



ДЕМО-ВЕРСИЯ

аналитического обзора
**«ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ
ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ
ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ»**

Демо-версия включает:

1. Оглавление
2. Введение
3. Полный текст Главы 4.3
4. Список литературы к Главе 4
5. Полный текст Приложения 2



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

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ

Технический директор

Н.В. Алексеева

Санкт-Петербург
2008 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>ВВЕДЕНИЕ</i>	3
<i>Глава 1. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НЕФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ</i>	5
<i>Глава 2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ И ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ</i>	8
2.1. Определения и классификация неформованных огнеупоров	8
2.2 Определения и классификация огнеупорных бетонов	12
<i>Глава 3. СЫРЬЕ И КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ</i>	15
3.1. Огнеупорные заполнители	16
3.2 Вяжущие материалы	18
3.3 Дисперсные составляющие и специальные добавки	24
3.3.1. Микрокремнезем	24
3.3.2. Специальные виды глинозема и дефлокулянты	27
<i>Глава 4. РАЗВИТИЕ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (низкоцементных, ультранизкоцементных и бесцементных)</i>	32
4.1. Бетоны с пониженным содержанием цемента.	32
4.2. Бесцементные бетоны.	34
4.3. Углеродсодержащие бетоны	37
<i>Глава 5. УКЛАДКА БЕТОНОВ И СУШКА ФУТЕРОВКИ</i>	41
5.1. Саморастекающиеся (литые) бетоны	42
5.2. Мокрое торкретирование низкоцементными бетонами (шоткретинг)	44
5.3. Сушка и предварительный нагрев бетонных футеровок	49
<i>Глава 6. СТАНДАРТЫ НА ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ</i>	53
<i>Глава 7. ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ</i>	61
7.1. Огнеупорные бетоны в желобах доменных печей	61
7.2. Наливная футеровка ковшей для разливки и внепечной обработки стали	70
<i>ВЫВОДЫ</i>	80
<i>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</i>	82
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВИДЫ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ, ВЫПУСКАЕМЫЕ НА ОТДЕЛЬНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ И УКРАИНЫ</i>	94
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАРУБЕЖНЫХ (международных, европейских и национальных) СТАНДАРТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ОБЗОР</i>	133
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПЕРЕЧЕНЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ, ЕВРОПЕЙСКИХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ (Россия, Великобритания, США, Япония) СТАНДАРТОВ НА ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ, МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЮ, ОТБОР ПРОБ И ПОДГОТОВКУ ОБРАЗЦОВ</i>	134
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНДАРТАХ НА ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ</i>	137

ВВЕДЕНИЕ

Снижение удельного расхода огнеупоров в производствах, их потребляющих, прежде всего в черной металлургии, является основополагающей современной тенденцией.

Среди факторов, обусловивших существенное уменьшение удельного расхода огнеупоров в производстве стали, наиболее важным является применение новых неформованных огнеупоров. При этом доля неформованных огнеупоров в общем объеме производимых огнеупоров возрастает. Так, в наиболее прогрессивной в технологическом отношении стране – Японии, этот показатель вплотную приблизился к 70 %. Характерно, что в общем объеме выпускаемых огнеупоров растет относительная доля новых наливных бетонов (castable). В 2006 г. их производство достигло 310,6 тыс. т (26,0 %), что превышает суммарное производство традиционных шамотных, высокоглиноземистых, хромитопериклазовых и периклазоуглеродистых огнеупорных изделиях. Эти структурные изменения характеризуют общую мировую тенденцию в области разработки, производства и применения огнеупоров.

К неформованным огнеупорам относятся огнеупорные бетоны (бетонные массы и смеси), торкрет-массы, набивные и пластичные массы, мертели (огнеупорные растворы), сухие смеси, огнеупорные покрытия, керамические волокна и материалы на их основе. Наиболее востребованными среди неформованных огнеупоров являются огнеупорные бетоны и торкрет-массы.

Существенным недостатком традиционных огнеупорных бетонов с вяжущими на основе глиноземистого или высокоглиноземистого цемента, являются пониженные механические и термомеханические свойства. Совершенствование бетонов гидратационного твердения ведут по пути снижения содержания высокоглиноземистого цемента, что достигается прежде всего разработкой комплексных типов связующих, у которых основная часть цемента или цемент полностью заменяется высокодисперсными или ультрадисперсными порошками или коллоидной связкой.

Наиболее значительные успехи в последние десятилетия достигнуты в области создания новых огнеупорных бетонов, которые часто называют наливными вибрационными тиксотропными огнеупорными массами — низкоцементных, ультранизкоцементных, а также бесцементных (в том числе керамобетонов). В отличие от традиционной технологии виброукладки применительно к последним созданы литые (саморастекающиеся при низкой влажности) бетоны, а также технологии их нанесения (укладки) методом торкретирования.

За рубежом по проблеме производства и применения огнеупорных бетонов издаются книги и специализированные журналы, в которых представлены достижения в этой области и которые не всегда доступны для отечественных специалистов и, кроме того, имеются трудности перевода, прежде всего с японского языка. В связи с этим, а также вследствие чрезвычайной важности проблемы, подготовлен данный аналитический обзор по составам, свойствам, технологии применения и результатам службы огнеупоров нового поколения в агрегатах черной металлургии. Глубина поиска статей в журналах, книгах, справочниках, трудах конференций (как отечественных, так и иностранных) составила около 8 лет, начиная примерно с 2000 г.

Аналитический обзор выполнен по материалам статей, опубликованных в журналах «Огнеупоры и техническая керамика», «Новые огнеупоры», «Сталь», «Металлургическая и горнорудная промышленность», “American Ceramic Society Bulletin” (США), “Taikabutsu=Refractories”(Япония), “Interceram” (Германия), «Ironmaking and Steelmaking» (Великобритания), «Stahl und Eisen» (Германия), «Refractories Application and News» (США), «Industrial Minerals» (Великобритания),

«Journal of Technical Association of Refractories, Japan» (Япония), «China Refractories» (Китай) и др., на основании анализа международных, европейских и национальных стандартов стран-ведущих производителей огнеупоров, а также докладов, с которыми выступали специалисты огнеупорных и металлургических компаний на международных конференциях и конгрессах (в частности, UNITECR 2005, UNITECR 2007 и др.). Одновременно с литературным поиском проводился поиск в сети Internet, который осуществлялся как по ключевым словам, так и по материалам тематических страниц (сайтов).

Глава 4. РАЗВИТИЕ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (низкоцементных, ультранизкоцементных и бесцементных)

4.3. Углеродсодержащие бетоны

Разработка углеродсодержащих бетонов является одной из основных задач, стоящих перед производителями огнеупоров. Низкая смачиваемость и хорошая теплопроводность графита значительно улучшают коррозионную и термическую стойкость углеродсодержащих бетонов, однако снижают их растекаемость и однородность.

Введение углерода в любой форме (особенно в виде чешуйчатого графита) в огнеупорные бетоны приводит к возникновению ряда проблем. Среди различных видов углерода (кокс, сажа, чешуйчатый графит) чешуйчатый графит имеет самый большой размер кристаллов и, кроме того, самую высокую стойкость к окислению. К сожалению, даже при небольшой величине добавки углерода, характеристики несмачиваемости и специфическая морфология чешуйчатого графита негативно влияют на технические характеристики огнеупорных бетонов. Это приводит к большой водопотребности и очень плохой текучести, что, в свою очередь, негативно сказывается на свойствах огнеупорных бетонов. Вследствие этого обычно применяют другие виды углерода, но при их использовании получают огнеупорные бетоны с низкой прочностью и недостаточной стойкостью к окислению. Рабочие характеристики таких материалов в условиях эксплуатации невысокие, и надежды, возлагавшиеся на них, не оправдались.

В Политехнической школе Монреаля (Канада) возникла идея изменить некоторые из нужных свойств чешуйчатого графита путем формирования "микроокатышей" (микрогранул) графита, или смесей графита с тонкомолотыми порошками оксидов (таких, как MgO , SiO_2 , Al_2O_3). Эта процедура проводится для получения такого чешуйчатого заполнителя, который имеет более благоприятную форму частиц, что обеспечивает высокие реологические свойства огнеупорных бетонов. При таком подходе достигаются также многие другие преимущества, причем улучшаются прочность и стойкость бетонов к окислению [/25-28/](#).

Для преодоления трудностей, связанных с применением чешуйчатого графита, решили перемешать чешуйки графита размером 75 мкм с органической связкой и методом экструдирования получить длинное волокно. После выдержки волокно измельчили, получив "микрогранулы" диаметром 0,5 мм и длиной 2–3 мм (EG-1). Гранулы EG-1 содержали только чешуйчатый графит и вяжущее, а в продукт EG-2 к исходному составу добавили антиоксидант. Гранулированный материал EG-3 содержит чешуйчатый графит, вяжущее, антиоксидант и наполнитель. Этот состав предназначали для использования в магнезиальном бетоне на форстеритовой ($Mg_2Si_2O_4$) связке (MS) или в бетоне на шпинельной ($MgAl_2O_4$) связке (MA). В составе бетона на форстеритовой связке, кроме наполнителя $\mu-SiO_2$, в качестве антиоксиданта добавили Si, SiC и B_4C . В составе бетона на шпинельной связке вместе с наполнителем Al_2O_3 ввели добавку Al и B_4C . Насыпную плотность гранулированного материала после экструдирования и термообработки постепенно повысили от $1,31 \text{ г/см}^3$ (материал EG-1, содержащий только чешуйчатый графит) до $1,54 \text{ г/см}^3$ (материал EG-3 с чешуйчатым графитом, наполнителем и антиоксидантом). Одновременно с этим средний размер пор в двух группах материалов EG уменьшили с 8,8 мкм до 2,0 мкм, и нашли возможность получать гранулированный материал со средним размером пор 1 мкм. Усовершенствованный гранулированный материал четвертого поколения получили пропиткой материала EG-3. Пористость этих новых гранул по сравнению с EG-3 значительно уменьшилась [/27/](#). В данной работе изучили бесцементные

периклазоуглеродистые бетоны на форстеритовой связке. Бетонную смесь со спеченным периклазом пяти классов крупности: 6,7–3,35 мм; 3,35–1,18 мм; 1,18–0,3 мм; 0,3–0,05 мм и менее 0,075 мм, готовили с применением разных углеродсодержащих материалов (пековый кокс, сажистый углерод, аморфный графит, чешуйчатый графит, пылевидный углерод) и гранулированных материалов EG нескольких типов. В качестве вяжущего и антиоксиданта использовали кварцевую муку, металлический кремний и карбид кремния. Бетон содержал 5–9 % углерода, 1,5–3 % кварцевой муки, не менее 88 % периклаза. Влагосодержание магнезиального бетона, которое при использовании чешуйчатого графита равно 8 %, с применением гранулированного материала EG-3 снизили до 6 %. Если взамен EG-3 использовать новый гранулированный материал EG-4, то добавка воды уменьшается до 4,8%, и реологические свойства бетонной смеси улучшаются ([рис. 4.3.1](#)).

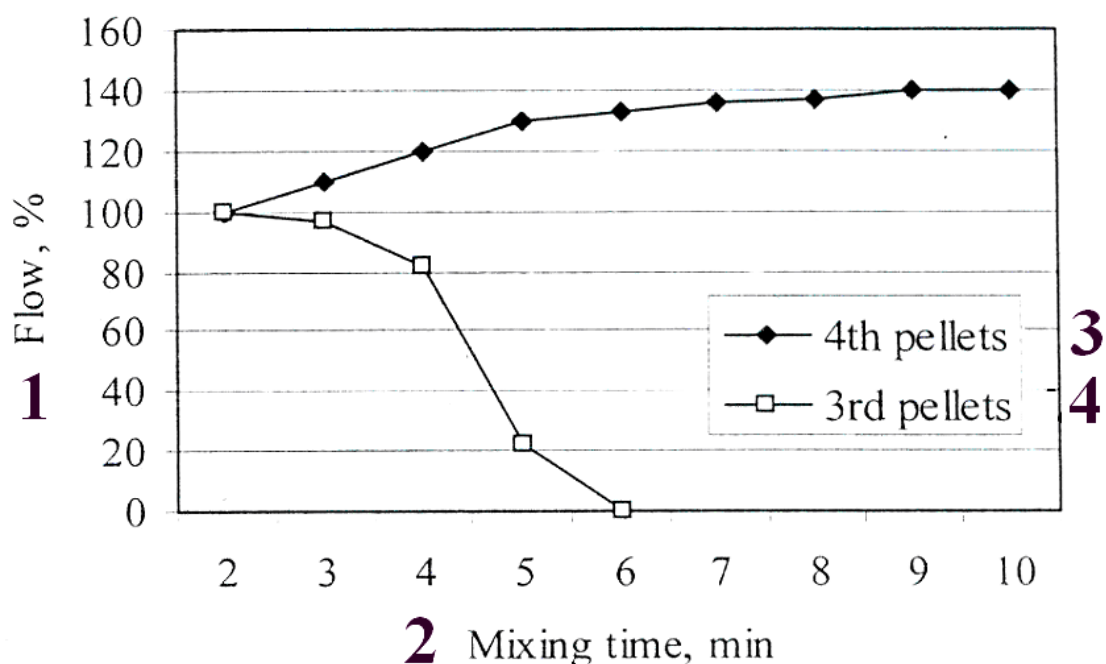


Рис. 4.3.1. Текучесть MgO-C – бетонов с гранулами EG (5 %) третьего и четвертого поколения:

1 – текучесть, %; 2 – продолжительность перемешивания, мин; 3 – гранулы 4-го поколения; 4 – гранулы 3-го поколения

С переходом от EG-1 к EG-4 удалось улучшить не только показатели насыпной плотности и пористости, но также стойкость к окислению и прочность гранул, необходимые при длительном перемешивании больших порций бетонной смеси [\[27\]](#).

Фирма «JFE Steel», Тиба, Япония, считает, что в таких микрокатках углерод склонен к сегрегации, и до сих пор не удавалось получить бетонное изделие, однородное по химическому составу и свойствам [\[29, 30\]](#). Авторы попытались получать плотные гранулы, содержащие чешуйчатый графит, на брикетировочной машине. Схема и характеристики брикетировочной машины (двухвалкового пресса) показаны на [рис. 4.3.2](#).

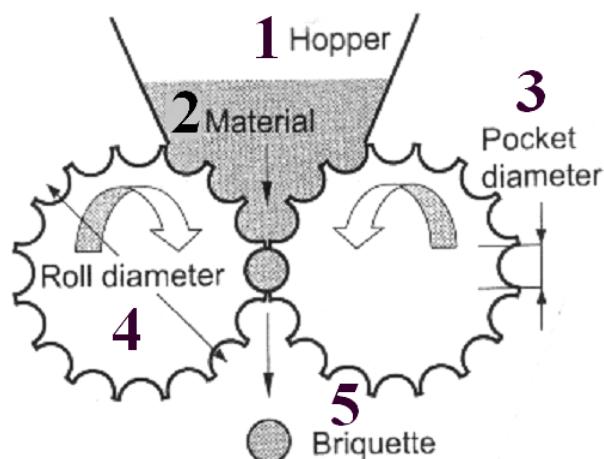


Рис. 4.3.2 Схема брикетировочной машины:

1 – бункер; 2 – материал; 3 – диаметр "кармана"; 4 – диаметр вала; 5 – брикет

Характеристика оборудования:

Скорость вращения валков, об/мин	3
Зазор между валками, мм	0,35
Рабочее давление, МПа	147
Подача материала из бункера	Гравитационная

Поставили задачу использовать такой брикетированный материал в качестве заполнителя в огнеупоре, тем самым добиться получения плотного бетонного массива с равномерно распределенным чешуйчатым графитом и улучшить свойства огнеупора. Сначала изучили влияние типа и величины добавки вяжущего на свойства брикетов, содержащих чешуйчатый графит. Затем в заводских условиях, в футеровке ванны главного желоба доменной печи сравнили свойства бетонных футеровок: с добавкой чешуйчатого графита в составе брикетов и в виде прямой добавки в бетонную смесь. Добавленные брикеты имели следующий состав: 20% чешуйчатого графита, 53 % Al_2O_3 , 27 % MgO , а в качестве связующего содержали 4 % жидкой смолы (сверх 100 %). В результате добавки чешуйчатого графита в составе брикетов повысились текучесть бетонной смеси, стойкость бетона к окислению и термостойкость. Пористость и коррозионная стойкость сохранились практически на прежнем уровне. Кроме того, выяснили, что добавка графитсодержащего брикетированного сырья особенно эффективна в применении к бетонам с высоким требованием термостойкости [/29, 30/](#).

В Японии предложен еще один вариант подготовки чешуйчатого графита с целью его применения в качестве сырья для неформованных огнеупоров. Здесь были произведены графитсодержащие заполнители путем формования в вакууме под супервысоким давлением (Limix technology) с использованием связующего из гидроксида кальция. Заполнители, содержащие 70 % графита и 30 % $Ca(OH)_2$, были подвергнуты термообработке при различной продолжительности карбонизации. В работе участвовали Tagawa Sangyo Co., Ltd., Kyushu Institute of Technology, Taiko Refractories Co., Ltd., Chuo Gijutsu Kankyo Kenkyusho [/31/](#).

Влияние обработки озоном на свойства поверхности графита оценено в Институте искусственных волокон в Киото, Япония, который изучил также стойкость к окислению графита с покрытием из оксида алюминия, нанесенным в лабораторных условиях после модифицирования поверхности графита обработкой озоном [/32/](#). В этом исследовании провели эксперименты на чешуйчатом графите SC-60 (содержание углерода 83,0 %; зольность 15,0 %; выход летучих 2,0 %; средний размер частиц 300 мкм), который служит сырьем в производстве неформованных огнеупоров. Для

обработки озоном порошок графита помещали в разъемный сосуд (объем 1 дм³) с присоединенными к нему подводящим и отводящим трубопроводами и в условиях механического перемешивания пропускали через сосуд (в течение 0–120 мин) осушенный озонированный воздух, полученный в установке для озонирования электрическим разрядом. Для получения на поверхности графита глиноземистого покрытия использовали этилацетат пропоксид алюминия (продукт ALCH фирмы «Kawaken Fine Chemical»). Графит засыпали в раствор ALCH в этаноле и в течение 30 мин перемешивали в гомогенизаторе, после чего сушили в течение 12 ч при 1000С. В 100 мл этанола добавляли 2–10 г продукта ALCH и 20–50 г графита с таким расчетом, чтобы получить покрытие массой 0,5; 1; 2 и 4 масс.% в пересчете на Al₂O₃. Высушенную пробу подвергали термообработке при 300–500°С, получая графит с глиноземистым покрытием. Воду с внесенным графитом помещали в кварцевую ячейку для измерения светопропускаемости, тщательно перемешивали, устанавливали на спектрофотометр и определяли время до достижения 50 %-ной пропускаемости для света с длиной волны 600 нм. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия показала, что при озонировании продолжительностью до 2 ч поверхность графита подвергается лишь незначительному окислению, вместе с тем диспергируемость графита в воде значительно повышается. Заключение, что обработка озоном графита с гидрофобной поверхностью придает ей гидрофильность. Установили также, что нанесение глиноземистого покрытия на графит с поверхностью, модифицированной озонированием, повышает стойкость к окислению [/32/](#).

Одна из проблем, препятствующих производству и применению высокоуглеродосодержащих огнеупорных бетонов, — недостаточная устойчивость применяющихся для предотвращения окисления углерода металлических порошков (в частности, Al и Si) к коррозии водой. В бетоне металлические частицы вступают в реакцию с водой, в результате чего образуется большое количество водорода и происходит потеря антиоксидантных свойств. Показано, что высокая щелочная среда бетона, возникающая из-за гидратации цемента, является главной причиной коррозии металлов. В Государственном университете Сан Карлос установили лучшую устойчивость к коррозии Si-порошков по сравнению с Al-порошками. Тем не менее эта устойчивость недостаточна, и опробован ряд покрытий для снижения коррозии. Показано, что защитой Si-порошка может служить высокоглиноземистый цемент, гидратированный или коллоидный глинозем, в то время как для покрытия Al-порошка может использоваться только коллоидный кремнезем [/33, 34/](#).

Выбор вида антиоксидантов является одним из основных факторов в разработке углеродосодержащих бетонов. В периклазоуглеродистых огнеупорных изделиях роль антиоксидантов относительно ясна. Для бетонов установлено, что в дополнение к их основному назначению (сохранение углерода в службе) у антиоксиданта есть, по крайней мере, еще две другие функции, сильно влияющие на свойства бетонов. Это увеличение прочности при нагреве бетонов и стимулирование образования вторичного углерода, что приводит к повышению шлакоустойчивости бетонов [/35/](#).

Вместо доломитоуглеродистых и периклазоуглеродистых огнеупорных изделий на связке из синтетической смолы, которые широко используются в сталеплавильном производстве, фирма «LWB Refractories», США, разработала доломитоуглеродистые и периклазоуглеродистые бетоны на связке из синтетической смолы, которые были использованы для производства предварительно литых блоков больших размеров. Основные бетоны были применены в тех процессах производства стали, которые требуют огнеупоров, совместимых с основными шлаками. В качестве сырья для изготовления доломитоуглеродистых бетонов служили известковопериклазовый наполнитель, графит и фенольная смола; периклазоуглеродистые бетоны производили из высокочистого магнезиального наполнителя, графита, порошкообразного алюминия и фенольной смолы. Среди всех имеющихся связок наиболее подходящей для углеродосодержащих основных бетонов оказалась синтетическая смола, поскольку она

образует углеродистую связку после коксования, смачивает графит и ограничивает гидратацию доломита, MgO и алюминия. Гранулометрический состав заполнителей в бетонах обоих видов тщательно регулируется для оптимизации жидкотекучести и физических свойств. После литья материалы выдерживаются для затвердевания смолы. Из этих бетонов были изготовлены днища сталеразливочных ковшей, сливной желоб конвертеров AOD (аргоно-кислородного обезуглероживания) и блоки для футеровки электродуговых печей. Литое днище ковшей может быть установлено за 20-60 мин, в то время как изготовление кирпичного днища может потребовать до 8 ч. Стойкость бетонного (на основе доломита) днища ковшей емкостью от 65 до 150 т составляет от 60 до 100 наливов [/36/](#).

В Китае разработали MgO-C-бетон с использованием в качестве сырья лома MgO-C-изделий. Полученные результаты ([табл. 4.3.1](#)) показывают, что добавку воды в бетон можно значительно снизить. Свойства этого бетона лучше, чем у графитсодержащего бетона, приготовленного из природного графита и плавленного периклаза, что имеет важное значение для совершенствования монолитных футеровок сталеразливочных ковшей. Кроме того, разработали Al₂O₃-SiC-C-бетон с добавкой Al₂O₃-SiC-C-бетона из чугунных желобов доменной печи после службы [/37/](#).

Таблица 4.3.1. Свойства MgO-C – бетонов

Показатели		Бетон разработанный в Китае	Бетоны производителей других стран	
MgO, мас.%		90	85	90
C, мас.%		5	7	5
Добавка воды, мас.%		5,3	-	6
110°C, 24 ч	Кажущаяся плотность, г/см ³	2,77	2,72	2,71
	Открытая пористость, %	18	8	15,3
	Предел прочности при сжатии, МПа	21,6	108	28,3
1400°C, 3 ч	Кажущаяся плотность, г/см ³	2,75	2,71	2,65
	Открытая пористость, %	19	11,1	18,2
	Предел прочности при сжатии, МПа	29	54	25,4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Глава 4

1. Кашеев И.Д., Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие. - М.: Интермет Инжиниринг, 2007. - 752 с.
2. Неформованные огнеупоры: Справочное издание: В 2-х томах. Т. 1. Книга 1. Общие вопросы технологии / Ю. Е. Пивинский. — М.: Теплоэнергетик, 2003. — 448 с.
3. Routschka G. Pocket Manual Refractory Materials. Basics-Structures-Properties. 2nd Edition. // Vulcan-Verlag Essen. 2004. 512 с.
4. Refractory Castables / Ishikawa M. // Taikabutsu overseas. 1999. 19. № 3. С. 7-13. Англ.
5. Огнеупорные бетоны нового поколения в производстве чугуна и стали / Аксельрод Л.М. // Огнеупоры и техническая керамика. 1999. № 8. С. 35-42
6. Optimization of the Particle Size Distribution of Colloidal Silica Containing Refractory Castables / M.R. Ismael, R. Salomão and V.C. Pandolfelli // Interceram Refractories Manual 2007. С. 34–39. Англ.
7. Gel-Bonded Alumina–Silicon Carbide–Carbon-Based Blast-Furnace Trough Castable / Ritwik Sarkar, Somnath Mukherjee and Arup Ghosh // American Ceramic Society Bulletin. 2006. № 5. С. 9101–9107. Англ. 85.
8. Нанодисперсный кремнезем и некоторые аспекты нанотехнологий в области силикатного материаловедения. Часть 4 / Ю. Е. Пивинский // Новые огнеупоры. 2008. № 2. С. 45-55
9. <http://www.magneco-metrel.com/>
10. Бесцементные материалы на коллоидно-кремнеземистой связке: новый подход к огнеупорам / Парк Д. // Сталь. 2005. № 8. С. 39-41
11. Бесцементные огнеупорные материалы на коллоидно-кремнеземистой связке: новый подход к огнеупорам для черной и цветной металлургии / Парк Д. // Новые огнеупоры. 2005. № 9. С. 36-39
12. Современные тенденции в области технологии и применения огнеупоров для доменного производства / Ю. Е. Пивинский, А. Д. Буравов, А. Д. Иванов // Новые огнеупоры. 2006. № 2. С. 75-77
13. The impact of innovative synthetic alumina raw materials on trends in european steel ladle lining / Andreas Buhr // Interceram. 2004. Refractories Manual. С. 26, 27. Англ.
14. Бесцементные огнеупорные бетоны, их свойства и возможность применения в металлургии / Е. Н. Дёмин, А. В. Сарычев, Г. В. Уразова // Новые огнеупоры. 2005. № 1. С. 21-23

15. Пивинский, Ю. Е. ВКВС и керамобетоны. Основные этапы развития / Ю. Е. Пивинский // Новые огнеупоры. - 2003. - № 2. - С. 28-39.
16. Гришпун, Е. М. ВКВС и керамобетоны — прорыв в технологии огнеупоров XXI века / Е. М. Гришпун, Ю. Е. Пивинский // Новые огнеупоры. — 2002. — № 2. - С. 28-33
17. Практическое использование керамобетонов ЗАО «Союзтеплострой» / С. М. Мальцев, А. С. Горшков // Новые огнеупоры. 2007. № 2. С. 21-23
18. Наносистемы в технологии керамики и огнеупоров / К. В. Тимошенко, А. Д. Бураков // Новые огнеупоры. 2007. № 2. С. 75-79
19. Наночастицы и их эффективность в технологии ВКВС и керамобетонов. Часть 1 / Ю. Е. Пивинский, П. В. Лякин, Я. Ю. Пивинский, С. В. Вихман // Новые огнеупоры. 2003. № 8. С. 34-39
20. Новые низко- и ультранизкоцементные огнеупорные бетоны производства ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» для металлургии и стекольной промышленности / А. П. Маргишвили, Г. В. Русакова, И. А. Гвоздева // Новые огнеупоры. 2008. № 3. С. 121-125
21. Огнеупорные берега стальных рек // Уральский рынок металлов. 2008. № 5. С. 26-31
22. Новые формованные огнеупоры и перспективные технологии неформованных огнеупоров для агрегатов внепечной обработки и разлива стали / Е. А. Кондратьев, О. В. Надымова, И. Н. Кирпищикова // Новые огнеупоры. 2008. № 3. С. 133-138
23. ООО «Метпромснаб» — весь спектр неформованных огнеупоров / Ю. Л. Голоперов, С. В. Долгих, А. С. Спицин // Новые огнеупоры. 2007. № 3. С. 31,32
24. Применение огнеупорных бетонов в агрегатах черной металлургии / А. А. Бойкова, К. А. Звягин // Новые огнеупоры. 2003. № 8. С. 6-9
25. Alumina and Magnesia-based Castables Containing Graphite: Comparison / Rigaud M., Palco S., Znou N. // Iron & Steelmaker. 2002. October. С. 45-51. Англ.
26. Alumina and Magnesia-based Castables Containing Graphite: Comparison / Rigaud M., Palco S., Znou N. // Electric Furnace Conference Proceedings. 2001. С. 265-275. Англ.
27. Graphite pellets: a new source of carbon designed for castables / Huiqing He, Stefan Plco, Eugene Paransky, Michel Rigaud // Taikabutsu=Refractories. 2005. 57. № 5. С. 269-273. Яп., огл. на англ..
28. Rheology of Steel Fibre Containing Alumina-Magnesia-Extruded Graphite Pellets Self-Flowing Castables / K. Balamurugan, K. Sankaranarayanan, ZHOU Xianxin and Michel Rigaud // China's Refractories. 2007. 16. № 2. С. 11–16. Англ.
29. Properties of Castables with Carbon-Containing Aggregate / Yasumasa Fukushima, Yoko Miyamoto, Tadakimi Kiyoda et al. // Дзайрё то пуросэсу. 2007. 20. С. 168. Яп.
30. Properties of Castables with Carbon-Containing Aggregate / Yoko Miyamoto, Yoshisato Kiyota, Yasumasa Fukushima, Hirokazu Tozawa // Taikabutsu=Refractories. 2007. 59. № 8. С. 417-423. Яп.

31. Development of Graphite Containing Aggregate for Refractories / Tetsuro Ozaki, Tadamitsu Nagamachi, Nobuyoshi Yukihiro et al. // Journal of the Technical Association of Refractories, Japan. 2006. 26. № 3. С. 222. АНГЛ
32. Surface modification of graphite by ozone treatment / Nobuyuki Takeuchi, Hidenori Takahashi, Hisayoshi Kobayashi // Taikabutsu=Refractories. 2007. 59. № 11. С. 600-603. Яп., ОГЛ на АНГЛ.
33. Всемирный конгресс по огнеупорам UNITECR'2005 / В. В. Мартыненко, П. П. Криворучко // Новые огнеупоры. 2007. № 2. С. 69-74
34. 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.
35. Multiple Functions of Antioxidants in Carbon-Containing Castables / Huiqing He, Stefan Palco and Michel Rigaud // UNITECR' 2005. С. 597-601. АНГЛ.
36. The Development of Doloma Carbon and Magnesita Carbon Castables for Steelmaking Processes / Don Griffin, Dave Ehrhart, Wayne Gerberick, Henry He // UNITECR' 2005. С. 603-607. АНГЛ.
37. Reuse and reproduction of used refractories / TIAN Shouxin, YU Yanwen // China's Refractories. 2006. 15. № 1. С. 21-24. АНГЛ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАРУБЕЖНЫХ (международных, европейских и национальных) СТАНДАРТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ОБЗОР

Классификация

ГОСТ 28874 - 2004	Огнеупоры. Классификация
DIN EN 1402 –2003, часть 1	Неформованные огнеупоры. Часть 1. Введение и определения.
ASTM C 401-91 [R 2000]	Стандартная классификация глиноземистых и алюмосиликатных огнеупорных бетонов

Отбор проб и подготовка образцов для испытаний

ГОСТ Р 52667-2006	Огнеупоры неформованные. Правила приемки и методы отбора проб.
ГОСТ Р 52541-2006	Бетоны огнеупорные. Подготовка образцов для испытаний
ISO 8656-1988, часть 1	Огнеупоры. Отбор проб сырья и неформованных огнеупоров. Часть 1. План выборочного контроля
DIN EN 1402 –2003, часть 2	Неформованные огнеупоры. Часть 2. Отбор образцов для испытаний
BS EN 1402 –2003, часть 5	Неформованные огнеупоры. Часть 5. Изготовление и обработка испытательных образцов
ASTM C 862-2002	Стандартная методика подготовки образцов из огнеупорного бетона методом литья
ASTM C 865-2002	Стандартная методика обжига образцов из огнеупорного бетона
ASTM C 903-98 [R 2004]	Стандартная методика подготовки образцов из огнеупорных бетонов путем холодного торкретирования
ASTM C 974-87 [R 1998]	Стандартная методика подготовки образцов из огнеупорного бетона основного состава литьем

Методы испытания

BS EN 1402 –2003, часть 3	Неформованные огнеупоры. Часть 3. Испытания при поставке
BS EN 1402 –2003, часть 4	Неформованные огнеупоры. Часть 4. Определение консистенции огнеупорных бетонов
BS EN 1402 –2003, часть 6	Неформованные огнеупоры. Часть 6. Измерение физических свойств
BS EN 1402 –2003, часть 7	Неформованные огнеупоры. Часть 7. Испытания на предварительно отформованных образцах
BS EN 1402 –2003, часть 8	Неформованные огнеупоры. Часть 8. Определение дополнительных свойств
ASTM C 860-2000	Стандартные методики определения консистенции огнеупорных бетонов
ASTM C 1445-99	Стандартный метод определения консистенции огнеупорного бетона с использованием встряхивающего столика
ASTM C 1446-99	Стандартный метод измерения консистенции и время переработки саморастекающихся огнеупорных бетонов

Правила нанесения и методы изготовления монолитных футеровок

BS 7335-91 часть 1 [R 1996]	Способы изготовления огнеупорных монолитных футеровок. Технология изготовления литьем
------------------------------------	---