

3. Самченко С. В., Казаков С. А. Безусадочные цементы с сульфоалюминатной добавкой // Техника и технология силикатов. – 2010. – Т. 17, № 1. – С. 8–12.
4. Самченко С. В. Роль этtringита в формировании и генезисе структуры камня специальных цементов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005 – 154 с.
5. Кузнецова Т. В., Самченко С. В. Микроскопия материалов цементного производства. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.
6. Самченко С. В. Роль низкоосновных гидросиликатов кальция в синтезе прочности цементного камня // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы седьмых академических чтений РААСН. – Ч. 1. – Белгород, 2001. – С. 469–478.
7. Каприелов С. С., Кривобородов Ю. Р., Шейнфельд А. В. Влияние структуры цементного камня с добавкой микрокремнезема и суперпластификатора на свойства бетона // Бетон и железобетон. – 1992. – № 7. – С. 4–7.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ В ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВКАХ

О. Г. Волокитин (volokitin_oleg@mail.ru), В. И. Верещагин*, Г. Г. Волокитин, Н. К. Скрипникова, Томский государственный архитектурно-строительный университет

****Томский политехнический университет***

Ключевые слова: утилизация отходов, электроплазменная установка, силикатный расплав, минеральные волокна

Key words: wastes recycling, electro-plasma device, silicate melt, mineral fibers

В Томском государственном архитектурно-строительном университете систематически ведутся исследования, направленные на получение высокотемпературных силикатных расплавов с использованием энергии низкотемпературной плазмы [1, 2]. Созданы и апробированы различные схемы электроплазменных установок, позволяющие за счет резкого повышения температуры расплавлять материалы, температура плавления которых достигает 2000 °С [3–5]. Выявлены и устранены недостатки, препятствующие выработке гомогенизированного расплава с требуемыми показателями температуры и вязкости. При плавлении силикатов происходят сложные физико-химические процессы, начинающиеся до плавления шихты и протекающие за счет диффузии в твердой фазе, отдельные компоненты которой находятся в высокодисперсном состоянии и имеют большую поверхность соприкосновения. Под воздействием высококонцентрированных тепловых потоков, а также омического нагрева, обусловленного электропроводностью расплава, вследствие протекания диффузионных процессов химический состав расплава выравнивается, пузырьки газа удаляются, и расплав гомогенизируется. Плазменные технологии, применяемые для получения высокотемпературных силикатных расплавов, позволяют добиться стабильно высоких температур и обеспечивают переход исходных силикатных материалов в расплавленное состояние [4].

Экспериментально определены границы сырьевых материалов по химическому составу, удовлетворяющие требованиям производства минеральных волокон из силикатного расплава [6]. Оптимальное содержание оксида кремния изменяется в диапазоне 49–69%. В качестве сырья для выработки высокотемпературных силикатных расплавов использовали золошлаковые отходы энергетических станций России и стран ближнего зарубежья, имеющие различный химический состав и температуру плавления от 1600 до 1900 °С. Основным недостатком существующих плазменных установок для переработки золошлаковых отходов заключается в сложности введения мелкодисперсных частиц в область горения плазменной дуги. Под действием ударной волны потока плазмы мелкие частицы золы удаляются из зоны плавления, что снижает коэффициент полезного действия установки.

Цель настоящей работы – обеспечить энергоэффективное получение силикатных расплавов с применением энергии низкотемпературной плазмы и предложить технологическую схему электроплазменной установки для получения высокотемпературных силикатных расплавов из мелкодисперсного сырьевого материала.

Степень химической однородности расплава зависит от температуры плавления сырья и времени выдержки в расплавленном состоянии. Чем выше температура расплава и больше время его выдержки, тем интенсивнее происходит разрушение силикатных соединений и приближение к структуре истинных растворов оксидов в расплаве. Плазменные технологии позволяют добиться однородности расплава за счет повышения температуры и увеличения времени выдержки в расплавленном состоянии. Кроме того, использование однокомпонентной шихты сырьевых материалов создает предпосылки для получения однородного расплава.

Подача сырьевых материалов в существующих электроплазменных установках [7, 8] осуществляется путем засыпки золы сверху в плавильную печь в область горения плазменной дуги. Эксперименты показали, что в этом случае большое количество мелкодисперсных частиц не участвует в процессе плавления. Для устранения этого недостатка разработана электроплазменная установка с принципиально новой схемой подачи сырья (рис. 1). Принцип ее действия основан на использовании шнекового дозатора для подачи сырья с боковой части плавильной печи в область образующегося силикатного расплава.

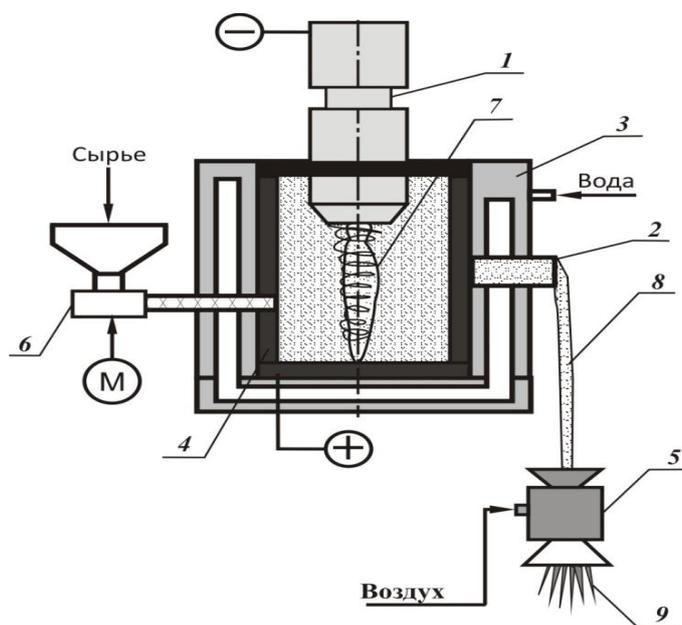


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для получения высокотемпературных силикатных расплавов:

- 1 – плазмотрон; 2 – сливной желоб;
- 3 – водоохлаждаемая плавильная печь;
- 4 – графитовый тигель; 5 – устройство волокнообразования;
- 6 – шнековый дозатор; 7 – плазменная дуга; 8 – расплав;
- 9 – минеральное волокно

Работа установки основана на взаимодействии высококонцентрированных плазменных потоков с сырьем. Установка содержит плазмотрон, под которым размещена водоохлаждаемая плавильная печь с крышкой и сливным желобом. Внутри плавильной печи расположен графитовый тигель, соединенный с положительным полюсом источника питания постоянного тока. Плазмотрон соединен с отрицательным полюсом источника питания постоянного тока. Через сливной желоб осуществляется выход расплава. В отверстие корпуса плавильной печи вмонтирован шнековый дозатор. Между графитовым тиглем и плазмотроном инициируется плазменная дуга. Под действием высокой температуры плазменного потока (3000–5000 °С) зола плавится, после чего происходит гомогенизация расплава. Далее частицы подаваемого сырья смешиваются с высокотемпературным силикатным расплавом и равномерно расплавляются. Такая подача сырья исключает потери мелкодисперсных частиц, выдуваемых потоком низкотемпературной плазмы. Это позволяет поддерживать однородность и низкую вязкость расплава по всему объему печи.

В качестве исходных материалов для получения силикатного расплава использовали золошлаковые отходы ГРЭС-2 Республики Казахстан следующего химического состава (в мас. %): SiO_2 59,6, Al_2O_3 18,3, Fe_2O_3 13,4, CaO 4,9, прочие 3,8. Температура плавления золошлаковых отходов 1730 °С. Высокий модуль кислотности (15,9) и значительное содержание основного стеклообразователя – SiO_2 (59,6 мас. %) дают основание утверждать, что эти золошлаковые отходы пригодны для получения силикатных расплавов и могут быть использованы в производстве минеральных волокон. Зола, образующуюся после сгорания твердого топлива (каменного угля) на тепловых электростанциях, по содержанию CaO и SiO_2 относят к кислым золам. Определение гранулометрического состава сырья важно с точки зрения



Рис. 2. Электроплазменная установка для получения высокотемпературного силикатного расплава в процессе работы:
1 – загрузочный бункер; 2 – плавильная печь; 3 – силикатный расплав; 4 – система вытяжки

обеспечения требуемого качества получаемого расплава и температурно-временных характеристик эксперимента. От крупности сырья зависит время образования полностью гомогенизированного расплава с необходимой для выработки волокон вязкостью. В связи с интенсификацией процессов плавления сырьевых материалов крупность зерен не должна превышать 5 мм.

При проведении экспериментов по получению силикатного расплава было выявлено, что энергопотребление установки (рис. 2) составляет 2,2 кВт/ч (ток 320 А, напряжение 140 В), мощность – 44,8 кВт, производительность дозатора – 21,3 кг/ч, производительность по расплаву – 19,9 кг/ч.

При подаче напряжения на электроды плазмотрона плазмообразующий газ ионизируется высоковольтным разрядом и происходит формирование плазменной дуги. Исходный материал, предварительно измельченный до крупности не более 5 мм, загружается в плазменный реактор и под действием высококонцентрированных тепловых потоков расплавляется, образуя электропроводящую массу, температура которой не снижается за счет протекающего по ней тока. После полной гомогенизации расплав сливается через летку к узлу волокнообразования (рис. 3).

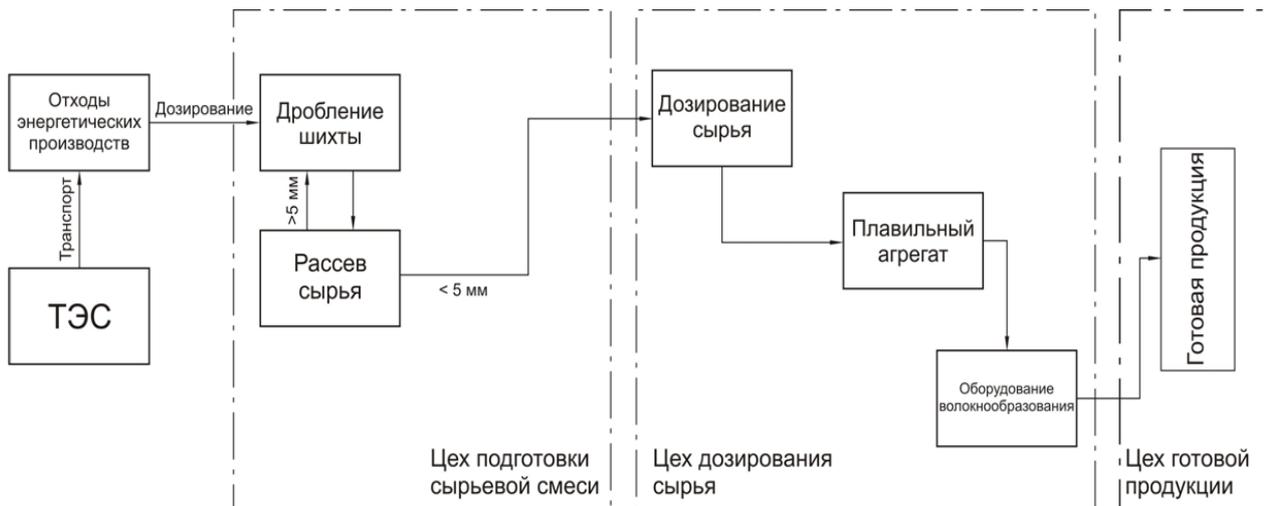


Рис. 3. Блок-схема технологического процесса получения минеральных волокон

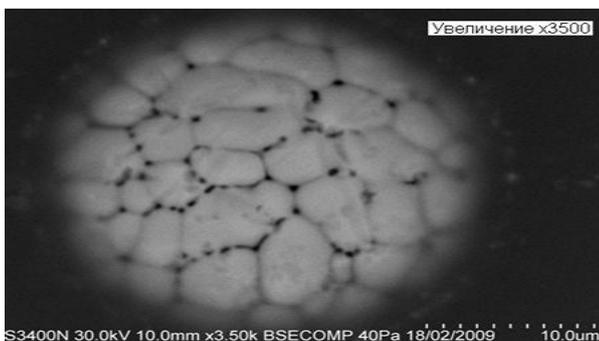


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок поверхности продукта плавления (охлажденный расплав золы)

Структуру продуктов плавления сырьевых материалов исследовали с помощью микроскопии вторичных электронов (SEM), позволяющей получить топографическое изображение поверхности образца (рис. 4). Установлено, что зольный продукт имеет упорядоченную структуру – в стекловидной массе равномерно распределены элементы призматической формы. По данным растровой электронной микроскопии, в продуктах плавления золы присутствует кремниевая составляющая, поэтому они могут быть использованы при получении высокотемпературных силикатных расплавов.

Таким образом, экспериментально подтверждены преимущества электроплазменного способа плавления при получении силикатных расплавов. Вследствие повышения температуры значительно сокращается общее время плавления и обеспечивается высокая химическая однородность расплава. Этот способ может быть применен при получении таких востребованных строительных материалов, как минеральное волокно и стеклокристаллические материалы. По результатам исследований разработана экспериментальная плазменная установка для плавления мелкодисперсного однокомпонентного полифазного сырьевого материала, отличающаяся принципиально новой схемой подачи золошлаковых отходов. Установлена возможность получения высокотемпературного силикатного расплава из мелкодисперсной золы, образующейся при сжигании каменного угля. Полученный расплав обладает требуемой для производства минеральных волокон вязкостью. Энергии низкотемпературной плазмы достаточно для получения силикатного расплава с температурой плавления более 1700 °С. Плавление осуществляется не только за счет энергии низкотемпературной плазмы, но и за счет омического нагрева, поскольку расплав золы обладает электропроводностью, и электрический ток, проходящий через толщу расплава, дополнительно нагревает и гомогенизирует его изнутри.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плазменные технологии в строительстве / Г. Г. Волокитин, А. М. Шилияев, Н. К. Скрипникова [и др.]. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2005. – 291 с.
2. Плазменная обработка материалов / Г. Г. Волокитин, И. А. Лысак, А. С. Аньшаков [и др.]. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2009. – 200 с.
3. Шеремет М. А., Никифоров А. А., Волокитин О. Г. Комплекс для получения силикатного расплава из золоотходов // Стекло и керамика. – 2007. – № 9. – С. 23–26.
4. Скрипникова Н. К., Никифоров А. А., Волокитин О. Г. Электроплазменная установка получения минерального волокна из тугоплавких силикатсодержащих материалов // Стекло и керамика. – 2008. – № 11. – С. 14–16.
5. Волокитин О. Г. Исследование физических характеристик струи силикатного расплава в условиях дополнительного подогрева // Вестник ТГАСУ. – 2010. – № 4. – С. 117–120.
6. ГОСТ 4640-93. Вата минеральная. Технические условия.
7. Пат. 2344093 Российская Федерация, МПК 51 C03B 37/04. Установка для получения минеральных волокон / Волокитин О. Г., Никифоров А. А., Скрипникова Н. К. – № 2007115745/03; заявл. 25.04.07; опубл. 20.01.09, Бюл. № 2. – 5 с.
8. Пат. 2355651 Российская Федерация, МПК 51 C03B 37/04. Установка для получения минерального расплава плазменным нагревом / Волокитин О. Г., Гайслер Е. В., Никифоров А. А. [и др.]. – № 2007123894/03; заявл. 25.06.07; опубл. 20.01.09, Бюл. № 14. – 8 с.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕОЛИТА ТИПА ЖИСМОНДИНА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СИЛИКАТОВ

***Г. А. Мамедова (chinashka89@yahoo.com),
Нахчыванское отделение Национальной Академии наук Азербайджана,
Институт природных ресурсов, г. Нахчывань, Азербайджан***

Ключевые слова: цеолиты, жисмондин, природные силикаты, галлуазит, доломит, обсидиан, гидротермальный синтез

Key words: zeolites, jismondine, natural silicates, halloysite, dolomite, obsidian, hydrothermal synthesis

Открытие в 1756 г. шведским минералогом Ф. Кронштедтом цеолитного минерала стильбит послужило началом изучения и использования цеолитов [1]. В настоящее время этот минерал имеет огромный спектр применения [2, 3] и достаточно широко используется в США, Японии, России и других странах. В промышленности его применяют для выделения, очистки и синтеза углеводородов, разделения жидкостей и газов, очистки воды, в качестве наполнителя бумаги, для создания глубокого вакуума и т. д., в сельском хозяйстве – при внесении