

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ»

УНК пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

Кафедра [пожарной, аварийно-спасательной техники и специальных технических средств](https://uigps.ru/ob-institute/struktura/kafedry/kafedra-pozharnoy-tekhniki/)

 **РЕФЕРАТ**

**Металлическая керамика**

Выполнил:

 студент группы СЭв-122 Белоглазова Е.С.

Проверил:

 К.ф.-м.н., доцентр кафедры В.А. Калентьев

Екатеринбург 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

[Введение 4](#_Toc120056096)

[1. Виды порошковых материалов 5](#_Toc120056097)

[1.1 Порошковые материалы 5](#_Toc120056098)

[1.1.1 Химические свойства 8](#_Toc120056099)

[1.1.2 Физические свойства 10](#_Toc120056100)

[1.1.3 Технологические свойства 13](#_Toc120056101)

[1.2. Нано-порошковые и порошковые материалы 15](#_Toc120056102)

[2. Сферы применения порошковых материалов 18](#_Toc120056103)

[3. Порошковая металлургия 20](#_Toc120056104)

[4. Конструкционные порошковые материалы 28](#_Toc120056105)

[5. Пористые и компактные порошковые материалы 29](#_Toc120056106)

[6. Применение порошковых материалов 33](#_Toc120056107)

[Список источников 34](#_Toc120056108)

# Введение

Порошковая металлургия занимается изготовлением металлических порошков и разнообразных изделий из них. Характерной особенностью порошковой металлургии как промышленного метода изготовления различного рода материалов является применение исходного сырья в виде порошков, которые затем прессуются (формуются) в изделия заданных размеров и подвергаются термической обработке (спеканию), проводимой при температурах ниже температуры плавления основного компонента шихты.

Порошковая технология - это широкая область получения дисперсных тел, применяемых в разнообразных отраслях производства - порошковой металлургии, керамической промышленности, получении пищевых и лекарственных продуктов, удобрений, топлива, строительных материалов и др. Вследствие некоторого внешнего сходства технологии порошковой металлургии с технологией керамического производства, изделия, изготавливаемые методами порошковой металлургии, широко известны также под названием металлокерамических.

#

# 1. Виды порошковых материалов

1.1 Порошковые материалы

Порошковые материалы - изготовленные методом, порошковой металлургии -технологическим процессом, охватывающим производство порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединении, а также изделий из них или их смесей неметаллическими порошками.

Порошковые материалы применяются в различных областях техники в следующих случаях: когда требуются материалы (со специальными свойствами), которые невозможно получить другими методами производства, когда в результате особенностей изготовления Порошковые материалы имеют более высокие качественные показатели, чем материалы, полученные по традиционной технологии (литьё, деформация) когда при получении изделий из порошков улучшаются технико-экономические показатели производства по сравнению с традиционной технологией (сокращение расхода сырья, упрощение технологии, уменьшение затрат на оборудование, рабочую силу и т. п.).

Порошковые материалы классифицируют по назначению (жаропрочные, коррозионностойкие, магнитные, антифрикционные, контактные, фрикционные и др.), по плотности (плотные, пористые), по химическому составу (чистые материалы, сплавы) по технологии получения (спечённые, компактированные).

Для получения Порошковые материалы применяются следующие технологические методы: твердофазное спекание, спекание в присутствии жидкой фазы, пропитка, горячее прессование, горячее изостатическое прессование. порошковый материал металлургия конструкционный

Первые четыре метода основаны на получении порошковой шихты путём смешивания компонентов, их прессования и последующего горячего спекания (или только горячего прессования); в ряде случаев применяется дополнительная обработка спечённых изделий (повторное прессование и т. п.).

Эта схема является основной для получения П. м. По такой технологии изготовляют многие изделия из П. м. (главным образом небольшие -- массой 0,5--5 кг): пористые подшипники, фрикционные изделия, фильтры, твёрдые сплавы, магниты, контакты, изделия из тугоплавких металлов, изделия из жаропрочных сплавов (главным образом дисперсноупрочнённого типа на основе никеля и алюминия), ферриты, сварочные электроды, различные детали машин и приборов.

Однако такая схема не может обеспечить получение абсолютно плотного (беспористого) П. м., для этого требуется дополнительная деформация.

В последние годы интенсивно развивается новый технологический процесс получения авиационных материалов конструкционного назначения -- металлургия гранул никелевых, титановых и алюминиевый сплавов (см. Гранулируемые сплавы). Процесс основан на получении микрослитков заданного химического состава, кристаллизирующихся с высокой скоростью охлаждения, и их последующем компактировании путём изостатического прессования. Полученные прессовки (массой до 0,5--2 т) могут быть использованы как готовые изделия или как заготовки для последующей деформации.

Высокая скорость охлаждения при кристаллизации позволяет вводить в сплавы повышенные количества легирующих добавок, то есть создать новый класс порошковых материалов.

Высоколегированные порошковые материалы характеризуются равномерной мелкозернистой структурой, отсутствием пор, высоким уровнем механических свойств; применяются для изготовления деталей двигателя (диски из никелевых П. м. и др.) и фюзеляжа самолёта (детали кабины сверхзвуковых самолётов из алюминиевых П. м. и др.).бикЮ Металлургия гранул позволяет значительно расширить объём применения П. м.

1.1.1 Химические свойства

Химические свойства порошков зависят от содержания основного металла или основных компонентов, входящих в состав комплексных порошков, а также от содержания примесей, различных механических загрязнений и газов. Также важными химическими особенностями порошков являются их воспламеняемость, взрываемость и тоскичность.

Содержание основного металла в порошке или сумма основных компонентов сплава составляет обычно более 98-99%, что для последующего изготовления большинства порошковых материалов достаточно. В некоторых случаях при производстве изделий с особыми свойствами (например, магнитными) применяют более чистые металлические порошки.

Предельное количество примесей в порошках определяется допустимым содержанием их в готовой продукции. В металлических порошках содержится значительное количество газов (кислорода, водорода, азота и др.) как адсорбированных на поверхности, так и попавших внутрь частиц в процессе изготовления или при последующей обработке.

Воспламеняемость порошка связана с его способностью к самовозгоранию при соприкосновении с окружающей атмосферой, которая при относительно невысоких температурах может привести к воспламенению порошка или даже взрыву.

Пожароопасность зависит от химической природы и чистоты металла, крупности и формы частиц порошка, состояния их поверхности (пленки оксидов уменьшают пожароопасность, а шероховатость усиливает ее).

Воспламеняемость порошка зависит от того, находится ли он в свободно насыпанном состоянии (в виде аэрогеля) или в виде взвеси в окружающей атмосфере (в виде аэрозоля). Для аэрогелей определяют температуры самонагревания, тления, самовоспламенения, а также энергию воспламенения.

Взрываемость порошка. Сверхвысокие скорости химического взаимодействия порошка с кислородом приводят к почти мгновенному выделению энергии, которое сопровождается образованием и распространением взрывной волны (происходит взрыв).

Металлические порошки, располагающиеся слоем (аэрогели), не способны взрываться. Поэтому, рассматривая взрываемость порошков, имеют в виду взрываемость аэрозолей, т.е. взвеси металлических частиц в газе.

Характеристики взрываемости зависят от дисперсности металлического порошка, степени его окисленности и содержания кислорода в газовой фазе.

Токсичность порошка. Практически пыль любоко из металлов, в том числе и совершенно безвредных в компактном состоянии, воздействует на человека и может вызвать патологические изменения в его организме, фиброгенные и аллергические заболевания. Степень опасности для здоровья человека металлических пылей зависит от их химического состава и степени окисленности, размера частиц, их концентрации, длительности воздействия, путей проникновения в организм и т.д. Технологические и санитарно-технические мероприятия должны поддерживать в производственных помещениях концентрацию пыли на уровне ниже нормы ПДК.

Согласно заданию дан порошок ПХ30-1, полученный методом восстановления. Его химический состав: 70% железа, 30% хрома.

1.1.2 Физические свойства

К физическим свойствам порошка относятся форма и размер частиц, гранулометрический состав, удельная поверхность частиц, пикнометрическая плотность и микротвердость.

Форма и размер частиц. В зависимости от химической природы металла и способа получения, частицы порошка могут иметь различную форму – сферическую (карбонильные), каплеобразную (распыленные порошки), губчатую (восстановленные), тарельчатую (при размоле в вихревых мельницах), дендритную (электролитические), осколочную (при размоле в шаровых и вибромельницах), волокнистую и лепесткововидную (получение при плющении).

Форма частиц порошков оказывает большое влияние на насыпную плотность и прессуемость, а также на плотность, прочность и однородность прессовок.

В зависимости от метода получения порошков их размеры могут колебаться в больших пределах. В связи с этим порошки классифицируются на ультратонкие с размером частиц до 0,5 мкм; весьма тонкие – от 0,5 до 10 мкм; тонкие – от 10 до 40 мкм; средней тонкости – от 40 до 150 мкм и крупные (грубые) – свыше 150 мкм.

Гранулометрический состав. Размер частиц является важнейшей технологической характеристикой порошков. Величина частиц, а особенно так называемый набор зернистости, т.е. соотношение количества частиц разных размеров (фракций) выраженное в процентах, называется гранулометрическим составом. Данные по гранулометрическому составу входят в качестве обязательного требования к техническим условиям на порошки. От размера частиц порошков в сочетании с другими свойствами зависят насыпная плотность, давление прессования, усадка при спекании, механические свойства готовых изделий.

Существует несколько методов определения гранулометрического состава порошков: ситовый анализ, микроскопический метод, седиментация и др. Самым простым и наиболее распространенным является ситовый анализ, который состоит в просеивании пробы порошка через набор сит, взвешивании отдельных фракций и расчета их процентного содержания .

Удельная поверхность частиц. Под удельной поверхностью порошкообразных тел понимается суммарная поверхность всех частиц порошка, взятого в единице объема или массы.

Удельная поверхность зависит от размера и формы частиц, а также от степени развитости их поверхности. Удельная поверхность возрастает с уменьшением размера частиц, усложнением формы и увеличением шероховатости поверхности.

Удельная поверхность – важная характеристика, которая определяет поведение порошкового материала при основных технологических операциях – прессовании и спекании.

Наиболее часто для определения показателя удельной поверхности применяют методы измерения его газопроницаемости и адсорбции.

Пикнометрическая плотность. Исследование плотности металлических порошков в зависимости от метода их получения показывает, что фактическая плотность частиц порошка значительно отличается от плотности, вычисленной на основе рентгенографических данных при определении кристаллографической структуры металлического порошка. Это различие в плотности объясняется наличием в металле порошка значительной внутренней пористости, дефектов, оксидов и т.п. Поэтому в практике порошковой металлургии важное значение приобретает фактическая плотность, которую определяют пикнометрическим методом.

Микротвердость частиц порошка позволяет косвенно оценивать их способность к деформированию. Ее величина зависит от природы и химической чистоты металла, а также от условий предварительной обработки порошка, изменяющей структуру его частиц. Деформируемость имеет важное значение для оценки технологических свойств порошков, главным образом их прессуемости.

Микротвердость частиц порошка определяют по методу Виккерса, т.е. вдавливанием алмазной пирамиды в исследуемый материал с целью прогнозирования поведения порошка при прессовании и для разработки новых материалов.

1.1.3 Технологические свойства

Под технологическими свойствами порошков понимается их насыпная плотность, текучесть, уплотняемость, прессуемость и формуемость.

Насыпная плотность порошка – масса единицы объема порошка при свободной насыпке.

Насыпная плотность выражает способность порошка к укладке и зависит от плотности металла (сплава) и фактического заполнения порошком объема. Плотность укладки частиц порошка в объеме определяется его дисперсностью, формой и удельной поверхностью частиц. Поэтому насыпная плотность порошка из одного металла (в зависимости от метода получения) может иметь различное значение.

Текучесть порошка – способность порошка с определенной скоростью вытекать из отверстия. Этот показатель важен для организации процесса автоматического прессования заготовок. По стандарту текучесть выражают числом секунд, за которое 50 г порошка вытекает через колиброванные отверстия конусной воронки.

Уплотняемость – способность уменьшать занимаемый объем порошкового материала под воздействием давления или вибрации. По стандарту эта характеристика оценивается по плотности прессовок, изготовленных при давлениях прессования в цилиндрических прессформах с заданным диаметром.

Прессуемость – способность образовывать тело при прессовании, которое имеет заданные размеры и форму.Формуемость – способность сохранять приданную ему под воздействием давления форму в заданном интервале пористости. Формуемость порошка в основном зависит от формы, размеров и состояния поверхности частиц. Как правило, порошки с хорошей формуемостью обладают не очень хорошей прессуемостью, и наоборот. Чем выше насыпная плотность порошка, тем хуже формуемость и лучше прессуемость.

По заданию дан порошок марки ПХ30-1, насыпная плотность которого составляет 2,14 г/см3.

1.2. Нано-порошковые и порошковые материалы

Порошки вырабатываются механическим измельчением или распылением жидких исходных металлов, высокотемпературным восстановлением и термической диссоциацией летучих соединений, электролизом и другими методами. Изделия получают обычно прессованием с последующей или одновременно термической, термохимической обработкой без расплавления основного компонента. Методы порошковой металлургии позволяют изготавливать изделия из материалов, получение которых другими способами невозможно (например, из несплавляющихся металлов, композиций металлов с неметаллами) или экономически невыгодно. С помощью порошковой металлургии получают тугоплавкие и твердые материалы и сплавы, пористые, фрикционные и другие материалы и изделия из них.

Порошковая металлургия, область техники, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них (или их смесей с неметаллическими порошками) без расплавления основного компонента. Технология включает следующие операции: получение исходных металлических порошкови приготовление из них шихты (смеси) с заданными химическим составом и технологическими характеристиками; формование порошков или их смесей в заготовки с заданными формой и размерами (главным образом прессованием); спекание, т. е. термическую обработку заготовок при температуре ниже точки плавления всего металла или основной его части. После спекания изделия обычно имеют некоторую пористость (от нескольких процентов до 30-40%, а в отдельных случаях до 60%). С целью уменьшения пористости (или даже полного устранения её), повышения механических свойств и доводки до точных размеров применяется дополнительная обработка давлением (холодная или горячая) спечённых изделий; иногда применяют также дополнительную термическую, термохимическую или термомеханическую обработку.

Порошковая металлургия имеет следующие достоинства:

1. Возможность получения таких материалов, которые трудно или невозможно получать др. методами. К ним относятся: некоторые тугоплавкие металлы (вольфрам, тантал); сплавы и композиции на основе тугоплавких соединений (твёрдые сплавы на основе карбидов вольфрама, титана и др.): композиции и т. н. псевдосплавы металлов, не смешивающихся в расплавленном виде, в особенности при значительной разнице в температурах плавления (например, вольфрам - медь); композиции из металлов и неметаллов (медь - графит, железо - пластмасса, алюминий - окись алюминия и т.д.); пористые материалы (для подшипников, фильтров, уплотнений, теплообменников) и др.

2. Возможность получения некоторых материалов и изделий с более высокими технико-экономическими показателями. П. м. позволяет экономить металл и значительно снижать себестоимость продукции (например, при изготовлении деталей литьём и обработкой резанием иногда до 60-80% металла теряется в литники, идёт в стружку и т.п.).

3. При использовании чистых исходных порошков можно получить спечённые материалы с меньшим содержанием примесей и с более точным соответствием заданному составу, чем у обычных литых сплавов.

4. При одинаковом составе и плотности у спечённых материалов в связи с особенностью их структуры в ряде случаев свойства выше, чем у плавленых, в частности меньше сказывается неблагоприятное влияние предпочтительной ориентировки (текстуры), которая встречается у ряда литых металлов (например, бериллия) вследствие специфических условий затвердевания расплава. Большой недостаток некоторых литых сплавов (например, быстрорежущих сталей и некоторых жаропрочных сталей) - резкая неоднородность локального состава, вызванная ликвацией при затвердевании. Размеры и форму структурных элементов спечённых материалов легче регулировать, и главное, можно получать такие типы взаимного расположения и формы зёрен, которые недостижимы для плавленого металла. Благодаря этим структурным особенностям спечённые металлы более термостойки, лучше переносят воздействие циклических колебаний температуры и напряжений, а также ядерного облучения, что очень важно для материалов новой техники.

Нано-порошки все чаще находят применения в качестве наполнителей для новых материалов и композитов, компонентов многих покрытий, катализаторов, материалов для электроники. Методов получения нано-порошков немало, но все они грешат двумя основными недостатками: БикЮ во-первых, требуют дорогостоящего оборудование, и при этом с трудом поддаются масштабированию до промышленных объемов производства.

Получить качественные тонкодисперсные порошки в промышленных объемах можно на планетарных мельницах.

Новый подход обеспечит высокие объемы производства (до нескольких тонн в час), при низкой себестоимости и высокой чистоте продукта.

Сейчас разрабатываются мельницы для крупномасштабного производства порошков с контролируемыми свойствами частиц.

2. Сферы применения порошковых материалов

Прежде чем переходить к конкретным сферам использования композиционных порошковых материалов, следует определить, что порошковые материалы предназначены для изготовления деталей малых размеров и симметричной формы. Это объясняется тем, что при изготовлении этих деталей (цилиндрических, конических) необходимо равномерное заполнение пресс-формы порошком, а также его уплотнение и прессование для получения готового изделия определенных параметров и характеристик. Счетчик банкнот также являются компактным изделием, но технология его производства несколько иная.

Порошковые материалы классифицируются на пористые и компактные. В пористых материалах после окончательной обработки сохраняется до 30% пористости, и такие материалы используются преимущественно для производства фильтров и так называемых антифрикционных деталей - подшипников и втулок. Эти изделия отличаются низким коэффициентом трения и пригодны к интенсивной эксплуатации, а масло, находящееся в порах подшипников, позволяет избежать их принудительного смазывания.

Порошковые материалы на основе меди применяют и для изготовления фрикционных изделий, таких как диски и сегменты тормозных узлов. К этим изделиям предъявляются повышенные требования, так как они должны обладать износостойкостью, прочностью и высоким коэффициентом трения. Свинцовая пломба наоборот должна быть мягкая. Для деталей тормозов автомобилей, самолетов и тракторов используются порошковые материалы на основе железа. Свое применение порошковые материалы нашли и в изготовлении фильтров, использующихся для очистки жидкостей от твердых примесей, а также в приборах связи и агрегатах для контактной сварки.

Компактные порошковые материалы, характеризующиеся 2-3%-ной пористостью и получаемые из углеродистой стали, бронзы, латуни и алюминия, являются не менее востребованными в различных сферах производства. В частности, компактные порошковые материалы используются в производстве шестеренок, корпусов подшипников и различных деталей машин. В приборостроении и электротехнической промышленности получили широкое применение порошковые сплавы на основе цветных металлов, легко подвергаемые механической обработке и обладающие теплопроводностью и коррозионной стойкостью. Для изготовления высоконагруженных стальных деталей порошковая технология, как правило, не пригодна, хотя в первую очередь, это относится к порошковым материалам с пористостью выше 3%. Исходя из этого, порошковая сталь используется преимущественно для изготовления мало нагружаемых изделий сложной формы.

3. Порошковая металлургия

Порошковая металлургия включает следующие основные группы технологических операций: получение исходных металлических порошков и приготовление из них шихты (смеси); компактирование порошков (или их смесей) в заготовки; спекание.

Получение.Порошки, используемые в порошковой металлургии, состоят из частиц размером 0,01-500 мкм. Получают порошки металлов (или их соединений) механическими и физико-химическими методами. К механическим методам относят измельчение твердых металлов или их соедидиспергирование жидких металлов или сплавов. Твердые тела измельчают в мельницах с мелющими телами (барабанные вращающиеся, вибрационные, планетарные мельницы), ударного действия (вихревые, струйные, центробежные) и с вращающимися частями (аттриторы, дисковые, кавитационные, молотковые, роторные). При измельчении в мельницах хрупких материалов частицы порошка имеют осколочную форму, при измельчении пластичных материалов-чешуйчатую. Измельченные порошки характеризуются наклепом (изменением структуры и свойств, вызванным пластической деформацией) и, как правило, подвергаются отжигу.

Диспергирование, или распыление, жидких металлов и сплавов осуществляют струей жидкости или газа. При распылении водой под высоким давлением используют форсунки разных форм. Свойства распыленных порошков зависят от поверхностного натяжения расплава, скорости распыления, геометрии форсунок и других факторов. Распыление водой часто проводят в среде азота или аргона. Распылением водой получают порошки железа, нержавеющих сталей, чугунов, никелевых и др. сплавов. При распылении струи расплава газом высокого давления на размер частиц влияют давление газа, диаметр струи металла, конструкция форсунки, природа сплава. В качестве распыляющего газа используют воздух. азот, аргон, водяной пар. Распыление металла осуществляют также плазменным методом или путем разбрызгивания струи металла в воду. Такими способами получают порошки бронз, латуней, олова, серебра, алюминия и др. металлов и сплавов.

Физико-химические методы получения металлических порошков включают: восстановление оксидов металлов углеродом. Водородом или углеводородсодержащими газами; металло-термические способы - восстановление оксидов, галогенидов или других соединений металлов др. металлами; разложение карбонилов металлов, металлоорганических соединений; электролиз водных растворов и расплавов солей. Порошки металлоподобных соединений получают теми же методами и, кроме того, синтезом из простых веществ.

Путем восстановления оксидов металлов производят порошки Fe, Co, Ni, W, Mo, Cu, Nb и других металлов. Частицы порошков имеют развитую поверхность. Разложением карбонилов металлов получают порошки Ni, Fe, W, Mo со сферической формой частиц. Электролиз водных растворов солей металлов применяют для приготовления порошков Fe, Cu, Ni, а электролиз расплавов солей - для получения порошков Ti, Zr, Nb, Та, Fe, U. В обоих случаях частицы порошков имеют дендритную форму.

Компактирование.Цель компактирования порошков - получение полуфабрикатов (прутки, трубы, ленты) либо отдельных заготовок, по форме приближающихся к конечным изделиям. Во всех случаях после компактирования порошок из сыпучего тела превращается в пористый компактный материал, обладающий достаточной прочностью для сохранения приданной ему формы при последующих операциях.

Основные виды компактирования - одно- и двустороннее прессование в жестких металлических матрицах, прокатка, изостатическое прессование жидкостью или газом, мундштучное прессование, шликерное литье, высокоскоростное прессование, в т. ч. взрывное, инжекционное формование. Компактирование может осуществляться при комнатной температуре (холодное прессование, прокатка) и при высоких температурах (горячее прессование, экструзия, прокатка).

Уплотнение порошка при прессовании происходит в результате движения частиц друг относительно друга, их послед. деформации или разрушения. При относительно больших давлениях порошки пластичных металлов уплотняются в основном благодаря пластической деформации, порошки хрупких металлов и их соединений - в результате разрушения и измельчения частиц. Спрессованные заготовки из порошков пластичных металлов гораздо более прочны, чем из хрупких. Для увеличения прочности последних в порошок перед прессованием вводят жидкое связующее.

Б. ч. порошков, особенно при производстве массовых изделий простой формы, прессуется в жестких металлических матрицах (прессформах) с использованием таблетировочных, ротационных и других механических и гидравлических прессов-автоматов. После заполнения матрицы порошок прессуется под давлением одного или нескольких пуансонов.

Прессование прокаткой - это непрерывное формование заготовок из порошков при помощи валков на прокатных станах. Подача порошка в валки может осуществляться под действием силы тяжести или принудительно. В результате прокатки получают пористые листы, ленты, профили.

При изостатическом прессовании порошок или пористые заготовки помещают в оболочку и подвергают всестороннему обжатию. Процесс включает заполнение оболочки, ее вакуумирование и заделку, собственно изостатическое прессование и декомпрессию оболочки. Разновидности изостатического прессования - гидро- и газостатическое прессование, рабочими средами (передающими давление) в которых служат соотв. жидкости или газы. Гидростатическое прессование производят, как правило, при комнатной температуре; газостатическое - при высоких температурах. С помощью изостатического прессования получают изделия сложной формы с максимально равномерной плотностью по всему объему.

Формование заготовок из смесей порошка с пластификатором путем продавливания их через отверстие в мундштуке или фильеру наз. мундштучным прессованием. Оно позволяет получать длинные заготовки с равномерной плотностью из труднопрессуемых порошков хрупких металлов и соединений. Пластификатор обеспечивает достаточную вязкость смеси и прочность заготовки.

Шликерное литье формование изделий из шликеров, представляющих собой однородные концентрир. суспензии порошков, обладающие высокими агрегативной и седиментационной устойчивостью, хорошей текучестью. Основные разновидности шликерного литья - литье в пористые формы, литье из термопластичных шликеров (горячее литье) и формование электрофоретическим методом. При литье в пористые формы поток всасывающейся в поры жидкости увлекает за собой частицы порошка, которые оседают на стенках пор формы. Термопластичный шликер при обычных условиях состоит из порошка и твердого термопластичного связующего. Смесь нагревают до температуры, при которой связующее становится вязким, заполняют форму вязким шликером и затем охлаждают до затвердевания массы. При электрофоретическом методе формование происходит путем постепенного наращивания слоя из частиц шликера, перемещающихся под воздействием электрического поля к электроду - форме и осаждающихся на ней.

Высокоскоростное (динамическое, импульсное, ударное) прессование осуществляют путем высокоскоростной деформации порошка. К нему относят взрывное, гидродинамическое, магнитно-импульсное прессование, некоторые виды ковки и штамповки, прессование на быстроходных прессах, копрах, молотах.

Спекание. Конечная операция порошковой металлургии -спекание - заключается в термообработке заготовок при температуре ниже температуры плавления хотя бы одного из компонентов. Его проводят с целью повышения плотности и обеспечения определенного комплекса механических и физико-химических свойств изделия. На начальной стадии спекания частицы проскальзывают друг относительно друга, между ними образуются контакты, происходит сближение центров частиц. На этой стадии скорость увеличения плотности (усадки) максимальна, но частицы еще сохраняют свою индивидуальность. На следующей стадии пористое тело м. б. представлено совокупностью двух взаимно проникающих фаз - фазы вещества и "фазы пустоты". На заключительной стадии пористое тело содержит изолированные поры и уплотнение происходит в результате уменьшения их числа и размеров. Спекание многокомпонентных систем осложняется взаимной диффузией. В этом случае спекание может происходить и с образованием жидкой фазы (жидкофазное спекание).

Спекание, как правило, проводят в защитной (чаще всего инертные газы) или восстановительной (водород, углеводородсодержащие газы) средах, а также в вакууме. Нагрев изделий осуществляют в электропечах (вакуумных, колпаковых, муфельных, толкательных, конвейерных, проходных, шахтных, с шагающим подом и др.), индукционных печах, прямым пропусканием тока. Спекание и прессование могут быть совмещены в одном процессе (спекание под давлением, горячее прессование).

Материалы и изделия. Получаемые методами порошковой металлургии материалы называют порошковыми. Эти материалы условно подразделяют на конструкционные, триботехнические, фильтрующие, твердые сплавы, высокотемпературные, электротехнические, с особыми ядерными свойствами и др.

Из конструкционных порошковых материалов изготовляют детали машин, механизмов и приборов, например шестерни, фланцы, зубчатые колеса, седла и корпуса клапанов, муфты, эксцентрики, кулачки, шайбы, крышки, корпуса подшипников, детали насосов, различные диски, втулки и др. Основные требования к этим порошковым материалам - повышенные механические свойства и экономичность. Детали из конструкционных порошковых материалов подразделяют на ненагруженные, мало-, средне- и сильнонагруженные, а по типу материала - на основе железа или сплавовцветных металлов.

К триботехническим относятся антифрикционные материалы и фрикционные материалы. Оптимальные структуры анти-фрикционных материалов - тведрая матрица и мягкий наполнитель. Для создания такой структуры наиболее эффективен именно метод порошковой металлургии Получаемые этим методом антифрикционные изделия обладают низким и стабильным- коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью, высокой износостойкостью, хорошей сопротивляемостью схватыванию. Изделия из порошковых антифрикционных материалов являются самосмазывающимися. Твердая смазка (напр., графит, селениды, сульфиды) заключена в порах самого изделия. Антифрикционные порошковые материалы могут использоваться как для изготовления объемных элементов, так и в качестве покрытий, нанесенных на подложки. Характерный пример изделий из порошковых антифрикционных материалов - подшипники скольжения.

Фрикционные порошковые материалы используют в узлах, передающих кинетическую энергию. Эти материалы обладают высокой износостойкостью, прочностью, теплопроводностью, хорошей прирабатываемостью. Порошковые фрикционные материалы чаще всего состоят из металлических и неметаллических компонентов. При этом металлические составляющие обеспечивают высокую теплопроводность и прирабатываемость, а неметаллические (SiO2, A12O3, графит и др.) повышают коэффициент трения и уменьшают склонность к заеданию.

Фильтры из порошковых материалов по сравнению с др. пористыми изделиями обладают рядом преимуществ: высокой степенью очистки при удовлетворительной проницаемости, высокими жаростойкостью, прочностью, сопротивлением абразивному износу, теплопроводностью и др. Фильтры изготовляют спеканием свободно насыпанных или спрессованных порошковбронзы, нержавеющей стали, никеля, титана, железа. Методы порошковой металлургии позволяют изготовлять фильтры с изменяемой и регулируемой пористостью, проницаемостью и степенью очистки. Фильтры, наряду с пористыми подшипниками, составляют главную часть пористых изделий из порошковых материалов. Методами порошковой металлургии изготовляют также пористые уплотнительные прокладки, антиобледенители, пламегасители, конденсаторы, пеноматериалы и «потеющие» материалы.

Изделия из порошковых твердых сплавов, состоящих из твердых тугоплавких карбидов и пластичного металлического связующего, получают путем прессования смесей порошков и жидкофазного спекания. Твердые сплавы подразделяются на содержащие WC (или его твердые растворы с др. карбидами) и безвольфрамовые (на основе TiC и др. тугоплавких соед.); они обладают высокой твердостью, прочностью, износостойкостью. Из твердыхсплавов изготовляют инструменты для резания металлов и др. материалов, штамповки, обработки давлением, для бурения горных пород. Свойства многих инструментов из твердых сплавов существенно улучшаются при нанесении на поверхность изделий тонких (толщиной в несколько мкм) покрытий из тугоплавких соединений.

К высокотемпературным порошковым материалам относят сплавы на основе тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Та, Zr, Re, Ti и др.). Эти сплавы применяют в авиации, электротехнике, радиотехнике и др.

Электротехнические порошковые материалы включают следующие основные группы: контактные (для разрывных и скользящих контактов), магнитные, электропроводящие и др. Разрывные контакты предназначены для многократного (до нескольких млн.) замыкания и размыкания электрических цепей. Их изготовляют из порошковых сплавов на основе Ag, W, Mo, Cu, Ni с добавками графита, оксидов Cd, Cu, Zn и др. Скользящие контакты изготовляют из порошковых сплавов на основе Cu, Ag, Ni, Fe с добавками графита, нитрида В, а также сульфидов (для снижения коэффициента трения); их применяют в электродвигателях, генераторах электрического тока, потенциометрах, токосъемниках и др. устройствах. Металлические магнитотвердые и магнитомягкие материалы изготовляют из порошковыхсплавов на основе Fe, Co, Ni, Al, SmCo5, сплава Fe-Nd-B. Магнитодиэлектрики представляют собой многокомпонентные композиции на основе смеси ферромагнитных порошков с вяжущими веществами, являющимися изоляторами (жидкое стекло, бакелит, шеллак, полистирол, разные смолы). Диэлектрик образует на частицах ферромагнетика сплошную изолирующую пленку достаточной твердости, прочности и эластичности, одновременно обеспечивая их механическое связывание. Ферриты изготовляют только методами порошковой металлургии Порошковые электропроводящие материалы и изделия из них разного назначения изготовляют в основном из меди, алюминия и их сплавов.

В ядерной энергетике порошковые материалы (В, Hf, Cd, Zr, W, Pb, РЗЭ и др. и их соединений) с особыми свойствами используют в качестве поглотителей, замедлителей, из них изготовляют регулирующие стержни, а также твэлы (с использованием порошков диоксида, карбида, нитрида U и порошковтугоплавких соединений других трансурановых элементов)

4. Конструкционные порошковые материалы

Порошковыми называются материалы, изготавливаемые путем прессования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформированных изделий в вакууме или защитной атмосфере при температуре 0,75-0,8 Тпл..

Преимущества порошковых материалов:

1.Возможность получения материалов с резко отличающимися свойствами их составляющих: композиций из металлических и неметаллических композитов, из компонентов, не смешивающихся в расплавленном виде (Fe-Pb, W-Cu и другие).

2.Получение материалов с особыми физическими характеристиками и структурой (пористые материалы).

3.Порошковые изделия получают в виде готовых изделий, не требующих дальнейшей механической обработки.

4.В ряде случаев спечённые материалы имеют более высокие свойства, чем литые (например, быстро режущиеся стали, жаропрочные сплавы, Be-изделия и другие).

5.Возможность использования отходов производства.

Недостатки:

1.Изготовление деталей массового использования методом порошковой металлургии целесообразно лишь при больших масштабах производства (дорогое оборудование для получения и консолидации порошков).

2.Метод порошковой металлургии рекомендуется для изготовления изделий простой формы и не содержащих отверстий под углом к оси заготовок, внутренних полостей, выступов и т.д.

5. Пористые и компактные порошковые материалы

Пористыми называют материалы, в которых после окончательной обработки сохраняется 10-30% остаточной пористости. Эти сплавы используют главным образом для изготовления антифрикционных деталей (подшипников, втулок). нагрузки. Подшипники из порошковых материалов могут работать без принудительного смазывания за счет " выпотевания " масла, находящегося в порах.

Подшипники изготавливают из сплавов Fe и 1-7% графита (Ж Гр 1, Ж Гр 3, Ж Гр 7) бронзографита, содержащего 8-10% Sn и 2-4% графита (БрОГр10-2, БрОГр8-4 и др.).

Структура металлической основы железографитовых материалов ? перлитная, с массовой долей связанного углерода ~1% (Fe3C).

Коэффициент трения железографита по стали при смазке 0,07-0,09. Подшипники из железографита применяют при допустимой нагрузке не более 1000-1500 Мпа и максимальной температуре 100-200°С (?в= 180-300 Мпа; 60-120 НВ ).

Коэффициент трения бронзографита по стали при смазке 0,05-0,07. Но допустимая нагрузка 400-500 Мпа, а рабочая температура не выше 200-250°С (?в= 30-50 Мпа; 25-50 НВ).

Спеченные материалы на основе Fe и Cu используют и для фрикционных изделий (дисков, сегментов) в тормозных узлах. Для повышения коэффициента трения в состав фрикционных материалов вводят карбиды Si, B, тугоплавкие оксиды и т.д.

Коэффициент терния по чугуну (без смазочного материала) для материала на Fe- основе составляет 0,18-0,40, на Cu- основе 0,17-0,25.Фрикционные сплавы на Cu- основе применяют для условий жидкостного трения в паре с закаленными стальными деталями (сегменты, диски сцепления и т.д.) при добавлении до ? ? 400 Мпа и скорости скольжения до V= 40 м/с с Tmax= 300-350°C. Типичным фрикционным материалом на основе Cu является сплав МК 5: 4% Fe, 7% графита, 8% Pb, 9% Sn, 0-2% Ni, остальное Cu.

Для работы в условиях трения без смазочного материала (деталей тормозов самолетов, тормозных накладок тракторов, автомобилей, дорожных машин, экскаваторов и т.д.) применяют материалы на Fe- основе. Наибольшее применение получил материал ФМК-11 (15% Cu, 9% графита, 3% асбеста, 3% SiО2 и 6% барита, остальное Fe).

Широко применяют порошковые материалы для фильтрующих элементов. Фильтры в виде втулок, труб, пластин из порошков Ni, Fe, Ti, Al используют для очистки (рафинирования) жидкостей и газов от твердых примесей.

В электротехнике и радиотехнике применяют порошковые магниты на основе Fe-Ni-Al-сплавов (типа алнико) и др. Свойства порошковых магнитов нередко выше свойств литых магнитов.

Большое применение в машинах для контактной сварки, приборах связи получили контакты из порошковых материалов. Для этой цели применяют псевдосплавы тугоплавких металлов (W и Mo) с медью (МВ20, МВ40, МВ60, МВ80), с серебром (СМ30, СМ60, СВ30, СВ50, СВ85 и другие) или с оксидом Cd (ОК8, ОК12, ОК15) и другие. Контакты отличаются высокой прочностью, электропроводностью и электроэрозионной стойкостью.

Все больше порошковая металлургия применяется для изготовления специальных сплавов: жаропрочных на Ni- основе, дисперсионно-упрочненных материалов на основе Ni, Al, Ti, Cr; сверхтвердые на основе карбидов W, Mo, Zn.

Спеченные Al- сплавы (САС) применяют тогда, когда путем литья и обработки металла давлением трудно получить соответствующее изделие. САС содержат большое количество л. э., например САС содержит 25-30% S; 5-7% Ni, остальное Al. Из САС1 делают детали приборов, работающих в паре со сталью при Т= 20-200°С, требующих низкого коэффициента литейного расширения и малой теплопроводности.

В оптико-механических и других приборах применяют высокопрочные сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu (ПВ90, ПВ90Т1 и др.). Применяют гранулированные специальные сплавы с содержанием Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Zn, Ti, V и др. элементов, малорастворимых в твердом Al. Гранулы ? литые частицы диаметром от 0,1 до 10 мм. Их получают путем литья центробежным способом: капли жидкого металла, охлаждаясь в воде со скоростью 104-106 к/с, образуют сильно пересыщенные твердые растворы переходных элементов в Al. При последовательных технологических нагревах (400-500°С) происходит распад твердого раствора с образованием дисперсных фаз, упрочняющих сплавов.

Сейчас изготовляют большое количество порошковых конструкционных (СП10-1, СП30-1,…), мартенситно-стареющих(СПН12К5М5 Г4ТЮ и др.), коррозионно-стойких сталей (СПХ17Н12, СПХ18Н15,…) и других сталей. В маркировке: "C”- класс материала (сталь); "П» - порошковая.

Свойства сталей, полученных из порошков после термической обработки, часто уступают свойствам сталей, полученных обычными методами. Поэтому рекомендовать порошковую технологию для стальных высоконагружаемых деталей нельзя. Вследствие этого, а также по причине высокой стоимости порошкового конструкционного материала, он (порошковая сталь) используются для малонагружаемых изделий, главным образом сложной формы.

Сплавы на основе цветных металлов (АЛП-2, АЛПД-2-4, АЛПЖ-12-4, БрПБ-2, БрПО10Ц, З-3, ЛП58Г2-2) нашли широкое применение в приборостроении и электронной технике.

В марке сплавов первая буква указывает класс материала ( "Ал”-Al, "Б”- бериллий, "Бр”- бронза, "Л”- латунь и т.д.) "П”- порошковая; число после дефиса плотность материала в %. "Д”-Cu, "Ж”-Fe, "Г”-Mn и др. Цифры в марке указывают состав сплава.

Так же как обычные сплавы, порошковые сплавы на основе цветных металлов обладают высокой теплопроводностью и электро - , коррозионостойкостью, немагнитны, хорошо обрабатываются.

Порошковая металлургия позволяет увеличить коэффициент использования металла и повысить производительность труда. Экономическая эффективность достигается благодаря сокращению или полному исключению механической обработки. Но вследствие высокой стоимости пресс-форм, изготовление деталей машин методами порошковой металлургии оправдано лишь в массовом производстве.

6. Применение порошковых материалов

Рекомендуется при изготовлении деталей простой симметричной формы малой массы и растворов, и не содержащих отверстий под углом к оси заготовок, выемок, внутренних полостей, выступов.

# Список источников

1. Андреевский Р. А. Порошковое материаловедение.– М.: Металлургия, 1991
2. Цукерман С. А. Порошковая металлургия.– М.: Издат. Академия наук СССР, 1958
3. Ермаков С. С., Вязников Н. Ф. Порошковые стали и изделия. – 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд., 1990
4. Вязников Н.Ф., Ермаков С.С. Применение порошковой металлургии в промышленности. – М.: Гос. научно-технич. издат. машиностроит. литературы, 1960
5. Кипарисов С. С., Либенсон Г. А. Порошковая металлургия. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1991