

3. Способ охлаждения сплава после СВС-процесса незначительно влияет на ее твердость и состав.
4. Высокая скорость охлаждения сплава в СВС-процессе формирует структуру мартенситного типа.
5. Заметное влияние на процесс горения оказывает размер частиц порошка: При меньших по диаметру частицах (до 63 мкм) горение становится ровным, скорость горения увеличивается.
6. Введение боридов в сплав (2,5 мас. % термита) увеличивает его твердость на 6...10 HRC (до 70 HRC).
7. Молибден снижает твердость сплава, но значительно увеличивает его вязкость и теплостойкость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. – Черногловка: ИСМАН, 2002. – 234 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
3. Комбинированные электротехнологии нанесения защитных покрытий. Современные технологии. Т. 6 / Под ред. В.С. Чердниченко, В.Г. Радченко. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2004. – 179 с.
4. Гумиров М.А., Евтушенко А.Т., Торбунов С.С., Абед Д.Х. Пирометрия СВ-синтеза инструментальной стали // Ползуновский Вестник Алтайского государственного университета. – 2005. – № 4. – С. 110.

*Поступила 14.11.2006 г.*

*После переработки окончательный вариант поступил 20.02.2008 г.*

УДК 536.46

## ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ИЗ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

В.В. Бразовский, Г.М. Кашкаров, О.А. Лебедева, Н.П. Тубалов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

E-mail: altaikompozit@mail.ru

*На основе анализа возможных путей утилизации отходов предложена комплексная энергосберегающая технология переработки металлических порошков и оксидов в пористые фильтры для очистки различных растворов от взвешенных частиц дисперсностью от 30 до 500 мкм.*

#### **Ключевые слова:**

*Пористый фильтр, технология утилизации отходов, травильные растворы, металлические порошки, оксид алюминия, порошок меди.*

На предприятиях машиностроительного профиля широко применяются технологии травления металлов растворами кислот и щелочей. В результате образуется большое количество отходов порошкообразных металлов: Cu, Cr, Fe, Ca и их оксидов, а также загрязняются травильные растворы. В зависимости от технологической мощности производства количество отходов по каждому компоненту может достигать 12...15 т/г.

Утилизация таких отходов затруднена вследствие значительного угара при плавке и экономически невыгодна. С учетом изложенного, в данной работе предлагаются: технология выделения и кондиционирования отходов (медного и других порошков); передвижная установка для перекачки и осветления травильных растворов с целью их повторного использования и увеличения срока службы; технология получения пористого фильтра из отходов производства для передвижной установки; технология утилизации конденсированного порошка меди.

Для утилизации отходов предлагается комплексная энергосберегающая технология переработки металлических порошков и оксидов в пористые изделия различного назначения: фильтры для масел; фильтры для очистки различных растворов от взвешенных частиц дисперсностью от 30 до 500 мкм и больше; катализаторы – нейтрализаторы отработавших газов на промышленных предприятиях и в двигателях внутреннего сгорания.

Конструкция изделий может быть различной: плоские диски, цилиндры, стаканы, конусы и тому подобное.

Существует несколько конструкций фильтров для отделения механических включений из жидкой среды. Например, известны фильтры с применением фильтровальных тканей из природных и синтетических волокон (ГОСТ 26-14-2005-77). Недостатком таких фильтров является быстрая засоряемость, недостаточная прочность, невысокая температуростойкость в пределах 210...240 °С. Тканевые фильтры

недостаточно устойчивы против истирания. Стоимость таких фильтров довольно высокая.

Известны фильтры полимерные и фильтры из металлических порошков, изготовленные методами порошковой металлургии. Получение пористых фильтров состоит из процесса приготовления порошков, их формования и спекания. Спекание производят в высокотемпературных печах большой мощности, как правило, 50...140 кВт при температуре 1200...2000 °С.

Недостатками таких фильтров являются высокая стоимость материала фильтра из-за применения дорогостоящих и дефицитных порошков, применение высокотемпературных энергоемких печей, значительная трудоемкость изготовления, высокая стоимость пресс-форм, требующих при изготовлении высокого класса точности. Такие изделия имеют ограниченные размеры (габариты) связанные с возможностями соответствующего технологического оборудования для прессования и печами для спекания изделий. Размеры пресс-форм всегда ограничиваются размерами печей для спекания изделий [1].

Большое значение для получения пористых материалов имеет выбор реакционных композиций материалов. Традиционные металлические порошки, используемые для получения интерметаллических пористых материалов дороги и дефицитны.

Нами была сделана попытка создания пористых металлокерамических материалов с использованием реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), на основе отходов машиностроения.

Применение производственных отходов в качестве материалов для процесса (СВС), позволяет решить задачу снижения стоимости исходных компонентов и утилизации отходов, не нашедших адекватного применения. Используемые в работе промышленные отходы представляют собой оксиды металлов: окалина легированной стали 18Х2Н4МА ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – порошок фракции 63...125 мкм) содержащая 46...50 мас. %, оксид алюминия ( $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ ), который применяли в виде порошка фракции 50...60 мкм в пределах 40...44 мас. %. В шихту добавляли порошок алюминия марки АСД-1 в пределах 8...10 мас. %, порошок меди – 4...6 мас. % [2].

В основе метода (СВС) лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, соединений, протекающая в режиме направленного горения. Процесс горения осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов после локального инициирования реакции и распространяется по всей системе, благодаря теплопередаче от горячих продуктов к «не нагретым» исходным веществам [3].

Для улавливания и выделения медных порошков из сточных вод разработана конструкция и технология изготовления пористого фильтра, удовлетворяющего следующим требованиям: кислотоустойчивость; механическая прочность не менее

150 МПа; заданный диапазон размеров пор не более 0,1...0,3 мм; коэффициент удержания порошка меди не менее 98–99 %; возможность очистки медного порошка промывкой; производительность не менее 700 л/ч; срок службы фильтра не менее 3-х мес.

Фильтр изготовлен методом (СВС) из отходов производства: оксидов железа, оксидов алюминия, меди, алюминия. Фильтр имеет конусообразную форму (рис. 1).

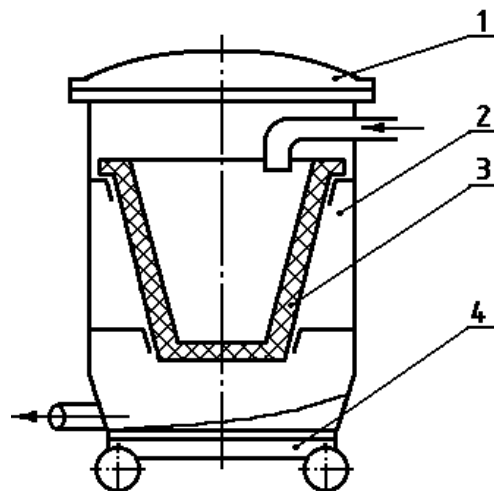


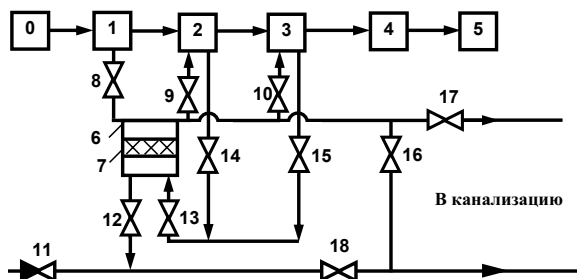
Рис. 1. Схема передвижной фильтрационной установки: 1) крышка, 2) корпус, 3) фильтр, 4) тележка

Фильтр смонтирован на передвижной установке производительностью 300 л/ч, последовательно обеспечивающей выделение медного порошка из всех травильных ванн. Травильные растворы после фильтрации осветлялись и были пригодны для повторного использования. Химическую стойкость фильтра определяли при выдержке его в кислой среде (15 и 26 %-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , pH=3...4, температура испытаний 20 и 30 °С) в течение 1,5 мес.

Качество материала оценивалось коэффициентом снижения прочности  $K=P_k/P_0$  (где  $P_0$  – разрушающая сила до коррозионных испытаний,  $P_k$  – после испытаний). Усилие разрушения образцов измеряли на разрывной машине УМЭ-10ТМ при скорости деформирования 0,002 м/с. В результате коррозии величина  $K$  составила не более 15 %.

Следовательно, с учетом периодического режима работы фильтра (1/3 сут.) и времени испытаний (1,5 мес.) срок службы фильтра в течение 3 мес. перекрывается в 1,5 раза. Отмечено увеличение размера пор после коррозионных испытаний на 20 %, что не влияет на удержание медного порошка. Состав материала фильтра определен стандартными методами: железа – методом потенциометрического титрования; меди – йодометрического титрования.

Для дальнейшей переработки медного порошка разработана технология дробной промывки шлама на изготовленном фильтре, используя промывные воды. В результате расход промывной воды сократился на 30...35 %. Технологическая схема разделения порошков и травильных растворов приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема травления биметалла серной кислотой и разделения травильного раствора и медного порошка: 0) исходный раствор; 1) стадия травления; 2) 1-я стадия промывки холодной водой; 3) 2-я стадия промывки холодной водой; 4) стадия омыливания 3-х % раствором; 5) стадия сушки изделий; 6) устройство с насосом; 7) металлокерамический фильтр; 8–18) запорные вентили

Разделение травильного раствора и медного порошка производится в несколько стадий: стадия травления серной кислотой; две стадии промывки холодной водой; стадия омыливания трех процентным водным раствором; стадия сушки изделия.

Отмытый от примесей медный порошок направляется в смеситель для подготовки шихты. По данным ситового анализа фракционный состав медного порошка достаточно однороден (см. табл.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евстигнеев В.В., Тубалов Н.П., Лебедева О.А. Интегральная технологическая схема получения пористых материалов для изготовления изделий промышленного назначения // Процессы горения и взрыва в физикохимии и технологии неорганических материалов: Труды Всерос. конф. – М., 2002. – С. 443–447.
2. Евстигнеев В.В., Тубалов Н.П., Лебедева О.А., Верещагин В.И. Получение пористых керамических материалов с использова-

**Таблица.** Фракционный состав порошка меди

Размер частиц меди, мм	Масса фракции, г	Доля фракции, %
2,0...2,5	12±0,09	15±1
1,0...2,0	18±0,32	23±2
0,5...1,0	8±0,53	11±1
0,25...0,5	14±0,24	18±1,5
0,1...0,25	10±0,67	14±1

Для более полного использования отходов к медному порошку добавляли до 20 % оксида меди, окалина железа и некоторых других компонентов и алюминиевый порошок для зажигания смеси. В результате высокотемпературного синтеза выход монолитного медного сплава с содержанием меди до 90 % достигал 50...60 % от веса шихты.

Простота технологии позволяет организовать передел отходов без капитальных затрат. Комплексный подход позволил, таким образом, не только утилизировать отходы производства, сократить расход промывных вод, но и использовать полученные фильтры для выделения отходов. Кроме того, отфильтрованный раствор является пригодным для дальнейшего использования в технологической схеме травления. При применении данной технологии достигается экономия за счет возвращения в производство всех отходов металлов, увеличения срока службы травильных растворов и снижения экологических штрафов.

- нием отходов машиностроения на основе термохимического синтеза // Ползуновский вестник. – 2003. – № 1–2. – С. 158–161.
3. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. – Черноголовка: ИСМАН, 2002. – 234 с.

Поступила после переработки 06.10.2008 г.