



# «Технология изготовления изделий из порошков и пластмасс»

## Лекция 1

# История развития порошковой металлургии. Области применения

Lec\_1\_TIIPR\_MC41\_LNA\_02\_02\_2017

Лалазарова Н.А.

# Содержание



**1.1. Сущность порошковой металлургии**



**1.2. История развития порошковой металлургии**



**1.3. Продукция порошковой металлургии.**



**1.4. Преимущества и недостатки порошковой металлургии**



**1.5. Классификация методов получения порошков**



**Контрольные вопросы**



**Задания для самостоятельной работы**

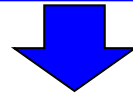


**Список литературы**

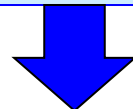
## 1.1. СУЩНОСТЬ МЕТОДА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Сущность метода порошковой металлургии заключается в изготовлении заготовок, а чаще готовых изделий, из порошков путём их формования и последующего спекания. Основные технологические операции :

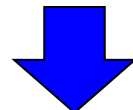
**Изготовление порошков нужной чистоты, размеров и формы**



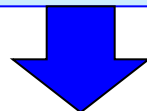
**Приготовление шихты определенного состава**



**Формование порошков для получения заготовки необходимой формы**



**Спекание спрессованной заготовки**



**Заключительная механическая обработка, термическая, термомагнитная или химико-термическая обработка**

# 1.2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Порошковая металлургия (ПМ) является одним из основных направлений развития современного, высокоэффективного производства технологически развитых стран мирового сообщества.

Основой ПМ является один из наиболее древних способов переработки рудного сырья в изделие – методковки порош-



кообразной (губчатой) массы металла, разогретой до 800–1000°C.

Известно, что порошки золота, меди и бронзы применялись людьми 8–10 тыс. лет назад. Еще в бронзовом веке люди умели получать и использовать некоторые виды порошков, а также применять горячую ковку порошковой массы. Около 5 тыс. лет назад ПМ начали использовать для изготовления железных орудий труда и вооружения. На смену бронзовому веку пришёл век железный.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Родиной древней металлургии считают Ближний Восток. Вероятно, отсюда, через Кавказ, технология железа и железных изделий проникла в Европу (II–I тыс. до н. э.) и на восток Азии, вплоть до Индии.

Первые случаи производства железа датируют 3000 г. до н. э. (Чегер-Безер, Ирак – территория бывшей Финикии), а найденные учёными стальные мечи относят к 2700 г. до н. э.



Отдельные виды изделий из железа по торговым путям попадали и на территорию других государств.

Например, в гробнице египетского фараона Тутанхамона (XIV в. до н. э.) были найдены кованые железные кинжалы, украшенные порошковым золотом, и амулет из железа.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Железо более тугоплавкое (температура плавления  $1\ 539^{\circ}\text{C}$ ), чем медь (температура плавления  $1\ 083^{\circ}\text{C}$ ), не могло быть получено литьем, так как не были известны способы получения необходимого для плавления железа уровня температур. Были получены температуры  $1000\text{--}1100^{\circ}\text{C}$  за счет горения древесины.

Позднее стали использовать *кричный метод* и *ковку заготовок в нагретом состоянии*.



Сначала в домницах (печах шахтного типа) при температуре около  $1100^{\circ}\text{C}$  получали крицу (губчатую массу железа)

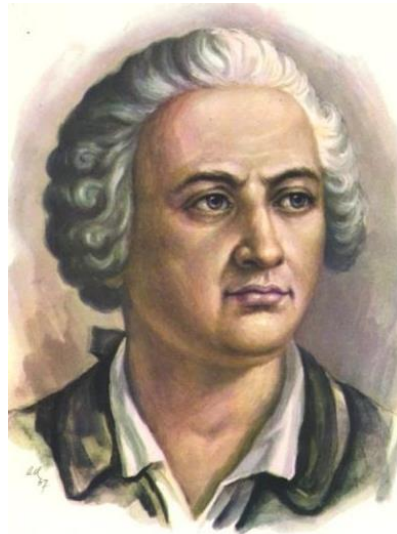
Железная колонна в городе Дели (Индия). IV—V века нашей эры

восстановлением железа богатой или обогащенной окисленной руды древесным углем, а затем проковывали ее в нагретом состоянии. Чтобы уменьшить пористость откованное железо повторно нагревали в печи или снова проковывали. Такое железо называли сварочным.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Исследования археологов показывают, что в 950–1000 г. г. в Киевской Руси из железной крицы изготовляли различные предметы быта, оружие и др. Научные основы ПМ разработал в 1752–1763 гг. М.В. Ломоносов. Он описал процессы получения порошкового свинца, способы перевода различных материалов в порошкообразное

состояние, дал понятие спекания как операции перевода «порошкообразного тела, которому по желанию придана известная форма, в каменистое вещество».



Пётр Григорьевич Соболевский (химик, металлург) является основоположником широко распространенного в настоящее время направления в металлургии – порошковой металлургии.

В 1825 г. П.Г.Соболевский по поручению Горного департамента приступил к решению проблемы платины, которую в то время не могли обрабатывать из-за её высокой температуры плавления.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Залежи платины были открыты в 19 веке, но не было возможности её перерабатывать ( $t_{пл}=1768^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому получение платины имело государственное значение. В течение 1826 г. П.Г.Соболевский создал новый способ получения платиновых изделий, названный затем **порошковой металлургией**.

Он состоял в прокаливании хлорплатината аммония и последующем горячем



прессовании полученного платинового порошка в цилиндрические заготовки.

Им были продемонстрированы медали, различные украшения, полученные путем прессования предварительно сформованной и нагретой до «белого каления» заготовки из **губчатой платины**. С этого и началась порошковая металлургия.



# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

С использованием способа, разработанного П.Г. Соболевским, в 1826г. было обработано 40 фунтов платины, а с 1828 г. налажена массовая чеканка платиновых монет достоинством 3, 6 и 12 руб. Однако после его смерти производство платины методом ПМ сошло на нет.

До начала XX в. сохранялось лишь эпизодическое применение металлических порошков



Двойная спираль лампы накаливания (Osram 200 Вт) с контактными проводниками и держателями нити

для различных целей (свинцовых порошков в аккумуляторах, железных – в химических производствах и пр.)

Возрождение интереса к порошковой металлургии было прежде всего связано с необходимостью удовлетворения потребностей быстро развивавшейся электротехники. Электроламповой промышленности были нужны тугоплавкие материалы для нитей ламп накаливания, **электромашиностроению** были необходимы меднографитовые щетки и т.п.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В 1900 г. наш соотечественник А.Н. Лодыгин на Всемирной Парижской выставке демонстрировал электрическую лампочку с нитью накаливания из вольфрамовой проволоки ( $t_{пл}=3422^{\circ}\text{C}$ ), полученной методом ПМ.

Решение этих трудных технических задач послужило толчком к возникновению производства порошковых самосмазывающих-



ся подшипников, твердых сплавов, магнитных, электроконтактных и конструкционных материалов, а также многих других видов продукции.

**Александр Николаевич Лодыгин**

К началу 1950-х гг. мировое ежегодное производство металлических порошков, материалов и изделий из них составляло примерно несколько десятков тысяч тонн.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В последующие тридцать лет темпы роста продукции порошковой металлургии в разных странах в среднем составляли 6–10 %, достигая в отдельные периоды 15–20 % (США, ФРГ, Япония и др.).

Ежегодный прирост объема реализации изделий из порошков составляет не менее 5–7 %.

Мировое производство металлических порошков в настоящее время превышает один миллион тонн, а изделий из них – 650–750 тыс. т. В ближайшее десятилетие можно ожидать увеличения производства в 1,5–2 раза.

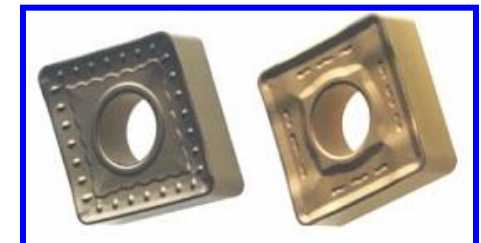
В настоящее время в нашей стране действует **ГОСТ 17359-82 «Порошковая металлургия. Термины и определения»**, разработанный на основе **Международного стандарта ISO 3252:1999**. В настоящее время изготавливаются в промышленном масштабе порошки таких металлов, как железо и его сплавы, никель, медь, кобальт, алюминий, титан, олово, цинк, свинец, магний, вольфрам, молибден, тантал, ниобий и другие. **ДСТУ ISO 3252:2014 Металургія порошкова. Словник термінів (ISO 3252:1999, IDT)**

# 1.3. ПРОДУКЦИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

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



Пористые  
фильтры










Твёрдые  
сплавы



**Втулки (подшипники скольжения)**

Порошковая металлургия  
(Металлургическая продукция)

Втулки (подшипники скольжения) разных форм из антифрикционных материалов на основе меди или железа. Освоено порядка 300 типоразмеров

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Втулка, изготовленная методом порошковой металлургии                              | Втулки для ремонта электронного инструмента                                       | Втулки стартеров автомобилей  | Детали порошковой металлургии   |
|  |  |  |  |
| Заготовка шатуна  | Изделия порошковой металлургии  | Шайба бронзовая шаверия   | Сферические втулки металлокерамические  |



**Высокопрочное сверло — продукт порошковой металлургии**

**Круг бронзографит  
диаметр 30 мм x 35 мм**



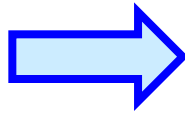
# Фильтр пористый



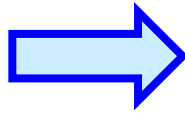
# 1.4. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



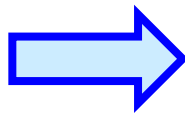
**Преимущества** порошковой металлургии по сравнению с традиционными методами изготовления деталей



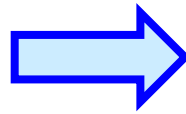
Безотходность метода: потери материала не превышают 2-7%



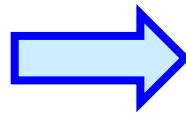
Экономия за счёт использования отходов (окалина, стружка) для получения порошков



Получение изделий, которые другими способами нельзя получить: фильтры, меднографитовые щётки, медновольфрамовые контакты, твёрдые сплавы.



Получение в традиционных материалах таких свойств, которые нельзя получить другими способами



Снижение трудоёмкости производства за счёт автоматизации

# ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



← Трудность изготовления заготовок сложной формы →

**Недостатки**  
порошковой  
металлургии  
по  
сравнению с  
традиционны  
ми методами  
изготовления  
деталей

→ Сравнительно высокая стоимость порошков

→ Неоднородная плотность брикета по высоте, что ограничивает размеры изделий

→ Необходимость спекания в защитной атмосфере

→ Остаточная пористость, что снижает уровень механических свойств





# 1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

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

Металлические порошки – основа порошковой металлургии, технология которой начинается с их получения.



Метод производства и природа соответствующего металла, сплава или металлоподобного соединения определяют химические,

физические и технологические свойства получаемого металлического порошка. Часто свойства порошка одного и того же металла существенно изменяются в зависимости от метода производства. Порошки, идентичные по химическому составу, могут иметь разные физические характеристики и резко различаться по технологическим свойствам, что привело к появлению большого многообразия методов получения из порошков готовых изделий.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Методы получения порошков делятся на **физико-химические** и **механические**. К **физико-химическим методам** относят технологические процессы производства порошков, связанные с глубокими физико-химическими превращениями исходного сырья.

В результате получаемый порошок по химическому составу и структуре существенно отличается от исходного материала.



## **Механические методы**

обеспечивают превращение исходного материала в порошок без существенного изменения его химического состава.

Чаще всего используют размол твердых материалов в мельницах различных конструкций и диспергирование расплавов.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

К **механическим методам** получения порошков относится и грануляция расплава (образование порошка происходит при сливании расплавленного металла в жидкость).

Однако получаемые частицы имеют размеры больше одного миллиметра (до 2–5 мм).



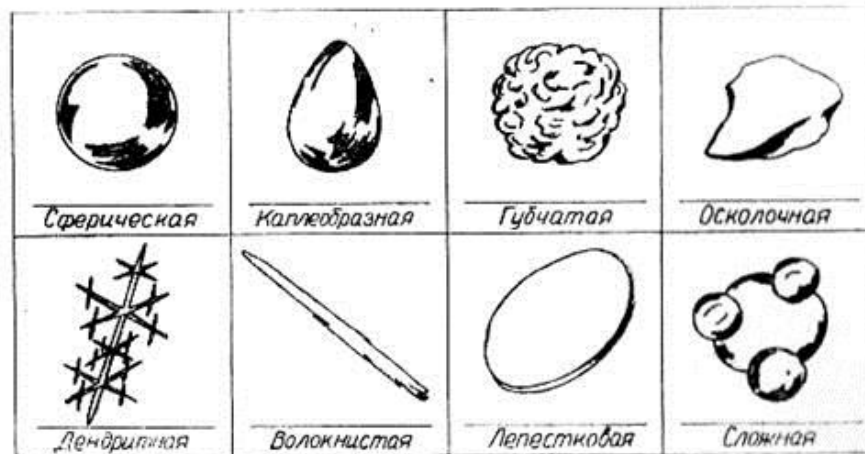
С помощью этого метода получают гранулы таких металлов, как олово, свинец, цинк, висмут и пр.

Совокупность методов их получения и превращения в изделия относится к другой области металлургического производства – гранульной металлургии.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Выбор метода получения металлического порошка проводят на основе анализа требований, предъявляемых к конечной продукции, и экономической оценки процессов, влияющих на его себестоимость (размер капиталовложений, затрат энергии, стоимости исходного сырья и пр.).

В зависимости от размеров частиц порошки весьма условно подразделяют на следующие группы:



**нано-** (размер частиц  $< 0,01$  мкм), **ультра-** ( $0,01-0,1$  мкм),

**высокодисперсные** ( $0,1-10$  мкм), **мелкие** ( $10-40$  мкм), **средние** ( $40-250$  мкм) и **крупные** ( $250-1\ 000$  мкм).

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

| Методы   | Характеристика  | Материалы   | Форма и размеры частиц, мкм                          | Примечание  |
|--|---|---|--|---|
| <b>1. Механические методы получения порошков</b> |   |   |  |   |
| Размол в шаровых мельницах                       | Диаметр барабана 250...1500 мм, скорость вращения 30...120 об/мин   | Черные и цветные металлы                                      | Неправильный многогранник, 100...1000                | Порошки загрязняются продуктами истирания шаров и футеровки мельниц     |
| Размол в вихревых мельницах                      | Скорость вращения пропеллеров 3000 об/мин   | Железо, медь, алюминий, серебро, губчатый титан и их сплавы   | Тарельчатая пластинка с зазубренными краями 50...200 | Можно размалывать отходы металлообрабатывающих цехов (стружку, обрезку) |
| Обработка твердых (компактных) металлов резанием | Получают крупные порошки. При станочной обработке литых металлов или сплавов подбирают такой режим резания, который обеспечивает образование частиц, а не стружки | Сталь, латунь, бронза, магний                                 | Неправильной формы                                   | -   |
| Диспергирование расплава                         | Заливка в воду тонкой струей  | Алюминий, свинец, цинк, бронза, латунь, железо, чугуны, сталь | Сфероидальная, 100...3000                            | Применяется для спекания пористых деталей.                              |

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

| Методы получения порошков   | Характеристика метода   | Получаемые порошки   |
|---|---|--|
| <b>Химическое восстановление:</b> оксидов и других <b>твердых</b> соединений металлов | Один из наиболее распространенных и экономичных способов. Восстановителями служат газы (водород, конвертированный природный газ и др.), твердый углерод (кокс, сажа и др.) и металлы (натрий, кальций и др.). Исходным сырьем являются окисленные руды, рудные концентраты, отходы и побочные продукты металлургического производства (например, прокатная окалина), а также различные химические соединения металлов | Железо, медь, никель, кобальт, вольфрам, молибден, титан, тантал, цирконий, уран, сплавы, а также соединения с неметаллами (карбиды, бориды и др.) |
| различных соединений металлов из <b>водных растворов</b>                              | Один из самых экономичных способов, позволяющий получать высококачественные металлические порошки. Восстановитель – водород или оксид углерода. Исходное сырье – сернокислые или аммиачные растворы солей соответствующих металлов  | Медь, никель, кобальт, серебро, золото   |
| <b>газообразных</b> соединений различных металлов                                     | Газообразные соединения металлов восстанавливаются водородом в реакторе кипящего слоя или в плазме  | Вольфрам, молибден, никель   |

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

| Методы получения порошков  | Характеристика метода   | Получаемые порошки   |
|--|---|--|
| <b>Электролиз</b><br>водных растворов или расплавленных солей различных металлов | На катоде под действием электрического тока осаждают из водных растворов или расплавов солей чистые порошки практически любых металлов. Стоимость порошков высока из-за больших затрат электроэнергии и сравнительно низкой производительности электролизеров | Медь, никель, железо, серебро – из водных растворов; тантал, титан, цирконий, железо – из расплавленных сред |
| <b>Диссоциация карбониллов</b>   | Соединение металла с СО типа $Me_n(CO)_c$ разлагают нагреванием. Применяют в промышленности для производства высококачественных дисперсных порошков, стоимость которых очень велика   | Железо, никель, кобальт, вольфрам, молибден  |

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

| <b>Методы получения порошков</b>   | <b>Характеристика метода</b>  | <b>Получаемые порошки</b>  |
|------------------------------------|---|--|
| <b>Термодиффузионное насыщение</b> | Чередующиеся слои или смесь порошков разнородных металлов нагревают до температуры, обеспечивающей их активное взаимодействие   | Латунь, сплавы на основе хрома, высоколегированные стали         |
| <b>Испарение конденсация</b>       | Для получения порошка металл испаряют и затем конденсируют его пары на холодной поверхности. Порошок является тонкодисперсным, но содержит большое количество оксидов | Цинк, кадмий и другие металлы с невысокой температурой испарения |
| <b>Межкристаллитная коррозия</b>   | В компактном (литом) металле или сплаве при помощи химического травителя разрушают межкристаллитные прослойки   | Коррозионно-стойкие и хромо-никелевые стали                      |



# Контрольные вопросы

1. Кто из наших соотечественников разработал в XIX в. способ получения изделий из платины?
2. Назовите причины возрождения интереса к порошковой металлургии в конце XIX в.
3. Укажите основные преимущества порошковой металлургии перед традиционной металлургией.
4. На какие основные группы делятся методы производства порошков?
5. Перечислите механические методы получения порошков.
6. Перечислите физико-химические методы получения порошков

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить методы получения порошков в древности.
2. Изучить процессы получения порошков из металлической стружки.

# Список литературы

1. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И. П. Гладкий, В. И. Мощенок, В. П. Тарабанова, Н. А. Лалазарова, Д. Б. Глушкова. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – 528с.

2. Прейс Г.А. Технология конструкционных материалов / Г.А. Прейс и др. – К. : Выща шк., 1991.

3. Порошковая металлургия и напыленные покрытия : Учебник для вузов/ В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. - М . : Металлургия, 1987. - 792 с.



**Кафедра технології металлов и матеріалознавства**

**Лалазарова Наталиа Алексеевна**

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М  
Tel.(8-057 )707-37-92**