



НОВЫЕ

ISSN 1683-4518

# ОГНЕУПОРЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

- 
- ▲ **Огнеупоры в тепловых агрегатах**
  - ▲ **Производство и оборудование**
  - ▲ **Теплотехника**
  - ▲ **Научные исследования и разработки**
  - ▲ **Экология**
  - ▲ **Экономика и рынок**
  - ▲ **Изобретения**

9

СЕНТЯБРЬ 2014

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
АБРАМОВ Е. П.
ГРИШПУН Е. М.
ДИБРОВ И. А.
ЗАЙЦЕВ В. А.
ЗАКАРЯН О. К.
ИВАНУШКИН А. Г.
ЛЕБЕДЕВ Ю. Н.
ЛУКЬЯНОВ В. Б.
МОЖЖЕРИН В. А.
ОДЕГОВ С. Ю.
САРЫЧЕВ В. Ф.
СКОРОХОДОВ В. Н.
ЭНТИН В. И.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ	
Главный редактор <b>КРАСНЫЙ Б. Л.</b> Зам. главного редактора <b>КАЩЕЕВ И. Д.</b>	
АКСЕЛЬБРОД Л. М.	МОСИНА Т. В.
АНТОНОВИЧ В.	ОВСЯННИКОВ В. Г.
АНЦИФЕРОВ В. Н.	ОРДАНЬЯН С. С.
БАРИНОВ С. М.	ОЧАГОВА И. Г.
БЕЙЛИНА И. Ю.	ПЕРЕПЕЛИЦЫН В. А.
БЕЛОУСОВА В. Ю.	ПИВИНСКИЙ Ю. Е.
БЕЛЯКОВ А. В.	ПОМОРЦЕВ С. А.
БУРАВОВ А. Д.	ПРИМАЧЕНКО В. В.
ВЕРЕЩАГИН В. И.	ПЫРИКОВ А. Н.
ВИКУЛИН В. В.	СЕМЧЕНКО Г. Д.
ВИСЛОГУЗОВА Э. А.	СИЗОВ В. И.
ГУРИН А. А.	СМИРНОВ А. Н.
ДАВЫДОВ С. Я.	СОКОВ В. Н.
ДОРОГАНОВ В. А.	СОКОЛОВ В. А.
ДРУЖИНИН Г. М.	СУВОРОВ С. А.
ИЛЬЮЩЕНКО А. Ф.	СУЗДАЛЬЦЕВ Е. И.
КОНАКОВ В. Г.	ТАРАСОВСКИЙ В. П.
КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.	ТРАВИЦКОВА А. Н.
ЛУКИН Е. С.	

Научные редакторы *Г. Г. Гаврик, А. Н. Синицына*  
 Художник-дизайнер *Н. Н. Жильцов*  
 Компьютерная верстка *Н. Н. Жильцова*  
 Корректор *Ю. И. Королёва*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
 по надзору в сфере связи, информационных  
 технологий и массовых коммуникаций.  
 Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55550 от 07.10.2013 г.

Адрес редакции:  
 127006, Москва, Старопименовский пер., 8, стр. 1-1А  
 Тел.: (495) 755-90-91, 699-97-85. Тел./факс: (495) 755-90-40  
 E-mail: [ogneupor@imet.ru](mailto:ogneupor@imet.ru), [info@imet.ru](mailto:info@imet.ru)  
 Internet: [www.imet.ru](http://www.imet.ru)



Статьи из журнала переводятся на английский язык и публикуются  
 в журнале «Refractories and Industrial Ceramics»,  
 издаваемом международным информационно-издательским  
 консорциумом «Springer»

Отпечатано с готового оригинал-макета  
 в ООО «Первая оперативная типография»  
 115114, Москва, 2-й Кожевнический пер., д. 12, стр. 5  
 Тел.: 8 (495) 604-41-54, 8 (495) 994-49-94

**Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ РАН, в каталог российских электронных периодических изданий. Журнал входит также в систему РИНЦ, а его переводная версия (Refractories and Industrial Ceramics) — в международную базу цитирования Web of Science (раздел Science Citation Index Expanded).**

Ответственность за достоверность информации в публикуемых  
 материалах и рекламе несут авторы и рекламодатели.  
 Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов  
 опубликованных материалов

Подписано в печать 05.09.14. Формат 60×84 1/8.  
 Бумага мелованная  
 Цифровая печать. Усл. печ. л. 9,00  
 Уч.-изд. л. 8,82. Заказ

## ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ

**Можжерин А. В., Маргшвили А. П., Мусевич В. А., Дука А. П., Ефимов С. В., Кузнецов С. Н., Симонов С. В., Афанасьев С. Ю., Ященко В. К.** Опыт эксплуатации огнеупорных материалов ОАО БКО в сталеразливочных ковшах ООО «ОМЗ-Спецсталь» . . . . . 4

**Калугин К. А., Мишутин М. П.** Энергоэффективность и безопасность металлургических агрегатов при эксплуатации инновационных микропористых материалов компании «PROMAT». . . . . 7

**Коростелёв А. А., Съёмщиков Н. С., Чернышев А. А., Домова С. Ю., Иванов М. Ю., Бельмаз К. Н.** Применение новых разработок компании «Corwintec Europe Ltd» для разливы стали в ОАО «Таганрогский металлургический завод». . . . . 10

## ПРОИЗВОДСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ

**Кондратьев Е. А., Валиулина М. А.** Перспективные технологии неформованных огнеупоров, выпускаемых в Богдановичском ОАО «Огнеупоры» . . . . . 14

**Кашеев И. Д., Земляной К. Г., Рылов А. Н., Райков А. Ю., Алёшин А. П., Трубачёв М. В., Вохменцев С. А.** Футеровка реактора для получения лигатур алюмотермическим методом . . . . . 17

**Золотухин В. И., Головкин А. Г., Гордеев Е. И., Провоторов Д. А.** Новая концепция построения современных сталеразливочных систем и огнеупоров к ним на основе инновационных решений . . . . . 26

**Драбик А. Н.** Крепежные элементы монолитных футеровок . . . . . 29

## ТЕПЛОТЕХНИКА

**Дзюзер В. Я.** Основы разработки теплоизолированного пода стекловаренной печи. . . . . 31

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

**Галахов А. В.** Структура порошкового компакта. Часть 3. Теоретический анализ процесса спекания в порошковых компактах с неоднородной пористостью . . . . . 35

**Дороганов В. А., Перетокина Н. А., Дороганов Е. А., Евтушенко Е. И., Данилова О. Ю.** Исследование наномодифицированных вяжущих карбида кремния и композитов на их основе . . . . . 44

**Григорьев С. Н., Кузин В. В., Фёдоров С. Ю., Тибор Салаи, Балаж Фаркаш.** Технологические особенности электроэрозионной обработки отверстий малого диаметра в высокоплотной керамике. Часть 2. . . . . 49

**Могаж Пиус Бамиделе, Жамиру Тамба, Десай Давуд, Садик Ротими.** Обзор механизмов упрочнения керамических материалов, применяемых для изоляции камеры сгорания блока цилиндров автомобильного двигателя. . . . . 53

## ЭКОЛОГИЯ

**Пыриков А. Н., Черноусов П. И.** Ресурсо-экологические и энергетические резервы предприятий горно-металлургической отрасли . . . . . 61

## ЭКОНОМИКА И РЫНОК

## Статистика

Производство отдельных видов продукции черной металлургии в России в мае 2014 г. . . . . 65

Производство отдельных видов прочих неметаллических минеральных продуктов в России в мае 2014 г. . . . . 65

Статистика по производству и потреблению огнеупоров в черной металлургии Японии в 2004–2013 гг. (апрель–сентябрь). . . . . 66

Выпуск огнеупоров в Китае в 2013 г. . . . . 68

## ИЗОБРЕТЕНИЯ

Обзор патентов РФ на изобретения по огнеупорам . . . . . 69

**Abstracts** . . . . . 71

## REFRACTORIES IN THE HEAT UNITS

**Mozhzhherin A. V., Margishvili A. P., Musevich V. A., Duka A. P., Efimov S. V., Kuznetsov S. N., Simonov S. V., Afanasiev S. Yu., Yashchenko V. K.** Operational experience of JSC «Borovichskii Refractory Works» refractories in the steel-teeming ladles of LLC «Integrated Machine Works – Special Steel» . . . . . 4

**Kalugin K. A., Mishutin M. P.** Energy efficiency and safety for the metallurgical facilities when using innovative microporous materials of «PROMAT» Company . . . . . 7

**Korosteliyov A. A., Semshchikov N. S., Chernyshev A. A., Domova S. Yu., Ivanov M. Yu., Bel'maz K. N.** The application of the advanced developments «Corwintec Europe Ltd» Company for the steel teeming at JSC «Taganrog Metallurgical Plant». . . . . 10

## MANUFACTURING AND EQUIPMENT

**Kondrat'ev E. A., Valiulina M. A.** The advanced technologies for the unshaped refractories manufactured at «Bogdanovich's JSC «Refractories» . . . . . 14

**Kashcheev I. D., Zemlyanoi K. G., Rylov A. N., Raikov A. Yu., Aleshin A. P., Trubachev M. V., Vokhmentsev S. A.** The lining of converters for doping materials production by means of aluminothermic process . . . . . 17

**Zolotukhin V. I., Golovko A. G., Gordeev E. I., Provotorov D. A.** A new building concept for both the modern steel-teeming systems and refractories for them on base of innovation solutions . . . . . 26

**Drabik A. N.** Fixing components for monolithic linings . . . . . 29

## HEAT ENGINEERING

**Dzyuzer V. Ya.** The design principles of heat-insulated glass melting furnace bottom . . . . . 31

## SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT

**Galakhov A. V.** Powder compact structure. Part 3. The theoretical analysis for the sintering of compact powders with inhomogeneous porosity. . . . . 35

**Doroganov V. A., Peretokina N. A., Doroganov E. A., Evtushenko E. I., Danilova O. Yu.** The investigation of nanomodified binders for silicone carbide and composite materials on their base . . . . . 44

**Grigoriev S. N., Kuzin V. V., Fedorov C. Yu., Tibor Salai, Balazh Farkash.** Technology characteristics of pin holes electric erosion machining for the high-density ceramics. Part 2 . . . . . 49

**Mogaji Pius Bamidele, Jamiru Tamba, Desai Dawood, Sadiku Rotimi.** A critical survey of strengthening mechanisms of ceramics materials used for insulation of combustion chamber of automotive engine block . . . . . 53

## ECOLOGY

**Pyrikov A. N., Chernousov P. I.** Resource-ecological and energy reserves of mining and smelting enterprises. . . . . 61

## ECONOMICS AND MARKET

## Statistics

The manufacturing of specific groups of ferrous metallurgy products in Russia in May 2013–2014 . . . . . 65

The manufacturing of specific groups of other nonmetallic mineral product in Russia in May 2013–2014 . . . . . 65

Statistics on the production and consumption of refractories in the steel industry of Japan in 2004–2013 . . . . . 66

China's Refractory Products Output in 2013. . . . . 68

## INVENTIONS

Review of patents of the Russian Federation for inventions in refractories . . . . . 69

**Abstracts** . . . . . 71



<sup>1</sup> Богдановичское ОАО «Огнеупоры», г. Богданович Свердловской обл., Россия

<sup>2</sup> ООО ПКФ «Огнеупорный бетон», г. Богданович Свердловской обл., Россия

УДК 666.76-492.2.001.8

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ, ВЫПУСКАЕМЫХ В БОГДАНОВИЧСКОМ ОАО «ОГНЕУПОРЫ»

Приведен ассортимент неформованных огнеупоров, выпускаемых в Богдановичском ОАО «Огнеупоры» по прогрессивной технологии. Представлены характеристики некоторых видов продукции. Указаны основные виды деятельности предприятия, направленные на совершенствование технологии и тесное взаимодействие с потребителем.

**Ключевые слова:** Богдановичское ОАО «Огнеупоры», неформованные огнеупоры, шпинелеобразующие и шпинелесодержащие бетоны, «бойные» плиты, гнездовые блоки, трубы ОРС, торкрет-бетон, инжиниринговое сопровождение.

**Б**огдановичское ОАО «Огнеупоры» — уникальный производственный комплекс по добыче огнеупорного сырья и выпуску огнеупорных изделий и материалов, обладающий мощным техническим и интеллектуальным потенциалом. Техническая политика предприятия направлена на внедрение новых экономичных и ресурсосберегающих технологий, модернизацию производства, повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В последние годы металлурги в связи с внедрением прогрессивных металлургических процессов начали предъявлять повышенные требования к огнеупорной продукции. Поэтому на предприятии приступили к освоению производства новых видов огнеупоров: высокоглиноземистых, корундографитовых, шпинелесодержащих и др. Расширен ассортимент мертелей — от шамотных до корундовых; совершенствуется технология производства плавящихся материалов. На предприятии внедряются новые технологии получения корундографитовых изделий для МНЛЗ; расширяется их ассортимент.

В состав постоянной продукции предприятия входят все современные элементы промежуточного ковша (турбостопы, «бойные» плиты, перегородки, пороги), позволяющие обеспечивать необходимую чистоту стали по неметаллическим включениям. В настоящее время предпри-



тие приступило к производству магнезиальных и алюмосодержащих флюсов; проводятся исследовательские работы, направленные на разработку теплоизолирующих смесей.

Современный рынок и модернизация производства требуют применения неформованных видов огнеупоров, которые позволяют снизить затраты на производство, расход материалов, улучшить качество выпускаемой стали. Для обновления и расширения ассортимента выпускаемой продукции на базе ОАО «Огнеупорный бетон» был создан участок производства



Е. А. Кондратьев  
E-mail: mv@hebo.ru

Таблица 1. Характеристики шпинелеобразующих и шпинелесодержащих бетонов

Показатели	Шпинелеобразующий бетон СБТВ-3	Шпинелесодержащий бетон СБТВ-1
Массовая доля, %:		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее	93	93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	0,5	0,2
CaO, не более	2,5	2,0
Крупность зерна, мм	<10	<6
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее, после термообработки при 1500 °С	2,9	3,0
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее, после термообработки при температуре, °С:		
110	50	45
1500	120	150

тиксотропных масс; важнейшее направление — выпуск шпинелеобразующих и шпинелесодержащих смесей. Служебные свойства шпинелеобразующих и шпинелесодержащих бетонов (табл. 1) сильно различаются. Шпинелеобразующие бетоны обладают высокой химической стойкостью. Бетоны, содержащие предварительно синтезированную шпинель, имеют высокие прочностные характеристики, повышенную стойкость к коррозии и пропитке. В настоящее время производственный участок имеет возможность по бетонной технологии отливать изделия сложных форм и размеров как крупногабаритных, так и мелкогабаритных, а с применением разработанных бетонных масс и смесей проводить футеровочные работы.

Одним из видов крупногабаритных изделий, выпускаемых на предприятии, являются «бойные» плиты для сталеразливочных ковшей. Основанием для выпуска «бойных» плит послужило отсутствие возможности сушки и термообработки монолитной бетонной футеровки в условиях заказчика. «Бойные» плиты и гнездовые блоки при эксплуатации подвергаются сильному эрозионному воздействию и поэтому изготавливаются из материалов, обладающих повышенной прочностью при высоких температурах.



Трубы ОРС

Для обеспечения качества металла, удовлетворяющего современным требованиям, необходимо получать высокую чистоту металла по оксидным неметаллическим включениям, что, в свою очередь, достигается применением глубокого раскисления металла и удержанием необходимого уровня его окис-



«Бойная» плита



Шиберные плиты и корундографитовые изделия

ленности на всех последующих этапах передела и разливки.

Для защиты струи металла при его выпуске из сталеразливочного ковша в промежуточный служат трубы ОРС. Их изготавливают из смеси марки СБКБ-С, состоящей из боксита с добавкой карбидкремниевый заполнителя и углерода. Присутствие графита в огнеупоре придает ему необходимую стойкость к растрескиванию. Благодаря несмачиваемости графита обеспечивается устойчивость огнеупора к воздействиям жидкой стали и шлака. Характеристика смеси СБКБ-С приведена ниже.

Массовая доля, %:	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее .....	50
SiC, не менее .....	20

Таблица 2. Характеристика торкрет-масс для футеровки промежуточных ковшей

Показатели	МТМ-М25М	МТМ-М24М
Массовая доля, %:		
SiO <sub>2</sub> , не более	5,4	20
MgO, не менее	87	74
Крупность зерна, мм	0–1	0–1

C, не менее.....	2,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более.....	2,5
CaO, не более.....	2,5
Крупность зерна, мм.....	0–6
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее, после термообработки при 1100 °С.....	2,4
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее, после термообработки при 1100 °С.....	45

По просьбе потребителя ОАО «Сиблитмаш» разработан дизайн-проект и произведен выпуск опытной партии блочного изделия — свода ДСП. Свод успешно эксплуатируется на дуговой печи предприятия. Введение в состав смесей различных реологических добавок позволяет значительно уменьшить водопотребность бетонных смесей и улучшить их подвижность, удобоукладываемость, регулировать сроки схватывания и твердения. Использование неформованных масс позволяет формировать плотную, прочную и термостойкую структуру футеровки и изделий, отличающихся от обычных прессованных изделий лучшими термомеханическими свойствами.

Освоен выпуск и внедрена технология производства торкрет-бетонов для защиты металлоконструкции высокотемпературных агрегатов. Совершенствование металлургических процессов приводит к повышению спроса на современные огнеупорные материалы для футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ. Подбор рационального состава торкрет-масс для изготовления рабочего слоя футеровки промежуточных ковшей (табл. 2) позволил значительно снизить удельные затраты на подготовку и эксплуатацию промежуточных ковшей. Скорость износа торкрет-слоя, изготовленного из торкрет-массы МТМ-М24М, позволила в процессе службы достичь серийности до 16 плавов через один промежуточный ковш.

Ассортимент выпускаемой продукции постоянно расширяется. Одна из последних разработок — высокоглиноземистая низкоцементная универсальная смесь марки СБТВ-4 для изготовления футеровки тепловых агрегатов и ее элементов с температурой службы до 1750 °С. Смесь можно готовить как методом вибролитья, так и методом торкретирования. Характеристика смеси СБТВ-4 приведена ниже:



Свод дуговой печи

Массовая доля, %:	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее.....	87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более.....	0,5
CaO, не более.....	2,5
MgO, не менее.....	2,5
SiO <sub>2</sub> , не более.....	4
Крупность зерна, мм.....	0–6
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее, после термообработки при 1500 °С.....	2,85
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее:	
образцов, изготовленных методом вибрации после термообработки при температуре, °С:	
110.....	20
1500.....	80
образцов, изготовленных методом трамбования, после термообработки при температуре, °С:	
110.....	35
1500.....	100

Богдановичское ОАО «Огнеупоры» успешно сотрудничает с ЗАО «ВМЗ «Красный Октябрь», ЗАО «Алкоа СМЗ», ОАО «ВТЗ», ОАО «Сухоложский «Вторцветмет», ОАО «Ижсталь», ОАО «Северский трубный завод», ЗАО «Русский Хром 1915», ОАО «Амурметалл», ООО «РЭМЗ», ООО «Сибпроект», ООО «СЗММ», ООО «Промимпекс», ЗАО «КЗПВ», ОАО «СЗФ», ЗАО «Омутнинский МЗ», ОАО «Копыловский КЗ МПО» и др. Кроме того, предприятие осуществляет инжиниринговое сопровождение продукции, работает в тесном контакте с потребителем; разрабатывает новые составы бетонных смесей по заданным характеристикам, а также дизайн-проекты футеровки тепловых агрегатов; идентифицирует источники проблем у заказчика, определяет технологические решения, необходимые потребителю, осуществляет шеф-монтаж; заинтересовано в расширении и установлении новых связей и заключении взаимовыгодных контрактов. ■

Получено 17.07.14

© Е. А. Кондратьев, М. А. Валулина, 2014 г.



**БОГДАНОВИЧСКОЕ ОАО**  
**«ОГНЕУПОРЫ»**

Богдановичское  
открытое акционерное общество  
по производству огнеупорных материалов  
Богдановичское ОАО «Огнеупоры»

Россия, 623530, Свердловская область,  
г. Богданович, ул.Гагарина, д.2  
тел./факс (34376) 4-77-45, 4-72-14, 2-26-73  
тел. (34376) 2-21-07, 2-14-60  
e-mail: General@ogneupory.ru

[www.ogneupory.ru](http://www.ogneupory.ru)

