
ЛИТЕРАТУРА:

1. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения. Справочник / И.М. Федорченко, И.Н. Францевич, И.Д. Радомысльский и др. / Киев: Наукова думка, 1985.
2. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы. Под редакцией В. Шатта. - М.: Металлургия, 1983.
3. Г.А. Либенсон. Производство спеченных изделий. - М.: Металлургия, 1982.
4. Р.Е. Есенберлин. Пайка и термическая обработка деталей в газовой среде. - Л.: Машиностроение, 1972.

УДК 621.762

**ЭЛЕКТРОДЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРЕССОВАНИЕМ И СПЕКАНИЕМ
ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ПОРОШКА**

С.Г. Ковчур, В.В. Пятов, А.С. Ковчур
(ВГТУ, г. Витебск)

В статье описана универсальная технология, позволяющая получать изделия из различных, в том числе и труднопрессуемых, порошковых материалов.

Иногда для получения изделий с заданными эксплуатационными свойствами нет необходимости подвергать порошки глубокой очистке и восстановлению. Неочищенные и окисленные порошки значительно дешевле материалов, прошедших рафинирование, но у них есть большой недостаток — они плохо прессуются. Однако, если удастся получить прессовку достаточной прочности, излишки кислорода могут быть удалены при спекании в восстановительной атмосфере и низкая стоимость порошка положительно отразится на себестоимости изделия.

Примером дешевого, но загрязненного порошкового материала может служить медный порошок, полученный из отходов гальванического производства [1]. После операций осаждения, отжима и сушки в восстановительной атмосфере такой материал содержит около 95% меди. Применение методов химического анализа [2] позволило установить, что остающиеся пять процентов распределены между тринадцатью химическими элементами, наиболее заметными из которых являются железо (около 1%) и кислород (0.5%).

Из такого материала путем рафинирования можно получить медный порошок, удовлетворяющий по химической чистоте соответствующим ГОСТам, но и стоимость его в этом случае приблизится к стоимости стандартного медного порошка. Без очистки осажденный материал обладает плохой прессуемостью, из него можно получить лишь прессовки простой формы малой прочности. В то же время наличие загрязнений не является препятствием к эксплуатации ряда изделий, например нерасходуемых электродов для точечной контактной сварки.

Таким образом, возникает проблема изготовления из труднопрессуемого материала недорогих изделий удовлетворительного качества. Для ее разрешения разработана технология прессования изделий сложной формы, не содержащая операций рафинирования порошка и окончательной механической обработки.

Технология основана на применении связующе-пластифицирующих добавок, улучшающих технологические характеристики порошков. К таким добавкам, называемым обычно пластификаторами, предъявляются довольно жесткие требования. Кроме связующих, пластифицирующих и смазывающих свойств они должны быть дешевыми и недефицитными, легко перемешиваться с порошком и легко извлекаться из прессовок, не препятствовать процессу спекания и не загрязнять готовых изделий [3].

В порошковой металлургии при производстве изделий сложной формы применяются самые различные пластификаторы. Некоторые затраты, связанные с его введением и извлечением, компенсируются приближением формы прессовки к форме изделия, что позволяет избежать затрат на механическую обработку. Кроме того, пластификатор значительно уменьшает усилие прессования и износ инструмента. Поэтому правильно подобранный пластификатор не увеличивает себестоимость изделий [4].

Из органических пластификаторов наиболее подходящим представляется парафин: он не дефицитен, обладает хорошей связующей, пластифицирующей и смазывающей способностями, легко удаляется из прессовки и почти не загрязняет изделие углеродом. Парафин широко используют в твердосплавной промышленности, при производстве изделий из металлических порошков и других сыпучих материалов. На основе парафина создано множество пластифицирующих и связующих композиций.

Электроды представляют собой изделия сложной формы, имеющие конические, цилиндрические и сферические поверхности, а также несквозное осевое

отверстие. К ним предъявляются довольно жесткие требования: высокая тепло- и электропроводность, прочность на сжатие, низкая склонность к свариванию и окислительной устойчивости. Номинальный сварочный ток составляет 9 — 16 кА. Работают электроды на одноконтактных и многоконтактных машинах для точечной сварки. В настоящее время электроды вытачивают из медного прутка (медь М1, М2 или М3 ГОСТ 1535-71), при этом значительная часть материала превращается в стружку.

Попытка изготовить электроды методом порошковой металлургии и сократить потери меди не дает ожидаемого результата — даже хорошо прессуемые стандартные порошки не позволяют получить изделие нужной формы без механической обработки.

Разработанная технология включает следующие операции: пластификацию порошка, прессование электрода в прессформе специальной конструкции, удаление пластификатора и спекание изделий.

Количество парафина, необходимое для получения качественных изделий, лежит в пределах 5% мас. Пластификация порошка в простейшем случае осуществляется следующим образом. Расплавленный парафин вливают в емкость с порошком, периодически делая остановки для впитывания жидкости. Процесс продолжают, пока все межчастичное пространство не будет заполнено пластификатором. Затем сразу же, пока парафин жидкий, начинают тщательное перемешивание (для этих целей желательно иметь специальную мешалку). Перемешивание продолжают до полного застывания парафина. Такой способ введения пластификатора не является оптимальным, хотя прост и дает удовлетворительные результаты. Разработаны также более эффективные способы пластификации порошка [5], требующие специального оборудования.

После того, как в порошок добавлен парафин, технологические свойства (пластичность, коэффициенты внешнего и внутреннего трения, прессуемость и формуемость, уплотняемость) различных порошковых материалов делаются очень близкими. Проведены исследования по формуемости с широким кругом порошков: получены прессовки из меди, бронзы, железа, сталей, алюминия, никеля, титана, свинца, цинка, сложных металлических композиций, тяжелых и твердых сплавов, керамики и некоторых других материалов — результаты получились очень схожими. В этом еще одно преимущество разработанной технологии — универсальность — после пластификации можно не учитывать особенности исходного порошкового материала.

Пластифицированный порошок прессуется при низких давлениях (до 50 МПа) — возможно использование даже ручного винтового пресса. Форма полученных прессовок максимально приближена к форме готового изделия, прочность удовлетворительная. Пластичность пластифицированного порошкового материала очень высокая — его можно формовать даже методом экструзии.

Удаление парафина производят при спекании прессовок. Для этого их медленно нагревают на воздухе до 723 К, парафин разлагается и удаляется в виде газов. Нагрев на воздухе необходим для уменьшения загрязнения спеченных изделий углеродом. Если такая обработка не проводится, а заготовки медленно нагревают в защитной атмосфере до температуры спекания, то количество углерода в спеченных изделиях максимально и соответствует содержанию кокса в сухом пластификаторе (часто с этим можно мириться).

При спекании электродов необходимы три изотермические выдержки. Первая выдержка при температуре 393 К обеспечивает отгонку жидкого парафина в засыпку под действием капиллярных сил. Для обеспечения эффективного отсоса капиллярно-пористая структура засыпки должна быть дисперснее, чем у материала прессовки. Это требование обеспечено применением в качестве засыпки мелкодисперсного каленого оксида алюминия, хорошо смачиваемого жидким парафином. Продолжительность первой выдержки 40 минут.

Вторая выдержка сделана при температуре 723 К, ее продолжительность также 40 минут. В это время парафин разлагается на летучие соединения и удаляется из прессовки и засыпки. Отсутствие этой выдержки может привести слишком бурному выделению продуктов термического разложения пластификатора, чреватому разрушением прессовки.

После этого печь продувалась азотом и в нее подавалась водородная атмосфера, дальнейший процесс спекания не отличался от традиционного (третья выдержка необходима для спекания изделия).

Следует отметить, что спекание пластифицированных прессовок, особенно имеющих сложную форму, необходимо проводить с большой осторожностью. Скорость нагрева между первой и второй выдержками не должна превышать определенной величины, зависящей от количества парафина в материале. Так, при содержании парафина 16% мас. (может понадобиться при экструзии материала) целесообразно ограничить скорость нагрева величиной 300 К/ч. Превышение этой

скорости может привести к локальным разрывам прессовки выделяющимися газами.

На первый взгляд предложенная технология может показаться слишком сложной. Однако надо учесть, что затраты на введение и удаление пластификатора окупаются приближением формы получаемой заготовки к форме готового изделия и исключением операции окончательной механической обработки. Кроме того, технология обеспечивает формование порошков, другими методами некомпактируемых, причем на различие между порошками можно просто не обращать внимания. И, наконец, она позволяет использовать любой доступный метод формования и избежать затрат на приобретение дорогостоящего прессового оборудования.

Описанная технология прошла проверку в промышленности (АО "Горизонт", г. Витебск). Полученные электроды удовлетворяют техническим условиям при значительно меньшей стоимости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Медный порошок, полученный из отходов гальванического производства / С.С. Клименков, В.В. Пятов, А.С. Ковчур, П.В. Лавшук // В кн.: Состояние и перспективы развития науки и подготовки инженерных кадров высокой квалификации: Тез. докл. междунар. конф. — Мн.: БГПА, 1995. — С. 80-81.
2. Применение метода резерфордовского обратного рассеяния и ЕИМС для анализа состава сложных многокомпонентных соединений / Ковчур С.Г., Пятов В.В., Ковчур А.С., Леонтьев А.В. // В кн.: Состояние и перспективы развития науки и подготовки инженерных кадров высокой квалификации: Тез. докл. междунар. конф. — Мн.: БГПА, 1995. — С. 61-62.
3. Высокотемпературные неметаллические нагреватели / П.С. Кислый, А.Х. Бадян, В.С. Киндышева, Ф.С. Габриян. — Киев: Наук. думка, 1981. — 160 с.
4. Ковчур А.С. Разработка процесса получения медного порошка из отходов гальванического производства и изделий на его основе: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Мн., 1997. — 20 с.
5. А.С. 1146893 СССР, МКИ В 22 F 1/100. Способ пластифицирования порошковых материалов / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов // Не подлежит опубликованию в открытой печати.