



«Электротехнические материалы»

Лабораторная работа №8

Доцент Дощечкина И.В.
Доцент Лалазарова Н.А.



Лабораторная работа №8

ПОЛУЧЕНИЕ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗ НИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы - ознакомиться со способами получения порошков, технологией изготовления деталей методом порошковой металлургии и отраслями их применения, изучить влияние параметров прессования и спекания на свойства порошковых материалов.

Оборудование, приборы, материалы

Медный порошок.

Пресс-форма.

Дозировочное устройство.

Гидравлический пресс.

Штангенциркуль.

Металлографический микроскоп.

Микрошлифы порошковых материалов.

Планшет порошковых электротехнических изделий.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Порошковые материалы и детали из них производят из порошков методом порошковой металлургии, который является изобретением российских ученых П.С. Соболевского и В.В. Любарского в 1826 г.

Метод порошковой металлургии ценен прежде всего тем, что позволяет получать материалы, которые имеют комплекс специальных физико-механических и эксплуатационных свойств,



Основные операции порошковой металлургии:

1. Изготовление порошков,
2. Формование,
3. Спекание,
4. Окончательная обработка.

Для получения порошковых (металлокерамических) изделий используют порошки с размером частиц от 0,5 до 500 мкм разной формы (осколочной, чешуйчатой, сферической). Производят порошки **механическими** или **физико-химическими методами**.



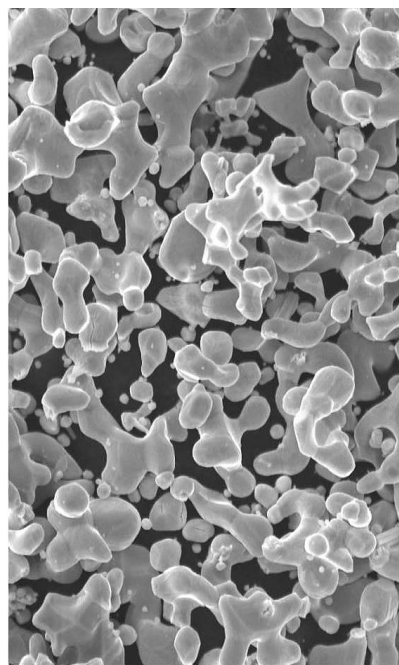
ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

К механическим методам относятся: размол отходов (окалина, стружка, обрезки) в шаровых, вихревых или молотковых мельницах, а также распыление расплавленного металла струей воды или газа.

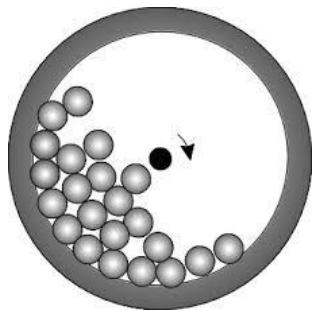
Физико-химические методы производства порошков - это восстановление металлов из окислов, электролитическое осаждение из растворов солей, термическая диссоциация карбонил.



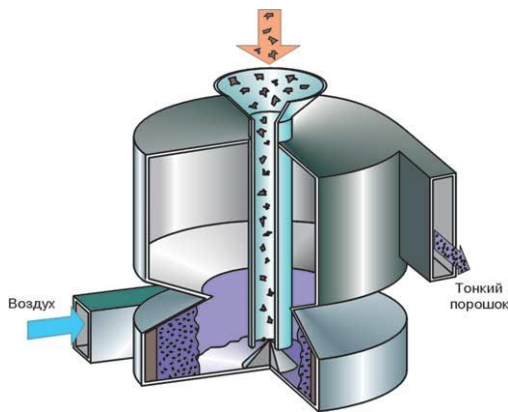
Поведение порошков при прессовании и спекании в процессе производства детали зависит от их химического состава и свойств, которые, в свою очередь, обуславливаются способом изготовления.

Физические свойства порошков определяются размером и формой частиц, плотностью, микротвердостью, состоянием кристаллической решетки.

МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

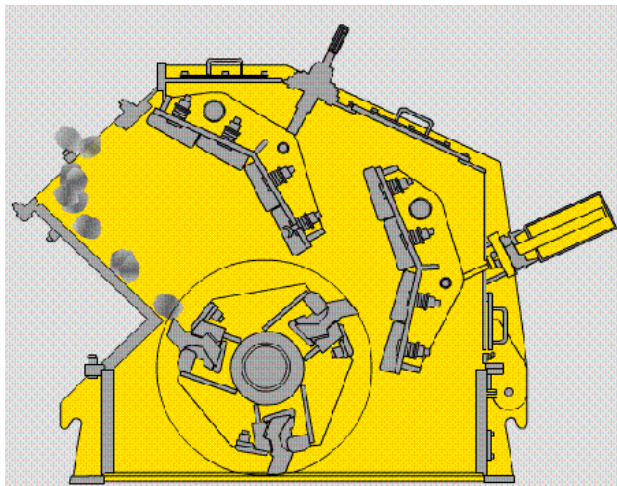


Размол отходов в шаровых мельницах



Размол отходов в вихревых мельницах

Размол отходов в молотковых мельницах



Распыление расплавленного металла



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Восстановление
металлов из окислов



Электролитическое
осаждение из
растворов солей

Термическая диссоциация
карбониллов



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Технологические свойства характеризуются насыпной массой, текучестью, способностью к прессованию и спеканию порошка.

Насыпная масса - масса единицы объема свободно насыпанного порошка.



Она зависит от формы и размеров частиц, от состояния их поверхности и является очень важной характеристикой порошка,

потому что от массы зависит стабильность размеров и формы изделия.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Текучесть - это способность порошка заполнять форму. Низкая текучесть приводит к неоднородности по плотности изделия.

Способность к пресованию зависит от пластичности материала частиц, их размеров и формы и характеризует прочность сцепления пылинок под воздействием внешних усилий.



Смеситель

Спекание - это термическая обработка для обеспечения металлической связи между частицами в результате диффузии и как результат - повышение прочности, пластичности и других свойств.

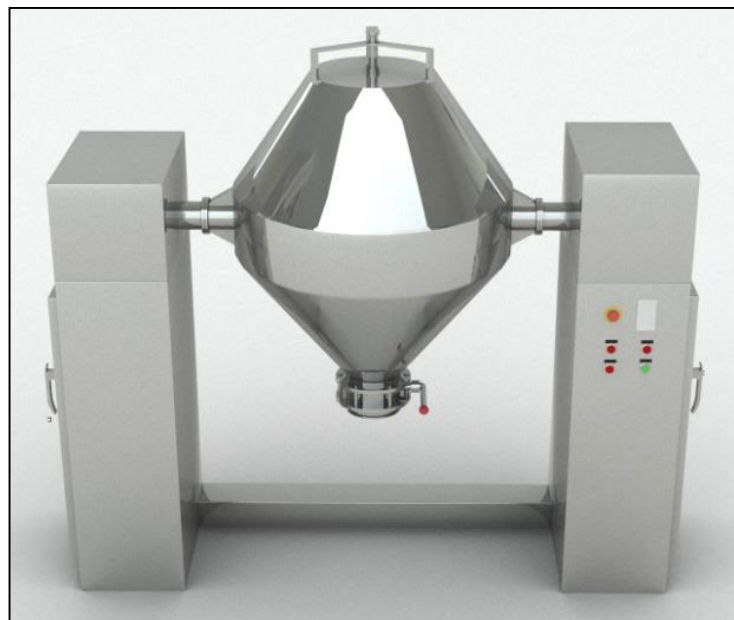
Подготовленные определенным образом порошки сортируют по размерам, подбирают необходимые для данного изделия компоненты и тщательным образом **смешивают** в специальных **смесителях**. Все эти операции необходимы для приготовления **шихты**.



ПРИГОТОВЛЕНИЕ ШИХТЫ

Полученные порошки определённых размеров и формы используют для приготовления шихты. Процесс включает такие этапы:

- отжиг для удаления оксидных плёнок и снятия наклёпа,



Смеситель

- сортирование порошка по размеру частиц,

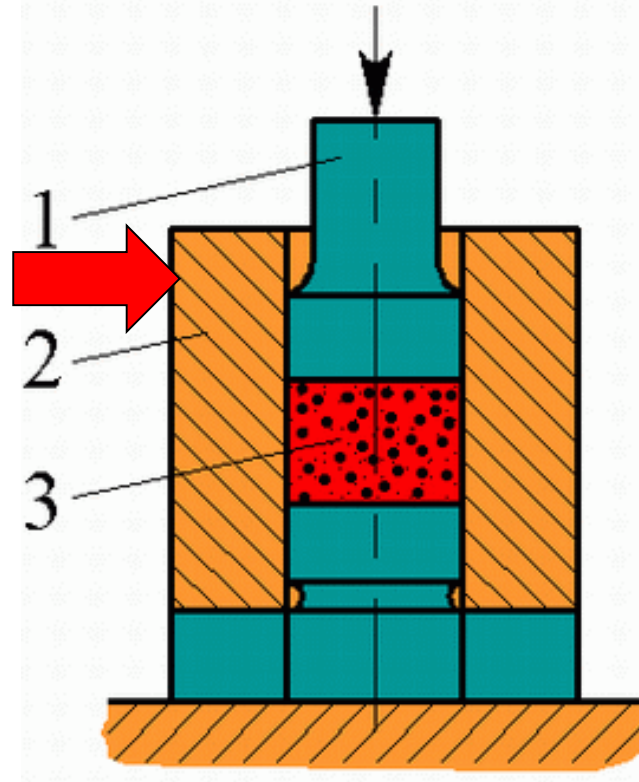
- смешивание порошков разного типа в смесителях,
- дозирование шихты.



МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Формообразование заготовок из шихты (порошков) осуществляют главным образом прессованием (односторонним и двусторонним), иногда - выдавливанием или прокатыванием.

Для **прессования** используют специально изготовленные износоустойчивые **пресс-формы**, в которых полость матрицы обуславливает форму и размеры заготовки.



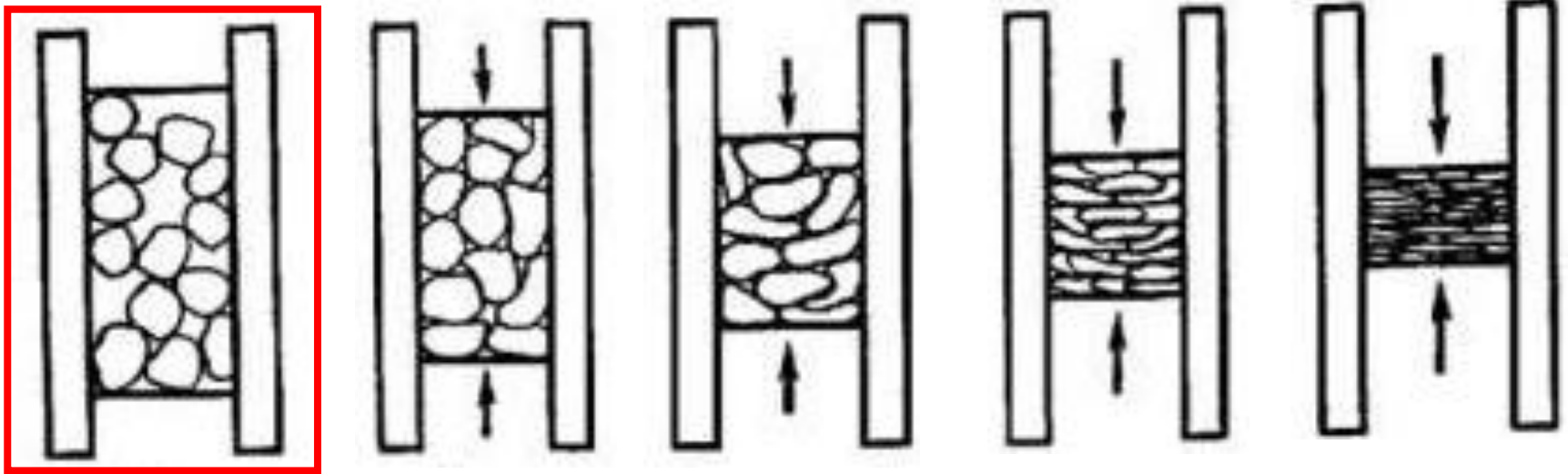
Более однородные и высокие свойства заготовки получают при соотношении высоты к диаметру меньше единицы, а у кольцевых заготовок ~ при соотношении внешнего диаметра к толщине стенки меньше трёх.

Схема одностороннего прессования цилиндрических заготовок: 1 – пуансон; 2 – пресс-форма; 4 – порошок



ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ

При засыпке порошка в пресс-форму его частицы располагаются хаотически, образуя при этом так называемые **мостики** или **арки**. **Плотность** засыпанного порошка в этом случае **равна его насыпной массе (а)**.



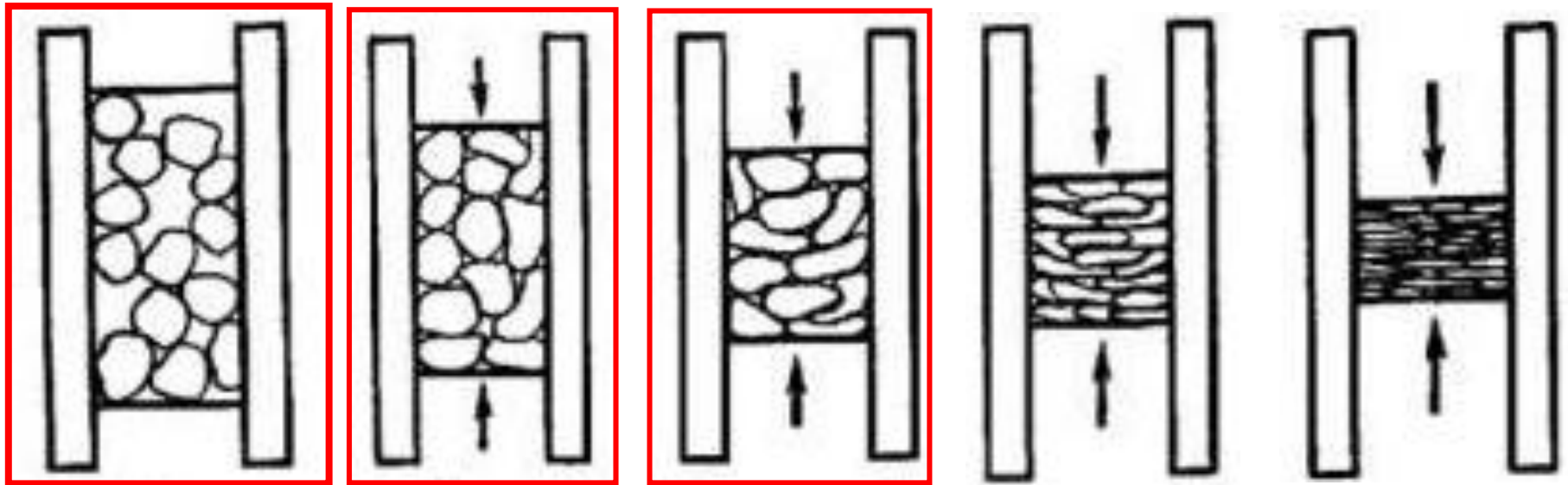
а

Стадии формирования порошков



ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ

По мере увеличения прилагаемого давления мостики и арки разрушаются (**б**, **в**) и частицы проникают в мелкие поры.



а

б

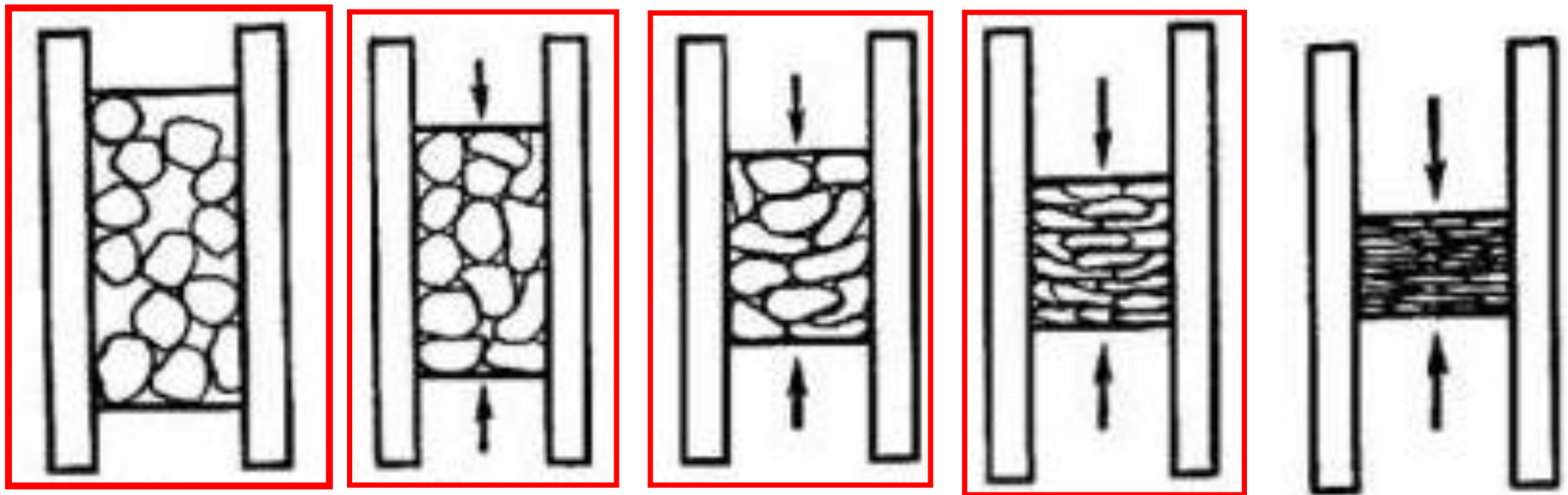
в

Стадии формирования порошков



ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ

От трения частиц при перемещении друг относительно друга сдираются окисные пленки, контакты между частицами в этих местах из неметаллических переходят в металлические, в результате чего повышается прочность заготовки (г).



а

б

в

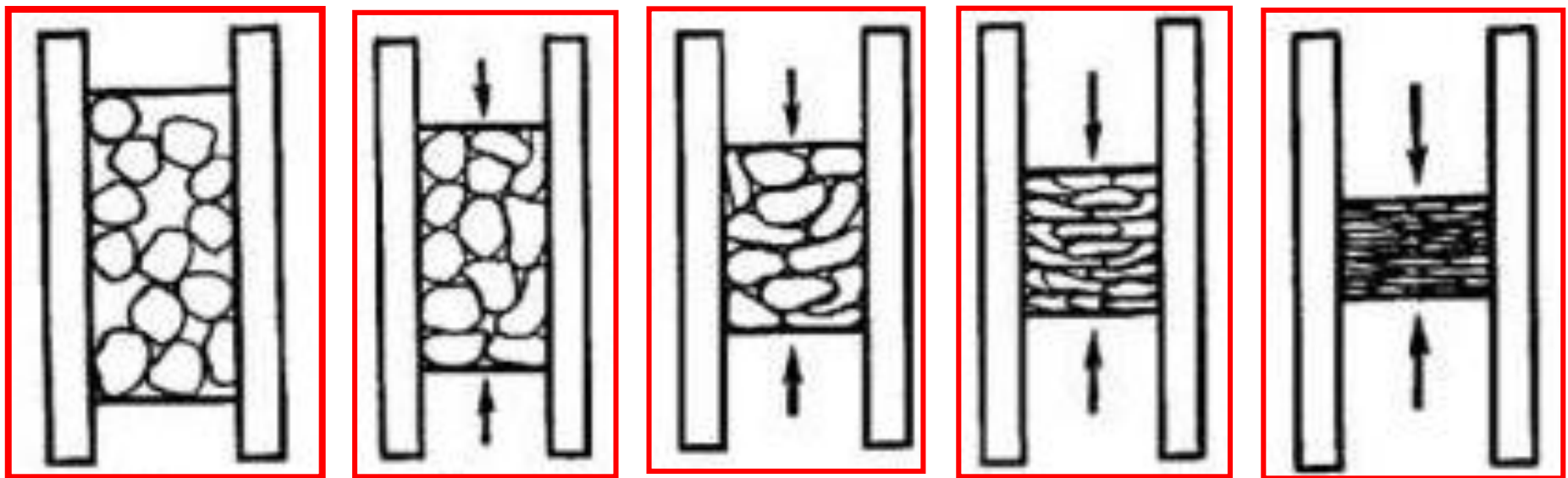
г

Стадии формования порошков



ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ

При дальнейшем увеличении давления происходит хрупкое разрушение частиц порошков из твердых металлов и пластическая деформация частиц из мягких металлов (д).



а

б

в

г

д

Стадии формования порошков

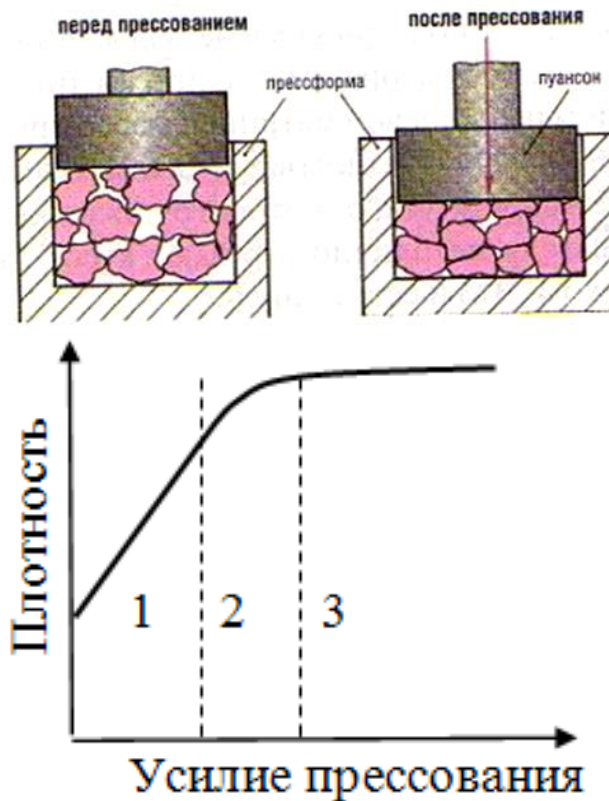


ФОРМОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Свойства порошковых изделий зависят от их плотности (пористости).

Увеличение плотности заготовки с возрастанием удельного давления прессования происходит неравномерно.

На первом этапе (1) прессования устанавливается прямолинейная зависимость между усилием прессования и плотностью заготовок.



На втором этапе (2) с увеличением давления происходит дальнейшее возрастание плотности заготовок, но менее активно, чем на первом этапе, а на третьем (3) вследствие наклепа повышение удельного давления не приводит к увеличению плотности прессовок.

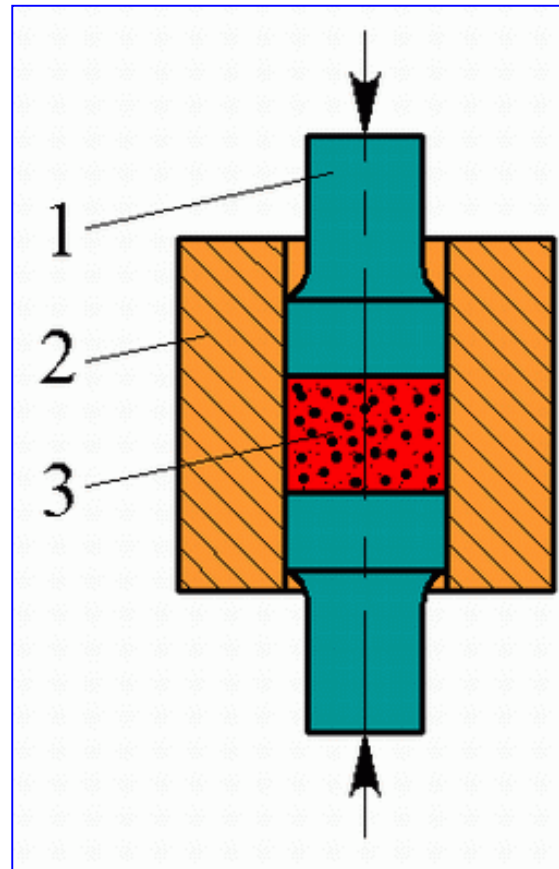
С увеличением удельного давления прессования пористость уменьшается.



ФОРМОВАНИЕ ПРЕССОВАНИЕМ

Двустороннее прессование осуществляется с помощью двух движущихся пуансонов.

Двустороннее прессование применяют для формования заготовок сложной формы.



При такой схеме плотность, пористость и прочность заготовки распределяются по высоте более равномерно и давление прессования снижается на 30–40 %.

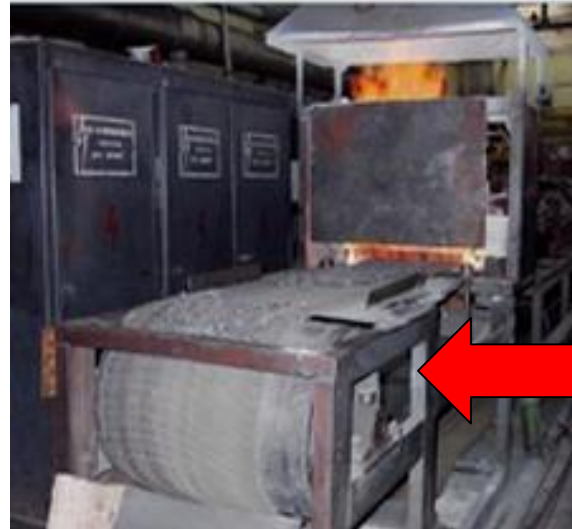
Величина удельного давления прессования находится в пределах 100–1000 МПа.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

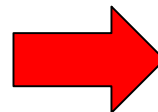
После прессования заготовка становится **конгломератом порошинок**, между которыми нет металлической связи, и поэтому ее прочность очень низкая.

Для повышения прочности, пластичности и других специальных эксплуатационных свойств заготовки подвергают **спеканию**.



Эта операция происходит в **электрод печах**, как правило, в восстановительной или защитной среде.

Прессовка



Очень важно предотвратить окисление заготовки. Восстановительной средой могут быть естественный газ, пропан, диссоциированный аммиак, водород и другие газы.

СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Температура спекания должна составлять $2/3$ - $3/4$ от температуры плавления порошка однокомпонентной системы или основного компонента шихты.

Эти явления обеспечивают металлическую связь между пылинками и, как следствие, уменьшение пористости, увеличение плотности,



что приводит к повышению как прочности, так и пластичности, улучшение магнитных и электрических характеристик.

Однако определенное количество пор у изделий из порошка сохраняется. В связи с этим прочность и пластичность таких изделий ниже, чем у компактных материалов этого рода.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Для **уменьшения пористости** или ее полного устранения спекание заготовок из многокомпонентной шихты нужно делать при температуре,

которая выше температуры плавления наиболее легкоплавкой составляющей, то есть при наличии жидкой фазы.

Поры



Расплавленный металл заполняет поры, и изделие будет иметь более высокие физико-механические свойства.

После спекания изделия в зависимости от назначения и требований, которые предъявляются к ним, поступают непосредственно в эксплуатацию или на дополнительную, механическую обработку термическую, термомагнитную или химико-термическую обработку.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Часто изделия из порошков **значительно дешевле и не уступают по качеству компактным сплавам.** Много деталей из порошков характеризуются совсем уникальным комплексом свойств.

мелкие и очень точные по размеру постоянные магниты из порошкового сплава системы Fe-Ni-Al (марка ММК6) отличаются мелкозернистой структурой в отличие от литых магнитов из сплава близкого химического состава (марка ЮНДК), которые имеют большое зерно.

Магнитные свойства литого (ЮНД8) и порошкового (ММК6) магнитных сплавов системы Fe-Ni-Al

Марка сплава	W_{\max} , кДж/м ²	H_c , кА/м	B_r , Тл
ЮНД8	5,1	44	0,6
ММК6	5	44	0,6

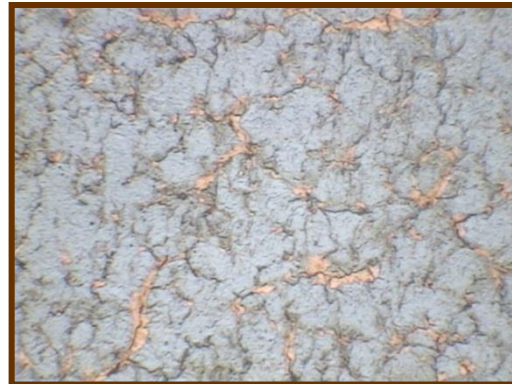
Кроме того, **порошковые сплавы не имеют литейных дефектов.** Все это позволяет получить более однородную плотность магнитного потока, что очень важно.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Для обеспечения высоких показателей максимальной удельной магнитной мощности и остаточной индукции Вг порошковые сплавы должны иметь минимальную пористость, для чего используют очень мелкие дисперсные и равновесные порошки,

добавляют технологические присадки и делают двукратное прессование и спекание. Сначала заготовки прессуют под давлением 1000 МПа и спекают не до конца при заниженной температуре - 900°C.



Заготовку охлаждают до 400°C во второй раз, прессуют под давлением 1500 МПа, а затем спекают в защитной среде.

Порошковые постоянные магниты поддают такой же **термической обработке**, как и литые магниты: закалка с 1200... 1250 °C и последующий отпуск при 600...650°C. Основные магнитные свойства порошкового и литого литейных сплавов (очень близких по химическому составу) после одинаковой термической обработки очень близки.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Разрывные электрические контакты изготавливают из компонентов, которые не совместимы в литых сплавах, а именно: из порошков тугоплавких металлов (W, Mo, Co, Ni) с медью и серебром.

Такие композиции соединяют высокую прочность, жаро- и износостойкость, стойкость к электрической эрозии и сварке, которые присущи тугоплавким составляющим, с высокой электропроводимостью, теплопроводностью и пластичностью легкоплавких компонентов.



Магниты

Материалы магнитов устройств, которые работают в полях высоких и сверхвысоких частот, должны иметь очень большое электросопротивление (к 10^{12} Ом·м) для уменьшения тепловых потерь и достаточно высокую магнитную проницаемость.

Электромагнитные свойства ферритов определяются чистотой химического состава, характерной структурой доменов и очень точной технологией изготовления.



ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПОРОШКОВ



Порошковые сердечники



Торроидальные магнитопроводы



Сердечники из порошковых магнитомягких материалов

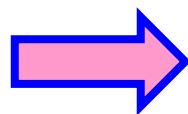


ПРЕИМУЩЕСТВА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

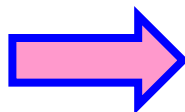


щетки для электрических машин

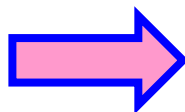
Преимущества порошковой металлургии по сравнению с традиционными и методами изготовления деталей



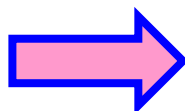
Безотходность метода: потери материала не превышают 2-7%



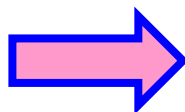
Экономия за счёт использования отходов (окалина, стружка) для получения порошков



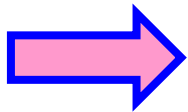
Получение изделий, которые другими способами нельзя получить: медно-графитовые щётки, медно-вольфрамовые контакты, магнитопроводы, ферриты



Точность химического состава порошков



Высокое качество изделия (чистота поверхности, точность и стабильность размеров и формы).



Снижение трудоёмкости производства за счёт автоматизации

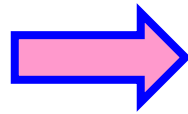


НЕДОСТАТКИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

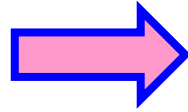


Недостатки порошковой металлургии

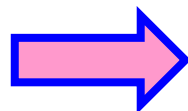
по сравнению с традиционными методами изготовления деталей



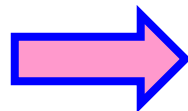
Пористость



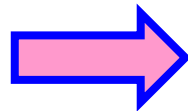
Значительная хрупкость



Ограниченность размеров и простота формы изделий



Высокая стоимость порошков и пресс-форм



Целесообразно применение только в массовом и серийном производстве.

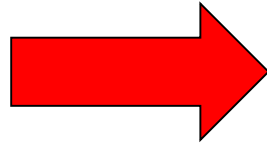
Однако при изготовлении многих электро- и радиотехнических деталей преимущества этого метода превосходят недостатки.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовить навесы медного порошка по 7 г, используя дозировочное оборудование.

Засыпать порошок в прессформу.

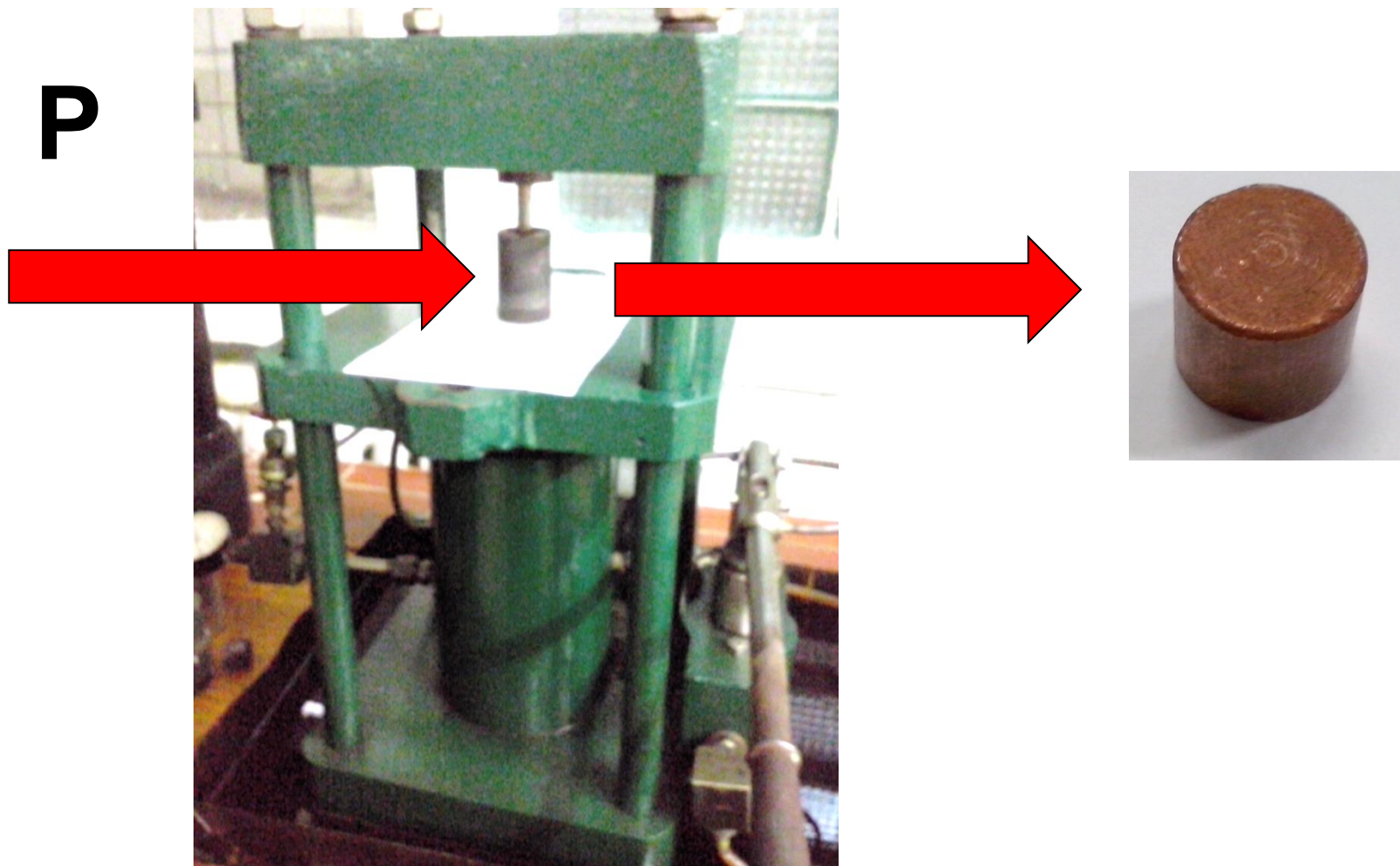


Навесы медного порошка по 7 г и
прессформа



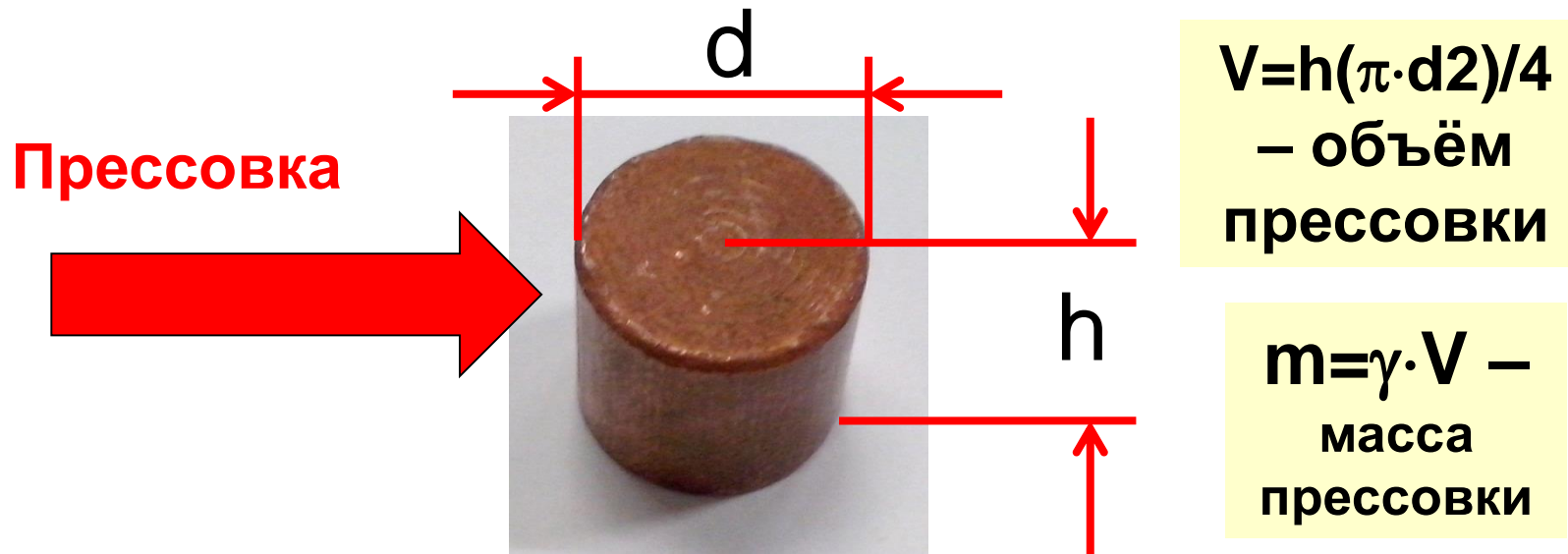
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2. Спрессовать заготовки при удельных давлениях 100, 200, 300, 400 и 500 МПа (1,2,3,4,5 т/см²).



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3. Определить массу, объем и плотность заготовок – прессовок.



4. Определить пористость заготовок:

$$n = \frac{\gamma_k - \gamma_z}{\gamma_k} 100\%$$

γ_k - плотность компактной меди (8,9 г/см²);

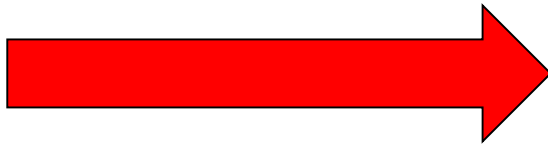
γ_z - плотность порошковой заготовки.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5. Упаковать заготовки в ящик для последующего спекания в печи.

Лабораторная
печь



6. Провести испытание на сжатие заготовок до и после спекания (удельное давление прессования - 400 МПа), определить усилие, которое вызывало появление трещины в заготовке.

7. Оформить отчет о лабораторной работе.



ОТЧЁТ О РАБОТЕ

Отчет должен включать в себя:

1. Цель работы.
2. Сжатое изложение теоретических основ работы
3. Экспериментальные данные, которые нужно занести в табл. 1.

Таблица 1 - Данные эксперимента

Удельное давление прессования P , МПа	Масса брикета, m , г	Диаметр брикета, d , см	Высота брикета, h , см	Объём брикетов, V , см ³	Плотность брикета, γ , г/см ³	Пористость брикета P , %



ОТЧЁТ О РАБОТЕ

4. Графики изменения плотности и пористости заготовки в зависимости от удельного давления прессования и их анализ.

5. Сравнение и объяснение отличий в усилиях, которые повлекли появление трещин в заготовках до и после спекания.



ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Изучить существующие методы получения порошков.
2. Изучить методы формования заготовок.
3. Изучить области применения порошковой металлургии.
4. Рассмотреть оборудование для получения порошков.
3. Ознакомиться с преимуществами и недостатками порошковой металлургии.



Протокол к лабораторной работе

«Получение, строение и свойства порошковых материалов и производство электротехнических изделий из них»

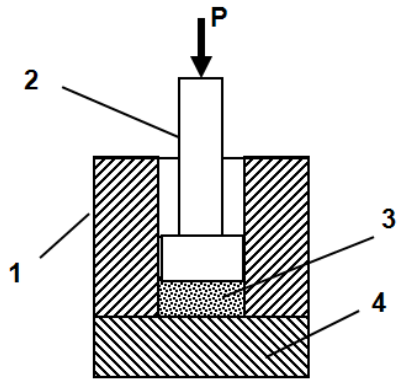
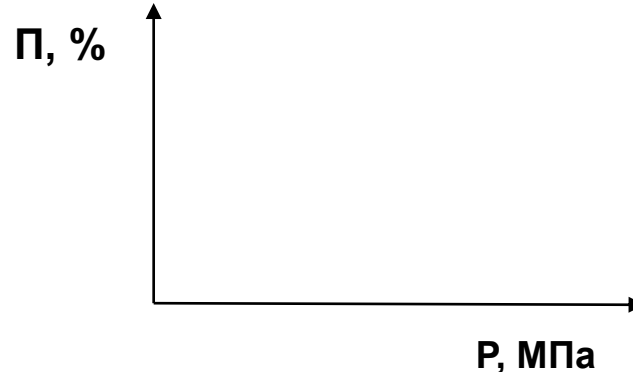
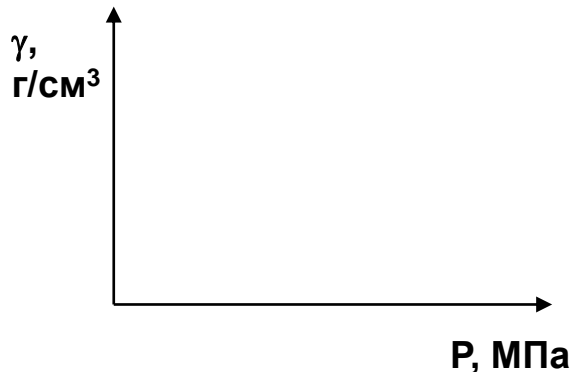


Схема простейшей пресс-формы для прессования цилиндрических заготовок: 1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – порошок; 4 – поддон



Марка сплава	W_{max} , кДж/м ²	H_c , кА/м	B_r , Тл
ЮНД8	5,1	44	0,6
ММК6	5	44	0,6

Удельное давление прессования P , МПа	Масса брикета, m , г	Диаметр брикета, d , см	Высота брикета, h , см	Объём брикетов, V , см ³	Плотность брикета, γ г/см ³	Пористость брикета P , %



Выводы:

Выполнил: ст. гр. _____

Принял: _____





Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталиа Алексеевна

E-mail: lalaz1991@mail.ru

г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М

Tel.(8-057)707-37-92

