МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Институт авиации наземного транспорта и энергетики

 (наименование института (факультета), филиала)

Кафедра Теплотехники и энергетического машиностроения

 (наименование кафедры)

РЕФЕРАТ

по дисциплине: Материаловедение

на тему: Порошковая металлургия

Обучающийся \_\_\_\_1203\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ковыльских А.С.

 (номер группы) (подпись, дата) (Ф.И.О.)

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (должность) (Ф.И.О.)

Реферат зачтен с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Казань 2023

Оглавление

[Введение **3.**](#_Toc127816982)

[Глава 1. Основные свойства и методы производства металлических порошков **4.**](#_Toc127816983)

[1.1. **Промышленные и опытно-промышленные методы получения порошков 4.**](#_Toc127816984)

[1.2. Специальные свойства композиционных порошков **7.**](#_Toc127816985)

[Глава 2. Получение вольфрамовых и молибденовых изделий из порошков **8.**](#_Toc127816986)

[2.1. Методы получения металла,карбидов и сплавов **8.**](#_Toc127816987)

[2.2. Спекание . **11.**](#_Toc127816988)

[Глава 3. Области применения порошковых материалов **12.**](#_Toc127816989)

[Заключение **15.**](#_Toc127816992)

[Литература **15.**](#_Toc127816993)

# **Введение**

Порошковая металлургия– это область науки и тех­ники, охватывающая производство металлических по­рошков, а также изделий из них или их смесей с неме­таллическими порошками.

Металлический порошок — совокупность частиц металла, спла­ва или металлоподобного соединения размерами до миллиметра, на­ходящихся во взаимном контакте и не связанных между собой*.*

Особенностями порошковой металлургии является получение твердых вещест­в в порошкообразном состоянии, формование изделия, нагрев (спекания) заготовок из порошков при тем­пературе ниже точки плавления соответствующего метал­ла (сплава) или, в случае смеси разнородных порошков, ниже температуры плавления наименее тугоплавкого компо­нента основы.

Порошковая металлургия сочетает основы металлургии, материаловедения и металлообработки и в тоже время занимает свое особое место, так как позволяет не только производить изделия (называемые *порошковыми)*различных форм и назначе­ний, но и создавать принципиально новые материалы, по­лучить которые иным путем крайне трудно или вообще невозможно.

Порошковая металлургия является древнейшим способом производства металлов и изделий из них. Порошки золота, меди и бронзы применяли как краски и использовали для декоративных целей в кера­мике и живописи, а также для украшения лица во все известные нам времена. Некоторые древнейшие ману­cкрипты (рукописи) были раскрашены золотом. Найденные при раскопках многие из орудий египтян изготовле­ны из железа и относятся к 3000 г. до н.э., а знаменитый памятник Индии колонна в г. Дели выполнена из очень чистого железа, весит около 6,5 т, имеет высоту 7,3 м при диаметре у основания 0,42 м и относится к 415 г. Но ведь известно, что до начала XIX века не было способов получения температур достаточно высоких, чтобы расплавить чистое железо и воспользоваться методами литья изделий из него. Указанные предметы из железа были изготовлены так называемым кричным методом. Сначала в горнах при температуре ~1000°С восстанов­лением окисленной железной руды углем получали крицу (губку), которую затем многократно проковывали в нагретом состоянии, заключая процесс нагревом изде­лия в горне (для уменьшения пористости).

С появлением доменного передела от проковки крицы отказались и о порошковой металлургии временно забы­ли примерно на 400 лет.

3

Возрождение приемов обработки металлов и объединения их в особый технологический ме­тод - порошковую металлургию - принадлежит рус­скому ученому Петру Григорьевичу Соболевскому (1782 -1841 гг.), которому в работе помогал химик Василий Васильевич Любарский (1795 -1854 гг.). В 1826 -1827 гг. была разработана технология изделий из платинового порошка (монеты, тигли и др.).

Таким образом, объектом моего исследования являются порошкова металлургия, а целью моей работы является изучить их виды и способы производства порошковых материалов, а также узнать в каких областях применяются порошковые материалы.

Задачи же поставлены следующие:

1. Изучить области применения порошковых материалов.

2. Рассмотреть методы производства порошковых материалов.

**Глава 1. Основные свойства и методы производства металлических порошков**

1.1 Промышленные и опытно-промышленные методы получения порошков

Все современные методы получения порошков можно условно разделить на механические и физико-химические.

Механические методы— это такие технологические процессы, при которых исходный материал под воздействием внешних сил измельчается без существенного изменения его химического состава.

К механическим методам относятся: дробление и размол в различных мельницах, распыление струи расплавленного металла водой или струей сжатого газа, обработка металла резанием с получением частиц, а не сливной стружки. Физико-химические методы— это такие технологические процессы, в которых получение порошка связано с изменением химического состава исходного сырья. При этом конечный продукт (порошок), как правило, отличается от исходного материала по химическому составу.

4

К физико-химическим методам относятся восстановление порошков оксидов и других соединений, электролиз водных растворов и расплавленных солей, диссоциация карбонилов при нагреве и другие.

Типовая технологическая схема производства загото­вок и изделий методом порошковой металлургии включа­ет четыре основные операции:

*получение*порошка ис­ходного материала,

*формование*заготовки из него и

*спе­кание*ее,

*окончательную обработку*(регулирование структуры, калибрование, механическую и химико-тер­мическую обработки).

Совокупность основных технологических операций позволяет решать с помощью порошковой металлургии важнейшие задачи, определяющие генеральное на­правление ее развитая:

1) Изготовление материалов и изделий с особыми соста­вами, структурами и свойствами, которые недостижимы другими методами производства; примером могут служить порошковые материалы и изделия пористые (ан­тифрикционные, фрикционные, фильтры и др.), электро­технические (электроконтактные, магнитные и др.), вы­сокотемпературные (тугоплавкие металлы, дисперсноупрочненные, волоконные и др.), инструментальные (твердые сплавы, сверхтвердые материалы и др.) и пр.

2) Изготовление материалов и изделий с обычными со­ставами, структурами и свойствами, но при значительно более выгодных экономических показателях их произ­водства.

3) Методами порошковой металлургии можно получать сплавы из металлов, не растворяющихся друг в друге при расплавлении, а также сплавы из тугоплавких металлов и металлов особо высокой чистоты; как заготовки, так и разнообразные детали точных размеров;

4) Пористые материалы и детали из них, а также детали, состоящие из двух (биметаллы) или нескольких слоев различных металлов и сплавов; материалы и детали, обладаю­щие высокой жаростойкостью, износостойкостью, твердостью, с заданными стабильными магнит­ными свойствами, особыми физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, которые невозможно получить методами литья или обработкой давлением.

5

В таблице 1 приведены основные промышленные и опытно-промышленные методы получения порошков, используемых в технологии порошковой металлургии.

*Таблица 1.***Промышленные и опытно-промышленные методы получения порошков**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ получения порошка | Исходное сырье | Материал порошка |
| **Механические методы** |
| Диспергирование твердых металлов: |
| Дробление | Электролитические осадки, продукты восстановления металлов | Железо, титан, медь, никель |
| Размол | Металлическая стружка, кусочки проволоки, чешуйки | Железо, сталь, бронза |
| Диспергирование расплавов: |
| Распыление сжатым воздухом (RZ-метод), аргоном, азотом | Расплав распыляемого металла | Медь, бронза, железо, коррозионностойкие стали |
| Распыление водой под давлением (W-метод) | То же | Медь, бронза, железо, коррозионностойкие стали |
| **Физико-химические методы** |
| Восстановление газом (водород, конвертированный природный газ, эндогаз, генераторный газ, диссоциированный аммиак), углеродом (сажа, графит, древесный уголь, кокс)  | Окалина, рудный концентрат, химические соединения, чистые оксиды, их смеси | Железо, вольфрам, молибден, никель, медь, высоколегированные стали и сплавы |
| Металлотермическое восстановление натрием, магнием, кальцием или гидридом кальция | Оксиды, галогениды металлов, смесь железного порошка с оксидами металлов | Титан, высоколегированные стали и сплавы |
| Электролиз водных растворов | Растворы сульфатных солей металлов | Медь, никель, железо, вольфрам, молибден, сплавы Fe–Ni, Fe–Ni– Мо, Ni–Cu |
| Разложение карбонилов | Восстановленная губка соответствующего металла | Никель, железо, сплавы Fe–Ni–Мо, Fe–Ni– Cо, Fe–Ni–Мn |

Например, для изготовления одной из деталей совре­менного реактивного двигателя, имеющей массу 0,45 кг, требуется 8,6 кг литого металла, тогда как при изготов­лении ее из порошка необходимо только 2,95 кг.

Однако несмотря на большие успехи в науке и технологии производства порошковых материалов и изделий масштабы производства все еще не сопоставимы с традиционными методами и порошковая металлургия испытывает трудно­сти, связанных с достижением узких размерных допус­ков и изготовлением изделий очень сложных геометри­ческих форм.

1.2. Специальные свойства композиционных порошков

Производство порошка - первая технологическая опе­рация метода порошковой металлургии.

Существующие способы получения порошков весьма разнообразны, что позволяет широко варьировать их свойства. Это, в свою очередь, делает возможным придание изделиям из по­рошка требуемых физических, механических и других специальных свойств. Кроме того, метод изготовления порошка в значительной мере определяет его качество и себестоимость.

Химический состав порошков определяется содержанием примесей, газов и содержат не менее 98 – 99 % основного компонента.

Порошки, полученные физико-химическими методами, являются наиболее тонкодисперсными и чистыми. В зависимости от размера частиц по­рошки классифицируют по гранулометрическому составу на ультратонкие до 0,5 мкм, очень тонкие 0,5 - 10 мкм, тонкие 10 - 40 мкм, средней тонкости 40 - 150 мкм и крупные 150 - 500 мкм. Характеристиками основных технологических свойств порошков являются насыпная масса, те­кучесть, прессуемость и спекаемость. Насыпная масса - масса 1 см3 сво­бодно насыпанного порошка в граммах. Если порошок имеет постоянную насыпную массу, то при спекании будет обеспечиваться постоянная усадка. Один и тот же порошок может иметь различную насыпную массу в зависимости от способа получения. Для изготовления высокопо­ристых изделий следует использовать порошки с малой насыпной массой, а для разнообразных деталей приборов и машин - с большой насып­ной массой. Текучесть *-* способность порошка запол­нять форму. Она характеризуется скоростью прохождения порошка через отверстие определенного диаметра. С уменьшением размера ча­стиц порошка его текучесть ухудшается. Теку­честь в большей степени влияет на равномерность заполнения формы порошком и на скорость уплотнения при прессовании.

7

Прессуемость - способность порошка уплотняться под действием внешней нагрузки и характеризуется прочностью сцепления частиц порошка после прессования. На прессуемость оказывают влияние пластичность материала, размер и форма частиц порошка. С введением в состав порошков поверхностно-активных веществ прессуемость их повышается.

Подспекаемостью понимают прочность сцепления частиц, возникающую в результате термической обработки прессованных заготовок.

Плакированные порошки могут иметь слоистое строение каждой частицы, состоящей из основы и нанесенных на ее поверхность (в виде оболочки) других материалов (металлов, сплавов, неметаллических материалов), или плакирующую составляющую с вкрапленными в нее частицами материала основы. Конгломерированные порошки могут иметь различное строение, но ни одна из составляющих частиц не находится на другой в виде сплошной оболочки.

Глава 2. Получение вольфрамовых и молибденовых изделий из порошков

2.1. Методы получения металлов, карбидов и сплавов

Металлы вольфрам, молибден и рении имеют высокие температуры плавления: вольфрам(W) -3395+15°С,молибден ( Мо ) - 2620 + 10° С, рений (Re) -3180+ 20° С. Поэтому и по ряду других причин получать их непосредственно из руд и чистых химических соединений методами, например, восстановительной плавки затруднительно. В промышленности вначале получают их порошки, а затем и изделия (проволоку, листы, фольгу, трубки и т.д.). Исходными химическими соединениями для получения металлов могут быть: оксиды, галогениды, карбониды. В практике более 90 % металлов получают из оксидных соединений. К способам получения металлов относятся:

1. Восстановление триоксидов вольфрама и молибдена водородом и углеродом;

2. Восстановление галогенидов (фторидов, хлоридов) водородом;

1. Металлотермическое восстановление оксидов;
2. . Термическая диссоциация карбонилов вольфрама и молибдена, дисульфида молибдена (Мо (СО)6↔ Mo + 6CO:
3. Электролитическое получение металлов в расплавах солей.

8

Наиболее распространенным методом получение металла, карбидов и сплавов является восстановление триооксида вольфрама или молибдена водородом.

Смешивание -это приготовление однородной механи­ческой смеси из металлических порошков различного хи­мического и гранулометрического состава или смеси ме­таллических порошков с неметаллическими. Важной задачей является обеспечение од­нородности смеси. Наиболее распространенным является механическое смешивание компонентов в шаровых мельницах.

Формование *-*технологическая операция, в результа­те которой металлический порошок приобретает определенную форму*,* раз­меры и плотность. Задача прессования заключается в придании порошкообразному телу определенной прочности в соответствии с заданной форме. Прессова­ние порошков в холодном состоянии осуществляют в матрицах пресс–формы, гидростатическом и мундштучном прессовании; прокаткой и другими способами. Гидростатическое прессование применяют для получения металлокерамических заготовок простой формы и неточных размеров, а также для формирования крупных заготовок однородной плотности массой 100 - 300 кг и пористостью 30 - 35 %. Металлический порошок, заключенный в эластичную резиновую или металлическую оболочку, рис.5, подвергают всестороннему обжатию жидкостью, подаваемой под давлением в рабочую камеру, рис. 6.



Рис. 5. Схематический разрез пресс-формы для гидростатического

прессования цилиндрической заготовки: а - заполненная пресс-форма; *б*-

форма после прессования; 1- резиновая крышка ("берет"); 2 –

резиновые манжеты; *3*- резиновая оболочка; *4*- пробка; металлическая обойма; *6 -*прессуемый порошок; 7 – штуцер

9



Рис. 6. Схема аппарата для гид­ростатического прессования: *1*- насос высокого давления; 2 -камера высокого давления; *3*-прессуемая заготовка в эластичной оболочке; *4*- вентиль для спуска давления; 5 - затвор; *6*- мано­метр

При гидростатическом прессовании нет тре­ния порошка о стенки пресс-формы, что обеспечивает равно­мерную плотность спрессованной заготовки. Гидростатичес­ким прессованием формуют заготовки цилиндрической или прямоугольной формы, а также трубки и изделия более сложной формы. К недостаткам гидростатиче­ского формования относят: трудности выдерживания разме­ров получаемых заготовок близ­кими к заданным и необходи­мость применения механической обработки при изготовлении из­делий точных форм и размеров, а также небольшую производитель­ность процесса. Мундштучное прессование применяют для полу­чения металлокерамических изделий с большим от­ношением длины к диаметру (рис. 7). При мундштучном прессовании в шихту добавляют пла­стификатор (парафина). Форма изделия соответствует размеру матрицы и может быть любой сложности. Полые профили получают с применением иглы. Изделия, полученные этим способом, имеют равно­мерную плотность. Для прессования металлокерамических деталей применяют механические (экс­центриковые, кривошипные, кулачковые) и гидравлические прессы.

Горячее прессование. При горячем прессовании в пресс-форме изделие не только формуется, но и под­вергается спеканию, что позволяет получать бес­пористый материал с высокими физико-механи­ческими свойствами. Горячее прессование можно осуществлять в вакууме, в защитной или восста­новительной атмосфере, в широком интервале температур (1200 -1800°С) и при более низких давлениях, чем холодное прессование. Этим методом получают изделия из трудно деформи­руемых материалов (боридов, карбидов и др.).

10

2.2. Спекание

Спекание сформованных заготовок является одной из важнейших технологических операций, применяемых при изготовлении изделий методами порошковой металлургии, назначение которой состоит в придании спекаемым телам определенной структуры и соответствующих физико-механических, гидравлических и химических свойств. Сущность процесса спекания состоит в том, что в сформованном порошковом теле имеется свободная энергия повышенного уровня (в виде энергии на поверхности раздела между фазами порошка и среды, энергии на границах зерен, избыточной энергии кристаллической решетки и др.). Уменьшить свободную энергию можно в результате переноса вещества в зоны контактов между частицами и соединения контактирующих частиц порошка друг с другом. Для протекания этого процесса необходима определенная энергия активации, обеспечиваемая соответствующим нагревом порошковой заготовки. Под спеканием понимается термически активируемый, самопроизвольный или инициируемый внешним воздействием переход системы контактирующих твердых тел или пористой среды в термодинамически более равновесное состояние за счет уменьшения площади свободной поверхности.

Фактически спекание заключается в нагреве сформованной заготовки и ее выдержке в нагретом состоянии в течение определенного времени. Спекание проводят при температуре равной 0,7…0,9 абсолютной температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента смеси (твердофазное спекание). В отдельных случаях (твердые режущие сплавы) температура спекания может превышать температуру плавления наиболее легкоплавкого компонента. Этот вид спекания называемся жидкофазным. В процессе спекания при повышенных температурах активизируются диффузионные процессы, что приводит к увеличению размеров контактов между частицами порошка, уменьшению объема пор, увеличению прочности прессовки. Плотность и прочность спекаемых изделий существенно зависят от атмосферы, в которой проводят спекание. При этом восстановительные среды (водород, диссоциированный аммиак) предпочтительнее нейтральных газов (аргон), так как восстановление оксидных пленок на частицах порошка ускоряет спекание. Качественно и быстро проходит спекание в вакууме. Длительность выдержки при спекании составляет от получаса до нескольких часов. Разработанные в настоящее время методы и технологические приемы порошковой металлургии позволяют получать изделия, не уступающие литым и кованым деталям того же химического состава, и создавать новые материалы со свойствами, которые не могут быть получены обычными методами.

11

Глава 3. Области применения порошковых материалов

Порошковые материалы по назначению можно условно разделить на антифрикционные, фрикционные, электротехнические, конструкционные, инструментальные. В некоторых случаях принадлежности порошковых материалов к той или другой группе условны, так как материал по определенным признакам может одновременно принадлежать к нескольким названным выше группам.

Антифрикционные материалы — материалы, используемые в несущих или направляющих узлах, и обладающие повышенной износостойкостью и низким коэффициентом трения. Антифрикционные порошковые материалы широко используются в машиностроении (в том числе в сельскохозяйственном машиностроении), приборостроении, промышленности (пищевой, фармацевтической и других ее отраслях) в узлах, работающих в самых разных условиях эксплуатации. Антифрикционные материалы в зависимости от условий работы должны обладать следующими свойствами:

1. хорошей начальной прирабатываемостью, т. е. время, необходимое для снижения коэффициента трения между подшипником и валом до заданной величины, должно быть минимальным;
2. высокими триботехническими свойствами (коэффициент трения должен быть ≤ 0,3 (в том числе при наличии смазки — < 0,1), Pv (в зависимости от режима работы) — от 20 до 40,0 МПа · м/с при скорости скольжения (v) от 2 до 200 м/с и нагрузках (Р) от 45 до 0,2 МПа);
3. способностью выдерживать нагрузку, скорость и температуру без разрушения и изменения формы и функциональных свойств;
4. способностью образовывать самосмазывающиеся или легко притирающиеся продукты истирания коллоидного характера (пленку), которые могут предохранить шейку вала от износа даже при затрудненной смазке;
5. меньшей твердостью, чем у шейки вала, причем твердость должна снижаться как можно меньше в процессе нагрева;
6. высокой теплопроводностью для хорошего отвода теплоты, получаемой при трении;
7. достаточной выносливостью или сопротивлением усталости;
8. достаточной вязкостью (в случае ударной нагрузки);
9. хорошими технологическими свойствами;
10. микропористостью или микрокапиллярностью, способствующей удержанию смазки на поверхности;

Однако они не всегда соответствуют эксплуатационным характеристикам современных машин и механизмов.

12

В настоящее время большинство машин и механизмов оснащено фрикционными устройствами определенного назначения. Движение машины, ее остановка и маневрирование, изменение режима эксплуатации механизма и его управление невозможны без применения фрикционных тормозных либо передаточных устройств, работа которых во многом определяет технические характеристики машин и механизмов. В связи с жесткими условиями работы тормозных устройств современных машин фрикционные материалы должны иметь: высокую фрикционную теплостойкость, т. е. сохранение устойчивого значения коэффициента трения и незначительного износа в широком диапазоне температур;

1. достаточную стойкость к истиранию. Уровень требуемой износостойкости устанавливается в зависимости от условий эксплуатации и находится в пределах от 0,01…0,02 до 0,10…0,15 мкм за рабочий цикл;
2. достаточную коррозионную стойкость и способность не коррозировать с сопряженными деталями.

Кроме того, элементы фрикционной пары не должны схватываться (свариваться) как в процессе торможения, так и после него. Для таких материалов существенным является полное использование трущихся поверхностей, т. е. получение максимально возможной контактной поверхности. При этом видимая площадь трения должна составлять не менее 80 % номинальной, а поверхности трения должны быть гладкими (без задиров). Особые требования предъявляются к фрикционным материалам и в отношении физико-механических свойств, т. е. фрикционные материалы должны обладать высокой механической прочностью при рабочих температурах. В процессе эксплуатации не должно происходить скалывания и расслоения, образования глубоких трещин и выкрашивания компонентов материала, которые могут нарушить нормальную работу узла. Порошковые материалы применяются в электротехнике, электромашиностроении, автоматике и телемеханике, радиотехнике, радиоэлектронике и других отраслях промышленности. На основе порошковых материалов изготавливают различные детали со специальными свойствами. В электротехнической промышленности широко применяют различные типы разрывных и скользящих контактов. Несмотря на имеющееся в настоящее время большое количество разработанных материалов для электрических контактов различного назначения, проблема создания высоконадежных электрических контактов полностью еще не решена. Требования, предъявляемые к материалу контактов, непрерывно возрастают и изменяются. Материалы должны быть стойкими (термически, химически и механически), иметь малое электрическое сопротивление (в том числе и контактное), обладать высокими теплопроводностью и эрозионной стойкостью при воздействии электрической дуги, сопротивляемостью свариваемости при замыкании и размыкании контактов. Технологические

13

приемы производства электрических контактов методом порошковой металлургии разнообразны и обеспечивают возможность получения изделий не только требуемого химического состава, но и заданной структуры, определяющей оптимальное сочетание их свойств.

Наиболее распространенными видами порошковых изделий являются конструкционные детали, применяемые в машинах, механизмах и приборах. В зависимости от условий работы порошковые конструкционные детали подразделяют на ненагруженные, мало-, средне- и сильнонагруженные. Типовыми деталями из порошковых конструкционных материалов являются шестерни, кулачки, звездочки, зубчатые колеса, накладки, шайбы, колпачки, заглушки, храповики, накладные и специальные гайки, крышки, фланцы, седла и корпуса клапанов, статоры, диски и роторы насосов, муфты, кольца, ограничители, а также детали мерительных инструментов и другие детали сложной конфигурации, применяемые в приборостроении и различных отраслях машиностроения. Детали могут выпускаться в виде готовых изделий или заготовок, которые требуют незначительной механической обработки. Решение об изготовлении деталей машин и приборов методами порошковой металлургии принимается исходя, в основном, из экономических соображений (главную роль здесь играет стоимость пресс-форм). Экономически целесообразно изготавливать конструкционные детали методами порошковой металлургии лишь при их массовом производстве, т. е. при производстве около 50 тыс. штук на 1 прессформу. Ненагруженные и малонагруженные конструкционные детали изготавливают из углеродистой стали. Их получают из смеси порошков железа и графита.

Инструментальные материалы — материалы, предназначенные для изготовления инструментов или их рабочих частей. Необходимыми свойствами инструментальных материалов являются высокая износостойкость и твердость. При этом желательно, чтобы эти материалы обладали достаточной вязкостью, жаропрочностью, жаростойкостью, прочностью. К традиционно используемым инструментальным материалам относятся инструментальные стали. При этом, в связи с ужесточением условий работы (особенно режущего инструмента) сам инструмент или его рабочие части (режущие кромки) изготавливают из сверхтвердых композиционных материалов на основе алмазов, керамик, твердых сплавов и др.. Из инструментальных материалов изготавливают режущий инструмент, инструмент для обработки давлением (пресс-формы, штампы и другие), некоторые измерительные инструменты (калибры, скобы и прочие) и др. Современные инструментальные материалы позволяют с высокой точностью обрабатывать детали и осуществлять их обработку при высоких скоростях резания, а изготовленный из этих материалов инструмент обладает высокой стойкостью при ее экстремальных режимах.

14

Заключение

Таким образом, благодаря структурным особенностям продукты порошковой металлургии более термостойки, лучше переносят циклические перепады температур и напряжений деформации, а также радиоактивного излучения. Однако порошковая металлургия имеет и недостатки, сдерживающие её развитие: сравнительно высокая стоимость металлических порошков, необходимость спекания в защитной атмосфере, что также увеличивает себестоимость изделий порошковой металлургии, невозможность изготовления в некоторых случаях заготовок больших размеров, необходимость использования чистых исходных порошков для получения чистых металлов.

Литература

1. Смителлс К.Д. Вольфрам. М., 1958 г., 414 с

2. Романова Н.И., Чеклаев П.Г., Дусев В.И., Лившиц Т.А. Курдов М.Н. Металлокерамические твердые сплавы. М., Металлургия, 1970 г., 352 с

3. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М., Металлургия, 1980 г., 496 с

4. Порошко́вая металурги́я // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. —  : Советская энциклопедия, 1969—1978.

5. Энциклопедический словарь по металлургии. / Главный редактор Н. П. Лякишев.— М.: Интермет Инжиниринг, 2000

15