



ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОРОШКОВ

Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect16_1M_TKMIM_GDB_12.05.15

ПЛАН

- 1.Способы получения порошков и приготовления шихты
- 2.Формование заготовок
- 3.Двустороннее прессование
- 4.Прокатка порошков
- 5.Изостатическое прессование
- 6.Метод взрыва
- 7.Мундштучное прессование
- 8.Гоячее прессование
- 9.Спекание заготовок

Способы получения порошков и приготовление шихты

Во многих случаях проще и целесообразнее, минуя традиционные методы получения заготовок и изделий (литейный способ, обработка давлением и сварка), некоторые изделия изготавливать из порошков металлов, их сплавов и соединений, отходов металлургического и машиностроительного производства, а также неметаллических материалов.

Получение разных полуфабрикатов и готовых изделий из порошков путем их прессования и спекания называют **порошковой металлургией**.



Методами порошковой металлургии возможно получать материалы как аналогичные по структуре и свойствам традиционным, так и такие, которые имеют комплекс специальных свойств.



Способы получения порошков и приготовление шихты

В зависимости от условий эксплуатации порошковые материалы разделяются на две группы:

1) материалы, которые заменяют углеродистые и легированные стали;



2) материалы со специальными свойствами (износостойкие, инструментальные, жаропрочные, жаростойкие, коррозионностойкие, для атомной энергетики, с особыми физическими свойствами, тяжёлые сплавы, материалы для узлов трения).



Способы получения порошков и приготовление шихты

В табл. представлены механические свойства порошковых углеродистых сталей без термической обработки (нагрева до определённых температур).

В марке стали первое число после букв «СП» указывает на среднее содержание углерода в сотых долях, цифра после дефиса – группу плотности.

Марка стали	Предел прочности σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость КСЧ, кДж/см ²	Модуль упругости Е, ГПа	Твёрдость НВ
	не менее					
СП10-1	100	6	10	200	80	50–70
СП10-2	120	8	15	350	120	78–80
СП10-3	150	12	28	500	150	80–90
СП10-3	250	18	35	700	200	90–130
СП30-1	120	6	10	200	80	50–60
СП30-2	160	8	12	350	120	70–80
СП30-3	200	12	25	500	150	80–90
СП30-4	250	18	35	700	200	90–130
СП70-1	120	5	10	150	84	50–70
СП70-2	200	8	15	300	125	70–90
СП70-3	280	10	20	400	160	90–100
СП70-4	360	15	30	600	210	110–150
СП90-1	120	2	8	100	85	60–80
СП90-2	200	4	12	220	125	80–100
СП90-3	300	6	20	300	160	100–120
СП90-4	450	10	25	450	210	120–180

Порошки из одного и того же материала, но изготовленные разными способами обладают различными технологическим, физикохимическими и механическими свойствами.

Свойства порошков и порошковых материалов зависят от исходных материалов и метода их получения.



Способы получения порошков и приготовление шихты

Все способы получения порошков можно условно разделить на три группы:

механические

К механическим относятся измельчение материалов в вихревых и шаровых мельницах, распыление расплавленного металла и грануляция.

химические

К химическим методам относятся такие методы получения порошков: восстановление окислов металлов и металлических соединений, металлотермия и др.

физико-химические

Физико-химические – электролитический и карбонильный методы. Электролитическим осаждением металлов из водных растворов получают порошки меди, железа, серебра, олова и др. Получение порошков карбонильным методом основано на способности некоторых металлов при определенных условиях образовывать с СО химические соединения, так называемые карбонилы, которые разлагаются по типу $\text{Me}(\text{CO})_n \leftrightarrow \text{Me} + n\text{CO}$. Наиболее распространенными являются порошки карбонильного железа, кобальта, никеля, хрома, молибдена, вольфрама.



Способы получения порошков и приготовление шихты

Приготовление шихты заключается в очистке порошков, предварительной обработке и смешивании.

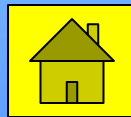
Для смешивания порошков применяются шаровые мельницы, конусные смесители, вибрационные и другие устройства.



В зависимости от среды, в которой проводят смешивание, оно может быть сухим и мокрым.

Приготовление шихты

Иногда в порошковую массу для облегчения прессования и получения заготовок выдавливанием добавляют различные технические наполнители



Контрольные вопросы

1. Что такое порошковая металлургия?
2. От чего зависят свойства порошков?
3. Какие известны механические способы получения порошков?
4. Что представляют собой химические и физико-химические методы получения порошков?
5. В чем заключается суть процесса приготовления шихты?



ФОРМОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Формование заготовок – это получение готовых по форме изделий. Осуществляется прессованием, выдавливанием, прокаткой.

Для прессования порошковую шихту 3 засыпают в специальную пресс-форму, которая состоит из **матрицы 2** и **пуансона 1**



Пресс горячего прессования

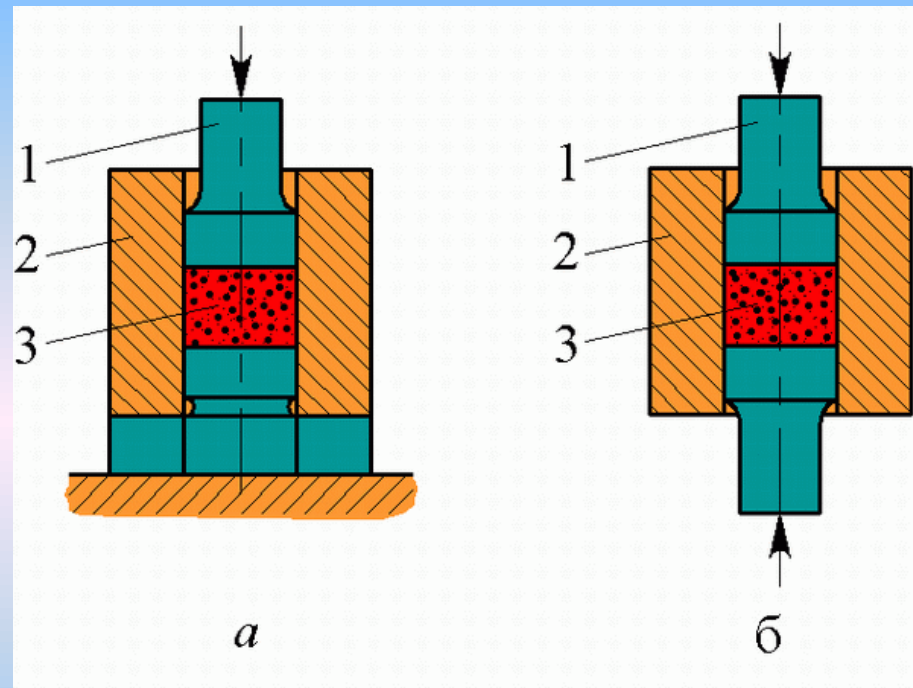


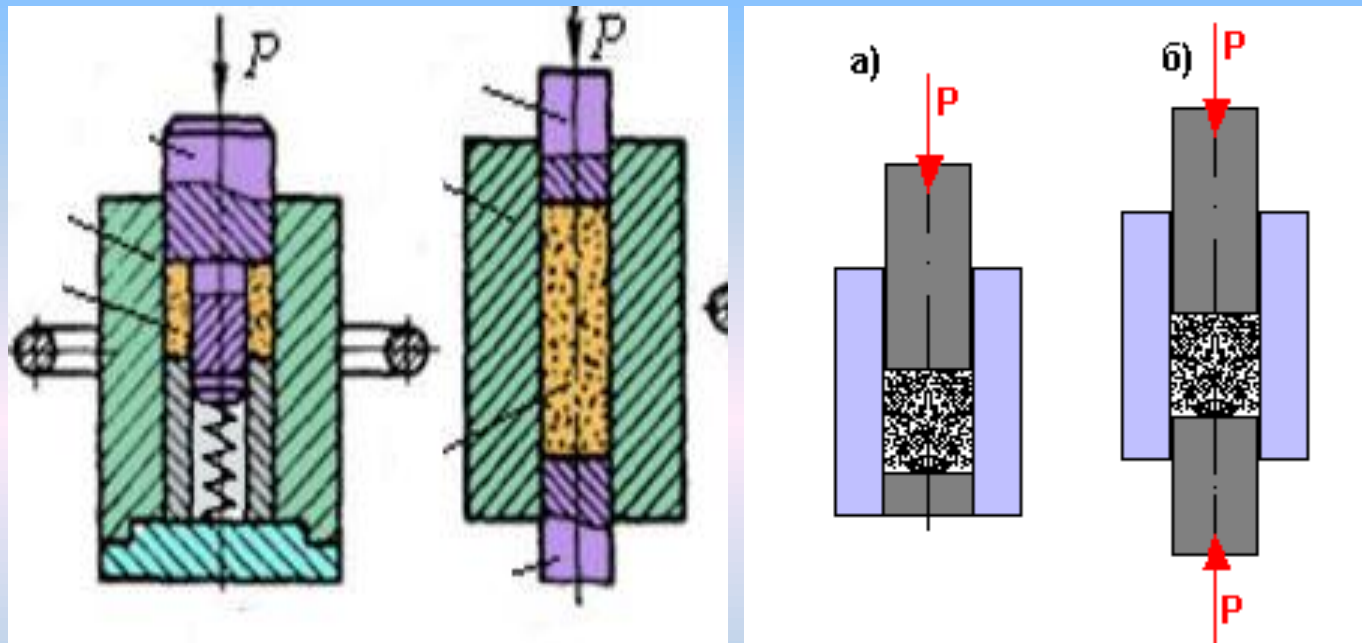
Схема простейшей пресс-формы для прессования цилиндрических заготовок



ФОРМОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

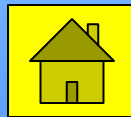
По характеру приложения нагрузки прессование бывает односторонним и двусторонним.

Недостатком односторонней схемы прессования является неравномерность распределения плотности, прочности, пористости по высоте заготовки.



А) одностороннее прессование б) двустороннее прессование

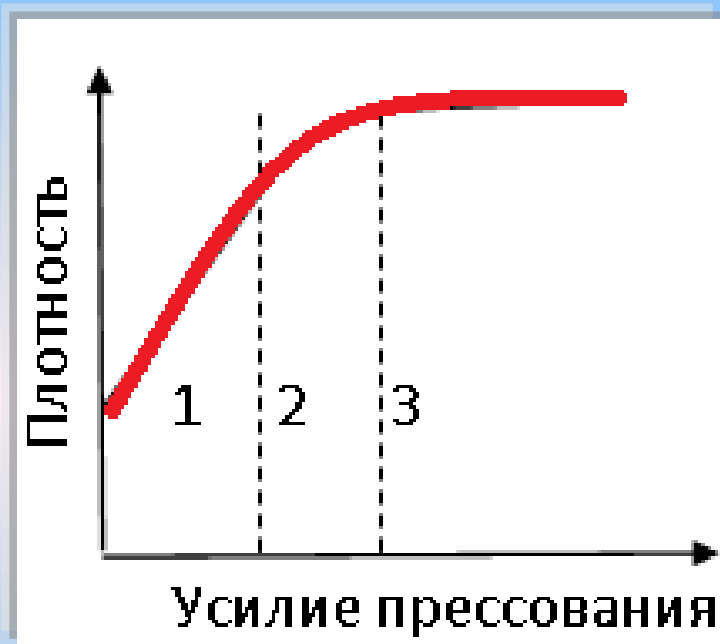
Таким способом получают заготовки простой конфигурации и малой высоты.



ФОРМОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Увеличение плотности заготовки с возрастанием удельного давления прессования происходит неравномерно

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



Зависимость плотности прессовок от давления прессования

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 (прессовка — заготовка, полученная из порошка).

С увеличением удельного давления прессования пористость уменьшается.



ДВУХСТОРОННЕЕ ПРЕССОВАНИЕ

Двустороннее прессование осуществляется с помощью двух движущихся пуансонов

Пресс-форма состоит из матрицы 3, в которую засыпают порошок 2. Двустороннее прессование осуществляют при помощи двух движущихся навстречу друг другу пуансонов 1.

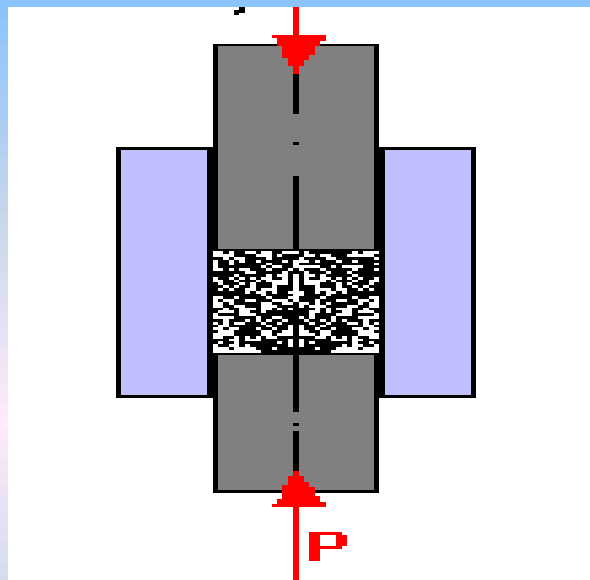


Схема двустороннего прессования

Двустороннее прессование применяют для формообразования 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.

[1.mp4](#)

Вибрационное прессование позволяет существенно уменьшить рабочее давление.



ДВУХСТОРОННЕЕ ПРЕССОВАНИЕ

После холодного прессования заготовка представляет собой конгломерат порошинок, между которыми нет металлической связи.

Форму заготовка сохраняет за счет механического зацепления между порошинками. Прочность изделия, изготовленного методом порошковой металлургии, обеспечивается спеканием.

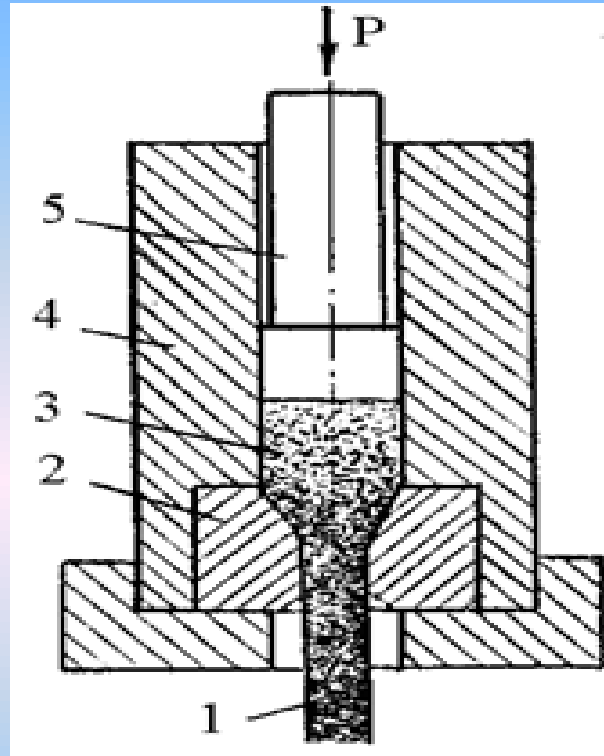


Схема формования заготовок экструзией

Формообразование заготовок из порошков осуществляют также экструзией, выдавливанием **шихты 3**, засыпанной в **матрицу 2**, которая находится в **контейнере 4**, с помощью **пуансона 5** через отверстия разного сечения

В этом случае порошок смешивают с пластификатором в соотношении, которое обеспечивает шихте консистенцию пластилина. Этим способом изготавливают прутки, профили разного сечения, трубки.



Прокатка порошков

Следующим способом получения изделий из порошков является прокатка порошков между горизонтально расположенными валками

В этом случае порошок 2 непрерывно поступает из бункера 1 в пространство между валками 3. При вращении валков имеет место сжатие и вытягивание порошка в полосу 2 определенной толщины и ширины.

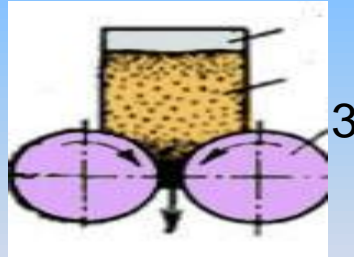


Схема прокатки порошков

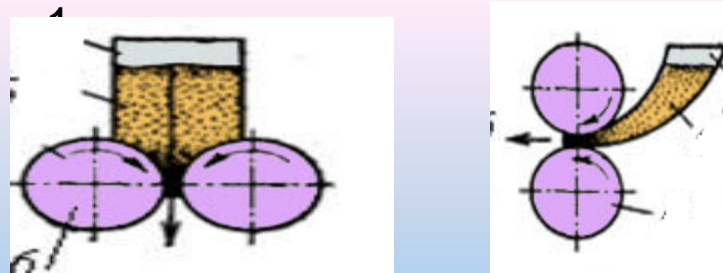


Схема прокатки порошков

Прокаткой можно получить двухслойные заготовки. Для этого в бункере устанавливают перегородку, чтобы разделить его на две секции для двух потоков порошков 2

Для повышения плотности и улучшения механических свойств лента подвергается многократной прокатке с промежуточным нагревом.

Прокатка позволяет получать из порошковых материалов однородные по плотности изделия любой длины



ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ

Для высокоплотных формовок используется прессование, при котором условия сжатия материала близки к всестороннему.

Эта технология получила название **изостатического прессования**. Существует два его вида: **гидростатическое и газостатическое**.

При изостатическом прессовании порошка его помещают в эластичную или деформируемую оболочку. Получаемые формовки отличаются практически однородной плотностью (иногда во внутренних объемах формовки она несколько меньше) и не имеют выраженной анизотропии свойств.

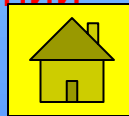


Гидростатическое
прессование



Установка для газостатического
прессования

Недостатком метода является сложность и дороговизна оборудования, трудности при соблюдении точности размеров формовки.



ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ

Гидростатическое прессование

Гидростатическое прессование производят при использовании резиновых или других эластичных оболочек толщиной 0,1–2 мм. Оболочку 2 с порошком 3 помещают в рабочую камеру 1 гидростата и нагнетают туда жидкость (масло, вода, глицерин и др.) под высоким давлением (от 100 до 1200 МПа)

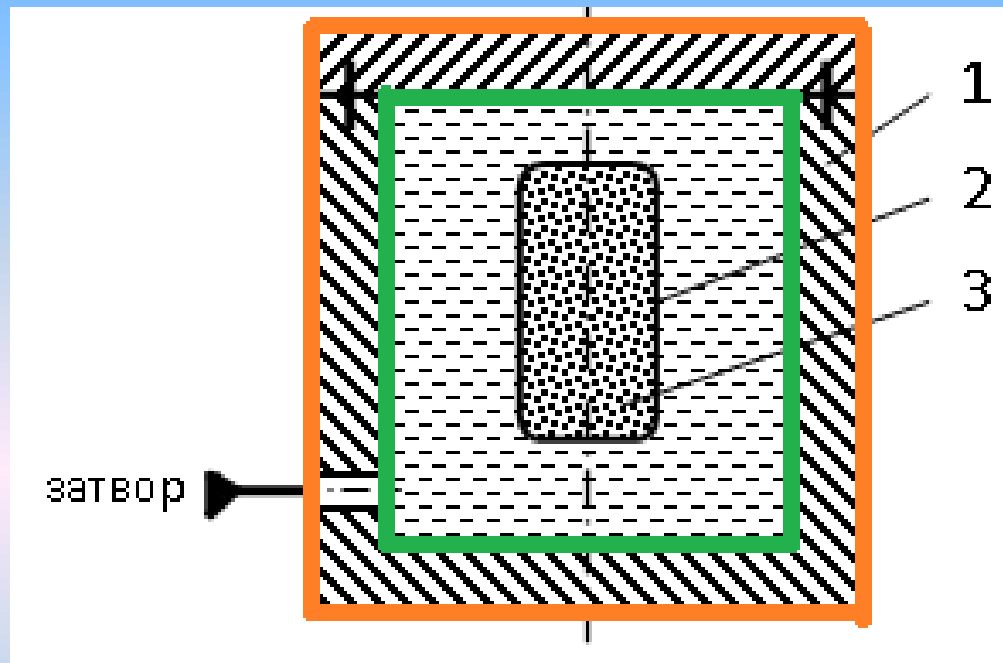


Схема гидростатического формования

Получаемые формовки могут иметь сложную форму.



ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ

Газостатическое прессование

Газостатическое прессование осуществляют с использованием металлических оболочек (капсул) из алюминия или пластичных сталей. Форма оболочек простая, максимально приближенная к готовым изделиям.



Газостатические прессы

Газостатическому прессованию часто подвергают уже полученную ранее другими методами заготовку. Металлическую капсулу помещают в газостат, в рабочей камере которого создают давление до 200–300 МПа.

При газостатическом прессовании может сочетаться высокое давление с повышенной температурой, что позволяет в ряде случаев совместить процесс формования и спекания.

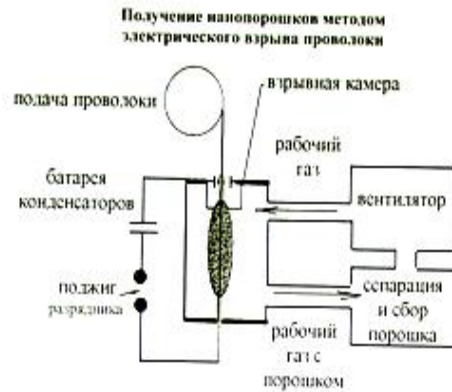


МЕТОД ВЗРЫВА

Разновидностью всестороннего прессования является метод взрыва

Он заключается в том, что порошок засыпают в металлическую оболочку, помещённую в жидкость, и подвергают равномерному и всестороннему сжатию мгновенно приложенным давлением, которое создается за счет взрыва.

Получение нанопорошков электрическим взрывом



. Взрыв обеспечивает высокое давление, в результате чего пористость прессовок существенно снижается. Путем прессования взрывом можно получать изделия из порошков титана, алюминия, железа, меди и других металлов.

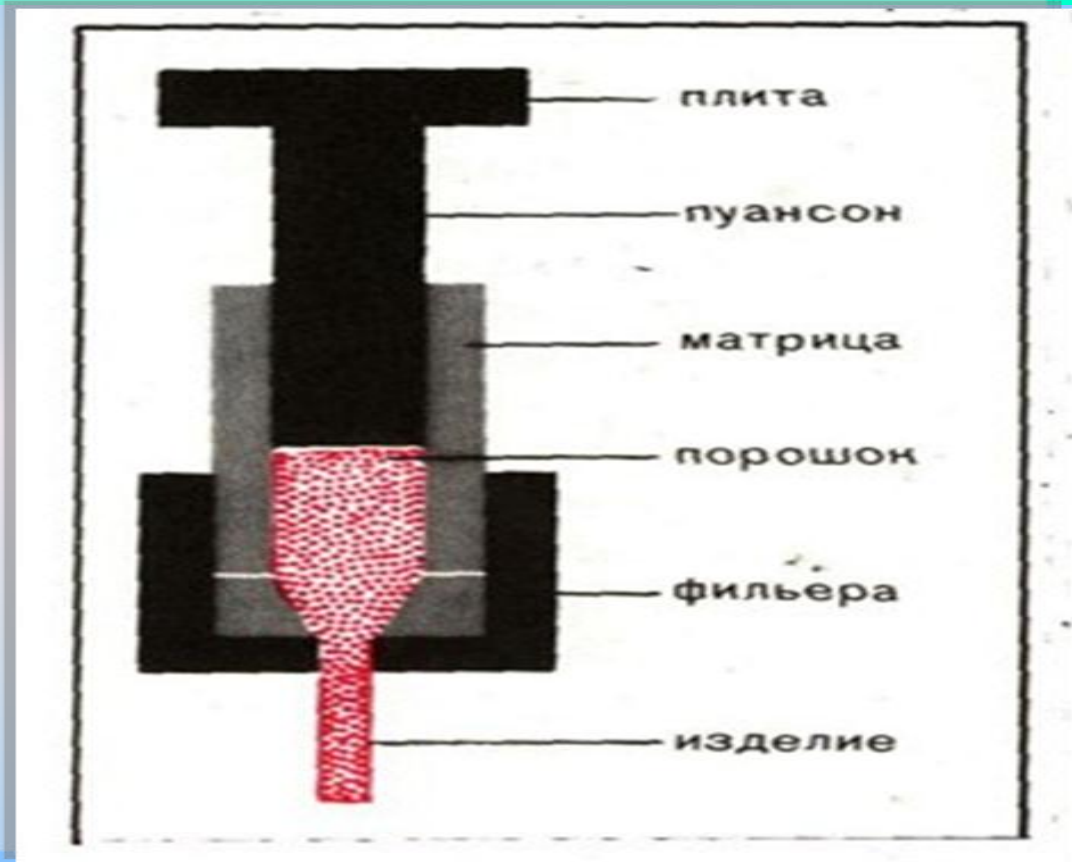
Для производства длинных изделий, например, прутков, труб, лент проводят мундштучное прессование



МУНДШТУЧНОЕ ПРЕССОВАНИЕ

Мундштучное прессование – это метод формообразования длинных изделий постоянной толщины или диаметра путем непрерывного прессования порошковой шихты в открытых пресс-формах.

Суть этого метода заключается в том, что шихта 6, содержащая ~ 10 % пластификатора, проталкивается пуансоном 1 под большим давлением через стальной стакан 2, конус 3 и матрицу 4 пресс-формы, где за счет трения о стенки конуса и матрицы происходит обжатие и уплотнение порошков



мундштучное прессование

Мундштучным прессованием можно получить спрессованную заготовку 5 различного профиля.



МУНДШТУЧНОЕ ПРЕССОВАНИЕ

Преимуществом мундштучного прессования является возможность получения изделий большой длины с равномерной плотностью

Причем не только из пластичных порошков, но и из порошков твердых и тугоплавких материалов, интерметаллидных соединений (химические соединения металлов с металлами), из материалов на основе окислов металлов.



Методом мундштучного прессования из порошков вольфрама, молибдена, твердых сплавов и разных тугоплавких химических соединений производят трубы, стержни, ленты и др.

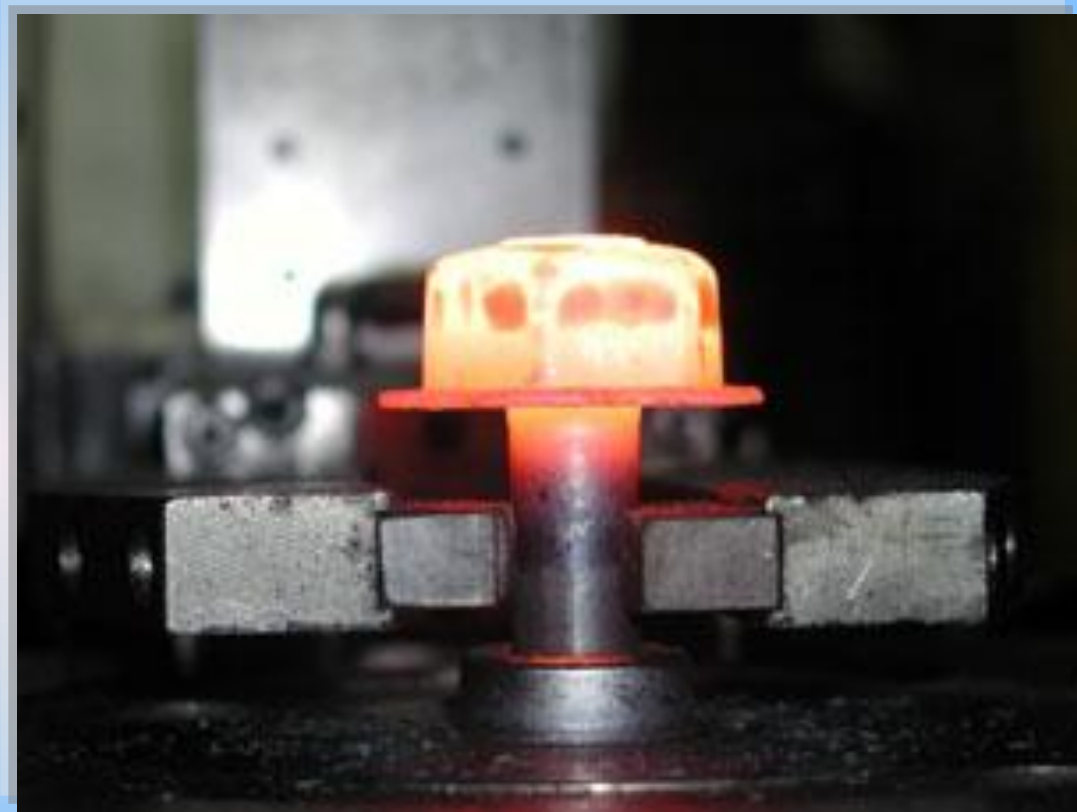
[2.mp4](#)



ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ

При *горячем прессовании* технологически совмещают процессы формообразования и спекания заготовки.

Благодаря нагреву процесс уплотнения протекает гораздо интенсивнее, чем при обычном прессовании. Методом горячего прессования можно получать изделия с высокой прочностью и плотностью

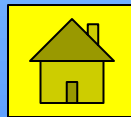


Этот метод применяют для таких плохо прессуемых и плохо спекаемых композиций, как тугоплавкие металлоподобные соединения. После всех перечисленных видов прессования, за исключением горячего прессования, следует операция спекания.



Контрольные вопросы

1. Как осуществляется формование заготовок?
2. Какая существует связь между удельным давлением прессования и плотностью заготовки?
3. В чем преимущество двустороннего прессования по сравнению с односторонним?
4. Как осуществляется формообразование экструзией?
5. В чем особенности получения изделий из порошков с помощью прокатки?
6. Какие заготовки получают прокаткой порошков?
7. Какие известны виды изотермического формования?
8. В чем заключается прессование взрывом?
9. Что такое мундштучное прессование?
10. Преимущество мундштучного прессования.
11. Какие изделия получают методом горячего прессования?



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Цель спекания – повышение прочности и плотности, уменьшение пористости и придания изделиям необходимых физико-механических свойств.

Спекание производят в твердых и жидких фазах. Как правило, процесс спекания проходит при температуре ниже температуры плавления самого низкоплавкого компонента (спекание в твердой фазе) $T_{\text{спек}} = (0,7-0,8)T_{\text{пл}}$.



Высокотемпературная печь для спекания

При спекании имеют место диффузионные процессы, вследствие чего между порошинками устанавливается металлический контакт, зарастают поры. При спекании одновременно возрастают и прочность, и пластичность. Повышение пластичности главным образом связано с уменьшением количества пор, которые являются концентраторами напряжений.

Но в связи с тем, что поры все-таки в изделиях из порошков сохраняются, прочность и удельный вес порошковых изделий ниже, чем из идентичных компактных материалов. Материал порошков также влияет на свойства готовых изделий.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Процесс спекания осуществляется, как правило, в восстановительной или защитной атмосфере, чтобы избежать окисления металла не только снаружи, но и внутри

Восстановительной средой могут быть природный газ, пропан, диссоциированный аммиак, водород и другие газы.



В ряде случаев, особенно когда требуются высокие показатели механических свойств, температура спекания должна быть выше температуры плавления наиболее легкоплавкой составляющей, то есть спекание происходит при наличии жидкой фазы

Расплавленный металл заполняет поры, выполняя роль связки. Прочность и пластичность при этом существенно повышаются.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

После спекания изделия из порошков в зависимости от назначения и предъявленных к ним требований поступают непосредственно в эксплуатацию или подвергаются дополнительной обработке: калибровке, разным видам термической и химико-термической обработки, механической обработке.

Основные преимущества порошковой металлургии:

- получение таких сплавов, которые невозможно изготовить другими способами, например, из металлов с большой разницей в температурах плавления ($W + Ag$, $W + Cu$ и др.), из металлов и неметаллов ($Cu + \text{графит}$);
- как правило, исключение механической обработки;
- возможность изготовления дешевых заменителей дорогих материалов;
- большая экономия металла за счет использования отходов (окалина, стружка);
- получение металлов со специальными физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, которых нельзя достичь в литых, кованных и катаных металлах и сплавах.



СПЕКАНИЕ ЗАГОТОВОК

Порошковую металлургию используют ограниченно, чаще всего всего в массовом и серийном производстве из-за высокой стоимости пресс-форм.

Кроме того, применение этого метода ограничено возможностью изготовления изделий только простой формы с определенными отношениями высоты к диаметру.



Метод порошковой металлургии используется при изготовлении конструкционных деталей, твердых режущих сплавов, анти-фрикционных, фрикционных, пористых (фильтры), электромеханических материалов (контакты, магниты) и т. д.



Контрольные вопросы

1. С какой целью проводят спекание?
2. Как выбирается температура спекания в жидкой и твердой фазе?
3. Какие операции следуют после спекания?
4. Назвать области применения изделий из порошков.



На самостоятельную работу выносятся:

Преимущества и ограничения порошковой металлургии?

Литература

Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение /И.П. Гладкий,В.И.Мощенок,В.П.Тарабанова - Х.:ХНАДУ,2014.-576с.

Лахтин Ю.М. Материаловедение: учебн. для машиностроительных вузов/Ю.М.Лахтин,В.П.Леонтьева.-М.:Машиностроение,1990.-528с.

<http://dl.khadi.kharkiv.edu/course/view>. Логин: glushkova639



Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect2_1M_TKMIM_GDB_10.02.15**