

11. Аменова, А. А. Качественные показатели стали RR St 37-2 раскисленной комплексным ферросплавом ферросиликоалюмобарием [Электронный ресурс] / А. А. Аменова, А. Х. Нурмугалиев, Д. У. Смагулов. — Режим доступа: \www/ URL: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/46/1324/1324.pdf>. — 20.09.2012.
12. Pat. US6511553 United States. Int. Cl<sup>7</sup> C22C 3S/06; C22C 38/14. Steel for steel excellent in workability and method of deoxidizing same [Electronic resource] / Junji Nakashima, Takashi Sawal, Mitsuo Uchimura, Wataru Yamada, Shigenori Tanaka, Yasuharu Sakuma, Akinobu Murasato. — Date of Patent: Jan. 28, 2003. — Available at: \www/ URL: <http://www.google.ru/patents/US6511553>. — 20.09.2013.
13. Pat. US5868875. Int. Cl<sup>6</sup> C21D 8/02; C22C 38/28. Non-ridging ferritic chromium alloyed steel and method of making [Electronic resource] / Eizo Yoshitake, Alan R. McKague. — Date of Patent: Feb. 9, 1999. — Available at: \www/ URL: <http://www.google.com.ua/patents/US5868875>. — 20.09.2013.
14. Явойский, А. В. Научные основы современных сталеплавильных процессов [Текст] / А. В. Явойский, П. С. Харлашин, Т. М. Чаудри. — Мариуполь, 2003. — 276 с.
15. Химическое сродство элементов к кислороду [Электронный ресурс] / Украинская Ассоциация Сталеплавильщиков. Информационный портал о черной и цветной металлургии. — Режим доступа: \www/ URL: <http://uas.su/glossary/eng/C/chemicalaffinity.php>. — 10.10.2012.

#### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОГО РОЗКИСЛЮВАННЯ СТАЛІ

Наведено результати термодинамічного аналізу процесу знеуглецювання і розкислювання сталі. Досить ефективними є комплексні розкислювачі на основі алюмінію з кремнієм і барієм. При цьому встановлена можливість підвищення ефективності комплексу на основі металу із слабкішою спорідненістю до кисню з металів з сильнішою спорідненістю до кисню з ряду спорідненості.

**Ключові слова:** сталь, розкислювання, фізико-хімічний аналіз, кисень, спорідненість до кисню, рівновага хімічних реакцій.

*Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: rot44@yandex.ru.*

*Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна.*

*Shulga Victor, Zaporizhia State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: rot44@yandex.ru*

УДК 536.2.022

Чейлытко А. А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОР ВО ВСПУЧИВАЮЩЕМСЯ МАТЕРИАЛЕ

*В работе представлены экспериментальные исследования формирования пор в гидросиликатах. Приведены общие закономерности развития пористой структуры у пеномассы с различными химическими составляющими. Сделаны общие выводы о влиянии примесей и изменения локального влагосодержания в исходной массе на процесс вспучивания материала.*

**Ключевые слова:** пористость, структура материала, теплоизоляционный материал, вспучивание.

### 1. Введение

Вспученные гидросиликаты и гидроалюмосиликаты широко применяются в различных областях энергетической и строительной промышленности. Вспучиванием исходной пеномассы получают пеностекло, газобетоны, керамзит, пенобетоны, теплоизоляцию на основе кремнезема и т. д. Они обладают превосходными высокотемпературными теплоизоляционными и теплозащитными свойствами. Данные материалы служат отличным тепловым барьером и наилучшим из имеющихся средством защиты от пожаров и воздействий тепловой энергии при высокотемпературных технологических процессах.

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Во время выполнения и рассмотрения технологии получения любого из данных материалов, а также на основании проведенных ранее экспериментов [1, 2], можно сделать вывод, что существует зависимость между теплофизическими свойствами пористого материала и режимами его вспучивания. Также было установлено, что большое влияние на теплопроводность материала

имеют количественные и качественные показатели пористости [1, 2] материала, и в меньшей мере химический состав материала.

Во многих исследованиях пористых материалов [1–5] не достаточно уделяется внимание самому образованию поры при вспучивании исходной пеномассы. Отсутствуют данные о конечных пористых структурах вспучивающихся гидросиликатов [4–7].

Экспериментальные данные, как исследовательские, так и производственные, по оптимальным условиям вспучивания также различны, так как нет теории, обобщающей физические процессы, происходящие при формировании пористости. К примеру, подогрев вспучивающейся исходной смеси пеностекла до температуры спекания (690 °С) рекомендуют проводить как 70 минут, так и 15 минут [4].

Среди имеющихся теоретических данных по формированию пор можно отметить исследования Демидовича [3], в которых говорится что, созданием равномерной пористости необходимо свести температурный градиент к минимуму, а также необходимо соблюдать однородную вязкость в материале. Температурный градиент сводится к минимуму или за счет более медленного разогрева печи с материалом, или за счет уменьшения теплового сопротивления. Тепловое

сопротивление уменьшают, как правило, уменьшением толщины материала.

Соответственно целью данной статьи является исследование формирования пор при вспучивании гидросиликатов.

### 3. Результаты исследований

В первую очередь рассмотрим подробнее закономерности формирования структуры пеноматериалов. Значительное влияние вязкости одновременно повышается с увеличением поверхности раздела фаз, что подтверждается повышением устойчивости пластинки жидкости, продолжительность долгосрочности увеличивается с приближением толщины ее к бимолекулярному слою данной жидкости. Так как газовые пузырьки имеют наибольшую долгосрочность поверхностного натяжения, то можно сказать, что низкотемпературное вспенивание для силикатных расплавов есть наиболее лучшим вариантом для проявления сил, которое вызывает поверхностное натяжение.

Для того чтобы получить равномерную ячеистую структуру, необходимо чтобы в начальный момент вспенивания закрытых пор в них присутствовали вещества, которые в химическом процессе взаимодействия приводили к выделению газов [3].

При увеличении плотности материала, скорость спекания повышается, исходя из этого происходит уменьшение расстояния между частицами стекла и увеличение концентрации водяных паров в самом спеке. Наибольшее тепловосприятие нагреваемого образца обеспечивается за счет оптимальной формы, когда ее поверхность является максимальной.

В случае взаимного объединения ячеек в процессе формирования структуры, начальное давление в простейшей ячейке будет больше, чем давление поверхностного натяжения, что может привести к расширению или перфорировать в самом ослабленном месте. Во время вспенивания ячейки объединяются медленнее, так как давление газов внутри и их размер выравнивается. Объем ячеек за счет расширения газами будет увеличиваться при небольшой вязкости, но при достаточном выделении газов.

Рассматривая процесс порообразования у вспучивающихся материалов на основе кремнезема [1, 8–10], был проведенный эксперимент по вспучиванию гидросиликатов и выполнен из кремнезема различного месторождения с отличающим химическим составом. Для термообработки использовалась муфельная печь с термодатчиками ХК-0,1.

Данные образцы насыщались до максимальной влажности. После этого часть каждого образца высушивалась и косвенным ускоренным методом (время сушки 10 минут, температура печи 130 °С) [9] и определялась влажность образцов. По цвету полученного материала можно судить о ходе протеканий основных реакций. Так, красно-бурый цвет материала будет свидетельствовать об окислительных процессах, темно-серый цвет о восстановительных процессах.

Для определения влияния трехатомных газов на процесс вспучивания имеющиеся образцы вспучивались при температурах 750 °С [9] на протяжении 8 минут. Данной температуры достаточно для выделения газов, но при этом она ниже температуры плавления кремнезема. После термообработки во всех образцах наблюдались следующие изменения:

- поры — более крупные, но не сферические;
- иногда возникает большая пора внутри материала;
- материал становится прочнее, что связано с протеканием химических реакций;
- возникают более отчетливые трещины;
- материал из кремнезема по прежнему хрупок, но поры более неравномерные и различные по размеру.

Для увеличения выхода порообразующих газов, а также для увеличения прочности итогового материала, к существующим исходным образцам было добавлено немного алюминия. Термообработка производилась при температурах 750 °С [9] на протяжении 8 минут.

Вспученные образцы имели следующие характеристики:

- часть образца № 1 — цвет в середине — песчаный, цвет корки — желтый с оранжевым оттенком, ближе к центру наблюдается разделение на пласти (вытянутые клинообразные поры), тверже, чем без добавки алюминия;
- часть образца № 2 — цвет — черный, видны небольшие поры и трещины, поры совсем немного больше чем при порообразовании влагой, более крепкий; видны частицы алюминия, которые не реагировали с кремнеземом;
- часть образца № 3 — цвет — песчаный, более явно видны поры, есть небольшие трещины, хорошо прослеживается внутренний слой с малой пористостью;
- часть образца № 4 — цвет — градиент от серого к желто-оранжевому, четко видны поры различных размеров, более прочный;
- часть образца № 5 — цвет снаружи — оранжевый оттенок, цвет внутри — серый, видна мелкая пористость и разделения на пласти, местами присутствуют крупные поры;
- часть образца № 6 — цвет — черный, видны небольшие поры и трещины, более крепкий, видны частицы алюминия, которые не реагировали с кремнеземом;
- часть образца № 7 — цвет снаружи — темно желтый, цвет внутри — черный, четко видны разделения на пласти, в поверхностном слое видны небольшие сферические поры, видны частицы алюминия, которые не реагировали с кремнеземом;
- часть образца № 8 — цвет снаружи — серый, цвет внутри — черный, четко видны разделения на пласти, в поверхностном слое видны небольшие сферические поры, видны частицы алюминия, которые не реагировали с кремнеземом;
- часть образца № 9 — цвет — желто-оранжевый с небольшим участком серого внутри образца, хорошо видны поры и небольшие трещины;
- часть образца № 10 — цвет снаружи — серый, видны небольшие сферические поры, но преобладают вермикулитные поры, видны частицы алюминия, которые не реагировали с кремнеземом;
- часть образца № 11 — появился местами оттенок серого цвета, поры более крупные, появилась ярко выраженная канальная пористость. Канальная пористость возникла при сливании различных пор.

После проведенных экспериментов можно сделать вывод, что алюминий в кремнеземистой массе с большим количеством примесей или большим содержанием чернозема практически не вступает в реакцию и почти не влияет на вспучивание. В кремнеземистой массе с малым количеством примесей — небольшие добавки

алюминия слегка увеличивают прочностные характеристики и немного увеличивают пористость. В целом, добавки алюминия не влияли на форму пор. В образцах, где алюминий не прореагировал, можно наблюдать зародыши пор возле частиц алюминия.

#### 4. Вывод

При ходе процесса изготовления влияние области температур формирования и создания структуры напрямую зависит от качества стекла для изготовления пеностекла, что определяется физико-химическими свойствами.

Увеличение локального влагосодержания не влечет за собой локального увеличения пор исходной смеси. При большом содержании примесей в материале при вспучивании образуется система пластов из пор. Большое влияние на пористость играет исходный состав смеси, влажность материала, время термической обработки и температура, при которой она происходит.

Проанализировав весь эксперимент, можно сделать вывод, что градиент температур также влияет на пористость. При сильно высокой температуре может произойти усадка материала.

#### Литература

- Чейлытко, А. А. Экспериментальные исследования теплофизических характеристик пористого дисперсного материала в зависимости от различных режимов термообработки [Текст] / А. А. Чейлытко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 5/6(41). — С. 4–7.
- Чейлытко, А. О. Исследование влияния пор на теплопроводность материалов [Текст] / А. О. Чейлытко // Технологический аудит и резервы производства. — 2013. — Т. 2, № 2(10). — С. 14–17.
- Демидович, Б. К. Производство и применение пеностекла [Текст] / Б. К. Демидович. — Минск: Наука и техника, 1972. — 304 с.
- Чудновский, А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов [Текст] / А. Ф. Чудновский. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. — 456 с.
- Harÿu, W. J. Amer. Chem. Soc [Text] / W. Harÿu. — 1935. — № 1. — P. 127.
- Павленко, А. М. Создание основы для нового теплоизоляционного материала [Текст] / А. М. Павленко, А. А. Чейлытко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 39. — С. 13–16.
- Садченко, Н. П. Исследование в области получения пеностекла для низкотемпературной изоляции [Текст]: автореф. канд. дисс. / Н. П. Садченко. — Минск, 1973.
- Лыков, А. В. Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. — М.: «Энергия», 1968. — 472 с.
- ГОСТ Р 28874-2004. Огнеупоры. Классификация [Текст]. — Введ. 2006-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2001. — 20 с.
- ГОСТ Р 24748-2003. Изделия известково-кремнеземистые теплоизоляционные. Технические условия [Текст]. — Введ. 2004-03-01. — М.: Изд-во стандартов, 2003. — 8 с.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПОР У ВСПУЧУЮЧОМУ МАТЕРІАЛІ

У роботі представлено експериментальні дослідження формування пор у гідросилікатах. Наведено загальні закономірності розвитку пористої структури у піномасі з різними хімічними складовими. Зроблені загальні висновки про вплив домішок і зміни локального вологовмісту у вихідній масі на процес спучування матеріалу.

**Ключові слова:** пористість, структура матеріалу, теплоізоляційний матеріал, спучування.

*Чейлытко Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра теплоэнергетики, Запорожская государственная инженерная академия, Украина, e-mail: cheylitko@ya.ru.*

*Чейлытко Андрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра теплоенергетики, Запорізька державна інженерна академія, Україна.*

*Cheylitko Andriy, Zaporizhia State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: cheylitko@ya.ru*

УДК 674.08

Завинский С. И.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ КОМПОЗИТНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

*Рассмотрен вопрос формирования теоретического подхода к описанию движения композитного органического сырья в предметричной зоне экструдера. В качестве основы для этого принято описание движения жидкости в коаксиальном конфузоре, которое необходимо дополнить сведениями о реологических характеристиках сырья с учетом тепловых эффектов.*

**Ключевые слова:** композитное органическое сырье, предметричная зона, коаксиальный конфузор, одношнековый экструдер.

#### 1. Введение

Проектирование оптимальных конструкций аппаратов химической промышленности — одна из наиболее актуальных задач, от решения которой в значительной степени зависит эффективность технологических процессов. Основные принципы проектирования и расчета элементов такого оборудования изложены в ряде научных работ последних лет. Например, в работах [1–4]

подробно исследованы роторные аппараты и процессы мокрого улавливания пыли в аппаратах такого типа, а также эффективность этих процессов в зависимости от конструктивных параметров. Шнековые экструдеры в силу своей предназначенности для переработки органического сырья также могут быть отнесены к аппаратам химической промышленности и, соответственно, должны исследоваться на предмет возможной оптимизации их конструкций с целью повышения эффективности