

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ЛЕГИРОВАННОГО БЁМИТА МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ*

И.Б. Руденко, С.М. Хомяков, Е.С. Зайцев

Рассмотрены технологические аспекты и оборудование для создания линии по производству наноструктурированного легированного бёмита из отходов механической обработки алюминиевых сплавов. Подробно рассмотрены вопросы безопасной утилизации водорода, выделяющегося в процессе производства бёмита.

Ключевые слова: технология, мелкосерийное производство, бёмит легированный, водород, утилизация.

Введение

Керамика представляет собой неорганический материал на основе кристаллических соединений металлов и неметаллов. Традиционные керамические материалы имеют структуру с размером зерна в десятки микрометров, однако их применение ограничено из-за недостаточных показателей трещиностойкости и прочности. В ряде современных исследований показано, что значительное улучшение механических и функциональных свойств керамики достигается при уменьшении размеров кристаллитов до уровня порядка 100 нм [1, 2], т. е. в керамических наноматериалах.

Начиная с 2009 г. в Московском государственном индустриальном университете

(МГИУ) выполняются НИР, связанные с разработкой, получением, исследованием и внедрением новых алюмооксидных керамических материалов. Исходным сырьем для производства этих керамик является наноструктурированный легированный бёмит, получаемый с помощью разработанного в МГИУ метода химического диспергирования алюминиевых сплавов в водном растворе щелочей [3].

В результате химического диспергирования алюминиевых сплавов образуется материал, имеющий наноразмерную структуру. Наличие в его составе того или иного легирующего элемента приводит к тому, что при последующем спекании создаются особые фазы, которые обеспечивают уникальные свойства нанокера-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания 3.3145.2011.

мик, отсутствующие в традиционных алюмо-оксидных керамиках.

В настоящее время дальнейшая разработка новых материалов, детальное их изучение и внедрение сдерживаются малыми объемами исходного сырья – бёмита, производимого в лабораторных условиях. Поэтому на данном этапе исследований становится актуальной задача создания автоматизированной технологии его мелкосерийного производства – эффективного, преимущественно безотходного и экологически безопасного.

Целью настоящей работы явилось описание схемы технологического процесса получения бёмита методом химического диспергирования сплавов алюминия и рассмотрение вопросов выбора оборудования для организации действующей линии по его производству из отходов механической обработки алюминиевых сплавов.

Циклы производственного процесса получения бёмита

Химические методы широко применяются для улучшения физико-химических свойств изделий. Они позволяют получать нанопорошки с размером частиц менее 100 нм [4], в том числе с частицами сферической формы. Керамика из них обладает высокими физико-химическими свойствами и спекается при пониженных температурах.

Производство бёмита осуществляется путем химического диспергирования алюминиевых сплавов в 20%-ном растворе гидроксида натрия, при котором происходит реакция с выделением водорода и выпадением осадка [5]. Технологический процесс производства включает в себя три основных цикла (рис. 1).

Первый производственный цикл состоит из измельчения исходного сырья – сплава алюминия в мелкодисперсную стружку. Для этого используется стандартное промышленное

оборудование, позволяющие дробить сырье до необходимых по размеру частиц. Сложная поверхность этих частиц – с большим количеством микротрещин и разломов – увеличивает площадь их контакта с щелочным раствором. При этом требования к исходному сырью – алюминиевому сплаву – минимальны.

Во втором производственном цикле осуществляется химическое диспергирование с механическим перемешиванием, при котором происходит выделение водорода и тепла. Такая реакция происходит в специальной установке – реакторе с мешалкой.

В третьем производственном цикле производится очистка водного раствора гидроксида натрия от частиц и его возвращение во второй цикл для дальнейшего использования в химическом диспергировании.

Оборудование для производства бёмита методом химического диспергирования

На рисунке 2 приведена обобщенная технологическая схема получения высокодисперсных порошков из алюминиевых сплавов путем химического диспергирования. Эта технологическая схема предусматривает сбор выделяющегося водорода в топливный элемент и возвращение промывных вод в технологический процесс в целях повторного использования для приготовления раствора гидроксида натрия NaOH.

На основе данной технологической схемы была разработана технологическая линия для получения бёмита в промышленных масштабах (рис. 3).

Технологическая линия состоит из трех основных производственных участков. На первом участке исходное сырье размельчается в роторной дробилке 1. В ней перерабатываются алюминиевые банки и стружка цветных металлов в мелкодисперсную стружку.

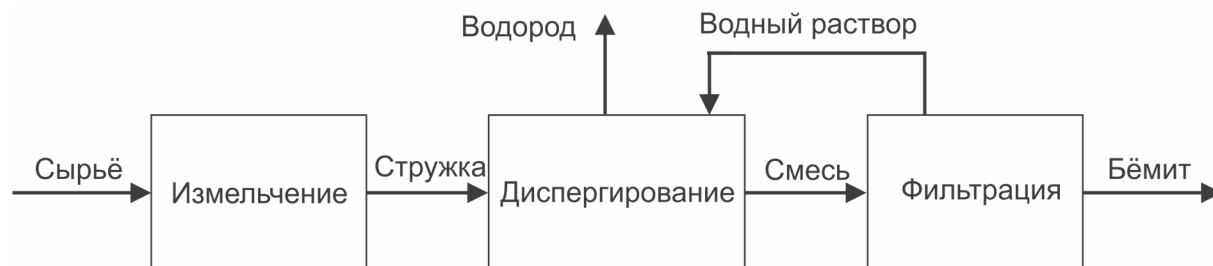


Рис. 1. Схема производственного процесса получения бёмита

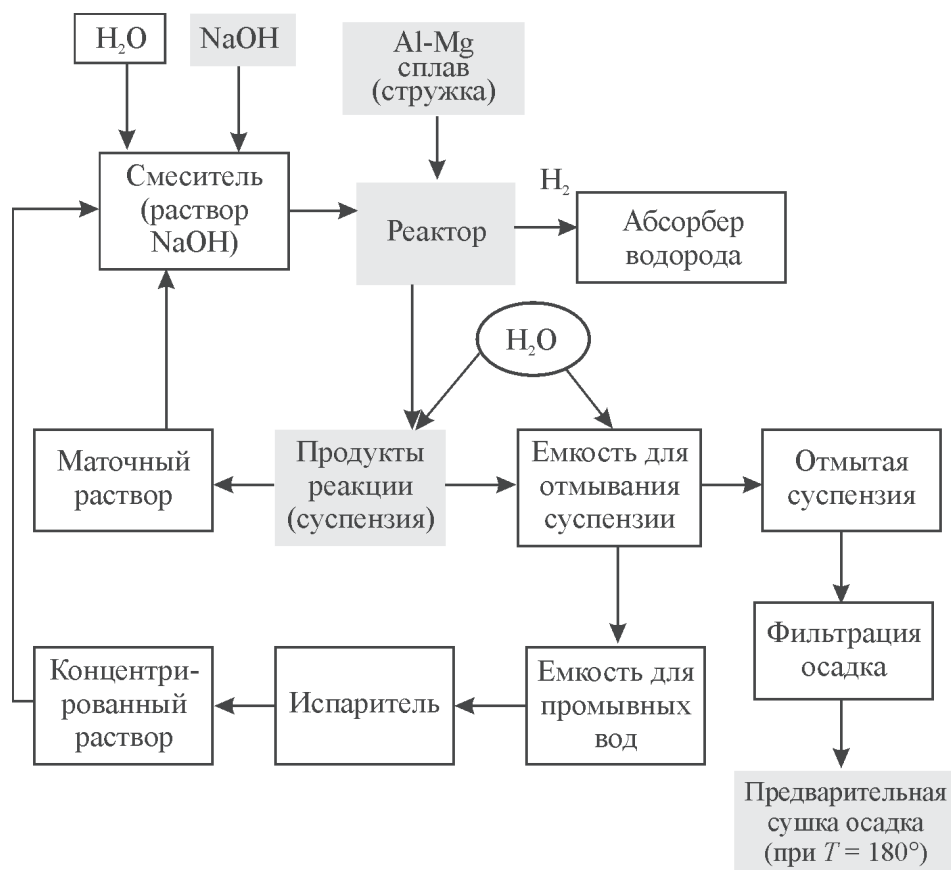


Рис. 2. Технологическая схема химического диспергирования алюминиевых сплавов

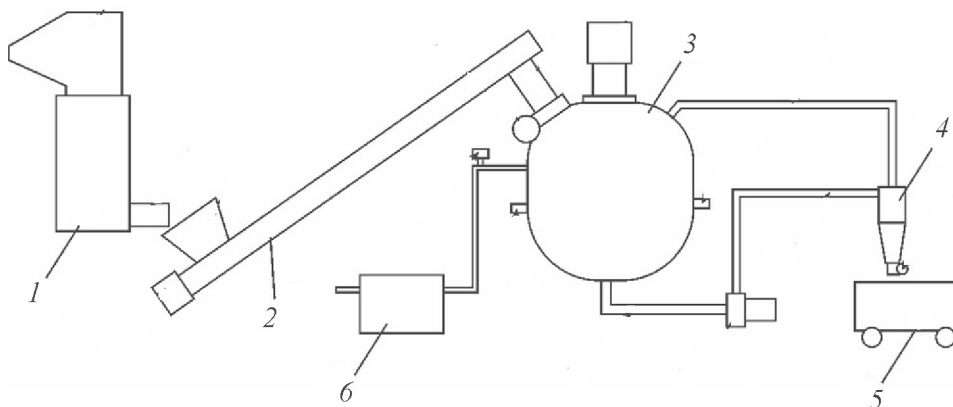


Рис. 3. Технологическая линия по производству бёмита методом химического диспергирования [6]:

1 – дробильная установка; 2 – шнековый погрузчик; 3 – реактор с мешалкой; 4 – гидроциклон;

5 – ёмкость для сбора шлама; 6 – топливный элемент

Далее стружка с помощью шнекового дозатора-погрузчика 2 подается в полость химического реактора, одновременно туда же заливается водный раствор щелочи. Реактор с мешалкой 3 представляет собой основное оборудование второго производственного участка. Смесь частиц исходного вещества и водного раствора щелочи перемешивается механическим активатором, что обеспечивает постоянное движение растворяемых частиц исходного

сырья внутри реактора. Реактор с мешалкой – это стандартное устройство, применяемое в химической промышленности для процессов перемешивания и проведения химических реакций в жидкой фазе. Реактор может работать как в периодическом, так и непрерывном режиме при температуре до 150 °С.

Особое внимание обращается на утилизацию водорода, выделяющегося в процессе работы реактора. Топливный элемент 6 абсор-

бера позволяет не только безопасно утилизировать водород, но и избавляет от необходимости накопления и хранения этого взрывоопасного в смеси с воздухом газа, а кроме того, дает возможность получать необходимую в технологическом процессе электроэнергию. Водородный топливный элемент генерирует электричество в процессе электрохимической реакции, в которой атомы поступающего из реактора под давлением водорода разлагаются на электроны и протоны. Электроны поступают во внешнюю цепь, таким образом создается электрический ток, используемый непосредственно в технологическом процессе.

На третьем производственном участке происходит процесс разделения неоднородных систем с использованием фильтрующей установки. Насос непрерывно откачивает из реактора прореагировавшие компоненты в виде маточного раствора и подает их в фильтр циклонного типа 4. В фильтре маточный раствор отделяется от частиц бёмита, имеющих требуемый размер, которые затем поступают в емкость для сбора шлама 5. Непрошедшие через фильтр компоненты маточного раствора по трубопроводу возвращаются в реактор и подвергаются повторному процессу диспергирования.

Отделенный от порошка водный раствор щелочи также возвращается по трубопроводу в реактор, а гелеобразный порошок выдавливается в сушильную печь, из которой выходит сухой порошок бёмита.

В непрерывный технологический процесс производства интегрирована автоматизированная система управления (АСУ). Контролирующие устройства АСУ позволяют поддерживать необходимый уровень заданных параметров технологического процесса, безопасности и эффективности производства на каждом из его циклов. Автоматизированная система управления существенно минимизирует участие персонала в производстве.

Заключение

Результаты проведенных исследований подтвердили целесообразность:

- 1) разработки технологической схемы производства бёмита;
- 2) рационального выбора оборудования для создания действующего производства бёмита из отходов механической обработки алюминия и его сплавов;
- 3) проведения работ по созданию лабораторных, полупромышленных и промышленных установок для производства бёмита методом химического диспергирования алюминиевых сплавов.

Список литературы

1. Бакунов В.С., Беляков А.В., Лукин Е.С., Шахметов У.Ш. Оксидная керамика: спекание и ползучесть. – М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – 584 с.
2. Христофоров А.И., Сысоев Э.П., Христофорова И.А. Нанокерамика : учеб. пособие : в 3 ч. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – Ч. 2. – 40 с.
3. Шляпин А.Д., Иванов Д.А., Омаров А.Ю. Свойства гидроксида алюминия, получаемого при производстве водорода // Машиностроение и инженерное образование. 2011. № 2. С. 48–51.
4. Беляков А.В. Химические методы получения керамических порошков учеб. пособие. – М.: Изд-во РГХТУ, 2001. – 32 с.
5. Хайри А.Х., Омаров А.Ю. Равновесные процессы при получении водорода взаимодействием алюминия с раствором щелочи // Машиностроение и инженерное образование. 2011. № 3. С. 70–73.
6. Пат. 2013128642/05 Российская Федерация, МПК С 01 F 7/42 (2006.01). Установка по производству порошков методом химического диспергирования / Шляпин А.Д., Рыбальченко В.В., Руденко И.Б.; опубл. 24.06.2013.

Материал поступил в редакцию 01.11.13

**РУДЕНКО
Игорь Борисович**

E-mail: rudenko@msiu.ru
Тел.: (495) 276-33-13

Кандидат технических наук, проректор по информационным технологиям Московского государственного индустриального университета (МГИУ). Сфера научных интересов – нанотехнологии, материаловедение в машиностроении, новые керамические материалы. Автор 12 научных статей, пяти патентов.

**ХОМЯКОВ
Сергей Михайлович**

E-mail: khomyakov@iac.msiu.ru
Тел.: (495) 276-33-18

Инженер 1 категории информационно-аналитического центра МГИУ. Сфера научных интересов – нанотехнологии, материаловедение в машиностроении, новые керамические материалы. Соавтор одного патента.

**ЗАЙЦЕВ
Егор Сергеевич**

E-mail: zaycev@iac.msiu.ru
Тел.: (495) 276-33-18

Инженер 1 категории центра коллективного пользования МГИУ. Сфера научных интересов – нанотехнологии, материаловедение в машиностроении, новые керамические материалы. Соавтор одного патента.