



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОГНЕУПОРЫ»  
(ООО «НТЦ «Огнеупоры»)

---

**ВЫПУСК №4**

**ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ  
ОГНЕУПОРОВ  
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

обзор зарубежных периодических изданий  
и материалов международных конференций  
за II квартал 2007 г.

Технический директор

А.Е. Жуковская

Исполнитель

А.Н. Селиванова

Санкт-Петербург  
2007 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ .....	3
I. ОГНЕУПОРНОЕ СЫРЬЕ И СВЯЗУЮЩИЕ.....	4
II. ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ .....	8
III. ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ .....	11
IV. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ОГНЕУПОРЫ И ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА.....	14
V. КОНСТРУКЦИОННАЯ КЕРАМИКА.....	16
VI. ОБЗОРЫ СОСТОЯНИЯ МИРОВОЙ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	18
VII. ЛЕТОЧНЫЕ МАССЫ ДЛЯ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ .....	21
VIII. ФУТЕРОВКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ СТОЙКОСТИ .....	23
IX. ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ.....	27
X. ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ УСТАНОВОК ПЛАВЛЕНИЯ ОТХОДОВ И ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТОВ.....	30
XI. РЕЦИКЛИНГ ОГНЕУПОРОВ.....	32
XII. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕУПОРОВ .....	34
XIII. КРАТКИЕ (ОДНОСТРАНИЧНЫЕ) СООБЩЕНИЯ ЯПОНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ОГНЕУПОРОВ .....	36
XIV. СТАТИСТИКА И ЦЕНЫ.....	49

## ВВЕДЕНИЕ

При подготовке обзора зарубежных периодических изданий и материалов международных конференций за II квартал 2007 г. по теме «Производство и применение огнеупоров в различных отраслях промышленности» были просмотрены следующие журналы, поступившие в Россию в период с марта 2006 г. по май 2007 г.:

1. **American Ceramic Society Bulletin.** 2007. 86. № 1, 2, 3 (США)
2. **Ceramic Industry.** 2007. February, May (США)
3. **Ceramics International.** 2007. 33. № 1
4. **Industrial Minerals.** 2007. № 3, 4 (Великобритания)
5. **Interceram.** 2006. 55. № 6 (Германия)
6. **Metal Bulletin.** 2007. № 8986 (Великобритания)
7. **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan.(Taikabutsu overseas).** 2006. 26. № 2, 3 (Япония)
8. **Refractories Applications and News.** 2007. 12. № 2 (США).
9. **Steel Research International.** 2006. 77. № 12. (Германия)
10. **Supplement to Interceram.** 2006. 55. № 6 (Германия)
11. **www.worldsteel.org** (сайт Международного института черной металлургии)
12. **Черные металлы.** 2007. Февраль. (перевод отдельных статей из журнала Stahl und Eisen, Германия)

Из 128 статей по производству и применению огнеупоров, опубликованных в этих изданиях, для реферирования отобрано 79 материалов научно-технической или технико-экономической направленности, в том числе 41 статья имеет объем, как правило, не менее 3 стр., и не носит рекламного характера, а 38 статей представляют собой одностраничные сообщения Японской Ассоциации огнеупоров. Материалы систематизированы по следующим рубрикам:

- ОГНЕУПОРНОЕ СЫРЬЕ И СВЯЗУЮЩИЕ– 6 рефератов;
- ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ- 4 реферата;
- ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ- 4 реферата;
- ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ОГНЕУПОРЫ И ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА- 3 реферата;
- КОНСТРУКЦИОННАЯ КЕРАМИКА- 2 реферата;
- ОБЗОРЫ СОСТОЯНИЯ МИРОВОЙ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - 3 реферата;
- ЛЕТОЧНЫЕ МАССЫ ДЛЯ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ- 2 реферата;
- ФУТЕРОВКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ СТОЙКОСТИ - 4 реферата;
- ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ - 3 реферата;
- ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ УСТАНОВОК ПЛАВЛЕНИЯ ОТХОДОВ И ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТОВ - 2 реферата;
- РЕЦИКЛИНГ ОГНЕУПОРОВ - 2 реферата;
- МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕУПОРОВ - 3 реферата;
- КРАТКИЕ (одностраничные) СООБЩЕНИЯ ЯПОНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ОГНЕУПОРОВ - 38 рефератов;
- СТАТИСТИКА И ЦЕНЫ - 3 реферата.

# I. ОГНЕУПОРНОЕ СЫРЬЕ И СВЯЗУЮЩИЕ

## 1. ПОИСК КАЛЬЦИНИРОВАННОГО БОКСИТА

Quest for calcined bauxite / Alison Tran // [Industrial Minerals](#). 2007. March. С. 32, 33, 35, 37, 39-41. Англ.

В течение десятилетия мир зависел от Китая как дешевого источника кальцинированного боксита. Поскольку запасы качественного материала снижаются и происходит неизбежное снижение экспорта, потребители в мире находятся в поиске других надежных поставщиков.

Кальцинированный боксит является важным сырьевым материалом для двух основных рынков: огнеупоров и абразивов. Меньшие объемы потребляются в других областях, таких как пропанты, сварочные флюсы и др. Хотя процесс производства кальцинированного боксита для каждой из указанных областей принципиально одинаков (напр., включает базовый этап обжига), различаются физические и химические свойства разных марок.

Огнеупорные сорта боксита производятся в промышленных масштабах лишь в двух странах: Китае и Гайане. Неметаллургические сорта боксита для абразивов и пропантов потребители могут приобрести в Гвинее, Австралии, Китае, Гайане и Бразилии, а боксит для сварочных флюсов — в Бразилии, Китае и Гайане.

Почти 60 % кальцинированного боксита огнеупорного сорта в Китае ранее производили в вертикальных шахтных печах, а 30 % — в “кольцевых печах”. Тенденция развития этого производства состоит в переходе к более дорогостоящим кольцевым печам или выходу из этого бизнеса. Число производителей резко снизилось в последние годы и составляет в настоящее время 15–20. Крупнейшей компанией является Bosai Minerals Group Co. Ltd.

## 2. ЦЕНЫ НА ЭНЕРГИЮ ПОДРЕЗАЮТ РАСЦВЕТ SiC

Energy prices prune SiC bloom / Simon Moores // [Industrial Minerals](#). 2007. April. С. 28-30, 33-35. Англ.

Для получения карбида кремния (SiC) используются три основных компонента: кремнезем, кокс и энергия; развитие этого производства определяется стоимостью и наличием всех трех составляющих.

Производители SiC в Западной Европе и США пытаются бороться с резко растущими ценами на топливо, которое является «основным сырьем» при изготовлении SiC. Кроме того, астрономические цены на нефть напрямую

вливают на стоимость нефтяного кокса. Рост этих цен вызывает устойчивый рост цен на SiC.

Основное промышленное производство SiC ограничено 11 странами, и крупнейшим изготовителем несомненно является Китай, где производство сосредоточено в центральной части страны. Норвегия – второй крупнейший производитель, а Япония находится на третьем месте. В 2006 г. выпуск карбида кремния составил в Китае 445, в Норвегии – 80 тыс т, в Японии – 60 тыс т.

На корпоративном уровне крупнейшим производителем SiC является французский гигант Saint-Gobain. Эта компания имеет мощности в Европе и Южной Америке и производит 65 000 т/год только на норвежских предприятиях. Остальной карбид кремния выпускается в каждой из стран-производителей компаниями небольших и средних размеров.

### 3. МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ГРЕЦИИ

Greece is the word / Kiki Hatzilazaridou, Ioannis Marantos // **Industrial Minerals**. 2007. April. С. 36, 37, 39, 41. Англ.

Ресурсы местных природных минералов представляют природные активы и их разработка вносит существенный вклад в экономическое развитие и качество жизни в Греции. В настоящее время здесь добывают магнезит, бентонит, перлит, гипс, кремнезем, каолин, кварц, оливин и др.

Большинство производимых минеральных продуктов являются экспортно-ориентированными. Магнезит, бентонит, перлит и пемза относятся к наиболее важным экспортируемым промышленным минералам и в большинстве случаев они предназначены для европейских стран и США. Данные по производству и экспорту минерального сырья из Греции сведены в две таблицы.

Греческий магнезит предназначен для огнеупорного и неогнеупорного применения. Продукция включает ССМ (каустический кальцинированный периклаз), DBM (намертво обожженный периклаз), сырой магнезит и FM (плавленный периклаз). Более 90 % общего выпуска магнезита идет на экспорт. Grecian Magnesite SA является крупнейшим экспортером магнезиального сырья в ЕС. В 2005 г. продажи магнезиального сырья неогнеупорного назначения (ССМ и  $MgCO_3$ ) этой компании составили 55 % , а оставшиеся 45 % были предназначены для огнеупорного рынка (DBM и массы).

Греческий оливин имеет хорошее качество и содержит около 45 % MgO, 7-8 % FeO, отличается низкими потерями при прокаливании ( $CO_2+H_2O <1$  %). Производимое количество предназначено для местного огнеупорного рынка. Очень небольшое количество (500–600 т/год) экспортируется в Болгарию и Италию. Olivinites Makedonias Ltd – единственный производитель огнеупорного оливина.

#### 4. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ОГНЕУПОРНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ – ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Life Cycle Inventory of Refractory Raw Materials - Alumina Materials / Shinichi Tamura and Nobuhiko Narita // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С. 100-106 Англ.

*Research Department, Japan Technical Information Service, Япония*

Важность определения жизненного цикла (Life cycle assessment - LCA) значительно выросла как необходимое средство количественной оценки влияния промышленной продукции и производственных процессов на состояние глобальной окружающей среды.

LCA используется как средство понимания нагрузки на окружающую среду полного жизненного цикла продукта. Это осуществляется путем расчета количества потребляемых ресурсов и энергии (вход) и количества произведенной продукции и образующихся при этом отходов (выход) на каждом этапе производства, утилизации и удаления.

В статье приведены результаты анализа жизненного цикла различных глиноземистых сырьевых материалов (бокситовые сырьевые материалы, кальцинированный, спеченный глинозем, плавленный корунд и др.) при определенных пограничных условиях. Проведено сравнение сырьевых материалов с точки зрения общего потребления электроэнергии и эмиссии углекислого газа.

#### 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ ГЛИНОЗЕМА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ БАЙЕРА

Improvement on the Slip Casting of Bayer-Processed Alumina / Turan Tambas, Z. Engin Erkmen, Serdar Özgen i // **American Ceramic Society Bulletin**. 2007. 86. № 2. С. 9201–9213. Англ.

*Кафедра металлургии и материаловедения, Стамбульский технический университет, Стамбул, Турция.*

*Кафедра металлургии и материаловедения, Университет Marmara, Стамбул, Турция.*

Порошок глинозема, полученный по методу Байера, после выщелачивания, отмучивания и кальцинации не является высококачественным сырьевым материалом из-за его металлургических характеристик. Он содержит большое количество промежуточных фаз глинозема,  $\text{Na}_2\text{O}$  и крупных зерен.

Шликерные характеристики крупнозернистого, с высоким содержанием  $\text{Na}_2\text{O}$  глиноземистого порошка, произведенного как побочный продукт на

алюминиевом заводе Seydişehir, были улучшены путем промывания, кальцинации, измельчения и введения добавок  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$ . Одновременное использование в качестве спекающих добавок  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$  приводит к повышению плотности и подавлению роста зерен.

## 6. ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И ПЕКА И ИХ ТИПИЧНЫЕ СВОЙСТВА

Manufacturing process of coal tar and pitch and their typical properties / Hiromi Okamoto, Kenji Fujii, Fumie Ikeda // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С. 86-95. Англ.

*Фирма JFE Chemical, Токио, Япония*

В леточных массах для доменных печей, ремонтных материалах для конвертеров, в периклазоуглеродистых огнеупорных изделиях, формованных и неформованных огнеупорах других видов широко используются каменноугольная смола и пек в качестве связующего или как добавка для улучшения свойств. Однако в отличие от фенольной смолы, которую тоже используют в качестве связки, технология производства и свойства каменноугольной смолы и пека менее известны, и авторы этой публикации попытались систематизировать информацию о них с позиции фирмы-производителя, компании JFE Chemical, Токио, Япония.

В публикации освещены общие вопросы производства каменноугольной смолы и пека, используемых в огнеупорном производстве; описаны типичные свойства этих продуктов, их поведение при нагреве.

На долю фирмы JFE Chemical приходится около 80 % пека, производимого в Японии, и эта продукция используется в графитовых электродах, электродах для рафинирования алюминия, по другим назначениям. Фирма поставляет продукты широкой номенклатуры (от безводного пека до мягкого углерода) для огнеупорного производства, где они широко используются в формованных и неформованных огнеупорах.

## II. ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ

### 7. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРОВ

Utility and Problems of Chrome-Containing Refractories / Akira Yamaguchi // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С. 96-99. Англ.

*Исследовательская лаборатория, фонд по изучению керамики Окаяма (Research Laboratory, Okayama Ceramics Research Foundation), Япония*

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  представляет собой высокотемпературный оксид, используемый при изготовлении промышленных огнеупоров и обладающий отличной коррозионной стойкостью. С другой стороны, существует ряд ситуаций, когда огнеупоры, содержащие  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , в процессе службы вступают в реакцию с образованием соединений шестивалентного хрома, которые наносят вред здоровью людей и состоянию окружающей среды. Эти обстоятельства способствовали значительному снижению использования  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

В этой статье даются объяснения, почему  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  обладает отличной коррозионной стойкостью, и выясняются условия образования соединений шестивалентного хрома. Кроме того, обсуждаются условия и процедура подавления образования соединений шестивалентного хрома, а именно регулирование температурного режима, регулирование атмосферы в процессе охлаждения, контроль путем «сосуществования» с другими компонентами. При рассмотрении огнеупоров, в которых образовался шестивалентный хром, описывается процесс технологической обработки, при котором шестивалентный хром может обратно перейти в трехвалентный.

### 8. ОЦЕНКА ФОРМОВАННЫХ ПЕРИКЛАЗОХРОМИТОВЫХ ОГНЕУПОРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЕГИПЕТСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Assessment of Coclinkered Shaped Magnesite–Chromite Refractories Processed from Egyptian Materials / M.A. Serry, A.G.M. Othman, L.G. Girgis and R. Telle // **American Ceramic Society Bulletin**. 2007. 86. № 2. С. 9101–9111. Англ.

*Национальный исследовательский центр (National Research Centre), Каир, Египет*

Цель данной работы – оценить формованные периклазохромитовые огнеупоры, произведенные из египетского магнезита природного и из морской воды, а также из обогащенной хромовой руды. Сырец обжигали в два этапа с выдержкой 1 ч при температуре 1700 °С. Были определены физические и

химические свойства обожженных брикетов. Результаты интерпретировали относительно фазового равновесия и микроструктуры.

В соответствии с полученными результатами рекомендовано свести к минимуму содержание СаО-содержащих минералов (кальцита и доломита) в магнезите природном и из морской воды. Это может быть осуществлено путем модифицирования химических процессов, которые используются для осаждения  $Mg(OH)_2$  из магнезита из морской воды, и путем механического обогащения природного магнезита. С другой стороны, серпентин и тальк хромовой руды можно также минимизировать с целью снижения содержания  $SiO_2$  в результате применения более эффективных методов обогащения, в частности пенной флотации, флотации в тяжелых средах и др.

## 9. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МИКРОСТРУКТУРА КОМПОЗИЦИЙ МУЛЛИТ-КОРДИЕРИТ

Physico-mechanical, Refractory Properties and Microstructure of In-situ Mullite-Cordierite Composites / N.M. Khalil, I.M. Bakr, A.G.M. Othman // *Interceram*. 2006. 55. № 6. С. 437-440. Англ.

*Огнеупорное отделение Национального исследовательского центра (Refractories Department of the National Research Centre), Каир, Египет*

Композиции муллит-кордиерит были изготовлены из каолина, талька и глинозема с содержанием кордиерита от 5 до 35 % при температуре 1300, 1400 и 1500 °С и продолжительности выдержки 3 ч. Дифракционный рентгеновский анализ и исследования под сканирующим электронным микроскопом показали законченное (полное) образование композиций кордиерит-муллит при 1400 °С. При 1500 °С весь кордиерит трансформировался в муллит и стеклофазу, что привело к быстрому и оптимальному уплотнению при 20 % кордиерита. Образцы с 25–35 % кордиерита не показывают лучшее уплотнение несмотря на большее количество расплава. Однако эти образцы продемонстрировали наивысший предел прочности при сжатии на холоду вследствие равномерного распределения зерен муллита и плотной микроструктуры. Все образцы обладали высокой термостойкостью при всех температурах обжига, а образцы, обожженные при 1500 °С, показали наивысшую температуру деформации под нагрузкой вследствие образования высокоогнеупорной фазы муллита.

## 10. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ГИДРАТАЦИИ ИЗВЕСТКОВОГО КЛИНКЕРА

Characteristics and the Influence of Microstructure on Hydration Resistance of CaO System

*Itochu Ceratech Corp., Япония*

CaO имеет высокую температуру плавления, 2572°C и термодинамически стабилен. Карбонат кальция, основной исходный сырьевой материал, в больших количествах существует в Японии.

CaO является необходимым флюсом для рафинирования металла и используется в различных металлургических процессах (обработка чугуна, вторичное рафинирование стали и т.д.). Высокая степень десульфурации и дефосфорации может быть достигнута с системами CaO и CaO-MgO.

Однако требуется особое внимание при использовании этих систем в огнеупорах, поскольку CaO и CaO-MgO легко вступают в реакции с водой, что ограничивает области применения таких огнеупоров.

Для улучшения устойчивости к гидратации клинкера системы CaO были проведены различные исследования. В данной статье приведены некоторые свойства усовершенствованного клинкера и его влияние на характеристики огнеупоров. Установлено в частности значительное влияние длины границ CaZrO<sub>3</sub>, Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub> на улучшение устойчивости к гидратации CaO-клинкера.

### III. ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ

#### 11. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ И ГЛИНОЗЕМИСТЫМ ЦЕМЕНТОМ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ УКЛАДКИ БЕТОНА

Interactions between silica fume and CAC and methods to optimize castable placing properties / Chris Parr, Christoph Wöhrmeyer, Makoto Iiyama and Rainer Roesky // [Refractories Applications and News](#). 2007. 12. № 2. С. 12-15. Англ.

*Kerneos Aluminate Technologies*, Париж, Франция

Низкоцементные бетоны (low cement castables - LCCs) стали стандартными продуктами в ассортименте большинства производителей неформованных огнеупоров. Однако способность достичь постоянных реологических свойств с воспроизводимым профилем твердения для этих систем остается предметом исследований. Гидратация глиноземистого цемента (calcium aluminate cement - CAC) в низкоцементных бетонах зависит не только от качества самого цемента, но и от применяемого микрокремнезема. Настоящая работа посвящена изучению взаимодействия между цементом и микрокремнеземом. Результаты могут быть использованы для регулирования наблюдаемого разнообразия свойств при укладке низкоцементных бетонов, содержащих микрокремнезем.

На основе полученных результатов можно разрабатывать новую связующую систему.

#### 12. СВОЙСТВА ПРИ РАЗРУШЕНИИ НЕФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ С ДОБАВКОЙ СТАЛЬНЫХ ВОЛОКОН РАЗНОЙ ДЛИНЫ

Fracture properties of monolithic refractories by multiscale steel fiber addition / Yasuhiro Eguchi, Makoto Ishikawa // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 2. С. 116-118. Англ.

Фирма *Taiko Refractories Co, Ltd.*, Китаkjо, Япония

Неформованные огнеупоры с добавкой стальных волокон широко используются для футеровки фурм, днищ сталеразливочных ковшей, погружных патрубков и других изделий. Волокна добавляются с целью повышения механической прочности, а также стойкости к растрескиванию и отслаиванию. Однако с увеличением содержания волокон в огнеупоре ухудшается технологичность, из-за окисления увеличивается объемное

расширение и снижается температура плавления, что приводит к снижению коррозионной стойкости и другим недостаткам. Во многих публикациях рассматривают неформованные огнеупоры с удовлетворительной технологичностью при содержании волокон в пределах 5 масс. %; сообщают также о значительном снижении текучести при содержании волокон 5 масс. % и выше. Имеются сообщения и о различии свойств стальных волокон в зависимости от технологии производства и последующей обработки, но в отношении коротких (рубленых) волокон, которые обычно считают малоэффективными, информация практически отсутствует. Авторы уже сообщали о неформованных огнеупорах с добавкой 2 масс. % стальных волокон четырех видов, длиной от 5 мм до 25 мм, а впоследствии изучали эффективность применения смеси волокон разной длины при увеличении их добавки до 6–10 масс. %.

Проведены испытания на раскалывание и определена прочность при разрушении высокоглиноземистых неформованных огнеупоров с добавкой 6, 8, 10 масс. % стальных волокон трех типоразмеров по длине. Обнаружили корреляционную зависимость между пределом сопротивления при разрыве и интегральным коэффициентом формы добавленных стальных волокон. Проявилась также корреляционная связь между интегральным коэффициентом формы волокон и энергией разрушения.

### 13. УСТОЙЧИВОСТЬ К ГИДРАТАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ БЕТОНОВ

Water Corrosion Resistance of Metal Powders for Carbon-Containing Castables / Vitor G. Domiciano, Jarem R. Garcia and Victor C. Pandolfelli // [American Ceramic Society Bulletin](#). 2007. 86. № 1. С. 9401–9408. Англ.

*Federal University of São Carlos, São Carlos, Бразилия.*

Одна из тенденций развития огнеупорной технологии на современном этапе – разработка огнеупорных бетонов с высоким содержанием углерода. Использование поверхностно-активных веществ является экономичным и эффективным вариантом введения в бетоны большого количества углерода. Однако технические трудности, такие как низкая коррозионная стойкость металлических порошков (алюминия, кремния и магния), обычно используемых в качестве антиоксидантов, продолжают сдерживать производство и применение этих материалов. Когда они вступают в контакт с заливаемой водой, металлические частицы гидратируются (явление коррозии), в результате чего образуется большое количество водорода и происходит потеря антиоксидантных свойств.

В последние годы было сделано несколько попыток по сдерживанию реакции металлический порошок–вода. Как разумное решение были предложены защитные покрытия, полученные с алкоксидами металлов. Тем не менее, не были найдены надежные ссылки, подтверждающие эффективность этих покрытий в предотвращении коррозии металлов, когда металлические порошки с покрытиями вводятся в углеродсодержащие бетоны. В настоящей работе представлены последние исследования по введению металлических частиц (порошков алюминия и кремния) в высокоуглеродистые бетоны.

#### 14. МУЛЛИТОВЫЕ БЕТОНЫ НА СВЯЗКЕ ИЗ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА

Mullite Castables Bonded by Calcium Aluminate Cement / Bingqiang Han, Fangyu Chen and Nan Li // [American Ceramic Society Bulletin](#). 2007. 86. № 3. С. 9301–9306. Англ.

*Wuhan Iron and Steel Co., Ухань, Китай*

В последние годы в Китае для получения муллитовых материалов, обозначенных М70, М60 и М45, использовали в качестве сырья алюмосиликаты. Числа, следующие за буквой М, означают содержание  $Al_2O_3$  (в процентах) в муллите. При использовании алюмосиликатов с низким содержанием  $Al_2O_3$  следует дополнительно применять глинозем или боксит. Как правило, промышленный муллит состоит из кристаллической фазы и стекла. В муллите М45, который содержит ~ 45 %  $Al_2O_3$ , высококремнеземистая стеклофаза имеет высокую вязкость при повышенных температурах. Состав и физические свойства муллита М45 с высоким содержанием  $K_2O$  похожи на характеристики Molochite (компания *ECC Co.*) или Mulca (торговая марка *CE Minerals*), которые широко используются при разливке и в керамической промышленности.

Новый тип муллита (М40), с ~40 %  $Al_2O_3$ , был синтезирован из 19 %  $Al_2O_3$  алюмосиликата и боксита.

## IV. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ОГНЕУПОРЫ И ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА

### 15. ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МОДУЛЕМ УПРУГОСТИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

A cross-property relation between the tensile modulus and the thermal conductivity of porous materials / Willi Pabst, Eva Gregorová // [Ceramics International](#). 2007. 33. № 1. С. 9–12. Англ.

*Факультет стекла и керамики, Институт химической технологии в Праге, Чехия*

Модуль упругости и теплопроводность являются ключевыми характеристиками, определяющими чувствительность материала к механическим деформациям и температурным градиентам. Хотя в случае гетерогенных материалов эффективные свойства однозначно определяются микроструктурой материала, в отношении пористых материалов, вследствие значительной разницы в свойствах фаз, как правило невозможно прогнозировать зависимость между пористостью и любым из указанных свойств, основываясь лишь на информации об объемном содержании. Таким образом, для измерений реальных материалов часто может рассматриваться единственно приемлемый путь получения надежной зависимости пористости и определяемого свойства. В статье показано, что для изотропного материала можно рассчитать или относительный модуль растяжения  $E_T$ , или относительную теплопроводность  $k_T$  из другого соотношения свойств  $3 \ln E_T = 4 \ln k_T$ , как только одно из них будет измерено.

### 16. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКРОПОРИСТОЙ ГЛИНОЗЕМИСТОЙ КЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТИЦ ПШЕНИЦЫ В КАЧЕСТВЕ ГЕЛЕ- И ПОРООБРАЗУЮЩЕГО АГЕНТА

Preparation of macroporous alumina ceramics using wheat particles as gelling and pore forming agent / K. Prabhakaran, Anand Melkeri, N.M. Gokhale, S.C. Sharma // [Ceramics International](#). 2007. 33. № 1. С. 77–81. Англ.

*Naval Materials Research Laboratory, Ceramic Division, Defence Research and Development Organization, Anandnagar, Индия*

В настоящей работе сообщается о простом процессе изготовления макропористой глиноземистой керамики из водного шликера порошка с

использованием частиц пшеницы в качестве геле- и порообразующего агента. Частицы пшеницы, введенные в водный шликер глинозема, быстро абсорбируют воду при нагреве и образуется плотный гель. Гелеобразное тело не подвергается в процессе нагрева растрескиванию и деформации. Высушенный образец показал прочность при сжатии 0.41–0.59 МПа и его можно было подвергать механической обработке, такой как помол, просверливание и т.д. В результате спекания при температуре 1600 °С получили глиноземистую керамику с пористостью 67–76.7 % и прочностью при сжатии в поперечном 2.01–5.9 МПа. Во время спекания наблюдалась однородная усадка во всех направлениях. Изучение микроструктуры показало наличие как крупных пор (200–800 мкм), так и мелких (менее 20 мкм). Мелкие поры были равномерно распределены в стенках крупных пор.

## 17. ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Porous Ceramics with Tailored Properties / Vania R. Salvini, Bianca A. Sandurkov, Rodolfo F.K. Gunnewiek, Daniel S. Rosa, Victor C. Pandolfelli // [American Ceramic Society Bulletin](#). 2007. 86. № 3. С. 9401–9407. Англ.

*Federal University of Sao Carlos, Sao Carlos, S.P., Бразилия*

Разработана новая технология прямого пенообразования (direct-foaming technique), позволяющая производить пористую керамику, которая может разливаться после приготовления пены без использования токсичных добавок. Изделия отличаются высокой прочностью при сжатии на фоне высокого уровня пористости. Образцы имеют бóльшие размеры, чем образцы, описанные в литературе, показывают однородное распределение пор преимущественно сферической формы и небольших размеров.

Когда эти особенности глиноземистой пористой керамики были рассмотрены, то оказалось, что она подходит для огнеупорного применения в качестве изоляции сталеразливочных ковшей. Высокая взаимосвязанная пористость и присутствие некоторого количества макропор (100–200 мкм) делает материал привлекательным для использования в биомедицинской области, напр., как заменителя или наполнителя костей.

## V. КОНСТРУКЦИОННАЯ КЕРАМИКА

### 18. МИКРОВОЛНОВОЕ ГИБРИДНОЕ СПЕКАНИЕ МУЛЛИТОВЫХ ПОРОШКОВ

Microwave Hybrid Sintering of Mullite Powders / Pollyane Marcia Souto, Romualdo Rodrigues Menezes and Ruth Herta Goldschmidt Aliaga Kiminami // [American Ceramic Society Bulletin](#). 2007. 86. № 1. С. 9201-9209. Англ.

*Federal University of Sao Carlos, Sao Carlos, S.P., Бразилия*

Микроволновый нагрев применяется для спекания керамики нескольких видов, включая  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $ZnO$ ,  $\beta$ -SiAlON,  $Al_2TiO_5$ , PZT и SiC.

Многие особенности микроволнового спекания делают его привлекательным с коммерческой точки зрения. Некоторые авторы изучили синтез и спекание муллита с использованием микроволновой энергии. Однако несмотря на хорошие опубликованные результаты, ни одно из исследований не закончилось быстрым спеканием промышленных муллитовых порошков с применением микроволн. Цель данной работы – изучить микроволновое спекание промышленных муллитовых порошков и сравнить их микроструктуру с микроструктурой материалов, спеченных с использованием обычного нагрева.

Микроструктура материала, спеченного с применением микроволн, была более однородной и имела меньший средний размер зерен, что стало результатом всестороннего быстрого обжига. Гибридное микроволновое спекание промышленного муллита занимает значительно меньше времени по сравнению с обычным процессом спекания.

### 19. ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОМПОЗИЦИЙ МУЛЛИТ–ЦИРКОН–SiC

Studies on Some Mullite-Zircon-SiC Compositions / M. Awaad, S.H. Kenawy // [Supplement to Interceram](#). 2006. 55. № 6. С. 1-4. Англ.

*Приложение к журналу Interceram* представляет собой часть керамической монографии–справочного руководства по керамике.

Изучены составы композиций муллит- $ZrO_2$ -SiC, спеченных при температуре до 1550 °С. Композиции, обожженные в полувосстановительной среде, показали значительное уплотнение, хотя SiC оказывает отрицательное влияние на фазы, образовавшиеся до 1550 °С. Оцениваются две модели окисления спеченных образцов, а именно пассивного окисления поверхности и активного объемного окисления. Исследование под сканирующим электронным

микроскопом показало существенные различия в микроструктурах спеченных прессовок. Мелкие частицы  $ZrO_2$  и муллита окружали более крупные зерна SiC. Для дальнейших исследований рекомендовано использовать горячее прессование или горячее изостатическое прессование.

## **VI. ОБЗОРЫ СОСТОЯНИЯ МИРОВОЙ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **20. МИРОВАЯ ОГНЕУПОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СЕГОДНЯ – ОБЗОР**

The refractories world today – an overview / Charles E. Semler // [Industrial Minerals](#). 2007. April. С. 55,57,59,61. Англ.

Статья представляет собой обзорный материал, подготовленный Чарльзом Е. Семлером (Dr Charles E. Semler), консультантом по огнеупорам, г. Феникс, шт. Аризона, США.

В статье представлено современное состояние мировой огнеупорной промышленности, показаны тенденции потребностей в огнеупорах, потребления минерального сырья и будущее этой отрасли.

Черная металлургия Японии, Индии и Китая потребляет 70-75% продукции огнеупорной промышленности, а цементная промышленность – от 3 до 12%. В связи с этим приведен обзор состояния этих отраслей, являющихся основными потребителями огнеупоров, чтобы оценить потребность в огнеупорах и соответственно в огнеупорных сырьевых материалах.

В статье представлен график изменения производства огнеупоров в Китае, США и Японии в период с 1990 г. по 2005 г. В Китае наблюдается невероятный рост выпуска огнеупоров (+192 % с 2000 г.).

Напротив, график демонстрирует небольшое снижение производства огнеупоров в Японии с 1990 г., в США выпуск огнеупоров постоянно снижался в период с 1997 до 2003, но впоследствии произошло небольшое повышение. Приблизительная оценка мирового объема производства огнеупоров в 2005 г. – 29,0 млн т, в т. ч. Китай – 18,5; Европа – 4,3; США – 2,5; Южная Корея/Латинская Америка – 1,3; Япония – 1,1; Индия – 1,0; Средний Восток/прочие – 0,3. Ожидаемый мировой объем выпуска огнеупоров в 2006 г. – 32 млн т.

### **21. МЕГАТЕНДЕНЦИИ В МИРОВОЙ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Mega trends in the global refractories industry / Andreas Meier // [Industrial Minerals](#). 2007. April. С. 62,63,65. Англ.

В статье представлена точка зрения главы компании–мирового лидера в производстве огнеупоров на развитие мировой огнеупорной промышленности.

Объединение компаний, поставки сырьевых материалов, паритетная торговля и окружающая среда – ключевые темы, которых коснулся Andreas Meier, главный исполнительный директор *RHI Group*, Австрия.

Одним из аспектов развития мировой огнеупорной промышленности является более низкая доходность по сравнению с отраслями-потребителями. Операционная (чистая) прибыль в черной металлургии выше на 60 %, в цементной промышленности – на 100 % и в цветной металлургии (производстве меди) – на 450 % выше, чем в огнеупорной промышленности. .

Другой проблемой является непрерывный рост цен на сырьевые материалы, причем ожидается дальнейший рост цен на стратегические высококачественные сырьевые материалы.

Отмечается высокая степень зависимости мировой огнеупорной промышленности от поставок шести наиболее важных видов огнеупорного сырья из Китая. В частности, Китай обеспечивает огнеупорные заводы мира шамотом на 60 %, спеченным периклазом – на 40 %, огнеупорными бокситами – на 95 %, карбидом кремния – на 60 %, бурым плавленным глиноземом – на 50 %, графитом – на 45 %.

## 22. ОБЗОР ОГНЕУПОРОВ В 2006 г.

Review of Refractories in 2006 / Charles E. Semler // [Refractories Applications and News](#). 2007. 12. № 2. С. 4-5. Англ.

*Semler Materials Services*, шт. Аризона, США

2006 г был очень прибыльным для производителей огнеупоров, многие компании показали прирост продаж, выражаемый двузначной цифрой в процентах. Характеризующиеся высокими темпами развития мировые рынки чугуна и стали, энергии, химической продукции и цемента способствовали росту потребности в огнеупорах по всему миру. В статье дан краткий обзор основных конференций и симпозиумов, прошедших в 2006 г. и касающихся развития огнеупорной промышленности.

В статье отмечен значительный рост черной металлургии в 2006 г. до 1 240 млн т стали (прирост на 8,8 % по сравнению с 2005 г.).

На 42-м ежегодном симпозиуме по огнеупорам, проведенном отделением огнеупорной керамики Американского керамического общества, обсуждали тему «Совершенствование сырьевых материалов». Основные доклады были связаны с Китаем и связующими системами матрица-наполнитель; сообщали о микрокремнеземе, карбиде кремния, ультратонкой шпинели и различных бетонах, включая цементное связующее и альтернативные варианты, золь-гель технологию и микропористые теплоизоляционные материалы.

19-й ежегодный коллоквиум Технической ассоциации огнеупоров Японии был проведен в Нагойе, где было представлено 38 сообщений (см. Раздел данного обзора «Краткие (одностраничные) сообщения Японской ассоциации огнеупоров»). Применению в черной металлургии и неформованным огнеупорам посвящено 47 % и 21% сообщений, соответственно.

На 49-м ежегодном огнеупорном коллоквиуме по теме “Огнеупоры для металлургии”, который был проведен в Аахене, Германия, было представлено 62 доклада. Основные темы: MgO-C-изделия, неформованные огнеупоры, применение в сталеплавильных агрегатах, ковшах, при непрерывной разливке стали, в цветной металлургии и в процессах литья.

В статье также кратко описаны некоторые патенты США 2006 г. в области огнеупоров.

## VII. ЛЕТОЧНЫЕ МАССЫ ДЛЯ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

### 23. МИКРОСТРУКТУРА ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ В КОНТАКТЕ СО ШЛАКОМ И ЧУГУНОМ

Microstructure of Tap Hole Mix in Contact with Slag and Pig Iron / Masakazu Hda, Yasunobu Torttani and Tsuyoshi Okamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С. 107-111. Англ.

*Отделение материаловедения (Materials Development Dept.), JFE Refractories Corporation, Япония*

В процессе осуществления доменного процесса леточная масса, закаченная в выпускное отверстие, контактирует с жидким чугуном и шлаком при повышенных температурах и высоком давлении дутья, которое достигает 400 кПа. Это означает, что изменения в леточной массе не могут быть только термическими или только физическими. Для исследования структурных изменений в леточной массе были изучены под микроскопом огнеупорные образцы, содержащие гранулы чугуна или шлака и нагретые при 1550°C под нагрузкой 200 кПа. В случае, когда матрица леточной массы содержала оксиды, расплавленный шлак проникал по порам под действием капиллярной силы, способствуя расплавлению леточной смеси в шлаковой фазе. Напротив, в случае, когда матрица леточной массы не содержала оксиды, компоненты шлака не проникали под действием капиллярной силы. Под нагрузкой расплавленный шлак проникал в значительно более мелкие поры, расширяя границу поверхности раздела между шлаком и огнеупором. Такая ситуация способствовала растворению леточной массы и образованию жидкой фазы в микроструктуре. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сложность микроструктуры огнеупоров влияет на эксплуатационные характеристики леточной массы.

### 24. АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ ДЛЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Analysis of the Drilling Behavior of Blast Furnace Tap Hole Mix / Masakazu Iida, Eizo Maeda, Tsuyoshi Okamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 178-83. Англ.

*Фирма JFE Refractories Corp., Япония*

Для обеспечения стабильного доменного процесса необходимо провести операцию вскрытия летки с подходящей и постоянной скоростью бурения. На

практике однако работа иногда нарушается в результате внезапной остановки. Во время приостановки просверливания повышается уровень шлака в доменной печи. Для выяснения механизма и/или причин такого явления провели исследование структуры леточной массы, комбинируя результаты лабораторных экспериментов и моделирования просверливания, а также используя данные, полученные потребителями на действующих доменных печах.

Лабораторные исследования различных типов леточных масс позволили установить, что скорость просверливания и износ при просверливании в значительной степени определяются модулем упругости леточной массы.

Участок, на котором происходит внезапное прерывание операции просверливания, представляет собой комплексную структуру, состоящую из леточной массы и металла и/или шлака, модуль упругости которой по меньшей мере в пять раз превышает модуль упругости хорошо спеченной леточной массы.

Результаты показывают необходимость проведения дальнейших исследований механизма образования этой комплексной структуры с точки зрения режима работы и огнеупорных материалов.

## VIII. ФУТЕРОВКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ СТОЙКОСТИ

### 25. АДГЕЗИЯ ШЛАКА К ФУТЕРОВКЕ КОНВЕРТЕРА В ПРОЦЕССЕ РАЗДУВА ШЛАКА

Adhesive Behaviour of BOF Slag to BOF Lining Refractory in Slag Splashing Process /  
Liangcai Zhong and Yingxiong Zhu // **Steel Research International**. 2006. 77. № 12. С. 939-942.  
Англ.

*Институт черной металлургии, Северо-восточный университет (Institute of  
Ferrous Metallurgy, Northeastern University), Китай*

Эффективным способом повышения стойкости футеровки конвертеров служит прием раздува шлака, затвердевающего слоями на огнеупорной кладке этих агрегатов. Температура плавления наносимого слоя шлака и его адгезия к футеровке оказывают существенное влияние на характер затвердевания слоев и срок службы футеровки кислородных конвертеров. В данном исследовании изучили адгезию шлаков различного химического состава к огнеупорам. Показано, что возможна хорошая адгезия шлака к частицам периклаза в периклазоуглеродистых изделиях и отсутствуют реакции между частицами периклаза и шлаковым слоем, но при этом выявлен газовый зазор на поверхности раздела между слоем шлака и периклазоуглеродистой матрицей и обнаружены гранулы чугуна в слое шлака при высоком содержании оксида железа FeO в шлаке. Адгезию шлакового слоя к огнеупорам футеровки можно усилить путем снижения содержания FeO в шлаке и снижения массовой доли углерода в периклазоуглеродистых изделиях рабочего слоя кладки. Срок службы огнеупорной футеровки кислородных конвертеров можно значительно увеличить, улучшив адгезию и повысив температуру плавления износостойкость шлака, наносимого слоями на поверхность футеровки.

### 26. УСОВЕРШЕНСТВОВАНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ВНУТРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ

Improved System for Viewing the Interior of High Temperature Furnaces / Junichiro Okuhara,  
Yoichi Sasai // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С.  
119- 122. Англ.

*Исследовательский центр (Research Center), Shinagawa Refractories Co., Ltd.,  
Япония*

Когда температура внутри печи превышает 800°C, датчики визуального контроля не могут обеспечить четкие (контрастные) изображения огнеупорной футеровки, поскольку свет, излученный самим объектом, снижает контрастность изображения, и происходит искажение атмосферы.

Чтобы преодолеть эти проблемы, компания *Shinagawa Refractories Co.* разработала технологию, использующую различные комбинации специальных оптических фильтров, что ограничивает искажение изображений при нагреве и позволяет наблюдать швы, отверстия, неровные поверхности огнеупорной футеровки в печи в интервале температур от 800 до 1300 °С. В статье приведена таблица, позволяющая осуществить выбор фильтров для наблюдений при различных температурах в печи.

Представлена также схема усовершенствованного оборудования для проведения наблюдений внутри высокотемпературных печей. Оборудование состоит главным образом из датчика (зонда), телекамеры на базе приборов с зарядовой связью и системы охлаждения. Благодаря системе охлаждения это оборудование позволяет вести непрерывные наблюдения внутри нагретой печи в течение нескольких часов при температуре до 1300°C. При температурах в печи ниже 700°C, компания осуществляет наблюдения с использованием света.

## 27. РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ЧУГУНОВОЗНЫХ КОВШЕЙ МИКСЕРНОГО ТИПА

Transition in the techniques for refractories in torpedo car / Satoru Ito, Koichiro Kataoka, Akira Ojima // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 189-194. Англ.

Фирма *Nippon Steel Corp.*, исследовательский центр экологии и промышленной технологии, префектура Тиба, Япония

В этой публикации систематизированы данные о совершенствовании материалов и технологии изготовления футеровки ковшей миксерного типа, обсуждены изменения в области огнеупоров и способов ремонта.

На металлургическом заводе фирмы *Nippon Steel* в Кимицу в 1983 г. внедрена предварительная обработка чугуна в чугуновозных ковшах миксерного типа, в связи с чем усилился износ кирпичной кладки ковшей, которую в то время выполняли из шамотных изделий, и значительно сократился срок службы футеровки. Для снижения скорости износа огнеупоров разработали изделия состава  $Al_2O_3$ -SiC-C, в которых для повышения коррозионной стойкости увеличили долю  $Al_2O_3$ , для повышения стойкости к растрескиванию и к проникновению шлака ввели углерод, а для предотвращения окисления углерода добавили SiC. Изделия показали хорошую стойкость и были широко

использованы. Позднее на этой основе разработали  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC-C}$  – изделия с добавкой стекла, введенного для предотвращения разъедания швов кладки и износа изделий в форме отслаивания. В эти огнеупоры вводили также металлический алюминий и стекло.  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC-C}$  – изделия с добавкой  $\text{MgO}$  были разработаны с намерением использования расширения вторичной  $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  с целью уплотнения футеровки. Изделия с добавкой 8 %  $\text{MgO}$  и некоторого количества стекла используются до настоящего времени.

Усовершенствовали также технологию ремонта: сначала опробовали сухое торкретирование и вибротрамбование, а в 1998 г. применили оборудование для автоматизированного ремонта мокрым торкретированием (shotcreting). Позднее на заводе в Кимицу предварительную обработку чугуна осуществили в агрегатах типа конвертера.

## 28. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Improvement of insulating refractories for the continuous reheating furnace / Hidetoshi Terashima, Hiroshi Ootubo, Norio Taki et al. // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 201-206. Англ.

Фирма *Nippon Steel Corporation*, исследовательский центр экологии и промышленной технологии, г. Нагоя, Япония  
*Shinnikka Thermal Ceramics Corp.*, Япония

Значительную долю тепловых потерь в печах для нагрева под горячую прокатку на фирме *Nippon Steel*, Япония, составляют потери через балки печного конвейера. Для уменьшения этих потерь на печах применяют теплоизоляцию на основе керамического волокна с "бесшпилечным" креплением.

В последние годы в связи с переходом на более жесткие рабочие режимы в такой теплоизоляции сильнее проявились повреждения двух видов: 1) отделение и падение фрагментов теплоизоляционных колец (выкрашивание); 2) раскрытие стыков между теплоизоляционными кольцами.

При любом виде повреждения металлическая поверхность стойки опорной балки напрямую контактирует с печной атмосферой, что способствует росту тепловых потерь. Для обеспечения стабильной службы усовершенствовали способ теплоизоляции керамическим волокном.

Разработали материал покрытия, содержащий муллитовое волокно. При заводских испытаниях нанесли покрытие на наружную поверхность теплоизоляционных колец из керамического волокна. Убедились, что таким

способом можно ограничить повреждение волокнистой теплоизоляции окалиной.

Для предотвращения раскрытия стыков между элементами теплоизоляции из керамического волокна отработали технологию изготовления высокоплотных волокнистых изделий (плотность  $200 \text{ кг/м}^3$  и выше) по способу вакуумного формования. Опробовали новую составную конструкцию теплоизоляционных изделий. Кольцеобразные изделия из керамического волокна по новой технологии отличаются малым пылевыведением и гораздо более высокой технологичностью.

## IX. ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

### 29. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ПЕРЕФУТЕРОВКИ И РЕМОНТА КОВШЕЙ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ В БРУКХАУЗЕНЕ ФИРМЫ THYSSENKRUPP

Совершенствование концепции перефутеровки и ремонта ковшей на металлургическом заводе в Брукхаузене фирмы ThyssenKrupp / А. Плох, К. Линднер, К.-Х. Шютц // **Черные металлы**. 2007. Февраль. С. 35-38. На русском языке

*ThyssenKruppSteel, Дуйсбург, Германия*

После ввода в эксплуатацию разливочного устройства литейно-прокатного агрегата CSP и установки ковш-печь на заводе фирмы *ThyssenKrupp Steel AG* в Дуйсбурге примерно на 30 % выросли расходы, связанные с ремонтом огнеупорной футеровки и содержанием ковша. Возникла проблема безопасности работы шлакового пояса. Путь к решению обеих проблем лежал в последовательном повышении качества огнеупоров, применяемых для футеровки ковша, и увеличении стойкости ковша. Такое развитие требовало увеличения массы плавки, загружаемой в ковш. За счет проведения различных мероприятий за 8 лет средняя масса плавки увеличилась примерно на 30 т. Последним шагом в этом направлении явилось усовершенствование ремонта ковшей путем применения манипулятора для торкретирования, обеспечившего возможность более интенсивной подачи торкрет-массы и более надежного ее нанесения на стенки ковша.

На заводе фирмы *ThyssenKrupp Steel AG* в Брукхаузене ковши были полностью футерованы магнезиальноуглеродными изделиями, которые на границе расположения шлака были изготовлены из спеченного периклаза с добавлением 10 % углерода. Такая концепция футеровки применялась с 1998 г. по 2000 г.

В последующие годы концепция футеровки значительно изменилась. В качестве первоочередной меры повысили содержание углерода в кладке шлакового пояса до 12—15 %, а спеченный периклаз обогатили плавленным. Такая концепция футеровки ковша действовала с 2001 г. по 2003 г. Срок службы ковшей при этом возрос с 68 до 80 плавов, но проблема размывания кладочного раствора не была решена. В итоге изделия на уровне расположения шлака начали изготавливать из чистого плавленного периклаза высшего качества с добавками антиоксидантов. Такая концепция позволила повысить стойкость ковшей до 100 плавов и более. В 2003—2004 г. средняя стойкость ковша составила 102,6 плавки, а в 2004—2005 гг. был достигнут показатель 105,1 плавки. Данная концепция позволила уменьшить на 30 % расходы на ремонт и содержание ковшей, достигнув уровня, наблюдавшегося до ввода в

эксплуатацию установки печь-ковш. Кроме того, была решена проблема размывания кладочного раствора.

### 30. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ SiC НА ПРОЧНОСТЬ MgO-SiC – ОГНЕУПОРОВ

Effect of SiC content on the strength of MgO-SiC composites / Y. Wei, N. Li, Y. Xu, J. Shi // **Interceram**. 2006. 55. № 6. С. 434-437. Англ.

*Уханьский научно-технологический университет, лаборатория огнеупоров и керамики, г. Ухань, Китай*

Углеродсодержащие огнеупоры часто применяют в футеровке *шлакового пояса сталеразливочных ковшей*. С повышением спроса на высококачественную сталь все более важное значение приобретает ее чистота. Низкоуглеродистые и ультранизкоуглеродистые стали должны иметь низкий уровень содержания углерода, но углеродсодержащие огнеупоры служат источником углерода, попадающего в сталь.

Одним из вариантов решения проблемы является снижение содержания углерода в огнеупоре до некоторого определенного уровня, если предметом особого внимания остается стойкость огнеупоров. Это могут быть обсуждаемые в статье безобжиговые MgO-SiC – изделия на смоляной связке, которые часто используют в шлаковом поясе. Карбид кремния SiC обладает рядом привлекательных свойств, таких как высокая теплопроводность, стойкость к смачиванию шлаком и жидкой сталью, слабая склонность к науглероживанию стали сравнительно с чистым углеродом.

В работе главное внимание уделили физическим свойствам, шлакоустойчивости и влиянию на содержание углерода в стали. В экспериментах шлакоустойчивость составов MgO-SiC была выше, чем у MgO-C – изделий. В этой работе изучили влияние содержания SiC на прочность MgO-SiC – изделий.

Установлено, что содержание SiC оказывает существенное влияние на прочность MgO-SiC – изделий, так как SiC имеет высокий модуль упругости и поскольку SiC и MgO сильно различаются по коэффициенту термического расширения. На прочность MgO-SiC – изделий влияет также температура нагрева: после сушки при 220 °С материал может достичь максимальной прочности и наивысшей степени уплотнения. Изделия после нагрева до 1100 °С имеют более низкую прочность, поскольку разное термическое расширение компонентов приводит к образованию трещин. При нагреве выше 1600 °С материал может достичь спеченного состояния с образованием керамической

связи, так что его прочность выше, чем в случае нагрева до 1100 °С, но она все еще ниже, чем после сушки при 220 °С, из-за многочисленных трещин.

### 31. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ОГНЕУПОРОВ НА ИХ СТОЙКОСТЬ К ЭРОЗИИ

The Effect of the Refractory Composition on Erosion Resistance / Saeko Koga, Jiro Amano, Katsumi Morikawa, Keisuke Asano // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 184-188. Англ.

*Krosaki Harima Corporation, Япония*

Долговечность и стабильность стаканов для непрерывной разливки (защитных труб и погружаемых стаканов) оказывают значительное влияние на производительность МНЛЗ и качество стали.

В связи с этим исследовали устойчивость к эрозии расплавленной сталью различных огнеупорных материалов для непрерывной разливки стали и получили следующую информацию.

1) Устойчивость к эрозии была исследована на заполнителях четырех видов. Лучшим этот показатель оказался для бадделеитового заполнителя и снижался в следующем порядке: диоксид циркония > периклаз > шпинель > глинозем. В присутствии периклаза, шпинели и глинозема на поверхности образовывался реакционный слой; пришли к выводу, что износ увеличивался в результате химической коррозии в дополнение к механическому абразивному износу.

2) Устойчивость к эрозии жидкой сталью снижалась по мере повышения содержания углерода в глиноземографитовых образцах. Окисление углерода особенно активизировалось MnO и FeO, когда концентрация кислорода в стали была высокой. Эта тенденция становилась более четко выраженной при более высоком содержании углерода.

3) Устойчивость к эрозии жидкой сталью снижалась по мере роста содержания кремнезема в глиноземографитовых образцах.

## **Х. ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ УСТАНОВОК ПЛАВЛЕНИЯ ОТХОДОВ И ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТОВ**

### **32. РАЗРАБОТКА ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ПЕЧЕЙ ПЛАВЛЕНИЯ ОТХОДОВ – ПЕРЕХОД ОТ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ К БЕСХРОМИСТЫМ ОГНЕУПОРАМ**

Development of Refractories for Waste Melting Furnaces -The Transition from High Chromia to Chrome-Free Refractories / Junichi Moda, Zhe Wang and Kisaburo Ariyoshi // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 26. 2006 . № 2. С. 123-127. Англ.

*Yotai Refractories Co., Ltd., Япония*

Линейный рост количества коммунальных и промышленных отходов в последние годы является важной социальной темой, касающейся снижения объемов отходов и их обезвреживания. Метод плавления вызывает острейший интерес как один из методов устранения больших объемов отходов. Плавильные печи были впервые установлены в Японии около 30 лет тому назад. В течение первых 12 лет вводили очень мало новых печей, в 90-е годы число их постепенно росло, достигнув пика в 2002 г. — 50 печей. Существуют различные типы плавильных печей: поверхностного плавления, электродуговые, постоянного тока, плазменные, прямого плавления и т.д..

Огнеупоры, используемые для футеровки плавильных печей, различаются в зависимости от участка футеровки, например, высококачественные огнеупоры применяются в рабочем слое, контактирующем с жидким шлаком. Шлак имеет низкую основность на уровне 0.3-1.5. Кроме того, он очень агрессивный из-за высокой температуры (1300-1800 °С).

Обычно в этой области применяются хромсодержащие огнеупоры. Достаточный срок службы показывают специальные хромистые (содержащие оксид хрома) огнеупоры, но в некоторых случаях высокой стойкости футеровки удается достичь путем использования бесхромистых огнеупоров.

В статье обсуждают устойчивость высокохромистых и MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-огнеупоров в жестких условиях службы плавильных печей и состояние развития бесхромистых огнеупоров, в частности карбидкремниевых (90 % SiC и 8 % SiO<sub>2</sub>).

### 33. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСХРОМИСТЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЗОНЕ ОБЖИГА ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

Improvement of Chrome-Free Bricks in the Burning Zone of Cement Rotary Kilns / Tamiatsu Koyake, Eishi Iida // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 195 – 200. Англ..

*Shinagawa Refractories Co., Ltd., Япония*

В зоне обжига цементных вращающихся печей используются преимущественно бесхромистые периклазошпинельные изделия вместо ранее применявшихся периклазохромитовых. По состоянию на январь 2005 г., около 60 % печей работали с футеровкой, полностью изготовленной из бесхромистых огнеупоров.

В статье описаны механизмы износа периклазошпинельных изделий в зоне обжига цементных вращающихся печей и представлены характеристики усовершенствованных изделий с улучшенными износостойкостью и устойчивостью к структурному растрескиванию.

Периклазошпинельные бесхромистые огнеупорные изделия характеризуются отличной термостойкостью в сравнении с другими бесхромистыми изделиями (например, периклаз–цирконат кальция, периклаз–герцинит). Такие высокотемпературные свойства, как способность к сцеплению покрытия, коррозионная стойкость и др., были также улучшены путем подбора микрокомпонентов, оптимального содержания шпинели и т.д.

# XI. РЕЦИКЛИНГ ОГНЕУПОРОВ

## 34. РЕЦИКЛИНГ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Refractory materials recycling / Jeffrey Green, M. Connor // **Industrial Minerals**. 2007. April. С. 73-74. Англ.

*Minelco Minerals Ltd.* и *Richmond Refractories*, Великобритания

Авторы рассматривают функции основных игроков растущего рынка регенерированных огнеупоров для оценки его будущего развития.

Рециклинг (вторичное использование) определяется как повторная (вторичная) обработка отслуживших материалов, которые в противном случае стали бы отходами, и переделывание их в новые продукты.

Рециклинг создал целую новую отрасль промышленности с исследованиями в университетах и международными техническими конференциями.

Рассмотрены следующие примеры использования регенерированных огнеупоров:

- Шамотный кирпич: в смеси с цементом Fondu используется в изоляционных шамотных изделиях марки до 1300 °С.
- Огнеупоры со средним содержанием глинозема А / D, смешанные с Secar 51, используются в обычных бетонах при температуре до 1400 °С. Огнеупоры D также применяются как добавка в изделия со средним содержанием глинозема.
- Высокоглиноземистые изделия используются в высокотемпературных бетонах и ремонтных материалах.
- SiC-кирпич используется в торкрет-массах для горячих ремонтов.
- Бокситовый кирпич : в смеси с цементом Fondu и бокситом (до 50 %) в обычных бетонах до температуры 1500 °С.
- Периклазоуглеродистые изделия: используются как основа ремонтных материалов для электродуговых печей.

## 35. СМЕСИТЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УТИЛИЗИРУЕМОГО ОГНЕУПОРНОГО БОЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Development of recycling grog continuous mixing unit and its record in field trial / Shigeyuki Maruyama, Katsumi Nonaka, Yutaka Naito et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 2. С.112-115. Англ.

Фирма *Plibrico Japan Co, Ltd*, исследовательский отдел, Тигасики, Япония  
Фирма *Kobe Steel*, завод в Какогава, Япония

В последние годы для решения экологических проблем и в целях снижения производственных издержек во многих отраслях и в первую очередь в черной металлургии, которая потребляет около 70 % огнеупоров, утилизируют в качестве сырья для шлакообразующих огнеупорный бой, который образуется при ломке футеровки и который прежде считали отходами. Организована и переработка боя в огнеупоры (рециклинг). По экономическим и экологическим соображениям оптимальной признана переработка боя непосредственно на месте образования. На металлургических заводах для этого уже начали создавать центры рециклинга. В центре рециклинга огнеупорный бой, образованный при ломке футеровки, очищают от металлических настелей, шлака и других загрязнений, сушат, измельчают, классифицируют и получают подготовленное по крупности вторичное сырье. Изучают также варианты подмешивания такого сырья к свежему материалу с последующим прессованием для получения формованных изделий.

Возможны различные схемы смешивания вторичного материала со свежей основой, в частности, предварительное смешивание в центре рециклинга. Однако более экономична добавка и смешивание на месте выполнения огнеупорных работ. Авторы этой публикации разработали простую систему непрерывного смешивания вторичного огнеупорного сырья с неформованным огнеупором на месте изготовления футеровки и непрерывного нанесения смеси торкретированием.

Разработанное оборудование испытали в цехе на шамотно-карбидкремниевой массе для сухого торкретирования с 30 %-ной добавкой боя. В качестве свежего материала использовали огнеупор для ремонта сливного носка ковша для жидкого чугуна. По результатам заводского испытания доля боя в торкрет-материале составила в среднем 32 % . В отношении стойкости новый материал оказался лучшие, чем тот, что применяется обычно.

## **XII. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕУПОРОВ**

### **36. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

High-Temperature Thermal Characterization // [Ceramic Industry. 2007. February 1. 5 с.](#)  
Англ.

*Setaram Inc., [США](#)*

Графитовая печь и модульная конструкция обеспечили возможность создания новой системы термического анализа в соответствии с потребностями специалистов керамической промышленности в проведении измерений различных параметров при повышенных температурах.

До температуры 1750°C, аналитические печи как правило футеруются глиноземом, который действует как барьер на пути агрессивной среды. При температуре выше 1750°C глинозем теряет механические свойства и ограничивает применение имеющихся на рынке систем термического анализа.

Наиболее важной частью новой системы является графитовая печь, температура которой может повышаться до 2400°C, что позволяет проводить высокотемпературный анализ. Дополнительным преимуществом системы является ее модульная конструкция. Система позволяет измерять целый ряд различных механических свойств, включая термогравиметрический анализ, термомеханический анализ и дифференциальный термический анализ.

### **37. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ АНАЛИЗА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

SPECIAL SECTION/INSTRUMENTATION: Measuring Sensitivity in Particle Size Distribution Analysis / John Guerin, Anthony Thornton // [Ceramic Industry. 2007. 1 May. 6 с.](#)  
Англ.

*Micromeritics Instrument Corp., Norcross, [США](#)*

Для обеспечения высокого качества конечной продукции аналитическое оборудование, используемое для определения гранулометрического состава сырьевого материала, должно иметь чувствительность на таком уровне, чтобы определить различия между отдельными партиями.

Для того, чтобы удостовериться в надежности полученных данных, провели анализ порошков граната с использованием цифрового лазерного анализатора размера частиц (Micromeritics Saturn DigiSizer 5200) и получили близкое совпадение измеренных и расчетных зерновых составов девяти смесей.

## 38. ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕУПОРОВ – ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ – МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ – ОСНОВЫ

Evaluation of Thermal and Mechanical Properties of Refractories - Fundamentals and Applications -7. Fracture Mechanics - Fundamentals / Mototsugu Sakai // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 247 – 255. Англ

Кафедра материаловедения (Department of Materials Science)  
Технологического университета Toyohashi (*Toyohashi University of Technology*),  
Япония

Совершенствование традиционных огнеупорных материалов и разработка высококачественной керамики с повышенной устойчивостью к излому и повреждениям при термоударе всегда были центральными темами в научных и технологических исследованиях керамики. В этом обзоре рассмотрены энергетические принципы стабильности трещины при ее возникновении и последующем распространении. Сделан особый акцент на том, что для понимания механического поведения огнеупорных материалов под действием излома и повреждения при термоударе необходимы энергетические исследования распространения трещины. Термодинамические концепции "устойчивого равновесия", "неустойчивого равновесия", "возникновения трещины, распространения и ее замедления" тесно увязаны с изломом и повреждением при термоударе. Были также проведены детальные исследования влияния размеров опытных образцов на повреждение термическим ударом, чтобы получить глубокое физическое понимание конструирования высокостойких огнеупорных материалов.

### **XIII. КРАТКИЕ (ОДНОСТРАНИЧНЫЕ) СООБЩЕНИЯ ЯПОНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ОГНЕУПОРОВ**

#### **39. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВЫПАДЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В КОНУСЕ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА**

Numerical Study on the Cause of Brick Drop at the BOF Cone / Kazuyuki Tsutsumi, Takeshi Yamada, Koji Nakanishi, Shinichi Maeda // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 209. Англ

*Kobe Steel Ltd.*, Япония

В настоящем сообщении описаны исследования явления выпадения огнеупорных изделий из конуса кислородного конвертера, основанные на сравнении между результатами численного анализа и данными измерений напряжений в кожухе при эксплуатации конвертера.

#### **40. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ДИНАСОВОГО КИРПИЧА ДЛЯ ГОРЯЧЕГО РЕМОНТА КОКСОВЫХ ПЕЧЕЙ**

Development of Special Silica for Coke Oven Hot Repair /M. Maetani, K. Mori, H. Fujie et al. // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 210. Англ

Фирма “*Shinagawa Refractories*”, Япония

Фирма разработала специальный динасовый кирпич для горячего ремонта коксовых печей, превышающий по термостойкости динасовый кирпич серийного производства.

#### **41. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА НА ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ**

Effect of Carbon Content on the Thermal Characteristics of MgO-C Bricks for BOF / Shoji Yoshida, Hidetoshi Kamio, Toshiyuki Hokii, Keisuke Asano // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 211. Англ

Фирма “*Krosaki Harima Corp.*”, Япония

При использовании низкоуглеродистого MgO-C-кирпича (5 % C), потери тепла (при толщине 900 мм) были уменьшены на 33 % и температура кожуха – на 28 %, что защищает кожух конвертера.

## 42. ПЕРИКЛАЗОХРОМИТОВЫЙ КИРПИЧ НА СВЯЗКЕ ИЗ ВТОРИЧНОЙ ШПИНЕЛИ

Magnesia-Chrome Brick Bonded with Secondary Spinel / Yasutaka Sugimoto, Kazunari Imai, Takashi Kumayasu // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 212. Англ

Фирма *Yotai Co., Ltd.*, Япония

Сообщение посвящено опытному изготовлению периклазохромитовых изделий, которое было осуществлено с целью изучения развития вторичной шпинели. При использовании смеси с высоким соотношением C/S, содержащей MgO-клинкер также с высоким соотношением C/S, можно получить периклазохромитовый кирпич с хорошо развитой вторичной шпинелью.

## 43. РАЗРАБОТКА СУХОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РЕМОНТА СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Dry Material Development for Repair in Steelmaking Equipment / Shuji Fujimoto, Taichi Nagao, Hirohide Okuno // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 213. Англ

Фирма *Taiko Refractories Co., Ltd.*, Япония

Наливной метод – один из основных, применяемых в современном сталеплавильном производстве при ремонте различных контейнеров с жидким металлом. Нагрузка увеличивается, если оборудование для нанесения огнеупорных материалов, такое как миксеры, используется только для небольшого количества массы. Фирма разработала сухой ремонтный материал на базе  $Al_2O_3-SiO_2$  с целью снижения нагрузки и продолжительности нанесения (включая время сушки) или предотвращения отслаивания в процессе сушки.

## 44. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ РЕМОНТА ИНЖЕКТИРОВАНИЕМ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВАКУУМАТОРОВ

Improvement on the Injection Refractories for RH Degasser / Shigefumi Nishida, Atsuhisa Hda, Yasunobu Toritani, Tsuyoshi Okamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 214. Англ

Фирма *JFE Refractories Co., Ltd.*, Япония

С целью повышения стойкости огнеупоров для горячего ремонта инжектированием патрубков и днища камеры циркуляционных вакууматоров

фирма разработала усовершенствованный материал, применение которого позволило удлинить срок службы на 20-40 %.

#### 45. МОНОЛИТНАЯ ОГНЕУПОРНАЯ ФУТЕРОВКА ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ RH-ВАКУУМАТОРОВ

Monolithic Refractories Lining of Upper RH Vessel / Katsumi Uchinokura, Takayuki Inuzuka, Kouichiro Kataoka, Taijiro Matsui // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 215. Англ

Фирма *Nippon Steel Corp.*, Япония

На заводе в Кимицу с целью изготовления бесхромистой футеровки осуществляется переход к монолитной футеровке циркуляционных вакууматоров. В настоящем сообщении приведены результаты применения неформованных огнеупоров в верхней части вакууматоров после их опробования в нижней части.

#### 46. НОВАЯ СИСТЕМА СКОЛЬЗЯЩИХ ЗАТВОРОВ ДЛЯ КОВШЕЙ

New Labor Saving Slide Gate Valve System for Ladles / Hiroaki Morip, Tsunenobu Saeki, Mototsugu Osada, Shuichi Matsuwaka // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 216. Англ

Фирма *Shinagawa Refractories Co., Ltd.*, Япония

Новая разработанная система SST значительно улучшила технологичность затворов во время замены огнеупорных изделий. Кроме того, снижение издержек было реализовано путем снижения вдвое числа деталей по сравнению с обычной системой SV.

#### 47. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ СКОЛЬЗЯЩИХ ЗАТВОРОВ ПРИ РАЗЛИВКЕ СТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ Са

Improvement of SN Refractories for the Steel Making Process with Ca-Treated Steel / Yasushi Kawasaki, Hitoyoshi Kinoshita, Shigeyuki Takeshita, Tsuyoshi Okamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 217. Англ

Фирма *JFE Refractories Co., Ltd.*, Япония

При разливке сталей, обработанных Са и с высоким содержанием кислорода, стойкость огнеупорных плит невысокая вследствие значительной коррозии огнеупоров. Для решения этой проблемы исследовали зависимость между

содержанием  $ZrO_2$  в плитах затворов и коррозионной стойкостью, в результате чего изготовили новые плиты с повышенным содержанием  $ZrO_2$ .

#### 48. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ЗАЩИТНЫХ ТРУБ

Improvement for Carbon and Silica Free Material for Ladle Shrouds / Shigeaki Takahashi, Noriaki Yamauchi, Shou Funada // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 218. Англ

Фирма *ТУК Corp.*, Япония

Разработаны углерод с высокой коррозионной стойкостью и материалы с пониженным содержанием кремнезема с целью снижения коррозии внутренней поверхности защитных труб, работающих при непрерывной разливке стали на участке ковш–промежуточный ковш.

#### 49. ИССЛЕДОВАНИЕ НА ВОДНОЙ МОДЕЛИ ПОГРУЖАЕМЫХ СТАКАНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ВНУТРЕННЕЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ

Water Model Simulation of Submerged Entry Nozzles with Several Interior Shapes / Takayuki Matsunaga, Eishiida, Kozo Kanamaru, Yukio Okawa // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 219. Англ

Фирма *Shinagawa Refractories Co., Ltd.*, Япония

С целью предотвращения неравномерного потока в кристаллизаторе МНЛЗ разрабатываются погружаемые стаканы с разной внутренней конфигурацией. В настоящей работе описаны результаты экспериментов на водной модели стаканов с внутренними выступами.

#### 50. РАЗРАБОТКА БЕСХРОМИСТЫХ ПОРИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ

Development of Chrome-Free Porous Refractories / Tatsuya Ohuchi, Toshihiro Suruga, Keisuke Asano // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 220. Англ

Фирма *Krosaki Harima Corp.*, Япония

Разработаны бесхромистые пористые огнеупоры с использованием оксида никеля вместо оксида хрома с целью защиты окружающей среды. Коррозионная стойкость разработанного огнеупора оказалась на уровне обычного пористого огнеупора, содержащего оксид хрома.

## 51. ПРИМЕНЕНИЕ ОТСЛУЖИВШИХ ОГНЕУПОРОВ В БЕТОНАХ ДЛЯ ЖЕЛОБОВ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Effect of Substituting Used-Bricks in Blast Furnace Trough Castables / Yoko Miyamoto, Yoshisato Kiyota, Yasumasa Fukushima, Hirokazu Tozawa // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 221. Англ

Фирма *JFE Steel Corp.*, Япония

Имеется множество публикаций по использованию отработанных огнеупоров в черной металлургии. Фирма JFE Steel Corp. также исследует возможность применения отслуживших огнеупоров в футеровке желобов доменных печей с целью снижения удельных затрат на огнеупоры, повышения стойкости огнеупоров и рециклинга материалов. Установлено, что возможно повысить коррозионную стойкость или регулировать разрушение огнеупоров желобов путем оптимизации добавки отслуживших формованных огнеупоров в бетоны для желобов доменных печей.

## 52. РАЗРАБОТКА ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОГНЕУПОРОВ

Development of Graphite Containing Aggregate for Refractories / Tetsuro Ozaki, Tadimitsu Nagamachi, Nobuyoshi Yukihiro et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 222. Англ

*Tagawa Sangyo Co., Ltd.*,  
*Kyushu Institute of Technology*,  
*Taiko Refractories Co., Ltd.*,  
*Chuo Gijutsu Kankyo Kenkyusho*, все Япония

С целью применения чешуйчатого графита в качестве сырья для неформованных огнеупоров были произведены графитсодержащие заполнители путем формования в вакууме под супервысоким давлением с использованием связующего из гидроксида кальция. Заполнители были подвергнуты термообработке при различной продолжительности карбонизации.

## 53. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ И ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ В ЛЕТКЕ

The Apparent Thermal Conductivity of Green Taphole Mix and Structure Formation in a Taphole Plug / Masakazu Iida, Eizo Maeda, Kazuhiro Ogura, Tsuyoshi Okamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 223. Англ

Фирма *JFE Refractories Corp.*, Япония

Авторы исследовали изменения в распределении температуры массы в летке, содержащей в качестве связующих каменноугольную или синтетическую смолу. Результаты позволяют предложить механизм формирования структуры леточной массы.

#### 54. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСТРУЗИИ ВЫСОКОСТОЙКОЙ ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ

Extrusion Characteristics of High Performance Tap-Hole Clay Mud / Yutaka Kitazawa, Yuji Ohtsubo, Mitsuo Sugawara, Keisuke Asano // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 224. Англ

Фирма *Krosaki Harima Corporation*, Япония

В настоящем сообщении описано изучение характеристик заполнения двух материалов с различной пластичностью с точки зрения распространения давления.

#### 55. ИЗУЧЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ

Examination of Tap-Hole Clay Plasticity / Yutaka Kitazawa, Atsushi Yamasaki, Mitsuo Sugawara, Keisuke Asano // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 225. Англ

Фирма *Krosaki Harima Corporation*, Япония

Фирма разработала метод оценки пластичности леточной массы динамическим испытанием на сдвиг (срез) с использованием универсальной установки для испытаний Amsler.

#### 56. РАЗРАБОТКА БЕТОНА ДЛЯ БЫСТРОЙ УКЛАДКИ

Development of Castable Material for Quick Installation / Takashi Iida, Masatsugu Kitamura, Kiyotaka Enoki // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 226. Англ

Фирма *Shinagawa Refractories Co., Ltd.*, Япония

При использовании недавно разработанного материала стало возможным значительное снижение продолжительности укладки и трудоемкости.

## 57. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫДЕРЖИВАНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ

Development of a Working-Time Measurement System for Castable Refractories / Shuichi Kinoshita // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 227. Англ

Фирма *Asahi Glass Ceramics Co., Ltd.*, Япония

Для определения продолжительности выдерживания бетонов в автоматическом режиме разработаны количественный метод и устройство, обеспечивающее точное измерение этой характеристики.

## 58. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ

Development of an Automatically Operated Thermal Expansion Apparatus / Naoki Kurozumi, Shigeki Uchida, Masayuki Nakatsukasa // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 228. Англ

Фирма *Shinagawa Refractories Co., Ltd.*, Япония

Разработано полностью автоматизированное устройство для непрерывного измерения термического расширения с высокими точностью и эксплуатационными характеристиками.

## 59. ОБСУЖДЕНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОЛЗУЧЕСТИ ОГНЕУПОРОВ

Discussion of a Method for Evaluation of Refractory Creep / Hidetoshi Kamio, Mitsuo Sugawara, Keisuke Asano, Seiya Hagihara // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 229. Англ

Фирма *Krosaki Harima Corp.*, *Университет Saga*, Япония

Изучили метод определения коэффициента ползучести по результатам испытания на ползучесть изгибом. Определение коэффициента ползучести этим методом оказалось относительно легким. Исследования показали возможность определения таким образом ползучести огнеупоров в условиях высоких напряжений, что трудно осуществить обычными методами.

## 60. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ MgO-C-ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА АНАЛИЗОМ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Characterization of the Property Change of Mg-C Refractories Used in Steelmaking by Image Analysis / Tsuyoshi Nakamura, Satoshi Tanaka, Nozomu Uchida // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 230. Англ

Фирма *Nippon Steel Co., Ltd.*, *Университет технологии Nagaoka*, Япония

Цель этого исследования – количественно охарактеризовать изменения свойств MgO-C-огнеупоров после срока службы, используя технологию анализа изображений. В результате удалось измерить изменения формы и потери MgO – клинкера.

## 61. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ОГНЕУПОРОВ МЕТОДОМ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Conditions for the Abrasion Test of Refractories by the Sand Blast Method / Shigeyuki Maruyama, Hiroto Tsuda, Eiji Motoki // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 231. Англ

Фирма *Piblico Japan Co., Ltd.*, Япония

Обсуждается стандарт JIS на испытание огнеупоров на абразивный износ при комнатной температуре. В данном сообщении описано исследование влияния условий испытания (давление воздуха и т.д.) на результаты испытания.

## 62. РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ РЕМОНТОВ МОКРЫМ ТОРКРЕТИРОВАНИЕМ (MINI-CLEAN SHOT)

Development of Mini-Clean Shot (CLS) Equipment / Junichiro Okuhara, Yoichi Sasai // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 232. Англ

Фирма *Shinagawa Refractories Co., Ltd.*, Япония

Компания ремонтирует различные печи методом мокрого торкретирования Clean-Shot (CLS). Оборудование CLS неэкономично при использовании для небольших ремонтов в печах для сжигания отходов, которые распространяются все шире. В связи с этим разработан мини-вариант оборудования CLS (Mini-CLS).

### 63. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСХРОМИСТЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ИЗВЕСТКОВООБЖИГАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Improvement of Chrome-Free Bricks for Lime Kilns / Yukie Nakano, Kozo Tokunaga, Yoshiki Tsuchiya, Toru Honda // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 233. Англ

Фирма *Mino Yogyo Co., Ltd.*, Япония

До настоящего времени в печах для обжига извести используются преимущественно периклазохромитовые изделия. В связи с их опасностью для здоровья людей наблюдается переход к бесхромистым огнеупорам в печах для обжига извести и цемента. В данной работе проанализировали механизм износа бесхромистых изделий и наметили меры по повышению коррозионной стойкости.

### 64. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСХРОМИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЗОНЫ СПЕКАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

Improvement of Chrome-Free Bricks for Use in the Burning Zone of Rotary Cement Kilns / Takao Takada, Kazunari Imai, Yasuo Kawamori // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 234. Англ

Фирма *Yotai Refractories Co., Ltd.*, Япония

Сообщается о разработке нового бесхромистого кирпича (95 % MgO, 2 % ZrO<sub>2</sub>), подходящего для использования в зоне спекания вращающихся цементных печей. В промышленных условиях получены удовлетворительные результаты.

### 65. ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОГНЕУПОРНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ – ГРАФИТ И КАРБИД КРЕМНИЯ –

Life Cycle Inventory of Refractory Raw Materials - Graphite and Silicon Carbide - / Shin-Ichi Tamura, Nobuhiko Narita // [Journal of the Technical Association of Refractories, Japan](#). 2006. 26. № 3. С. 235. Англ

*Japan Technical Information Service Corp., Nagoya Sangyo University*, Япония

В области огнеупоров количество импортируемых огнеупоров увеличивается и необходимо контролировать экологические аспекты внутри страны и за ее пределами. В этом исследовании была проведена оценка жизненного цикла графита и карбида кремния, которые используются в качестве огнеупорного сырья во все возрастающих количествах.

## 66. РАЗРАБОТКА SiC-ФУРНИТУРЫ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЕЧИ

Development of SiC Kiln Furniture for Microwave Kiln / Toshimitsu Hirose, Yuji Maki, Fumihito Ozeki et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 236. Англ

Фирма *Mino Ceramic Co., Ltd.*, Япония

Разработан SiC-материал улучшенной термостойкости, обеспечивающий высокую эффективность микроволнового нагрева благодаря низкой кажущейся плотности.

## 67. ТЕХНОЛОГИЯ РЕЦИКЛИНГА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ

Recycling Technology for Used Refractories / Tsuyoshi Matsuda, Hiroaki Ohtsubo, Masahiko Amano // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 237. Англ

Фирма *Nippon Steel Corporation*, Япония

В сообщении обсуждаются недавние технологические разработки по рециклингу отработанных огнеупоров и особенно метод решения этой проблемы на заводах фирмы Nippon Steel Corporation.

## 68. РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАНИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ MgO-C-ОГНЕУПОРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО НАНОТЕХНОЛОГИИ

Development and Use of Ultra-Low Carbon MgO-C Nano-Tech. Refractories / Mitsuaki Inoue, Teruo Yamamoto, Katsuyuki Hirota // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 238. Англ

Фирма *GODO Ceramics Co., LTD.; Nano-Tech. Refractories Institute*, Япония

MgO-C-огнеупоры с ультранизким содержанием углерода (3 %), изготовленные по нанотехнологии, используются в шлаковом поясе кошей для рафинирования ультранизкоуглеродистых сталей. Эти огнеупоры содержат небольшое количество наночастиц, которые приводят к развитию наноструктурной матрицы.

## 69. ОКИСЛЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СО ШЛАКОМ КОМПОЗИЦИИ Al-Si-C

Oxidation and Slag Reactivity of an Al-Si-C Compound / Motonari Fujita, Junji Ommyoji,

Akira Yamaguchi // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 239. Англ

*Okayama Ceramics Research Foundation, Япония*

Образцы  $Al_4SiC_4$  и SiC были изготовлены спеканием под давлением при 1700 °С, и были исследованы устойчивость к окислению на воздухе и взаимодействие с шлаком. В сравнении с SiC-образцами,  $Al_4SiC_4$ -образцы показали повышенную устойчивость к окислению и сниженное локальное повреждение вследствие коррозии шлаком.

## 70. КОЭФФИЦИЕНТ ДИФФУЗИИ ИОНОВ МАГНИЯ В $Mg_2SiO_4$ ПРИ РЕАКЦИИ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ

Diffusion Coefficient of Mg Ion in  $Mg_2SiO_4$  by Solid State Reaction / Toshio Maruyama, Masahiko Hida, Makoto Nanko // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 240. Англ

*Токийский технологический институт (Tokyo Institute of Technology), Япония*

Диффузия ионов в комплексном оксидном соединении регулирует массопередачу при высокой температуре. Коэффициент диффузии можно определить путем использования двух факторов: скорости реакции в твердой фазе и изменений свободной энергии Гиббса. В сообщении представлены метод и результаты расчета коэффициента диффузии ионов магния в  $Mg_2SiO_4$  при осуществлении реакции в твердой фазе между MgO и  $SiO_2$ .

## 71. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРУНДОГРАФИТОВЫХ ОГНЕУПОРОВ МЕТОДОМ ТРАНСМИССИОННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Characterization of Alumina Graphite Refractories by Transmission Electron Microscopy / Yusuke Moriyoshi, Fumihiko Asanuma, Yosuke Kataoka et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 241. Англ

*Hosei University; Nippon Steel Corp; Tokyo Institute of Technology, Япония*

Слова «углеродистая связка» часто используются в отношении корундоуглеродистых и периклазоуглеродистых изделий. Это основано на мнении, согласно которому углерод образует химическую связку непосредственно с глиноземом или периклазом. Однако отсутствуют сообщения, содержащие какие-либо сведения, указывающие на существование такой связки. Авторы наблюдали корундоуглеродистый огнеупор с использованием трансмиссионного электронного микроскопа с целью изучения углеродистой связки на поверхности контакта углерод–керамическое зерно.

## 72. ВЛИЯНИЕ $\text{Na}_2\text{O}$ НА ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И АМОРФНЫХ ФАЗ В МУЛЛИТОВОЙ КЕРАМИКЕ

Influence of  $\text{Na}_2\text{O}$  on the Formation of Crystalline and Amorphous Phases in Mullite Ceramics / Takashi Sato, Yoshinari Sawabe, Yutaka Ohya et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 242. Англ

*Akita University; Analysis Center Co. Ltd. ; Sumitomo Chemical Co., Ltd., Gifu University, Япония*

В данном исследовании намеревались определить минимальное количество  $\text{Na}_2\text{O}$ , необходимое для трансформирования кристаллического кристобалита в аморфное состояние в муллитовой керамике. Установлено, что переход в аморфную фазу при  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  происходит в присутствии от 0.3 до 0.35 %  $\text{Na}_2\text{O}$ .

## 73. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТЕПЛОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА КРЕМНИЯ

High-Temperature Properties of Heat-Resistant Silicon Nitride Ceramics / Toshiyuki Nishimura, Naoto Hirosaki, Shuqi Guo, Yoshinobu Yamamoto // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 243. Англ

*National Institute for Materials Science, Япония*

Нитрид кремния, который является компонентом изделий на нитридной связке и плотной керамики, был разработан для использования в механических деталях при высоких температурах. В этом сообщении обсуждается изготовление теплостойкой керамики из нитрида кремния с регулированием ее состава и содержания спекающих добавок для уплотнения. Исследованы высокотемпературная прочность, устойчивость к окислению и к ползучести.

## 74. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА, СПОСОБСТВУЮЩЕГО ВЫДЕЛЕНИЮ ТЕПЛА, НА МИКРОВОЛНОВЫЙ НАГРЕВ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Effect of Heat-Assisting Material on Microwave Heating of Gamma Alumina / Yasuro Ikuma, Isao Sasaki, Akiko Kida // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 244. Англ

*Kanagawa Inst. of Tech., Япония*

Цель этой работы – исследование распределения температуры внутри прессованных порошковых заготовок, содержащих материал, способствующий выделению тепла (Heat-Assisting Material), и не содержащих его, в случае когда на заготовки воздействует микроволновая энергия.

Порошковая заготовка  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  может нагреваться до высоких температур микроволнами. При использовании материала, способствующего выделению тепла,  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  можно нагреть до более высоких температур.

## 75. СИНТЕЗ MgAlON ПРОЦЕССОМ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ–АЗОТИРОВАНИЯ

Synthesis of MgAlON by Carbothermal Reduction-Nitridation Process / Wenbin Dai, Wei Lin, Junji Ommyoji et al. // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 245. Англ

*Okayama Ceramics Research Foundation, Япония*

Авторы исследовали синтез MgAlON процессом карботермического восстановления-азотирования, использовав в качестве исходных сырьевых материалов MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и графит. Установили, что при этом температура спекания должна превышать 1650°C.

## 76. ТЕОРИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Theory of NDI for Brittle Materials and Its Application to Surface Strengthening / Yohtaro Matsuo, Tadashi Shiota, Kouichi Yasuda // **Journal of the Technical Association of Refractories, Japan**. 2006. 26. № 3. С. 246. Англ

*Токийский технологический институт (Tokyo Institute of Technology), Япония*

Авторы разработали новую теорию неразрушающего контроля. В статье обсуждается новая теория прочностной надежности (strength reliability) для хрупких материалов, таких как огнеупоры и конструкционная керамика, с рассмотрением упрочнения поверхности образцов.

## XIV. СТАТИСТИКА И ЦЕНЫ

### 77. РЕЙТИНГ КРУПНЕЙШИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СТАЛИ ЗА 2005 – 2006 гг.

Metal Bulletin's top steelmakers of 2006 // [Metal Bulletin](#). 2007. № 8986 (12 March). С. 7.  
Англ.

В соответствии с данными, подготовленными специалистами британского еженедельника “Metal Bulletin”, первое место в мировом рейтинге заняла транснациональная корпорация Mittal Steel, которая в 2006 г. произвела 63,66 млн т стали. Лидерами по производству стали остаются крупнейшие компании Arcelor, Люксембург, и Nippon Steel, Япония. Десять металлургических компаний Китая вошли в число 30 крупнейших в мире корпораций отрасли. Крупнейшая китайская корпорация Baosteel, которая произвела в 2006 г. 22,53 млн т стали, заняла в этом списке шестое место.

Среди российских компаний черной металлургии лидирует “Северсталь”, которая заняла в мировом рейтинге 12-е место с производством в 17,6 млн т, на 14-м месте — компания “ЕвразХолдинг”, Магнитогорский МК — на 23-м месте, Новолипецкий МК — на 31-м месте, на 47-м месте — “Металлоинвест”, а замкнуло список 50 крупнейших металлургических компаний мира ОАО “Мечел”.

Следует отметить, что сведения о производстве стали на предприятиях России и Украины, приведенные в таблице, могут отличаться от официальных статистических данных этих стран.

Позиция		Компания	Страна	Производство, млн т		Изменение (2006 г. / 2005 г.), %
2006 г.	2005 г.			2006 г.	2005 г.	
1	1	Mittal Steel	Нидерланды	63,66	49,89	27,60
2	2	Arcelor	Люксембург	54,32	46,65	16,44
3	3	Nippon Steel	Япония	33,70	32,91	2,40
4	5	JFE Steel	Япония	32,02	29,57	8,29
5	4	Posco	Южная Корея	31,20	31,42	-0,70
6	6	Shanghai Baosteel	Китай	22,53	22,73	-0,88
7	7	US Steel	США	21,25	19,26	10,33
8	8	Nucor	США	20,31	18,45	10,08
9	26	Tangshan	Китай	19,06	16,08	18,51
10	9	Corus	Великобритания	18,30	18,18	0,66
11	10	Riva	Италия	18,19	17,53	3,76
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>“Северсталь”</b>	<b>Россия</b>	<b>17,60</b>	<b>15,16</b>	<b>16,09</b>
13	11	ThyssenKrupp	Германия	16,80	16,55	1,51
<b>14</b>	<b>13</b>	<b>Evrz Group</b>	<b>Россия</b>	<b>16,10</b>	<b>13,85</b>	<b>16,25</b>
15	14	Gerdau Group	Бразилия	15,57	13,70	13,65
16	18	Anshan	Китай	15,00	11,90	26,05
17	22	Jiangsu Shagang	Китай	14,63	12,02	21,70
18	16	Wuhan	Китай	13,76	13,05	5,45
19	15	Sumitomo Metal Ind	Япония	13,58	13,48	0,74

Позиция		Компания	Страна	Производство, млн т		Изменение (2006 г. / 2005 г.), %
2006 г.	2005 г.			2006 г.	2005 г.	
20	17	Sail	Индия	13,50	12,22	10,47
21	20	Techint	Аргентина	12,83	11,42	12,35
22	19	China Steel Corp	Тайвань	12,48	11,65	7,12
<b>23</b>	<b>21</b>	<b>Магнитогорский МК</b>	<b>Россия</b>	<b>12,45</b>	<b>11,38</b>	<b>9,40</b>
24	24	Jinan	Китай	11,24	10,43	7,77
25	27	Maanshan	Китай	10,91	9,65	13,08
26	25	Laiwu	Китай	10,79	10,34	4,35
27	23	Shougang	Китай	10,55	10,44	1,02
28	31	Hunan Valin Group	Китай	9,91	8,45	17,22
29	28	Imidro	Иран	9,79	9,41	4,04
30	н./св	Индустриальный Союз Донбасса	Украина	9,52	8,55	11,35
<b>31</b>	<b>30</b>	<b>Новолипецкий МК</b>	<b>Россия</b>	<b>9,13</b>	<b>8,47</b>	<b>7,79</b>
32	32	Hyundai Steel	Южная Корея	8,92	8,17	9,18
33	29	Usiminas	Бразилия	8,90	8,66	2,77
34	н./св	“Метинвест”	Украина	8,66	8,16	6,13
35	34	Handan	Китай	7,92	7,34	7,90
36	33	Kobe Steel	Япония	7,74	7,73	0,13
37	40	Benxi	Китай	7,55	6,51	15,98
38	36	Baotou	Китай	7,49	7,02	6,70
39	35	Salzgitter	Германия	7,36	7,14	3,08
40	45	Celsa	Испания	7,19	5,84	23,12
41	46	Anyang	Китай	7,02	5,80	21,03
42	37	ММК им. Ильича	Украина	6,98	6,95	0,43
43	39	Bluescope	Австралия	6,83	6,78	0,74
44	42	Panzhuhua	Китай	6,77	6,19	9,43
45	47	Jiuquan	Китай	6,68	5,65	18,23
46	41	Voest-Alpine	Австрия	6,50	6,40	1,56
<b>47</b>	<b>н./св</b>	<b>“Металлоинвест”</b>	<b>Россия</b>	<b>6,28</b>	<b>6,17</b>	<b>1,78</b>
48	49	Taiyuan	Китай	6,26	5,39	16,20
49	52	Jianlong Steel	Китай	6,02	5,01	20,16
<b>50</b>	<b>44</b>	<b>ОАО “Мечел”</b>	<b>Россия</b>	<b>5,95</b>	<b>5,90</b>	<b>0,85</b>
51	48	AK Steel	США	5,65	5,63	0,36
52	53	Tata Steel	Индия	5,65	4,60	22,83
53	54	Liuzhou	Китай	5,35	4,55	17,58
54	54	Beitai	Китай	5,25	4,55	15,32
54	56	Tangshan Guofeng	Китай	5,18	4,54	14,07
56	51	Erdemir	Турция	5,15	5,15	0,08
56	63	Jiangxi Xinyu	Китай	5,09	4,02	26,49
58	58	Nanjing	Китай	4,90	4,38	11,83
58	60	Dofasco	Канада	4,81	4,19	14,80
60	71	Kunming	Китай	4,79	3,83	25,17
60	86	Tonghua	Китай	4,42	2,93	50,99
62	58	“Запорожсталь”	Украина	4,40	4,38	0,46
62	62	Ezz Group	Египет	4,40	4,16	5,77
64	70	Shaoguan	Китай	4,26	3,54	20,34
64	76	Steel Dynamics	США	4,26	3,28	29,88
66	87	Global Steel Holdings	Великобритания	4,17	2,86	45,80
67	74	Pingxiang	Китай	4,01	3,37	18,99
68	60	Hadeed	Сауд. Аравия	3,97	4,19	-5,25
69	74	Hebei Jinxi	Китай	3,90	3,37	15,82
70	65	Nisshin Steel	Япония	3,83	3,91	-2,05
70	77	Duferco	Швейцария	3,83	3,25	17,85
72	56	Stelco	Канада	3,81	4,54	-16,08
73	64	SSAB	Швеция	3,74	3,97	-5,79

Позиция		Компания	Страна	Производство, млн т		Изменение (2006 г. / 2005 г.), %
2006 г.	2005 г.			2006 г.	2005 г.	
74	88	Xinjiang Bayi	Китай	3,61	2,84	27,11
74	50	CSN	Бразилия	3,50	5,20	-32,69
76	72	Tianjin Tiantie	Китай	3,48	3,43	1,49
77	82	Ipsco	Канада	3,47	3,05	13,77
78	79	Vizag Steel	Индия	3,43	3,23	6,19
79	91	Lion Group	Малайзия	3,40	2,70	25,93
79	78	Ahmsa	Мексика	3,36	3,24	3,70
81	84	Hangzhou	Китай	3,32	3,00	10,67
81	83	Guangzhou	Китай	3,32	3,03	9,41
83	81	Qingdao	Китай	3,25	3,09	5,24
84	66	Ruukki	Финляндия	3,22	3,80	-15,26
84	73	Tokyo Steel	Япония	3,20	3,38	-5,33
86	84	Fujian Sangang	Китай	3,18	3,00	6,00
87	93	Chongqing	Китай	3,15	2,66	18,57
88	92	Commercial Metals	США	3,09	2,69	14,87
89	н./св	AFV Beltrame	Италия	3,01	1,88	60,11
89	115	Tianjin Tiangang	Китай	3,01	2,08	44,76
91	н./св	Rockcheck Steel	Китай	2,99	2,15	39,07
92	н./св	Jiangsu Yonggang	Китай	2,91	1,94	50,00
93	119	Shuicheng	Китай	2,89	2,01	43,78
94	90	Dongkuk	Южная Корея	2,87	2,74	4,74
95	111	Essar Steel	Индия	2,82	2,15	31,16
96	89	Vallourec	Франция	2,79	2,77	0,72
97	99	Xingtai	Китай	2,69	2,38	13,11
98	112	Nanchang	Китай	2,63	2,14	22,90
99	98	Saarstahl	Германия	2,61	2,41	8,30
100	107	Chuanwei	Китай	2,60	2,22	17,25

## 78. ВЫПЛАВКА СТАЛИ В МИРЕ И В ОТДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ В ЯНВАРЕ-МАРТЕ 2007 г.

[www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org)

МИРОВАЯ ВЫПЛАВКА СТАЛИ В ЯНВАРЕ-МАРТЕ 2007 г., тыс. т

Регион, страна	Январь-март 2007 г.	Январь-март 2006 г.	2007 г. / 2006 г., %
Европейский Союз (27 стран) <sup>1)</sup>	53 746	51 068	105,2
Европейский Союз (15 стран)	45 154	42 886	105,3
Германия	12 317	11 253	109,5
Италия	8 265	7 976	103,6
Франция	5 263	5 209	101,0
Испания	4 650	4 198	110,8
Великобритания	3 546	3 481	101,9
Бельгия	2 917	2 864	101,9
Польша	2 717	2 319	117,2
Австрия	1 880	1 667	112,8
Нидерланды	1 840	1 839	100,1
Чехия	1 791	1 755	102,1
Румыния	1 530	1 517	100,9
Швеция	1 493	1 480	100,9
Словакия	1 287	1 288	99,9
Финляндия	1 246	1 240	100,5
Люксембург	706	706	100,0

Греция	685	628	109,1
Венгрия	489	522	93,7
<b>Другие страны Европы</b>	<b>7 360</b>	<b>6 547</b>	<b>112,4</b>
Турция	6 136	5 404	113,5
Сербия и Черногория	469	429	109,3
Швейцария	334	334	100,0
<b>СНГ (шесть стран)</b>	<b>30 998</b>	<b>28 261</b>	<b>109,7</b>
<b>Россия</b>	<b>18 292</b>	<b>16 915</b>	<b>108,1</b>
Украина	10 632	9 434	112,7
Казахстан	1 106	970	114,0
Белоруссия	581	557	104,3
Молдавия	232	230	100,9
Узбекистан	155	155	100,0
<b>Северная Америка</b>	<b>30 515</b>	<b>33 026</b>	<b>92,4</b>
США	22 976	24 683	93,1
Мексика	4 171	4 105	101,6
Канада	3 050	3 911	78,0
<b>Южная Америка</b>	<b>11 531</b>	<b>10 741</b>	<b>107,4</b>
Бразилия	7 995	7 186	111,3
Венесуэла	1 291	1 260	102,5
Аргентина	1 228	1 364	90,0
Чили	438	368	119,0
Колумбия	295	286	103,1
<b>Африка</b>	<b>4 676</b>	<b>4 252</b>	<b>110,0</b>
ЮАР	2 299	2 296	100,2
Египет	1 545	1 395	110,8
Алжир	383	205	186,8
Ливия	305	307	99,3
<b>Средний Восток</b>	<b>3 793</b>	<b>3 660</b>	<b>103,6</b>
Иран	2 472	2 398	103,1
Саудовская Аравия	1 045	1 011	103,3
Катар	275	251	109,6
<b>Азия</b>	<b>173 572</b>	<b>149 221</b>	<b>116,3</b>
Китай	114 704	93 760	122,3
Япония	29 528	28 008	105,4
Южная Корея	12 503	11 643	107,4
Индия	11 754	10 856	108,3
Тайвань	5 083	4 954	102,6
<b>Океания</b>	<b>2 126</b>	<b>2 097</b>	<b>101,4</b>
Австралия	1 931	1 902	101,5
Новая Зеландия	195	195	100,0
<b>Всего в мире<sup>2)</sup></b>	<b>318 317</b>	<b>288 873</b>	<b>110,2</b>

<sup>1)</sup> С 1 января 2007 г. в состав ЕС вошли Румыния и Болгария.  
<sup>2)</sup> Итог приведен по 67 странам, на долю которых приходится 98 % мировой выплавки стали.

## 79. ЦЕНЫ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ОГНЕУПОРНОГО СЫРЬЯ

Prices // **Industrial Minerals**. 2007. № 3, 4. Англ.

ЦЕНЫ НА НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ОГНЕУПОРНОГО СЫРЬЯ, НА УСЛОВИЯХ CIF ОСНОВНЫЕ ПОРТЫ  
 ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ, долл/т (если не указано иное)

Вид огнеупорного сырья	Март 2007 г.	Апрель 2007 г.
<b>Глинозем и боксит</b>		
Глинозем спеченный, 98,5-99,5 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , насыпью, fob	550-575	550-575
Глинозем спеченный со средним содержанием щелочей, насыпью, fob	600-630	600-630
Глинозем плавленный 94 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , cif		

<b>Вид огнеупорного сырья</b>	<b>Март 2007 г.</b>	<b>Апрель 2007 г.</b>
- бурый, 8-220 меш, европейского/ американского производства	700-900	700-900
- бурый, 8-220 меш, китайского производства	365-375	365-375
- белый, мешками по 25 кг, европейского производства, евро/т	800-1100	800-1100
Боксит китайский огнеупорный, кусковой 0-25 мм, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %/объемная плотность, г/см <sup>3</sup> , fob Xingang		
- Шаньси (Shanxi), кольцевые печи, 87/2,0/3,2	140-145	140-145
-Шаньси (Shanxi), вращающиеся печи, 88/1,8/3,3	150-160	160-170
- Гуйчжоу (Guizhou), fob Zhanjiang/Fangcheng: кольцевые печи, 87/2,0/3,2	135-145	135-145
вращающиеся печи, 88/2,0/3,25	140-150	140-150
Боксит из Гайаны, огнеупорная марка, cif Роттердам	220-225	220-225
<b>Хромовая руда</b>		
Трансваальская (ЮАР), огнеупорная марка, 46 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , насыпью, fob	225-245	245-265
<b>Графит кристаллический</b>		
cif европейские порты		
- крупночешуйчатый: 94-97 % C, +80 меш	800-950	800-950
90 % C, +80 меш	570-655	570-655
- среднечешуйчатый: 90 % C, +100-80 меш	440-495	440-495
94-97 % C, +100-80 меш	730-810	730-810
85-87% C, +100-80 меш	420-475	420-475
- мелкочешуйчатый: 90% C, -100 меш	410-475	410-475
94-97% C, +100 меш	600-750	600-750
<b>Огнеупорные глины</b>		
Европейский шамот, 47 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , fob	130-150	130-150
Китайский флинтклей (камнеподобная глина), 45 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , fob Китай	80-88	80-88
Шамот из США, 47 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , fob	92,75	92,75
<b>Пирофиллит</b>		
Корейский, fob порт Новадо, для огнеупоров и стекловолокна, 18-21% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	59-65	59-65
<b>Бадделит</b>		
Огнеупорного/абразивного сорта, контрактная цена, cif европейские порты	2200-2600	2200-2600
<b>Магнезиальное сырье</b>		
Греческий сырой магнезит, < 3,5 % SiO <sub>2</sub> , fob порты Восточного Средиземноморья, евро/т	50-55	50-55
Европейский каустический обожженный промышленного назначения, cif, ф. ст/т	140-270	140-270
Намертво обожженный периклаз китайского производства, кусковой, 90% MgO	135-140	135-140
То же, 92 % MgO	145	145
То же, 94-95 % MgO	190	190
Кальцинированный магнезит, 90-92 % MgO	130-135	130-135
<b>Оливин</b>		
Сухой наполнитель насыпью, с предприятий Великобритании	50-78	50-78
<b>Карбид кремния</b>		
8-220 меш, cif Великобритания		
- черный, около 99 % SiC, сорт I, ф. ст/т	800-850	800-850
- то же, сорт II, ф. ст/т	650-750	650-750
- огнеупорного сорта, min 98 % SiC, евро/т	900-1100	900-1100
- то же, min 95 % SiC, евро/т	780-800	780-800
<b>Минералы силлиманитовой группы</b>		
Андалузит, fob Трансвааль, 57-58 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , насыпью, партиями по 2000 т, евро/т	180-210	180-210
Кианит обожженный, ex-works с предприятий США, 54-60 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , партиями по 18 т	276-359	300-365

Вид огнеупорного сырья	Март 2007 г.	Апрель 2007 г.
<b>Циркон</b>		
Огнеупорная марка, насыпью, FOB:		
- Австралия	725-825	725-825
- США	725-825	725-825