминиевые порошки**

Алюминиевая порошковая продукция в виде спеченной алюминиевой пудры (САП) широко применяется в различных отраслях народного хозяйства. Многообразие областей применения алюминиевых порошков объясняется их физико-химическими свойствами: высокой реакционной способностью (активностью), большой энергией сгорания, высокой скоростью горения, коррозионной стойкостью в атмосфере и др. Основные области применения алюминиевых порошков – ракетное топливо, взрывчатые вещества, пиротехника, химия, металлургия, нефтехимия. Основные области применения пудр – пиротехника, лакокрасочная промышленность, строительная промышленность и др. Структура потребления порошковой продукции определяется конкретными условиями и направленностью развития промышленности в каждой стране.

Существует большое количество **способов получения алюминиевых порошков**, которые можно разделить на **две основные группы**:

1. **Физико – механические способы**, в процессе осуществления которых не происходит принципиальных изменений химического состава исходного материала:

- механическое измельчение;
- распыление расплавленного металла сжатым газом или жидкостью, разбрызгивание струи расплава центробежными силами;

- конденсация металла из паровой фазы (независимо от метода перевода металла в парообразное состояние);

2. **Физико – химические способы**, сопровождающиеся принципиальными изменениями химического состава исходного материала в процессе его измельчения:

- электролитическое осаждение алюминия из растворов и расплавов;

- восстановление или термическое разложение алюминиевых соединений в газовой фазе или в растворе;

- термическое восстановление соединений алюминия в твердой фазе.

Выпускаемая промышленностью **порошковая продукция из алюминия** различается по следующим **основным видам**:

- **порошки** – все виды измельченного металла, полученные распылением расплавленного металла или измельчением хрупких сплавов. Верхний размер частиц составляет 0,5 – 1,0 мм;

- **пудры** – чешуйчатые (пластинчатые) частицы алюминия, полученные измельчением алюминия в присутствии поверхностно-активных веществ. Линейные размеры частиц пудры в 50 – 150 раз превышают их толщину, составляющую 0,1 – 0,5 мкм;

- **пасты** (отличаются от пудр способом получения и размерами частиц);

- **гранулы** – частицы алюминия размерами более 0,5 – 1,0 мм.

**Таблица 3**

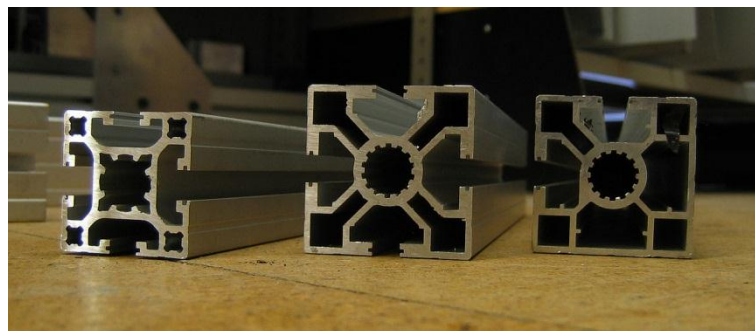
*Характеристика алюминиевых порошков (пудр)*

Вид порошка	Форма	Крупность, мкм (средний размер)	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Насыпная масса, г/см <sup>3</sup>	Содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Область применения
Порошки, распыленные воздухом	Овальная, с неровными очертаниями поверхности	40 – 60	0,05 - 0,10	0,8 - 1,2	До 1,0	Исходный материал для производства пудры, ракетное топливо, химикаты, пигменты, металлургия
Порошки, распыленные водой	неправильная	150	-	0,5	0,9 - 1,5	Химия, металлургия
Порошки, распыленные нейтральным газом	сферическая	20 – 60	0,07 - 0,50	0,9 - 1,4	До 1,5	Ракетное топливо, химия, металлургия
Порошки распыленные, комбинированные (например, покрытые никелем)	глобулярная	40	-	1,4 – 3,4	-	Для нанесения покрытий на металлы

Порошки хрупкие, полученные размолом	осколочная	Порошки хрупких сплавов систем Al – Mg, Al – Si, Al – Ni и др.				Пиротехника, черная и порошковая металлургия, химия, для нанесения покрытий
Пудры, Получаемые Размолом: Тонкая	чешуйчатая	6 – 10	0,8 – 1,0	0,1- 0,2	8 – 10	Пигменты, пиротехника, металлургия
Грубая	чешуйчатая	20 – 30	0,6 – 0,7	0,15- 0,25	4 – 6	Пластики, пигменты, строительная промышленность
Комкованная (для САП)	в виде комкованных частиц	210	-	1,16- 1,2	6 – 14	Порошковая металлургия

### Холодное прессование порошков

**Прессовáние** (от лат. *presso* — давлóу, жму) — процесс обработки материалов давлением, производимый с целью увеличения плотности, изменения формы, разделения фаз материала, для изменения механических или иных его свойств. С помощью прессования можно получать изделия достаточно сложной формы поперечного сечения, постоянного по длине (рис. 1).



**Рис. 1.** Профили из алюминия, полученные методом прессования

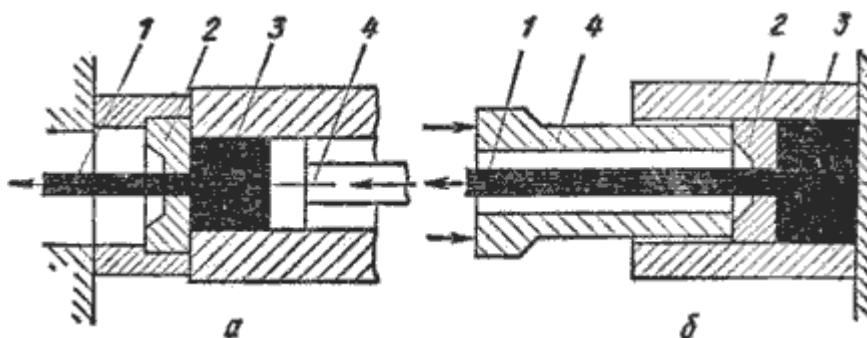
В зависимости от схемы приложения усилий различают следующие **виды прессования** (рис. 2):

- **прямое прессование** (направление движения металла совпадает с направлением движения пресс-шайбы);
- **обратное прессование** (материал перемещается навстречу движению матрицы, выполняющей также функции пресс-шайбы).

При прямом прессовании движение пуансона пресса и истечение металла через отверстие матрицы происходят в одном направлении. При прямом прессовании требуется прикладывать значительно большее усилие, так как часть его затрачивается на преодоление трения при перемещении металла заготовки внутри контейнера. Пресс-остаток составляет 18...20 % от массы заготовки (в некоторых случаях – 30...40 %). Но процесс характеризуется более высоким качеством поверхности, схема прессования более простая.

При обратном прессовании заготовку закладывают в глухой контейнер, и она при прессовании остается неподвижной, а истечение металла из отверстия матрицы, которая крепится на конце полого пуансона, происходит в направлении, обратном движению пуансона с матрицей. Обратное прессование требует меньших усилий, пресс-остаток

составляет 5...6 %. Однако меньшая деформация приводит к тому, что прессованный пруток сохраняет следы структуры литого металла. Конструктивная схема более сложная.



**Рис. 2.** Схема прессования прутка прямым (а) и обратным (б) методом  
1 – готовый пруток; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – пуансон

Холодное прессование – одна из разновидностей [обработки металлов давлением](#). Отличие её от горячей обработки в том, что её выполняют при температуре сплава ниже [точки рекристаллизации](#). Такая обработка осуществляется в несколько операций, что обеспечивает постепенное и последовательное изменение формы: от изначальной формы заготовки до требуемой формы изделия. В процессе [металлообработки](#) происходит упрочнение материала и снижение его пластичности. Для увеличения пластичности и уменьшения сопротивления последующим деформациям применяют межоперационные отжиги, особенно в случаях, когда осуществляется большое число переходов<sup>[1]</sup>.

Детали, изготовленные холодным прессованием, характеризуются высокой точностью: полые изделия, изготовленные этим способом, могут иметь толщину стенки, измеряемую в десятых и сотых долях мм. Технически, применение этой технологии позволяет изготавливать детали особо сложных форм, которые невозможно получить, используя другие методы обработки. Формовка металла без разрушения его целостности позволяет увеличить коэффициент использования материала до 95 % даже для деталей сложной конфигурации.

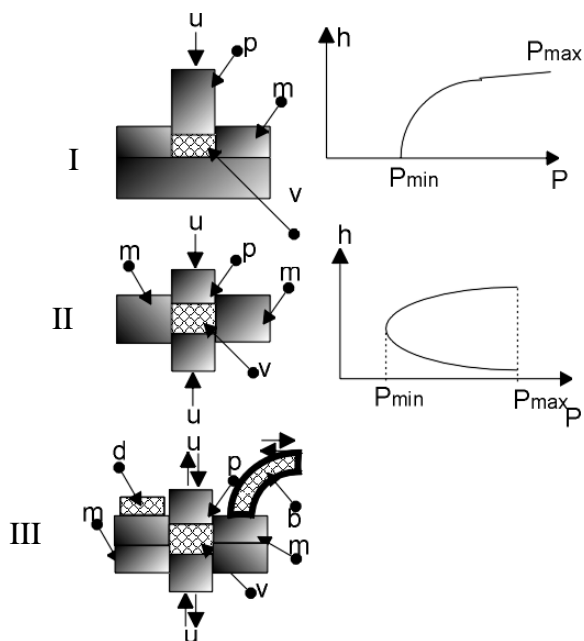
**Холодное прессование порошков** имеет некоторые особенности по отношению к аналогичному процессу в обычных металлах. Иногда такой вид формования называют полусухим прессованием, т.к. применяемые пресс-порошки представляют собой достаточно сыпучую массу, из которой после смешивания с пластификатором (смесители шнекового и других типов) и протирания через сетки для формирования гранул, путем подсушивания удаляют часть растворителя до достижения кондиционных свойств. Иногда применяются с целью получения пресс-порошков и такие агрегаты, как устройства для распылительной сушки. К **контролируемым параметрам пресс-порошков** или “крупки” относятся:

- насыпная масса [г/см<sup>3</sup>];
- сыпучесть [см<sup>3</sup>/сек или г/сек];
- влажность или содержание другого удалимого растворителя в процентах или [г/г], [г/см<sup>3</sup>].

Насыпную массу определяют, засыпая порошок в специальный мерный стаканчик выше его краев и сравнивая поверхность пластиной, после чего проводят взвешивание. Сыпучесть определяется путем измерения скорости прохождения порошком калиброванного отверстия специальной воронки с задвижкой.

Пресс-формы по своей конструкции должны иметь как можно более простую конфигурацию для уменьшения возможных напряжений в сформованных заготовках. Соотношение высоты и поперечного сечения получаемых заготовок чаще не превышает от 3:1 до 5:1 с использованием смазок и около 2:1 без них. Высота прессовки ограничена неравномерностью распределения давления в заготовке, трением порошка и пуансонов о стенки пресс-формы. Сами пресс-формы бывают выполнены конструктивно в разборном

варианте и неразборном, когда для извлечения заготовки необходимо её выталкивание одним из пуансонов. На рис. 3 приведены схемы одностороннего и двухстороннего прессования заготовок и соответственно распределения давления прессования по высоте засыпки порошка.



- I – прессование с одним пуансоном.
- II – прессование с двумя пуансонами.
- III – прессование с автоматическим заполнением пресс-формы и выталкиванием готовой прессовки.
- u - направление усилия
- m - матрица пресс формы
- p - пуансон
- v - прессуемое вещество (порошок)
- b - бункер-питатель
- d - спрессованная деталь

**Рис. 3.** Различные варианты прессования порошков.

**Навеска** пресс-порошка (т.е. масса порошка, необходимая для получения заготовки заданных размеров) рассчитывается по формуле

$$m_{\text{пп}} = V \cdot d_k \cdot Q \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1)$$

где  $V$  - объём спеченного изделия [ $\text{см}^3$ ];

$d_k$  - плотность беспористого изделия [ $\text{г}/\text{см}^3$ ];

$Q$  - относительная плотность ( $Q = 1 - \frac{\Pi}{100}$ , где  $\Pi$  - пористость в %);

$K_1$  - коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании (обычно 1,005 - 1,01), зависит от требуемой точности изготовления детали;

$K_2$  - коэффициент потери массы при спекании (удаление примесей и др.), обычно 1,01 - 1,03.

Засыпка при изготовлении деталей на полуавтоматических прессах производится в режиме объёмного дозирования бункером-питателем, удаляющим в приёмник уже сформованную в предыдущем цикле заготовку и вытолкнутую нижним пуансоном. Перед непосредственным процессом спекания осуществляется предварительная сушка отпрессованных заготовок, чтобы предотвратить их разрушение или коробление при нагревании, в ходе которого происходит равномерное распределение остатков растворителя в заготовке.

“Основное уравнение прессования” (приведенный закон Гука) выглядит следующим образом

$$\lg P = -m \cdot \lg b + \lg P_{\text{max}}, \quad (2)$$

$P$  - давление прессования;

$P_{\max}$  - давление, обеспечивающее максимально достижимую плотность прессовки;  
 $b$  - относительный объём заготовки;  
 $m$  - постоянная, учитывающая природу прессуемого материала (показатель прессования).

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.

**Полное давление прессования** (брутто) выражается как

$$P = P_1 + (-P_2) + P_3, \quad (3)$$

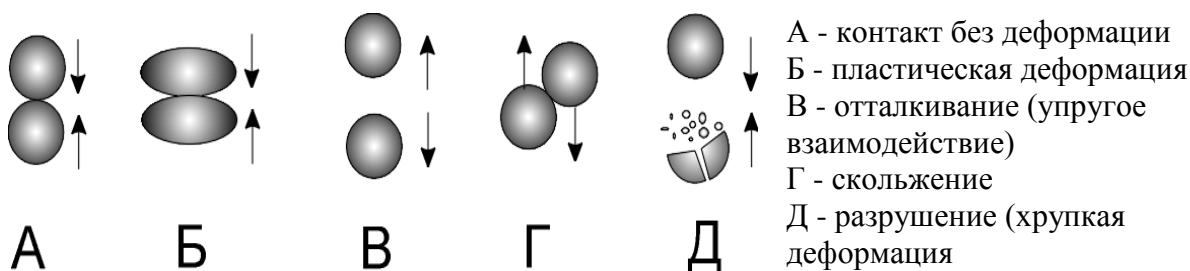
$P_1$  - нетто-давление, необходимое собственно для уплотнения материала;

$P_2$  - расходуется на трение частиц о стенки пресс-формы;

$P_3$  - сверхдавление, связанное с неравномерностью распределения давления по объёму.

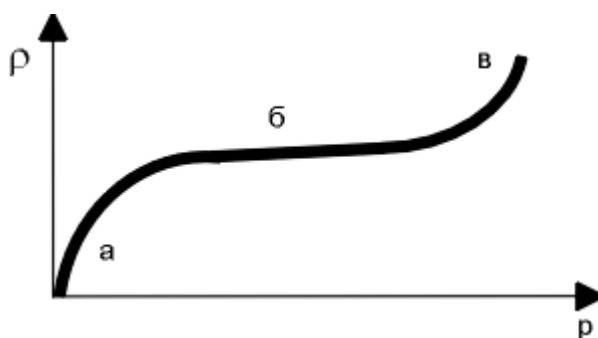
Общее давление прессования обычно составляет 1-6 тс/см<sup>2</sup>. Слишком высокие его значения приводят к появлению расслоения заготовок (т.н. перепрессовке). Необходимо также приложить некоторое давление для того, чтобы извлечь заготовку из неразборной пресс-формы.

Частицы порошков при прессовании взаимодействуют между собой различным образом (рис. 4).



**Рис. 4.** Различные типы взаимодействия частиц

В ходе прессования с увеличением давления плотность заготовки увеличивается в соответствии с графиком, приведенным на рис. 5.



**Рис. 5.** Зависимость плотности изделия от давления прессования

На участке (а) происходит укладка частиц в основном за счет их скольжения и контактов без деформации с разрушением арок и мостиков, образуемых частицами. Участок (б), который не всегда ярко выражен на реальных кривых, характеризуется проявлением упругой деформации (отталкивания). На участке (в) наблюдается хрупкое разрушение или пластическая деформация. После извлечения заготовок происходит некоторое обратное расширение прессовок за счет действия сил упругой деформации частиц что ведет иногда к

дальнейшему возрастанию пористости изделий. Чтобы предотвратить такое явление прибегают к выдержке заготовок при заданном давлении для релаксации напряжений. Ещё одним способом уменьшить пористость полученного после спекания материала является прессование при пониженном давлении или в вакууме, этим самым достигается уменьшение количества захватываемого заготовками воздуха.

**Достоинства** данного метода формования:

- принципиальная простота реализации;
- возможность автоматизации и механизации с высокой производительностью (2-3 тысячи деталей в час);
- высокая воспроизводимость размеров заготовок;
- удаление пластификаторов не требует проведения отдельной операции.

Имеются также определенные **недостатки**:

- неоднородность распределения плотности;
- возможность появления расслоения заготовок за счет их пониженной плотности в центральной части;
- невозможность изготовления изделий высокого класса точности без механической обработки и невозможность получения сложных форм заготовок;
- высокая стоимость пресс-форм.

## 2 Экспериментальная часть

Порядок выполнения работы:

1. Удаление замазливателя с частиц порошка - для этого порошок помещают в печь и нагревают до 400°C. Ориентировочное время процесса составляет 30 минут;
2. Помещение порошка в пресс-форму;
3. Прессование порошка в полуфабрикат (предельное давление  $\approx 10$  кгс/см<sup>2</sup>);
4. Извлечение спрессованного полуфабриката;
5. Измерение микротвердости полученного полуфабриката по Роквеллу HRB;
6. Определение прочности при сжатии;
7. Определение влияние режимов предварительной термической обработки порошка на механические свойства полученного изделия полуфабриката.

### Определение микротвердости по Роквеллу

В качестве индентора используется алмазный конус с углом при вершине 120° и радиусом закругления 0,2 мм (шкалы А и С) и стальной шарик диаметром 1,5875 мм (1/16 дюйма) (шкала В). Процесс нагружения осуществляется под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной  $F_0=98$  Н (10кгс) и общей  $F_1$ .

$$F=F_0+F_1 \quad (4)$$

Предварительная нагрузка подается вручную и не снимается до конца испытаний, что обеспечивает повышенную точность измерений, т.к. исключается влияние вибраций и поверхностного слоя.

Чем твёрже материал, тем меньше будет глубина проникновения наконечника в него. Чтобы при большей твёрдости материала не получалось большее число твёрдости по Роквеллу, вводят условную шкалу глубин, принимая за одно её деление глубину, равную 0,002 мм. При испытании алмазным конусом предельная глубина внедрения составляет 0,2 мм, или  $0,2 / 0,002 = 100$  делений, при испытании шариком — 0,26 мм, или  $0,26 / 0,002 = 130$  делений.



## Нагрузка на индентор и диапазоны измерений твердости

Шкалы Роквелла	Нагрузка на индентор, кгс			Диапазоны измерений
	Предварительная	Основная	Общая	
A	10	50	60	70...85 <i>HRA</i>
B	10	90	100	25...100 <i>HRB</i>
C	10	140	150	20...67 <i>HRC</i>

В общем случае твердость по Роквеллу определяется по формуле:

$$HRA (HRC) = 100 - \frac{H - h}{0,002} \quad (5)$$

Здесь  $H$  – глубина внедрения индентора после снятия основной нагрузки (в мм),  $h$  – глубина внедрения индентора до приложения основной нагрузки (рис. 6).

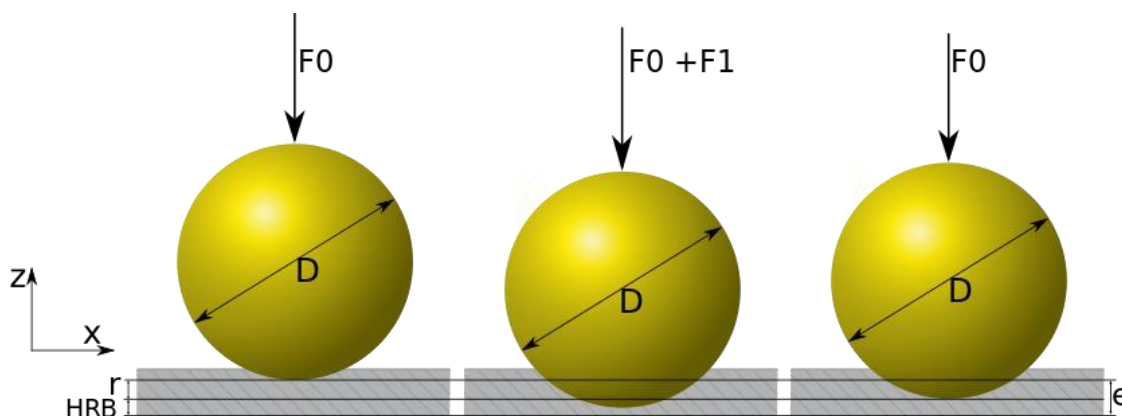


Рис. 6. Принцип работы шкалы HRB по Роквеллу

В данной работе используется прибор для измерения твердости по Роквеллу, с твердосплавным шариком в качестве индентора.

**Измерение твердости по шкале В.** Для многих мягких металлов и сплавов внедрение алмазного конуса может оказаться большим, чем 0,2 мм. В этих случаях применяют следующие меры:

- заменяют конический индентор на сферический;
- снижают нагрузку на индентор в 1,5 раза (со 150 кгс до 100 кгс);
- смещают шкалу на 30 единиц (шкала В красного цвета).

Число твердости определяется при этом по формуле:

$$HRB = 130 - \frac{H - h}{0,002} \quad (6)$$

Шкала В применяется для измерения твердости не закаленной стали, бронзы, латуней и других нетвердых материалов. Для твердых – например, закаленные стали, используется шкала С, вдавливание осуществляется алмазным конусом под нагрузкой 1470 Н (150 кгс). Испытания очень твердых материалов и тонких поверхностных слоев также осуществляется алмазным конусом, но по шкале А под нагрузкой 588 Н (60 кгс). К достоинствам метода относится простота определения твердости, высокая производительность, возможность

полной автоматизации процедуры испытаний. К недостаткам – многошкальность, отсутствие геометрического подобия отпечатков, условность и безразмерность величины HR, сравнительно низкая чувствительность. Все эти факторы делают метод Роквелла лишь средством быстрого упрощенного технического контроля.

### Факторы, влияющие на точность измерения:

1. Важным фактором является толщина образца. Не допускается проверка образцов с толщиной менее десятикратной глубины проникновения наконечника
2. Ограничивается минимальное расстояние между отпечатками (3 диаметра между центрами ближайших отпечатков)
3. Недопущение **параллакса** при считывании результатов с циферблата (**Параллáкс** (греч. παραλλάξις, от παραλλαγή, «смена, чередование») — изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя).

### Устройство прибора Роквелла

На рис.7 приведена принципиальная схема твердомера Роквелла. Основными его частями являются: поперечина 1, подвеска 2, шток амортизатора 3, рычаг 4, рукоятка 5, винт 6, крышка 7, рычажок 8, призма 9, шпindelь 10 с закрепленным на его конце индентором, маховик 11 для перемещения образца, шпонка 12, направляющая втулка 13, станина 14, грузы 15, стойка 16, подъемный винт 17, масляный амортизатор 18, пружина 19, индикатор с двумя шкалами – черной (С) и красной (В). При этом с большой стрелкой индикатора всегда совмещается ноль черной шкалы, и ни в коем случае – красной. Барабан для точной установки шкалы индикатора на ноль, электромотор, обеспечивающий работу прибора.

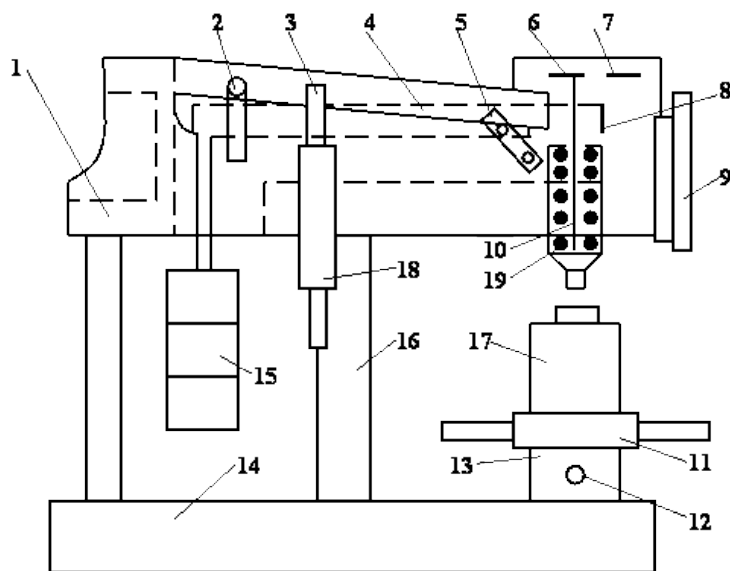


Рис. 7. Прибор для измерения твердости по Роквеллу

### Работа на приборе Роквелла

1. Выбрать подходящую для проверяемого материала шкалу (А, В или С)
2. Установить соответствующий индентор и нагрузку
3. Перед тем, как начать проверку, надо сделать два неучитываемых отпечатка, чтобы проверить правильность посадки наконечника и стола

4. Установить эталонный блок на столик прибора
5. Приложить предварительную нагрузку в 10 кгс, обнулить шкалу
6. Приложить основную нагрузку и дождаться до приложения максимального усилия
7. Снять нагрузку
8. Прочсть на циферблате по соответствующей шкале значение твёрдости (цифровой прибор показывает на экране значение твёрдости)
9. Порядок действий при проверке твёрдости испытуемого образца такой же, как и на эталонном блоке. Допускается делать по одному измерению на образце при проверке массовой продукции

### Испытания на сжатие

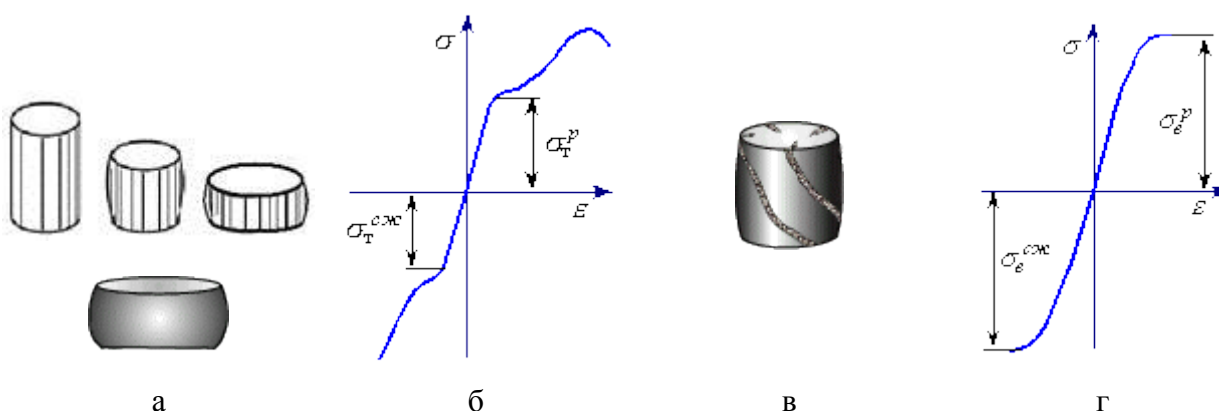
При сжатии образца из пластичного материала, как и при растяжении, сначала имеет место линейная зависимость  $\epsilon$  от  $\sigma$ , затем площадка текучести и зона упрочнения. Но в отличие от растяжения площадка текучести едва намечается, и в дальнейшем нагрузка все время возрастает. Возрастание происходит потому, что при сжатии образец из пластичного материала **не разрушается**, а постепенно **сплющивается** в тонкий диск при одновременном увеличении площади сечения (рис. 8.а). Определить **предел прочности** пластичного материала **при сжатии** очевидно **невозможно**, так как он просто не существует.

Для испытаний на сжатие применяются короткие цилиндрические образцы. Бочкообразная форма, которую они принимают в процессе испытания, объясняется наличием сил трения между плитами прессы и торцами образца. Сравнительная диаграмма растяжения и сжатия для пластичного материала приведена на рис. 8.б.

Для пластичных материалов характерно малое отличие пределов текучести при растяжении  $\sigma_T^P$  и сжатии  $\sigma_T^{сж}$ . Различие в работе материала на растяжение и сжатие характеризуется коэффициентом  $\nu_T = \sigma_T^P / \sigma_T^{сж}$ . Материалы, у которых  $\nu_T = 1$ , называются одинаково работающими на растяжение и сжатие.

Иные свойства при сжатии проявляют хрупкие материалы. Образцы из таких материалов при сжатии разрушаются внезапно, раскалываясь по наклонным (под углом  $45^\circ$ ) плоскостям, как показано на рис. 8.в.

Сравнительная диаграмма растяжения и сжатия хрупкого материала приведена на рис. 8.г. Качественные особенности у обеих кривых одинаковы, но сравнение пределов прочности при растяжении и сжатии показывает, что хрупкие материалы, как правило, значительно лучше работают на сжатие, чем на растяжение. Например, у чугуна предел прочности при сжатии в среднем в три раза больше, чем при растяжении.



**Рис. 8.** Характер разрушения и диаграммы растяжения и сжатия соответственно пластичных (а, б) и хрупких (в, г) материалов

Напряжения, аналогичного пределу прочности при растяжении, в этом опыте получить нельзя, а поэтому приходится ограничиваться определением одного из двух параметров:

1 - условного предела прочности  $\sigma_{\text{усл}}$  – напряжения, при котором цилиндрическая форма образца переходит в явно выраженную бочкообразную:

$$\sigma_{\text{усл}} = \frac{F_6}{A_0} \quad (7)$$

где  $F_6$  - сила, при которой обнаруживается бочкообразная форма образца,  $A_0$  - первоначальная площадь поперечного сечения образца. Обычно относительная деформация при этом составляет около  $\varepsilon = 0,3$ .

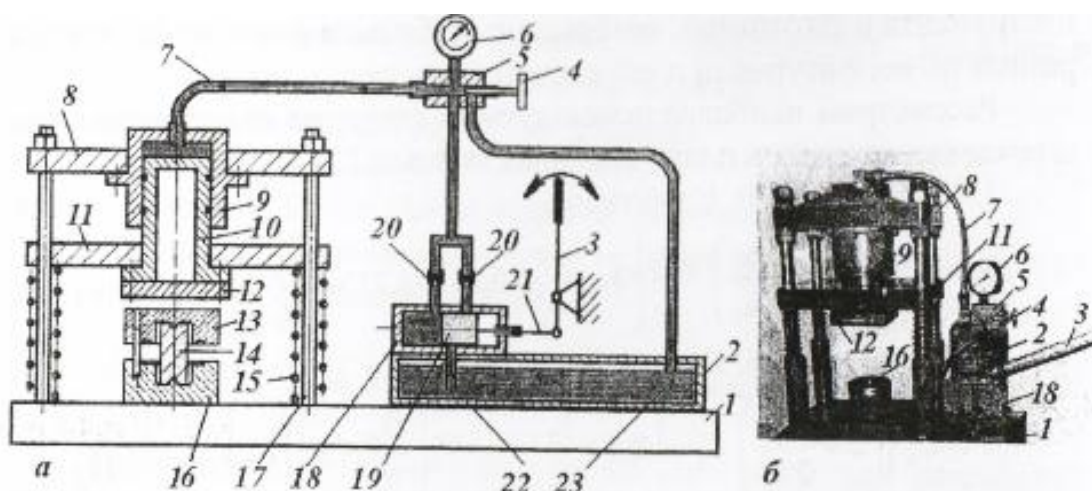
2 – предел пропорциональности  $\sigma_{\text{мп}}$  – напряжения, при котором диаграмма деформирования переходит от линейной зависимости к нелинейной:

$$\sigma_{\text{мп}} = \frac{F_{\text{мп}}}{A_0} \quad (8)$$

Данным параметром пользуются в случае, если снимается диаграмма деформирования.

### Гидравлический пресс

Для осуществления прессования собранная пресс-форма укладывается на нижнюю плиту 1 пресса (см. рис. 9).



**Рис. 9.** Ручной гидравлический пресс:

а – схема; б – внешний вид; 1 – плита нижняя; 2 – бак; 3 – ручка масляного насоса; 4 – ручка крана; 5 – кран; 6 – манометр; 7 – маслопровод; 8 – плита верхняя; 9 – цилиндр; 10 – поршень; 11 – траверса; 12 – крышка поршня; 13 – штамп верхний (в данном случае пуансон); 14 – заготовка (в данном случае металлический порошок); 15 – пружина; 16 – штамп нижний (в данном случае пресс-форма); 17 – направляющие колонки; 18 – маслонасос; 19 – поршень маслонасоса; 20 – клапан обратный; 21 – тяга; 22 – маслозаборник; 23 – масло

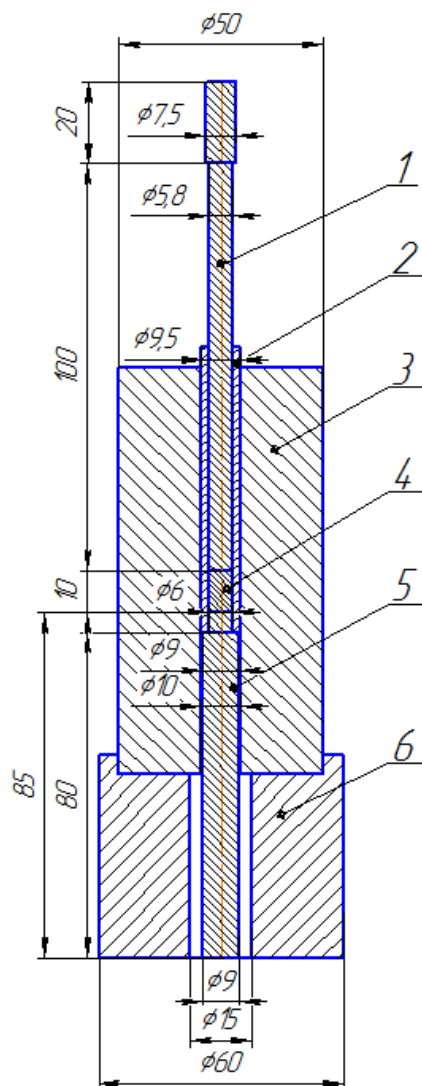
При закрытом положении крана 4 качательными движениями вверх-вниз ручки 3 нагнетается масло в полость цилиндра 9, что приводит к перемещению поршня 10 с крышкой 12 вниз. При этом крышка 12 давит на пуансон 13, совершая прессование

металлического порошка 14. Конец прессования фиксируется по предельному значению давления в цилиндре, отображаемому на манометре.

Для снятия пресс-формы с пресса открывается кран 4 и под действием четырех пружин 15 траверса 11 вместе с поршнем 10 поднимается вверх, освобождая пресс-форму. При движении поршня вверх масло вытесняется из цилиндра в бак 2 по маслопроводу 7 через открытый кран 5.

## Пресс-форма

Схема пресс-формы с обозначением ее составных частей приведена на рис. 10.



## Обозначения:

- 1 - верхний пуансон
- 2 - пресс-форма для заготовок малых диаметров
- 3 - пресс-форма для заготовок больших диаметров
- 4 - металлический порошок
- 5 - нижний пуансон
- 6 - основание

**Рис. 10.** Схема пресс-формы

## ! ВАЖНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Давление на манометре обусловлено площадью поршня, на которую давит масло. Диаметр поршня  $D_{\text{п}} = 120$  мм. Фактическое давление на полуфабрикат будет определяться исходя из площади пуансона, осуществляющего давление.

### **3 Требования к отчету**

Отчет должен содержать:

- 1 Название и цель работы.
- 2 Основные механические свойства алюминия.
- 3 Порядок выполнения работы.
- 4 Схему пресс-формы со всеми обозначениями.
- 5 Режимы прессования и предварительной выдержки в печи.
- 6 Расчет предельно допустимого давления на гидравлическом прессе.
- 7 Результаты испытаний полученного полуфабриката на микротвердость и сжатие.
- 8 Выводы.

### **4 Контрольные вопросы**

- 1 Алюминий, основные свойства, применение в промышленности.
- 2 Понятие механических свойств материалов. Что к ним относится?
- 3 Определение прессования. Схемы прессования.
- 4 Принципиальное отличие холодного и горячего прессований.
- 5 Понятие САП.
- 6 Порядок выполнения операций при холодном прессовании порошков.
- 7 Принцип работы твердомера по Роквеллу.
- 8 Особенности испытаний на сжатие пластичных материалов.
- 9 Как определяется предел прочности при сжатии пластичных материалов?
- 10 Принцип работы гидравлического пресса.
- 11 Основные технологические параметры процесса прессования.