

3. Degradable biomaterials based on magnesium corrosion / F. Witte, N. Hort, C. Vogt [et al.] // *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. – 2008. – Vol. 12, Iss. 5–6. – P. 63–72.

4. *Hermawan H.* Developments in metallic biodegradable stents / H. Hermawan, D. Dubé, D. Mantovani // *Acta Biomaterialia*. – 2010. – Vol. 6, Iss. 5. – P. 1693–1697.

5. Coronary stents: A materials perspective / G. Mani, M. Feldman, D. Patel [et al.] // *Biomaterials*. – 2007. – Vol. 28, Iss. 9. – P. 1689–1710.

6. Biocorrosion of magnesium alloys: A new principle in cardiovascular implant technology? / B. Heublein, R. Rohde, V. Kaese [et al.] // *Heart*. – 2003. – Vol. 89, Iss. 6. – P. 651–656.

7. First successful implantation of a biodegradable metal stent into the left pulmonary artery of a preterm baby / P. Zartner, R. Cesnjevar, H. Singer [et al.] // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. – 2005. – Vol. 66, Iss. 4. – P. 590–594.

8. *Логинов Ю. Н.* Инвариантные показатели напряженного состояния при кузнечной осадке магния в оболочке / Ю.Н. Логинов, Ю.В. Замараева // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 79–88.

9. *Каменецкий Б. И.* Влияние условий бокового подпора на пластичность магния при холодной осадке / Б. И. Каменецкий, Ю. Н. Логинов, Н. А. Кругликов // *Технология легких сплавов*. – 2012. – № 1. – С. 86–92.

10. *Комкова Д. А.* Структура и текстура магния после низкотемпературной мегалластической деформации / Д. А. Комкова, А. Ю. Волков // *Вектор науки ТГУ*. – 2017. – № 3(41). – С. 70–75.

УДК 669.234

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОРОШКА ПАЛЛАДИЯ

Пушкарь С. В.¹, Ермаков А. В.¹, Лобанов В. Г.²

¹ АО «УРАЛИНТЕХ», г. Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Указаны основные требования и сферы применения порошков металлов платиновой группы. Разработана технология спекания порошков палладия в индукционной печи. Дается сравнение существующих и новой технологий.

Ключевые слова: порошок, палладий, индукционная печь, термическая обработка.

Порошки металлов платиновой группы в промышленности преимущественно используются при изготовлении катализаторов в автомобильной, химической и электронной промышленности. Прочие сферы (инвестиции, сплавы, биметаллы, слитки, проволока и др.) по объемам потребления менее значимы.

К порошкам металлов платиновой группы (МПП), используемым в промышленности, предъявляются достаточно жесткие требования, как

по чистоте, так и по посторонним включениям. Качественные характеристики порошков указываются в ГОСТах и другой нормативной документации. Имеются частные, особые требования конкретных потребителей, которые могут быть более жесткими (например, требования к содержанию какой-либо определенной примеси или расширение числа определяемых примесей или летучих включений).

Наиболее распространенным методом получения палладия в виде металла является селективное осаждение из растворов в виде труднорастворимой соли – хлорпалладозамина и последующее термическое разложение этой соли с получением дисперсно-спеченного полупродукта (губки) [1]. Термическое разложение хлорпалладозамина и других солей палладия сопровождается выделением токсичных газов, что существенно ограничивает использование этого технологически простого приема для получения порошков.

Другая группа методов – восстановление металлов из растворов солей с помощью различных реагентов: муравьиной кислоты, этилена, гидразина, формальдегида – лишено этого недостатка, но чаще всего продуктом данного процесса является тонкодисперсная чернь [2], которую называют «первичная». И в этом случае для удаления летучих примесей для получения товарного порошка черни приходится подвергать термообработке.

В губчатом палладии, полученном любым способом, в заметных количествах присутствует оксид палладия, при этом содержание кислорода в порошке может достигать 0,5 % и выше. Для получения порошка палладия, соответствующего требованиям потребителей, окисленную губку подвергают восстановительной обработке.

Известные способы восстановления палладиевой губки с использованием различных газов в качестве среды прокаливания и охлаждения существенно удорожают процесс, а также, например, при использовании горючих газов, могут создавать пожаро- и взрывоопасные ситуации [3; 4]. Чрезмерная длительность обсуждаемого способа увеличивает энергозатраты и снижает удельную производительность оборудования.

В настоящей работе изучены перспективы прокаливания «первичной» черни с использованием среднечастотной индукционной установки. Чернь нагревали в атмосфере воздуха в индукционной печи при частоте индукции 10–20 кГц и температуре 900–1100 °С в течении 10–20 минут, полученную губку охлаждали, измельчали и промывали муравьиной кислотой.

В отличие от известных технологий нагреву подвергали не исходную соль, например, хлорпалладозамин, а металлизированный продукт гидрохимического восстановления, что позволило исключить проблема выделения в атмосферу токсичных газов. Из теории нагрева материалов токами высокой частоты известно явление, называемое «скин»-эффект. Суть данного эффекта заключается в приоритетном нагреве поверхности тел и частиц, обладающих электромагнитной восприимчивостью.

По результатам экспериментов установлено, что при индукционном нагреве металлических дисперсий и порошков «скин»-эффект в максимальной степени достигается при частоте индукции от 10 кГц и выше. Под действием «скин»-эффекта кратковременный нагрев поверхности даже самых мелких частиц сопровождается трансформацией тонкодисперсной черни в губку. В указанных условиях основная масса летучих возгоняется. Требуемая для полного удаления летучих компонентов продолжительность термической обработки не превышает 10–20 минут (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Показатели термической обработки

Частота индукции, кГц	Температура спекания, °С	Продолжительность термической обработки, мин.	Остаточное содержание летучих в порошке, %
15	400	20	0,6
5	850	8	0,45
10	900	10	0,012
15	1000	15	0,008
20	1100	20	0,007
30	1150	25	0,007 спекание

Важной особенностью механизма спекания черни в индукционном поле является меньшая поверхностная пористость зерен палладия в получаемой губке. При нагреве и охлаждении в атмосфере воздуха зерна охлажденной губки окислены, но в силу структурных особенностей губки окисленный слой носит поверхностный характер, а содержание кислорода не превышает 0,7 %.

На разработанную технологию получения порошка палладия получен патент [5].

В результате совершенствования технологии производства палладия на «УРАЛИНТЕХ», достигнутом при переходе на спекание черни в поле индукции, достигнуты преимущества:

- 1) Процесс спекания не затянут по времени, что позволило сократить временные затраты в 4–7 раз;
- 2) Удельная производительность используемого оборудования увеличена в 5 раз;
- 3) Сократилось количество выбрасываемых токсичных газов.
- 4) Гарантированно обеспечивается требуемое качество порошков.

Библиографический список

1. Меретуков М. А. Металлургия благородных металлов. Зарубежный опыт / М. А. Меретуков, А. М. Орлов. – Москва : Metallurgia, 1991. – 418 с. – ISBN 5-229-00734-6.
2. Аналитическая химия платиновых металлов / С. И. Гинзбург, Н. А. Езерская, И. В. Прокофьева [и др.]. – Москва : Наука, 1972. – 616 с.
3. Звягинцев О. Е. Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы / О. Е. Звягинцев. – Москва : Metallurgizdat, 1945. – С. 142. – ISBN 978-5-517-98031-1.
4. Пат. РФ №2186863 Рос. Федерация, МПК С22В 11/00 Способ получения порошка палладия. 2000132495: заявл. 25.12.2000, опубл. 25.08.2002/ Ильешевич В. Д., Мамонов С. Н., Сидоренко Ю. А., Мальцев Э. В., Шульгин Д. Р., Рюмин А. И., Безпрозванных И. В. Заявитель и патентообладатель ОАО «Красноярский завод цветных металлов им. В. Н. Гулидова». – 2 с.
5. Пат. Рос. Федерция, №2760533, МПК С22В 11/00 Способ получения порошка палладия. 2020143682; заявл. 29.12.2020, опубл. 26.11.2021/ Ермаков А. В., Лобанов В. Г., Скоморохов В. А., Пушкарь С. В., Кузьменко Г. Ф., Заявитель и патентообладатель АО «Уралинтех». – 5 с.

УДК 544.431.22

ТВЕРДОФАЗНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФЕРРИТА ЦИНКА С ОКСИДОМ КАЛЬЦИЯ

Скопов Г. В.^{1,2,3}, Якорнов С. А.¹

¹ ОАО «УГМК», г. Верхняя Пышма, Россия

² Уральский федеральный университет

им. первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

³ НЧОУ ВО Технический университет УГМК, г. Верхняя Пышма, Россия
e-mail: skopov@ugmk.com

Аннотация: Феррит цинка является прочным соединением мало растворимым в слабой серной кислоте, что затрудняет извлечение из него цинка в раствор при переработке металлургических полупродуктов с применением гидрометаллургических технологий. Предыдущими исследователями показана возможность предварительной деструкции феррита цинка путем высокотемпературной обработки его в присутствии оксида кальция с образованием оксида цинка и феррита кальция. Изучение механизма этого обменного взаимодействия проводили с использованием методики диффузионного отжига в атмосфере воздуха (1050 °С в течение 4 часов) отшлифованных и плотно прижатых таблеток синтезированного феррита цинка и оксида кальция диаметром 13 мм и высотой 3-5 мм. После отжига таблетки разрезали по диаметру и исследовали срез при помощи микрорентгено-спектрального анализатора.

Обнаружена отчетливая зональная структура области контакта таблеток, из анализа которой следует, что кальций диффундирует из таблетки оксида кальция