**Гр.29-1А.29-1Б Материаловедение Захаров .**

**Порошковая металлургия. Получение порошков, формование, спекание Историческая справка. Общие сведения о порошковых материалах**

***Порошковой металлургией***называют область науки и техники, охватывающую производство металлических порошков, а также изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками. Ее важными отличительными чертами являются получение вещества в порошкообразном состоянии, придание ему необходимой формы и размеров (формование) и проведение операции нагрева (спекания) заготовок из порошков при температуре ниже точки плавления соответствующего металла или, в случае смеси разнородных порошков, ниже температуры плавления наименее тугоплавкого компонента основы. Таким образом, последовательное осуществление в едином цикле операций получения порошка и превращения его в изделие составляет суть порошковой металлургии.

Среди имеющихся разнообразных способов обработки металлов порошковая металлургия занимает свое особое место, так как позволяет не только производить изделия различных форм и назначений, но и создавать принципиально новые материалы, получить которые иным путем крайне трудно или вообще невозможно.

Порошковая металлургия успешно конкурирует с литьем, обработкой давлением, резанием и другими методами получения изделий (заготовок), дополняя или заменяя их. Являясь одной из молодых отраслей современной техники, порошковая металлургия одновременно есть и древнейший способ производства металлов и изделий из них.

Порошки золота, бронзы, меди, оксидов железа еще в доисторические времена применялись для раскрашивания при изготовлении изделий из глины, в наскальной живописи, для ритуального раскрашивания тела. Многие из орудий египтян, найденные при раскопках, изготовлены из порошков железа, и относятся к 3 000 г. до н. э. В гробнице египетского фараона Тутанхамона, жившего в XIV в. до н. э., были обнаружены пластины, сделанные из порошка золота. Американские индейцы владели способом спекания порошка серебра.

Рисунок 1. **Железная колонна в Дели (Индия)**

Железо приобрело широкую известность именно благодаря применению человеком основных принципов порошковой металлургии. Плавильные печи, способные достичь температуры, необходимой для плавления железа (1 539 °С), появились только во второй половине XIV в. До этого времени применяли сыродутный процесс — способ получения железа из руды непосредственным восстановлением углем. Железная руда дробилась, обжигалась на открытом огне, а затем в небольших глиняных печах. Туда же, в печи, закладывался древесный уголь и мехами подавался воздух. Температура в таком устройстве достигала 1 100–1 350 °С. Поэтому на дне печи оставался не жидкий металл, а комок пористого, тестообразного и сильно загрязненного шлаком и углем железа, называемого *крицей.*Под ударами молота холодная крица легко превращалась в порошок. Чтобы получить из нее какое-либо изделие, крицу приходилось неоднократно нагревать до вязкого состояния и ковать молотами. При этом частицы металла как бы сваривались друг с другом, одновременно из крицы удалялись вредные неметаллические компоненты.

Подлинным памятником мастерству древних металлургов является знаменитая Делийская колонна в Индии. Этот монолит массой 6,5 т был изготовлен в 300 г. н. э. из губчатого железа, прессованного и обработанного в твердом состоянии. Она весит около 6,5 т, имеет высоту 7,3 м при диаметре у основания 0,42 м (рисунок 1).

Начало научному подходу к порошковой металлургии положил русский инженер и ученый Петр Григорьевич Соболевский (1781–1841), разработавший способ получения ковкой платины и изготовления из нее изделий. С 1826 г. он заведовал строительством объединенной лаборатории Горного кадетского корпуса и департамента горных и соляных дел России, а затем управлял ею. Незадолго до этого на Урале началась добыча самородной платины, и на русском монетном дворе было решено чеканить из нее монеты. Однако получить из природного сырья чистый ковкий металл оказалось не так-то просто. Платина, как известно, плавится при температуре 1 769 °С. Однако, плавильных печей, в которых бы достигалась такая температура, в ту пору еще не существовало.

П.Г. Соболевский совместно с металлургом и горным инженером В.В. Любарским взялся получить ковкую платину, не прибегая к плавке. Русские ученые разработали технологию, сходную с известным процессом переработки кричного железа, и обошлись без высоких температур. Путем химической очистки содержащих платину природных соединений они получили губчатую платину. Затем ее в холодном состоянии набивали в кольцеобразную форму и подвергали сжатию с помощью винтового пресса. Образовывался достаточно прочный брикет, который нагревали добела и вновь обжимали на том же прессе. В итоге получался плотный ковкий металл. В мае 1826 г. таким способом были изготовлены первые промышленные изделия из платины — проволока, тигли, монеты, медали.

Соболевским П. Г. впервые были описаны такие основные для порошковой металлургии операции, как получение порошкообразного металла, его прессование и спекание.

Методы порошковой металлургии вновь стали широко применяться лишь в начале нашего века. Это было связано с появлением такого революционизирующего жизнь изобретения, как электрическая лампа накаливания. А.Н. Лодыгин в 1872 г. изобрел угольную лампу накаливания — источник света, у которого излучение испускал тонкий стерженек из ретортного угля, накаливаемый электрическим током. Однако через 30–40 мин этот проводник перегорал. Срок службы лампы значительно возрос, когда А.Н. Лодыгин применил последовательное включение нескольких угольных стерженьков и удалил воздух из колбы. Но он на этом не остановился и усовершенствовал изобретение — применил в качестве тела накаливания металлическую вольфрамовую нить.

Однако изготовить вольфрамовую нить оказалось очень непросто. Получить ее методом литья было невозможно, поскольку температуры в 3 410 °С, при которой вольфрам плавится, тогда еще не достигала ни одна плавильная печь. Нити, спрессованные из вольфрамового порошка, также не обладали нужными свойствами. Тогда изготовили вольфрамовые прутки примерно тем же способом, что и платиновые монеты. Потом их ковали и в горячем состоянии протягивали через фильеру (инструмент с одним волочильным отверстием). Так была получена тонкая вольфрамовая нить для ламп накаливания.

Сначала фильеры делали из дорогостоящих алмазов, затем — из карбида вольфрама. Последний, обладая достаточной твердостью, оказался хрупким. К тому же при его нагревании выделялся графит, который, попадая в вольфрамовую проволоку, снижал ее долговечность. Тогда фильеру изготовили спеканием из порошкообразного карбида вольфрама с добавлением в шихту от 3 до 13 % порошка кобальта. Из такой смеси можно было сформовать заготовку, близкую по форме к волочильной фильере. В этом состоянии заготовка еще поддавалась механической обработке, что позволяло придавать ей нужные размеры. Затем деталь направлялась на спекание, после чего она была готова к использованию.

Через полученную таким образом фильеру из раскаленной вольфрамовой заготовки можно тянуть проволоку сечением менее 0,02 мм2. Впоследствии ученые установили, что физическая связь частиц металла оказалась в данном случае прочнее, чем она могла быть при плавке и последующей кристаллизации вольфрама. В этом и состоит преимущество порошковой металлургии, т. к. ее технологии позволяют создавать изделия, по своей структуре превосходящие исходные компактные материалы.

В начале XX в. изделия, получаемые методами порошковой металлургии, начинают использоваться в самых различных сферах производства. Металлорежущий инструмент стали оснащать пластинами из спрессованного и спеченного порошка карбида вольфрама (твердого сплава). Скорость резания при этом увеличилась в 5–6 раз. Пропиткой маслом втулок, спеченных из металлического порошка, получали самосмазывающиеся подшипники. Прессованием смеси порошков графита и меди получали токоприемные щетки для электрогенераторов.

Вскоре порошковая металлургия стала использоваться в производстве конструкционных деталей. Из металлических порошков начали изготавливать шестерни масляных насосов автомобильных двигателей. До этого их делали на металлорежущих станках, при этом 54 % металла уходило в отходы. Эта работа была под силу только специалистам высокой квалификации, поскольку зубья шестерен должны иметь строго определенную конфигурацию. Порошковая металлургия позволила эффективно использовать 95 % металла и значительно упростила процесс изготовления деталей.

Успешно развивалась порошковая металлургия в довоенный период в Советском Союзе. Были созданы новые электроконтактные материалы. Крупный советский ученый М.Ю. Бальшин заложил основы теории прессования металлических порошков. В годы Великой Отечественной войны методами порошковой металлургии из тугоплавких металлов изготавливали бронебойные снаряды. Чистое высокопористое железо применялось вместо дефицитной меди при производстве снарядных поясков. Подшипники из оловянных и свинцовых баббитов заменили на железографитовые.

В послевоенные годы из порошков стали изготавливать фильтры, подшипники, фрикционные накладки, высокотемпературные материалы и др.

Развитие производства порошков сделало выгодным получение из них обычных конструкционных деталей — шестерен, зубчатых колес, седел клапанов, муфт, кулачков, деталей насосов, втулок и т.п.

В результате порошковая металлургия превратилась в крупнотоннажное производство, 60–65 % продукции которого — детали общемашиностроительного назначения. В особо больших количествах их потребляет сельскохозяйственное машиностроение и автомобилестроение. В США в 1976 г. на один автомобиль приходилось более 100 деталей общей массой 11 кг, изготовленных из порошков. Сегодня этот показатель достигает 30 кг.

Порошковой металлургией называется область техники, охватывающая процессы получения порошков металлов и металлоподобных соединений, а также процессы изготовления изделий из них без расплавления.

Основными достоинствами порошковой металлургии как метода изготовления материалов и изделий являются:

* методы порошковой металлургии позволяют изготавливать материалы и изделия из них, которые традиционными способами получить практически не удается. Пористые материалы, жаропрочные, инструментальные композиции, материалы со специальными свойствами могут быть получены только ее методами;
* возможность использования отходов металлургического и машиностроительного производства в виде окалины, стружки, гальванических шламов и т.п. в качестве исходного сырья для производства порошковых изделий;
* возможность существенного снижения отходов за счет производства изделий с размерами, близкими к окончательным, и исключения обработки резанием.

Ресурсо- и энергосберегающий характер порошковой металлургии подтверждают следующие данные (таблица 1).

Таблица 1 – **Сравнение различных технологий по ресурсо- и энергозатратам**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид технологии | Коэффициент использования металла, % | Энергозатраты, МДж/кг |
| Порошковая металлургия | 95 | 29 |
| Точное литье | 90 | 30–38 |
| Холодная штамповка | 85 | 41 |
| Обработка резанием | 40–50 | 66–82 |

К недостаткам порошковой металлургии относятся:

* ограниченность в выборе форм и размеров изготавливаемых изделий и заготовок;
* сравнительно невысокое рафинирование по примесям, что, например, препятствует использованию методов порошковой металлургии в изготовлении монокристаллов и полупроводников.

Однако эти недостатки могут быть устранены за счет изготовления составных изделий или применения комплекса технологических процессов, включающих наряду с порошковой металлургией другие технологии.

Типовая технологическая схема получения изделий методами порошковой металлургии включает следующие операции:

* производство порошков металлов и др. материалов;
* формование заготовки из порошка со связкой или без нее путем прессования или свободной насыпки;
* спекание заготовки при температуре ниже температуры плавления основного компонента;
* дополнительная обработка спеченного изделия — механическая обработка, пропитка, нанесение покрытий, калибрование и др.

**2. Методы получения металлических порошков, их свойства**

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

В таблице 2 приведены основные промышленные и опытнопромышленные методы получения порошков, используемые в технологии порошковой металлургии.

**Механические методы —**это такие технологические процессы, при которых исходный материал под воздействием внешних сил измельчается без существенного изменения химического состава. Механические методы получения порошков включают процессы дробления и размола, распыления расплавленного металла.

*Дроблением*и *размолом*можно превратить в порошок любой из металлов. Дробление и размол отличаются друг от друга по степени измельчения частиц. При дроблении она составляет 3–6 (размер частиц 2–2,5 мм), при размоле — 100 и более (размер частиц от 1 мм до 0,1–0,2 мкм). Обработке подвергают обычную стружку (отходы производства) или проволоку, специально подготовленную для переработки в порошок.

*Распыление расплавленного металла*— наиболее распространенный способ получения порошков с частицами сферической или близкой к ней формы. Существует несколько вариантов этого процесса: грануляция, связанная со сливанием жидких металлов в воду; центробежное распыление, при котором струя металла вместе с водой, подаваемой в форсунку под давлением, разбивается на быстро вращающемся диске; распыление жидких металлов и сплавов специальными форсунками в струе воздуха, инертных газов или воды.

Таблица 2 – **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, коррозионно-стойкие стали |
| распыление водой под давлением (W-метод) | То же | Медь, бронза, железо, коррозионно-стойкие 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 |

Наибольшее распространение в настоящее время (благодаря высокой производительности и относительно малым затратам на организацию производства) получил способ распыления расплавов сжатым газом. Основными технологическими параметрами данного процесса являются давление и температура газового потока, температура расплава. По этому методу разрушение металла происходит за счет кинетической энергии потока сжатого газа (воздуха, азота, аргона и др.), направленного под некоторым углом к струе жидкого металла.

Вопросы:

1.Написать краткий конспект лекции.

2.Какие методы порошковой металлургии знаете?

3.Какие способы получения порошков вы знаете?