



К. т. н. **Л. М. Аксельрод** (✉)

ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

УДК 669.1:666.76.001.8

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ*

4. ДОСТУПНОСТЬ СЫРЬЯ И ТЕНДЕНЦИИ В ЦЕНАХ НА СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ОГНЕУПОРОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В последние 10–15 лет постоянным предметом обсуждения были грядущее истощение природных источников сырья, неравномерное их распределение по регионам мира, олигополия крупных игроков, включая отдельные государства, в первую очередь Китай [20]. Еще недавно считался вероятным рост цен на сырьевые материалы для производства огнеупоров на фоне предсказуемого дефицита основных сырьевых материалов: особо критичной виделась ситуация с графитом, магнезитом, хроморудой, бокситом и глиноземом [36].

В то же время в последнее десятилетие требуется все меньше новой оригинальной футеровки тепловых агрегатов; в этом плане у разработчиков радикально новой техники нет интенсивного движения. Потребители требуют огнеупорные материалы со все более высокими характеристиками для снижения производственных затрат; одновременно растут требования к качеству металла. Известно, что огнеупоры при этом играют не последнюю роль [37], это касается также сырьевых материалов [38]. Систематически обсуждали ограничения в поставке сырья из

Китая, связанные с квотированием экспорта, лицензированием поставок, регулированием тарифов на электроэнергию и иные источники энергии и т. д.

Практика последнего десятилетия подтверждает тезис: дефицит сырья — рост цены на него. На огнеупорном рынке Европы (отчет Европейской федерации производителей огнеупоров — RPE, 2016 г.) с 2007 по 2015 г. наибольшие темпы роста цен продемонстрировали графит (175 %), боксит (162 %), коричневый корунд (160 %), плавленный корунд (146 %), а также спеченный периклаз (150 %), плавленный периклаз (150 %) (табл. 5). Практически все сырьевые материалы, применяемые в производстве огнеупоров для сталеплавильного производства, и в частности для производства оксидоуглеродистых огнеупоров, росли в цене. Однако реально ситуация не совсем совпала с прогнозом, и уже в 2013 г. рост цен на сырье по многим позициям прекратился и даже наблюдалось их снижение (см. табл. 5). Причина — перепроизводство и снижение потребности.

В декабре 2016 г. в Китае практически для всех сырьевых огнеупорных материалов были сняты все известные ограничения на экспорт, отменены экспортные пошлины на графит, оксид магния как спеченный, так и плавленный (в 2015 г. пошлина составляла на графит 20 %, на оксид магния 10 %). Увеличивался объем продаж, одновременно падали цены, рентабельность производства сырьевых огнеупорных материалов снизилась до менее 10 %. Цены на сырье начали снижаться, но этот процесс быстро исчерпал себя. Уже в конце первого квартала 2017 г. ситуация радикально изменяется. Проблемы, связанные с ужесточением экологического контроля на территории КНР, коснулись производства стали и алюминия, графитизированных электродов, диоксида титана и огнеупорных материалов, в первую очередь сырья для их производства, и т. д.

Периклаз спеченный и плавленный

Материалом, важнейшим для производства оксидоуглеродистых огнеупоров (футеровка конвертеров,

* Окончание. Начало опубликовано в № 11 журнала «Новые огнеупоры» за 2017 г. По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (6–7 апреля 2017 г., Москва).



Л. М. Аксельрод
E-mail: lakselrod@magnezit.com

Таблица 5. Изменение цены в 2007–2015 гг. (2007 г. — индекс 100), %*

Материал	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Шамот	100	103	107	104	113	119	118	123	124
Андалузит	100	108	122	126	130	130	126	121	114
Боксит	100	146	175	175	171	171	171	168	162
Корунд:									
коричневый	100	137	143	133	143	144	151	134	160
белый	100	109	116	113	115	116	113	113	114
Табулярный глинозем	100	106	112	107	112	113	113	117	116
Карбид кремния	100	116	118	118	134	135	127	128	123
Графит	100	132	152	160	227	228	198	194	175
Спеченный периклаз	100	131	163	151	176	171	153	148	150
Плавленный периклаз	100	125	128	147	158	162	152	148	146
Циркон	100	98	106	107	156	190	140	112	117
Диоксид циркония	100	97	112	112	134	156	143	141	138
Высокоглиноземистый цемент	100	103	108	107	113	119	119	120	119

* По данным PRE Economic Committee, Krakow, June, 2016.

ДСП, шлаковых поясов, зачастую стен сталеразливочных ковшей) и неформованных материалов (торкрет-массы для горячего ремонта металлургических агрегатов, для рабочего слоя футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ и т. д.), является периклаз (в зарубежных стандартах и литературе говорят о магнезите, по российской традиции и согласно российским стандартам речь идет о периклазе). Кроме того, периклаз является основным огнеупорным сырьем для изготовления огнеупоров для цветной металлургии, производства цемента и извести, воздухонагревателей стекловаренных печей и т. д.

Обычно спеченный периклаз высокого качества (DBM) содержит более 96,5 % MgO, его плотность более 3,40 г/см³, плавленный периклаз (FM) имеет плотность более 3,48 г/см³; для некоторых условий применения плотность должна быть не менее 3,50 г/см³. Далее, имеется градация по размеру кристаллов. Например, для производства периклазоуглеродистых изделий для футеровки отдельных зон конвертеров стало обязательным использование крупнокристаллического плавленного периклаза (размер кристаллов >600 мкм, для наиболее жестких условий службы 1000–1200 мкм); важны также отношение CaO/SiO₂, распределение силикатов в межкристаллитной зоне, их характеристики и т. д. Все эти факторы влияют на стойкость футеровки металлургических агрегатов. Возможность выбора сочетания периклаза плавленного и спеченного, использование определенного качества графита, антиоксидантов и углеродистого связующего, а также технологических приемов и оборудования для создания конечного продукта позволяют найти оптимальное соотношение цена/качество для изделий, если говорить о пери-

клазоуглеродистых огнеупорах в футеровке конвертеров, ДСП и сталеразливочных ковшей.

Важно отметить, что в 2015 г., например, цены на плавленный периклаз, экспортируемый на условиях FOB Китай, в силу известных причин (квоты, лицензии, пошлины) были выше; повысились цены также на периклаз аналогичного качества, используемый в собственном производстве на территории Китая. Например, цена (FOB Китай) на экспортируемый плавленный периклаз с 97 % MgO и CaO/SiO₂ = 1:1 составляла 490–510 \$/т, с 97 % MgO и CaO/SiO₂ = 2:1 510–540 \$/т, в то время как на внутреннем рынке 325–370 и 377–405 \$/т соответственно. В этой ситуации изготовитель периклазосодержащих огнеупоров на территории Китая и их экспортер получали существенные ценовые преимущества уже только от цены сырья против предприятия, использующего это сырье в производстве за пределами Китая; аналогичная ситуация была и в отношении спеченного периклаза, графита, белого и коричневого корунда, обожженного боксита — основных материалов для изготовления огнеупоров на экспорт. Такая тактика китайского правительства, а также временно сниженные цены на электроэнергию, льготное кредитование, дешевая рабочая сила, наличие сырья и стремительно развивавшееся производство стали, цемента и иных материалов спровоцировали интенсивное развитие на территории Китая огнеупорных производств совместно со всеми ведущими производителями огнеупоров: RHI (Австрия), «Refratechnik Group» и «Calderys» (обе Германия), «Krosaki» и «Shinagawa» (обе Япония), «Posco» (Южная Корея), «Magnesita» (Бразилия), Группа Магнезит (Россия) и т. д. Производство осуществляется с использованием импортных технологий и под кон-

тролем специалистов материнской компании. Так как вся продукция была брендирована и совладелец предприятия категорически заинтересован в производстве именно высококачественной продукции, этот фактор в немалой степени способствовал усилению конкуренции на китайском рынке и стремлению китайских производителей огнеупоров поднимать качество продукции на мировой уровень, что и было достигнуто.

В 2015 г. доля Китая в мировом производстве плавленного периклаза составила 89 %, каустизированного периклаза (CCM) 73 %. Всего магнезиальных продуктов в 2016 г. произведено в мире 13,32 млн т, в том числе в Китае 8,79 млн т — 66 % (2014 г. 10,1 млн т, 2015 г. 9,8 млн т). В Китае в 2016 г. произведено плавленного периклаза 1,33 млн т (остальной мир произвел 0,16 млн т), а также 3,94 млн т каустизированного периклаза и 3,52 млн т спеченного периклаза высшего и среднего качества (табл. 6) [39]. Производство периклаза различного качества в Китае и в мире в 2015 г. показано на рис. 6 [40].

Экспорт плавленного периклаза в первом полугодии 2016 г. возрос на 10 %, до 23759 т. Это обусловлено ростом требований к качеству оксидоуглеродистых изделий, повышению стойкости футеровки, снижению затрат на производство стали. Согласно прогнозу «Refractories Window» (2016 г.), рынок плавленного периклаза при невмешательстве извне должен расти со среднегодовым темпом 4,1 % в течение 2016–2026 гг. и достигнет 8,2 Bn\$ (в 2016 г. 5,05 Bn\$) в первую очередь за счет плавленного периклаза высокого качества. Прогноз основывался на уровне цен в середине 2016 г. Крупнейшие потребители плавленного китайского периклаза, помимо, разумеется, КНР (данные 2015 г.): Евросоюз (16,4 %), США (14,9 %), Япония (16,3 %), Южная Корея (10,5 %), Россия (16,5 %), Бразилия (6 %), Турция (3,4 %), Индия (3 %) и другие (13 %). Помимо Китая производство плавленного периклаза осуществляется в России (Группа Магнезит), Австралии (QMAG) и Турции.

Спеченный периклаз с использованием в качестве сырья природного магнезита производится

Таблица 6. Производство периклазовых материалов в 2016 г. в Китае и в остальных странах

Продукт	Объем производства, млн т			Доля в производстве, %	
	Китай	остальной мир	всего	Китай	остальной мир
CCM	3,94	1,43	5,37	73	27
DBM (90–97 % MgO)	3,52	2,94	6,46	54	46
FM (96–98 % MgO)	1,33	0,16	1,49	89	11
Всего	8,79	4,53	13,32	66	34

не только в Китае, но и в России, Бразилии, Турции, Австрии, Словакии, Австралии, Мексике, Северной Корее, Греции и Испании. Однако и здесь роль Китая как производителя спеченных периклазовых порошков остается весьма важной. Спеченный высокоплотный периклаз (96,5–98,0 % MgO) производится также обжигом брикета в высокотемпературных шахтных печах в Нидерландах («NedMag»), в Ирландии («Premier Periclase» — RHI), в Японии (UBE); некоторое количество получают в Южной Корее («Posco Refractories») и в США. Сырьем на этих предприятиях являются магнезиальные соли, извлекаемые из морской воды, или соли (бишофит), выкачиваемые в виде рассола из скважин с глубины несколько сотен метров. Турция наращивает производство периклаза различного качества: введены в эксплуатацию многоподовая печь для каустизации магнезита, а также дополнительные мощности для производства плавленного периклаза (до 70 тыс. т в год). Группа Магнезит, обладая месторождением высококачественного магнезита в Красноярском крае, двумя высокотемпературными шахтными печами и многоподовой печью мощностью 100 тыс. т в дополнение к вращающимся печам, также расширяет производство качественного спеченного периклаза. Помимо Китая в 2016 г. в других странах произведено 4,53 млн т периклаза каустического, спеченного и плавленного [41].

Сдерживание цен на китайский плавленный периклаз вследствие его избытка на рынке в свое время препятствовало развитию соответствующих производств за пределами Китая. Введенное в эксплуатацию в ноябре 2012 г. фирмой RHI (Порсгрунн, Норвегия) производство плавленного периклаза мощностью 85 тыс. т законсервировано в 2016 г. из-за недостаточной экономической эффективности. По информации Roskill [42], цена на китайский плавленный периклаз соответствующего качества, с 2012 г. 660 \$/т (в сегодняшнем эквиваленте 713 \$/т), в июне 2016 г. составила всего 502 \$/т. В этой ситуации RHI оказалось выгоднее обратиться к третьим лицам для восполнения дефицита плавленного периклаза. На «промежуточном финише» в 2015 г. цена на плавленный периклаз

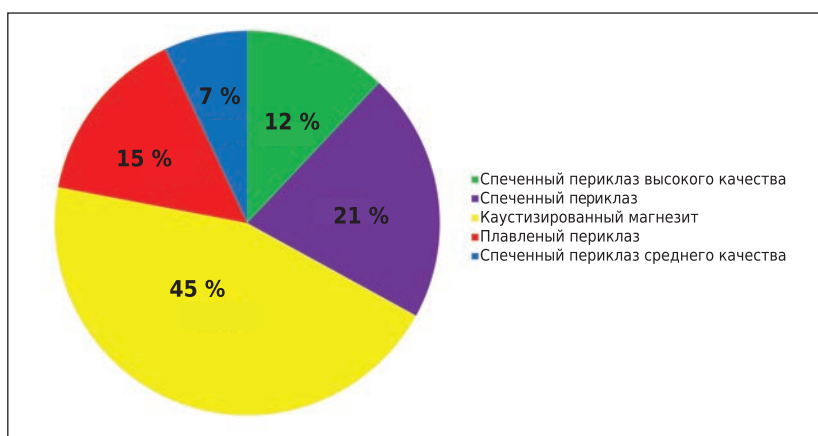


Рис. 6. Производство периклаза различного качества в Китае в 2015 г.

в Роттердаме (Нидерланды) составляла 545 \$/т [43], в то же время в Китае цена на аналогичный продукт (MgO > 97 %) всего 368 \$/т. По экономическим соображениям остается законсервированным производство плавленного периклаза в Канаде («BayMag» 14 тыс. т) на дочернем предприятии немецкого производителя огнеупоров фирмы «Refratechnik».

С исчезновением квоты на экспорт оксида магния и другое сырье в конце 2016 г., когда все компании получили возможность экспортировать эти материалы без ограничений и даже при сохранении лицензии на экспорт, можно было ожидать снижения цен на различные продукты, содержащие оксид магния [44]. Действительно, цены в начале января 2017 г. на оксид магния после отмены квот на экспорт снизились на 40 \$/т и более. Объем экспорта магнезиального сырья в январе 2017 г. составил 187 тыс. т, что на 51,6 % больше, чем в декабре 2016 г., и на 125,4 % больше, чем в январе 2016 г. Сложилась жесткая конкуренция между экспортерами сырья. В этой ситуации неизбежны закрытие слабых производителей и для поддержания определенного уровня цен консолидация производства продукции, ориентированной на экспорт. Однако в реальности сразу же снизились цены и маржа, что оставалась у производителей этого сырья, тоже резко снизилась.

В период с 26.11.2016 г. по 26.03.2017 г. цена на обожженный периклаз с 92 % MgO снизилась от 250 до 75 \$/т [45]. Следует отметить, что в 2015 г. экспорт плавленного периклаза из Китая составил 301834

т, к 2014 г. он уменьшился на 18,2 % с падением в деньгах на 20,9 %. В 2016 г. объем экспорта возрос на 3,4 %, в том числе плавленного периклаза на 8,56 %, до 327700 т; экспорт белого и коричневого корунда вырос на 8,1 и 12,69 %, чешуйчатого графита на 3,19 %, а стоимость экспорта огнеупорных материалов возросла только на 0,27 % [46]. То же и с экспортом огнеупорных изделий: объем снизился на 4,51 %, а стоимость упала на 18,87 %. Избыточные мощности оставались основной причиной слабости рынка. В то же время спрос в Китае на DBM и FM упал к концу 2016 г. на фоне снижения удельного расхода огнеупоров, торможения роста производства стали и цементного клинкера.

Избыток предложения на рынке китайского периклаза спровоцировал внутреннюю конкуренцию, сдерживая рост цен. В конечном итоге рентабельность производства периклаза и продукции на его основе, по мнению китайских производителей, не была достаточной; обычно говорилось о 5–7 % рентабельности. Китай, продолжая сохранять доминирующее положение как производитель сырьевых материалов для огнеупорной промышленности, вследствие низких цен на рынке и в условиях падения внутреннего спроса существенно терял в выручке. Едва ли такая ситуация могла продолжаться длительное время. В конце первого – в начале второго квартала 2017 г. резко изменяются цены на магнезиальное сырье, и в первую очередь на плавленный периклаз, как результат политики китайского правительства.

Модернизация огнеупорной отрасли, как и ситуация в металлургии с падением спроса и управляемым снижением производства для ослабления экологической нагрузки, включает мероприятия по защите окружающей среды. Это один из трендов, жестко регулируемых правительством КНР; он реально реализуется более 5 лет. Это касается не только черной металлургии и огнеупорной отрасли. Достаточно сказать, что в 2016 г. закрыто более 1500 небольших угольных шахт с суммарным объемом добычи до 100 млн т угля, ряд цементных производств, выведены устаревшие мощности по плавке алюминия (320 тыс. т в год); о выводе устаревших мощностей в производстве стали указано выше. Производство периклаза и изделий из него на 90 % сосредоточено в провинции Liaoning, руководство провинции достаточно давно обязалось сократить загрязнение окружающей среды и повысить эффективность производства. За последнюю пятилетку только в районе Dashiqiao были демонтированы 83 печи для производства каустического магнезита, 19 печей плавки периклаза, 29 печей производства спеченного периклаза. Осуществляется переход от использования каменного угля к использованию природного газа, а также современных систем аспирации; одновременно объявлено о строительстве 32 современных печей для выплавки периклаза [47]. В марте 2017 г. китайское правительство и вовсе пошло на беспрецедентные требования к производителям периклаза в уезде Хайджень (Haicheng) провинции Ляонин (Liaoning). Правительством опубликован список из 34 производителей спеченного и плавленного периклаза, которым предписано закрыть 527 единиц производственных мощностей, в том числе 383 печи каустизации (высококачественный каустизированный периклаз — основное сырье в том числе для производства плавленного периклаза), 42 производства плотноспеченного периклаза (вращающиеся печи) и т. д. Объявлено, что соответствующий аудит будет проводиться постоянно специализированной правительственной структурой, которая будет выдавать разрешение на эксплуатацию тех или иных агрегатов. Правительство обратило

также внимание на избыточное использование динамита в горнодобывающей деятельности, уменьшение объема вскрышных работ и снижение доли качественных магнезитов на существующих месторождениях.

Уже в марте 2017 г. цена на качественный плавленный периклаз на внутреннем рынке Китая достигла 800 юаней за тонну с существенным приростом в сравнении с ценами на начало 2017 г. [48]. Правительство КНР определило 30 сентября 2017 г. как дату, к которой должна быть завершена реконструкция предприятий по производству магнезиальной продукции. Причем до настоящего времени новых стандартов на выбросы, в первую очередь пыли и SO_2 , не установлено. Требования к пылеочистке будут касаться не только печных агрегатов, но и операций дробления, отсева, хранения и т. д. Естественно, все это по силам только крупным компаниям; неизбежны дополнительные издержки, которые должны быть включены в себестоимость. Один из крупнейших вертикально интегрированных производителей огнеупоров, в том числе основного состава, — фирма «Houying Group» сообщила об инвестировании более 60 млн юаней для решения экологических проблем в производстве каустизированного и спеченного периклаза: около 100 печей будут оборудованы соответствующими системами пылегазоочистки уже к концу мая 2017 г. [49]. Ожидается, что будет создан нормальный рынок без ожесточенной ценовой войны с одновременным уничтожением отсталых производств. Можно также предположить, что принятые решения позволят снизить физический объем экспорта магнезиальных продуктов с увеличением прибыли от его реализации.

По китайским законам помимо центрального правительства управлять объемом добываемого сырья может и правительство провинции; примеры таких шагов уже имеются. Это касается в первую очередь муниципалитетов Yingkow и Dashichao провинции Liaoning. Возможно и просто ограничение в объемах добычи. В краткосрочной перспективе все это может вызвать не только значительное повышение цен на периклаз, в первую очередь на плавленный периклаз высокого

качества, но и создание дефицита этих материалов.

Эксперты зафиксировали проблемы с сокращением производства продукции основного состава вследствие ограничений экологического характера, а также определенных ограничений в добыче высококачественных магнезитов, пригодных для переработки в плавленный периклаз с 97–98 % MgO по состоянию на середину апреля [50]. Старт повышательного ралли роста внутренних цен в первом квартале составил 20 %, затем начали расти экспортные цены на плавленный периклаз, при этом некоторое время оставались фиксированными на каустизированный и плотноспеченный периклаз. По данным журнала «Industrial Minerals», за первые две недели апреля цены на плавленный периклаз (FOB Китай) выросли для FM98 с 650–810 до 750–910 \$, FM97 ($\text{CaO}/\text{SO}_2 > 2$) с 440–455 до 495–550 \$, FM97 ($\text{CaO}/\text{SO}_2 < 2$) с 405–420 до 455–480 \$, FM96 с 310–330 до 360–390 \$ [51, 52]. Ассоциация производителей огнеупорных материалов в г. Yingkow (провинция Ляонин) рекомендовала увеличить отпускные цены на огнеупорную продукцию на основе оксида магния, и в первую очередь на плавленный периклаз, объясняя свои рекомендации необходимостью капитальных затрат на модернизацию для решения экологических проблем. В этой информации сообщается, что прежде, чем возобновится нормальное производство периклаза, экологическая инспекция будет «воспитывать» до октября 2017 г. [53].

Ограничения на добычу магнезита, включая запрет на использование динамита как в открытых карьерах, так и в шахтах, которые действуют на протяжении более полугода, создали дефицит сырья, и в первую очередь качественного сырья для производства плавленного периклаза. Дефицит сырья порождает рост цен. В ноябре уже говорят об уровне цен (FOB Китай) на FM96 в пределах 900–1000 \$/т, уровень начала октября 820–860 \$/т; на FM97 в пределах 1400–1800 \$/т (начало октября 965–1000 \$/т); на FM98 в пределах 1800–2000 \$/т (начало октября 1120–1165 \$/т) [54]. На увеличении цен на плавленный периклаз сказался и интенсивный рост цен на графитизированные электро-

ды. Цены на этот обязательный для плавки периклаза (и корунда, и периклазохромита) продукт за полгода выросли в 15–20 раз, и рост цен еще не завершен. Учитывая, что расход электродов составляет 25–35 кг/т плавленного периклаза, можно говорить о существенном росте и этой составляющей себестоимости.

Ожидается дальнейший рост цен на плавленный и спеченный периклаз на фоне формирующегося дефицита сырьевых материалов. 19-й съезд КПК Китая закончился (24 октября), пока никаких решений, направленных на изменение требований к экологичности процессов производства, нет. Можно также ожидать, что отдельные поставщики могут сорвать сроки поставок из-за отсутствия необходимого количества сырья.

Можно предположить, что в то время как производство плавленного и спеченного периклаза в ближайшее полугодие будет перезапущено, во главу угла становятся проблемы с добычей сырья, в первую очередь сырья высокого качества. Нельзя исключить, что Китай начнет ввозить магнезиальное сырье высшего качества для производства огнеупоров. Это может быть и сырой магнезит, и с большей долей вероятности каустизированный (например, из Австралии). Поэтому на фоне роста цен на периклаз в Китае до уровня цен в Европе в ситуации, когда складские запасы приходят к концу, становится очевидным, что как минимум до середины 2018 г. предстоит работать не только в условиях роста цен, в первую очередь на плавленный периклаз, но и при дефиците плавленного периклаза высокого качества вообще.

Необходимо также отметить, что руководство Китая взяло курс на консолидацию рынка периклаза. В муниципалитете Аньшань (Anshan) провинции Ляонин — центре добычи магнезита и его переработки — создается госкомпания, которая объединит магнезитовые ресурсы провинции. Предполагается, что новая структура позволит контролировать разрешения на добычу магнезита и будет распределять магнезиальную руду между компаниями-участниками. Совет директоров будет определять не только объем производства, но и цену. Это упорядочит и стабили-

зирует рынок, как ожидается. На сегодня в новую структуру объединились 10 компаний [18]. Более того, есть информация, что 80 % производства оксида магния будет контролироваться компанией «China Magnesite Mining Co.», 51 % акций которой будет принадлежать «Haicheng Magnesite Factory», контролируемой государством.

Чем ответят другие игроки на рынке плавленного периклаза?

Уже есть информация о том, что RHI возобновит производство высококачественного плавленного периклаза на своем заводе в Норвегии в ближайшее время (80–85 тыс. т). Группа Магнезит начала строительство цеха плавленного периклаза в Сатке (50 тыс. т) с вводом в эксплуатацию в 2018–2019 гг. в дополнение к имеющимся мощностям модернизированного цеха плавки на Саткинской производственной площадке и цеха плавленного периклаза в Красноярском крае. Важно, что эти производства ориентированы в первую очередь на производство плавленного периклаза высокого качества (97,5–98,5 % MgO).

Графит

Графит, в основном кристаллический, широко используется в производстве многих видов огнеупоров для сталеплавильного производства: для футеровки конвертеров, ДСП, сталеразливочных ковшей, функциональных огнеупоров — стопоров-моноблоков, погружаемых стаканов, труб для защиты струи металла, плит для шиберных затворов (содержат от 5 до 25 % графита), а также огнеупоров для доменного производства. Графит — один из материалов, в производстве которых доминирует Китай.

Долгие годы доминирование Китая как производителя графита способствовало росту цен на него (см. табл. 5). В последние годы наблюдается постепенное снижение цены практически на все марки графита, используемые в огнеупорной промышленности, так как сложилось избыточное предложение [55]. Прогноз на застой цен на графит в 2017 г. был актуален из-за ограниченного спроса на природный чешуйчатый графит и появления на рынке новых его производителей. Так, танзанийская «Magnis Resources» закончила тестирование продукции и намере-

на поставлять чешуйчатый графит на рынок с 2017 г. В 2016 г. введен в эксплуатацию новый графитовый рудник Apsuabe (Мозамбик) компании «Graphit Kropfmuhl GmbH», на котором производство графита должно начаться в мае 2017 г. Канадская компания «NexSource» на Мадагаскаре вводит в эксплуатацию производство, включая фабрику флотации с производством крупночешуйчатого графита до 97–98 % C (<https://roskill.com> (16.10.2017 г.)). Фирма «Walkabout Resources, Ltd» осуществляет добычу чешуйчатого графита в Танзании (40 тыс. т в год в 2017 г.) с реализацией 30 тыс. т в Европу и Китай. Реализуются проекты по производству графита в России, Канаде, Замбии, Австралии, Бразилии; рано или поздно эти производства заработают. Следует отметить, что и в Китае расширяется производство графита. Традиционные лидеры в производстве графита — провинции Шаньдун и Хэйлунцзян. К 2020 г. добыча и обогащение графита должны быть организованы и в провинции Сычуань, в которой реализуется ряд новых графитовых проектов, в частности проект по добыче графитовых руд мощностью 3 млн т в год.

Некоторые источники указывают на то, что китайские производители графита поставляют искусственный чешуйчатый графит или добавляют его в природный. Различить без специальных технологий искусственный и природный чешуйчатый графит невозможно. Лаборатория материаловедения Группы Магнезит обладает методикой, позволяющей различить, в том числе и количественно, эти два вида графита. В то же время исследований о влиянии присутствия искусственного графита на стойкость оксидоуглеродистых огнеупоров найти не удалось.

Экспорт чешуйчатого графита из Китая в 2016 г. возрос на 3,19 % к 2015 г. до 110,2 тыс. т. При этом по состоянию на 13 апреля 2017 г. цена на этот продукт оставалась без изменения с января несмотря на отмену экспортной пошлины; тогда, как и ожидалось, аморфный графит подешевел [52]. Требования о незамедлительном решении экологических проблем были обращены и к производителям графита, но эффект, аналогичный эффекту на рынке периклаза, пока отсутствует.

Однако графит дорожает, и с начала года это подорожание уже составило 25–36 % (Roskillinformation, 31.10.2017 г.). Производство литий-ионных батарей в мире растет, а основной компонент этих батарей — именно высокоочищенный графит. Не исключено, что конкуренция потребителей будет влиять на изменение цен на графит.

В производстве графита в Китае имеет место также объединение ранее жестко конкурировавших предприятий. Семь производителей графита в провинции Цзиси (Tszisi) сообщили в третьем квартале 2017 г. об объединении с целью извлечь выгоду и обеспечить финансирование дополнительных инвестиций для решения проблем экологического регулирования и расширения добычи графитосодержащей руды. Не исключено, что формируемая структура будет управлять и изменением цен на графит.

Белый и коричневый корунд, табулярный глинозем, боксит

Китай является крупнейшим производителем белого (WFA) из глинозема и наикрупнейшим производителем коричневого корунда (BFA) из боксита. Производство плавящихся материалов, в первую очередь корунда, в Китае снижается с середины 2016 г., так как требования к экологии растут и не всегда дооборудовать производство пылегазоочисткой дешевле, чем закрыть производство, при том что и спрос имеет тенденцию к сокращению. Две тенденции конкурируют: перепроизводство плавящихся глиноземистых материалов, что вызвало падение цен на белый корунд с сентября до конца 2015 г. с 850–900 до 500–650 \$/т в соответствии со снижением внутреннего спроса и подешевевшим глиноземом, и закрытие устаревших «грязных производств». Еще одним фактором, способствующим снижению спроса на плавящийся корунд, является интенсивное освоение производства табулярного глинозема в Китае, особенно широко востребованного в производстве неформованных материалов и функциональных огнеупоров, широко используемых на переплаве выплавки и разлива стали. Сегодня на территории Китая работает несколько высокотемператур-

ных шахтных печей, производящих табулярный глинозем, который не только используется в китайской огнеупорной промышленности, но и поставляется на экспорт. Судя по тому, что к январю 2017 г. с октября 2016 г. цена на белый плавящийся корунд возросла до 750–820 \$/т (все цены на условиях CIF Европа) [52], закрытие производств в сочетании с ростом цен на глинозем оказалось более «эффективным». Сейчас аналогичная модель, но в значительно более жесткой форме, прорабатывается для плавящего периклаза.

Цены на глинозем китайского производства растут. С начала 2017 г. (данные «Industrial Minerals») к ноябрю они выросли на 73 %. По различным оценкам, в 2017 г. ожидается снижение производства глинозема на 1,2–1,5 млн т из-за проблем с обеспечением сырьем. Мощности по производству глинозема в 2017 г. составляют в Китае 69,8 млн т. Повышательный тренд для цен на плавящийся корунд поддерживает и рост цен на графитизированные электроды. Положительным фактором (для торможения цен) является объявленное сокращение производства алюминия в Китае, сырьем для этого производства является глинозем. Кроме того, в производстве глинозема есть и другие игроки. Например, «Emirates Global Aluminium» из Объединенных Арабских Эмиратов и индонезийская «PT Well Harvest Winning Alumina Refinery», которые планируют в 2018 г. ввести в строй мощности по производству 2 млн т глинозема в год каждая.

Поступает и иная положительная информация для потребителей плавящихся продуктов. Так, на «Yingkou Jiamel Refractories Co.», Ltd увеличено производство белого корунда на 35 тыс. т в год, а также плавящейся алюмомагнезиальной шпинели и высокоглиноземистого цемента. На «Yingkou High-Tech Synthetic Refractory Co.», Ltd увеличено производство плавящего периклазохромита на 60 тыс. т в год в интересах производства продукции в Китае, Японии и Индии в первую очередь.

Общеизвестным является факт монопольного владения китайскими компаниями добычи бокситов огнеупорного качества как на территории Китая, так и на территории Гайаны (Южная Америка) и Гвинеи (Африка).

В заботе об окружающей среде в провинции Шаньси (Shansi) — главной территории по производству боксита огнеупорного качества в Китае — в 2017 г. уже сокращена добыча боксита вследствие ограничений в горных работах. Решение руководства провинции Тяньцзинь по передислокации обогатительных фабрик и производства обожженного боксита дальше от столицы также подтолкнуло цены в последние недели августа к росту. Нужно заметить, что добыча, обжиг и плавка боксита осуществляются в ближайших к Пекину провинциях Шаньси, Тяньцзинь (Tianjin) и Хэнань (Henan), что вызывает особое пристальное внимание контролирующих органов. В частности, в провинции Хэнань ввели ограничение на строительство и расширение бокситовых шахт и открытых карьеров в дополнение к повсеместному на территории КНР запрету на использование динамита и вообще взрывных работ. Соответственно имеет место рост цен на обожженный боксит (с опережением на качественный продукт с 88 % Al_2O_3 до 450–480 \$/т, прибавка в сентябре — 50 \$/т). Цены на коричневый корунд в Китае достигли 1,5-летнего максимума. По оценке, на 24 августа цена на BFA достигла 700–750 \$/т (FOB Китай) по сравнению с 620–700 \$/т на начало августа.

Цены на огнеупорные сорта боксита продолжают рост, начатый в мае 2017 г., как следствие ликвидации загрязняющих производств: за две недели рост (сорт с 86 % Al_2O_3) составил от 40 \$/т, достигнув 390–400 \$/т [55], и продолжился до 375–430 \$/т (FOB Xugang) в июне [56].

Проблемы с китайскими бокситами несколько сглажены возросшим потреблением андалузита южноафриканского и перуанского производства. Например, ряд российских предприятий успешно используют этот материал в производстве и формованных и неформованных огнеупоров, в частности БКО.

Как известно, отечественный рынок может быть обеспечен табулярным глиноземом производства Кералита. Табулярный глинозем изготавливается для собственного производства неформованных материалов и на продажу. Белый корунд (WFA) изготавливается в Казахстане на Казогнеупоре. «Бокситогорский

глинозем» анонсировал реконструкцию имеющегося производства плавленного корунда со значительным увеличением объема производства, ориентируясь на сырье собственного производства (предприятие входит в состав ОК РУСАЛ) и на сравнительно дешевую российскую электроэнергию.

Хромруда (хромконцентрат)

Хромруда — один из немногих сырьевых материалов, импортируемых китайскими производителями огнеупоров так же, как и российскими. Речь идет о так называемом хромконцентрате, или хромруде «химического» сорта ($>46\% \text{Cr}_2\text{O}_3$). Цены на этот материал весь 2015 г. и до октября 2016 г. были стабильны. С ноября 2016 г. цена на хромит начала расти и выросла более чем на 200 \$/т, достигнув к январю 2017 г. максимума за последние пять лет. С начала 2017 г. уровень цен сохранялся с незначительным снижением к марту на 10–20 \$/т.

Конечно, этот сырьевой материал более интересен для производителей меди, никеля и цинка, но и в черной металлургии хромсодержащие огнеупоры присутствуют, например, в футеровке порционных и циркуляционных вакууматоров.

5. ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ В МИРЕ И В КИТАЕ

С 2011 г. (см. рис. 2) наблюдается снижение производства огнеупоров в мире и в Китае. В 2016 г. производство огнеупоров в Китае снизилось до 24 млн т в сравнении с 26 млн т в 2015 г. Прогноз Ассоциации производителей огнеупорных материалов КНР от декабря 2015 г. на производство огнеупорных материалов в Китае: снижение до 24 млн т к 2017 г. — сбылся уже в 2016 г. Тогда объем производства огнеупоров в Китае составил 23,91 млн т, что на 8,56 % меньше, чем за аналогичный период 2015 г. В том числе производство формованной продукции уменьшилось на 11,08 %, неформованной на 5,19 %. Все это происходит на фоне мирового роста производства стали, пусть и незначительного. В КНР несмотря на замедление экономического роста в 2016 г. возросло производство стали, цемента, листового стекла и цветных металлов на 1,2, 2,5, 5,8 и

2,5 % соответственно. Повысилась и цена на эти продукты на рынке, и прибыль у их изготовителей, но не у производителей огнеупоров вследствие жесткой конкуренции.

Согласно обзору «Refractories Industry Worldwide», 2012–2017 гг. [57], основным драйвером огнеупорного рынка и в 2017 г. является по-прежнему черная металлургия Китая. При решении задачи повышения эффективности производства стали одновременно совершенствуются технические решения, связанные с футеровкой тепловых агрегатов. Процессы совершенствования технологии производства и применения огнеупоров в последнее десятилетие интенсифицировались в Китае, чему способствовали следующие факторы:

- государство своевременно поэтапно стимулировало и стимулирует производство и экспорт высокотехнологичной продукции с высокой добавленной стоимостью: изделий, неформованных огнеупоров;

- жесткая конкуренция производителей огнеупоров на рынках Китая, а также китайских производителей на мировом рынке требует повышения качества огнеупорных материалов и снижения затрат, связанных с использованием огнеупорных материалов потребителями. За последнее десятилетие качество огнеупоров, произведенных на территории Китая, по многим позициям достигло мирового уровня и реально конкурирует, имея более низкую цену, с продукцией любых фирм, в том числе европейских и американских;

- в 2009 г. в Китае было более 2000 огнеупорных предприятий, в 2011 г. в справочнике по предприятиям — производителям огнеупорных материалов значилось около тысячи предприятий, в том числе около 100 предприятий в форме совместных или целиком иностранных фирм. Производство огнеупорных материалов согласно требованиям зарубежных потребителей — это путь к повышению качества продукции [58]. В настоящее время производство огнеупоров в Китае осуществляют все гранды огнеупорной мировой отрасли, причем большинство с сохранением своих брендов;

- развитие собственной научно-исследовательской деятельности в области огнеупоров. Для этого в

КНР есть соответствующие структуры, в том числе Лаоянский институт огнеупоров (фактически головной отраслевой институт) в г. Сиань, Академия наук Китая, кафедры и исследовательские центры в Уханьском университете науки и технологий, Университете Женжоу и Пекинском университете химической технологии и др. Об этом говорит и значительное количество патентов по классификационному классу МКК: С 04 В, оформляемых в последние 5–7 лет китайскими специалистами. Причем новые решения патентуются не только в Китае, но и в Европейском патентном ведомстве (ЕПВ) и в Международном патентном бюро (ВО), в США и других странах, что подчеркивает новизну и оригинальность технических решений. Новые технологии не только создаются, но и интенсивно внедряются. Постоянно совершенствуя и создавая новые эффективные технологии, китайские специалисты решают вопросы качества, энергоэффективности и защиты окружающей среды. Решены также проблемы подготовки кадров как за счет обучения в вузах, так и за счет целевого обучения студентов в профильных университетах Германии, Великобритании и США;

- среди оригинальных технических решений можно выделить интенсивное освоение технологии выполнения футеровки вакууматоров с применением бесхромистых огнеупорных материалов. Как известно, в Китае, Евросоюзе, США, России, Японии футеровка внутренней части патрубков и камеры вакууматора выполняется хромсодержащими огнеупорами, в том числе канала патрубка огнеупорами на основе плавных хромитопериклазовых материалов. Работы по замене хромсодержащих огнеупоров в вакууматорах проводились в Евросоюзе на протяжении 20 лет, а также в Японии и Китае. В двух последних странах они привели к успеху, причем в Китае эти технологии вышли на промышленный уровень [59, 60]. Как известно, такая крупная компания, как «Baostell», на большей части своих вакууматоров в конвертерных цехах (250-т и 300-т конвертеры) в последние годы успешно использует бесхромистые материалы, в том числе в патрубках. Сообщается о разработке огнеупорных материалов для этого агрегата в си-

стемах MgO-ZrO_2 , $\text{MgO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, $\text{MgO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$; снижение стойкости не отмечено.

Более 15 лет назад фирма RHI, создавшая технологию производства периклазогерцининовых и периклазогалакситовых огнеупоров для вращающихся печей цементной промышленности, была монополистом в их производстве. За последние 5 лет технологии производство шпинельсодержащих огнеупоров с использованием синтетической шпинели (герцинита $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3$) успешно создана и освоена в Китае. Сегодня многие предприятия в Китае производят периклазогерцининовые (периклазоплеонастовые) огнеупоры. Введено в эксплуатацию специализированное производство этих изделий мощностью до 80 тыс. т в год. За последнее десятилетие в Китае опубликовано множество статей и патентов по технологии изготовления и эксплуатации периклазогерцининовых огнеупоров.

Разработаны технологии, созданы производства композитов на основе оксидов и бескислородных соединений (нитридов, карбидов, оксинитридов и оксикарбидов) и материалов в системе $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$, широко используемых в футеровке доменных печей и алюминиевых электролизеров, в том числе на российских предприятиях;

– интенсивно развивается направление неформованных огнеупоров. Вслед за развитием рынка сбыта новейших синтетических сырьевых материалов европейского производства в Китае размещаются также исследовательские центры европейских компаний, непрерывно работающих над созданием новых технологий, новых материалов, новых технических решений. Речь идет о фирмах «Kerneos» и «Almatis» в первую очередь. Организуется производство разнообразных синтетических сырьевых материалов для производства неформованных огнеупоров. Успешно осваивая мировой опыт, используя стремление потребителей к снижению затрат, китайские специалисты эффективно ведут исследовательские работы, производят неформованные материалы для металлургических и других тепловых агрегатов. Этому способствует увеличивающееся

число публикаций по этой проблематике в периодических изданиях, а также докладов на международных конференциях китайских специалистов, в том числе совместно с авторами из других стран.

Успешно развивается также направление изготовления высококачественных огнеупорных изделий из огнеупорных бетонов (precast), донных фурм для ковшей, металлоприемников и различного рода перегородок для промежуточных ковшей МНЛЗ, в том числе бикерамических, когда в зоне металла работает периклазосодержащий материал, а в зоне шлака — корундосодержащий. В последнем случае отмечено положительное влияние конструкции и на стойкость огнеупорного изделия, и на снижение количества неметаллических включений в стали [61];

– китайская огнеупорная промышленность использует во всем большем количестве синтетическое сырье в дополнение к мощной природной сырьевой базе огнеупорной промышленности. Освоено производство табулярного глинозема, синтетического боксита (из молотого боксита с последующим брикетированием и обжигом), герцинита и т. д.;

– в сложившейся экономической ситуации разрабатываются новые технологии, в том числе по использованию низкосортных магнетитов, сокращению потребления электроэнергии на единицу продукции, снижению себестоимости продукции за счет снижения затрат по переделу. Технология, разработанная фирмой «Dongji Group», позволяет сократить потребление электроэнергии на получение 1 т плавного периклаза от 2900 до 2500 кВт/ч;

– интенсифицируются работы, связанные с рециклингом огнеупорных материалов. В Китае в 2016 г. введено в эксплуатацию специализированное предприятие по переработке 20 тыс. т использованных огнеупоров от агрегатов металлургической компании «Zhanjiang Steel» с производством 40 тыс. т огнеупорных материалов [62] для металлургии.

Несколько слов о развитии огнеупорной промышленности в Индии, потенциально крупнейшей после Китая потребителе огнеупорных материалов. В настоящее

время расширяется и модернизируется производство огнеупоров на предприятиях индийских компаний «IFGL Refractories», «Sail Refractories» и т. д., на совместных предприятиях, производящих огнеупоры, с участием RHI AG — фирма «Orient Refractories», «Vesuvius» Plc. (Великобритания), «Krosaki Harima Corp.» (Япония) — «TATA Refractories», «Calderys» (Германия) — «Calderys India», совместные предприятия «Saint-Gobain» (Франция) и «Sheffield Hi-Tech Refractories» (Германия) и т. д. В Индии организует производство «Seven Refractories» (Германия) — «Seven Refractories Asia», учреждают торговые представительства китайская «China's Pohang Refractories», южнокорейская «Chosun Refractories», VGH (Германия) и др. Мировые практики организации структур по продаже и сервису также внедряются. В частности, сервис развивает «Orient Refractories», которую контролирует RHI. Индия уже на 75 % обеспечивает себя отечественными огнеупорами, имея достаточно ограниченную изначально и ресурсную, и производственную базу.

6. НОВОЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРОВ В РОССИИ

В условиях жесткой конкурентной борьбы на рынке ЕАЭС российские производители огнеупоров не стоят на месте.

Представляется естественным дальнейшее развитие производства оксидоуглеродистых огнеупоров в Группе Магнезит с использованием собственного значительного сырьевого и технологического потенциала. Нарастают мощности с вводом в эксплуатацию нового оборудования (печные агрегаты, прессы, смесители), что позволяет не только увеличить объем производства, но и повысить качество и расширить ассортимент производимой продукции. В первую очередь это касается дальнейшего расширения производства плавного периклаза (96–98 % MgO) и оксидоуглеродистых огнеупоров для футеровки конвертеров, ДСП и сталеразливочных ковшей. Группа Магнезит в последние годы эффективно осуществляет поставку

высокомагнезиальных флюсов (в ассортименте более 50 марок для различных условий эксплуатации на различных агрегатах); расширяется присутствие Группы на рынке огнеупоров для циркуляционных вакууматоров. В настоящее время большая часть поставок огнеупоров на основе плавленной шпинели ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) на ММК и РУП БМЗ осуществляется с Саткинской производственной площадки; освоено производство корундовых легко-весных изделий с наполнителем из сфериокорунда с температурой службы до 1700°C ; освоено производство хромитопериклазовых огнеупоров с повышенным содержанием оксида хрома, показавших высокий результат в вельц-печах производства оксида цинка пиро-литическим способом и т. д.

▲ Алитер-Акси совместно с Группой Магнезит, а также с Кералитом и Боровичский комбинат огнеупоров успешно освоили производство корундосодержащих и иных огнеупорных неформованных материалов, в том числе для днищ сталеразливочных ковшей. Продукция этих предприятий успешно замещает импортные корундопериклазовые бетоны в днищах сталеразливочных ковшей в электросталеплавильных и конвертерных цехах. Динур осваивает производство цирконистых стаканов-дозаторов для сортовых МНЛЗ; первые партии уже отгружены потребителям.

▲ Богдановичское ОАО «Огнеупоры» освоило производство легко-весных изделий с температурой применения до 1500°C , плотностью от 0,6 до 1,3 г/см³ и теплопроводностью 0,30–0,65 Вт/(м·К), а также производит алюмосодержащие флюсы. Расширяется ассортимент неформованных огнеупоров: бетонов как теплоизоляционных, так и плотных, торкрет-масс, изделий из огнеупорных бетонов. Организовано производство футерованных бетоном крышек промежуточных ковшей МНЛЗ.

▲ Боровичский комбинат огнеупоров проводит успешные испытания продукции под брендом Borcast в футеровке крышек-крытый желобов и шлаковых желобов в доменном производстве, длинномерных монолитных форм для доводки металла в сталераз-



Рис. 7. Высокоглиноземистое изделие SU-формата для арматурного слоя футеровки сталеразливочных ковшей

ливочных ковшах, бетонов для арматурной футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ. Освоено производство ковшевых изделий SU-формата для как арматурного (рис. 7), так и рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей.

▲ Сухоложский огнеупорный завод в дополнение к расширению производственной линейки теплоизоляционных материалов, в первую очередь на основе волокна с температурой применения до 1450°C , организовал производство шамотных изделий для чугуно-возных ковшей и высокоглиноземистых изделий марок МКРС-45 и МЛС-62, а также легко-весных марки МЛТ-1,3 с рекомендуемой температурой применения до 1550°C и огнеупорных сухих смесей марок БОСС-FLOW-MgO-1 и БОСС-FLOW-MgO.

▲ Вслед за организацией производства микросилики (>96 % SiO_2) на НТЦ «Эверест» (г. Липецк) освоено производство золы рисовой шелухи для теплоизоляции мениска расплава металла с перспективой развития до 2 тыс. т этого материала в год.

Расширяется круг производителей высокомагнезиальных флюсов, в том числе с использованием брусита [63, 64], и алюминийсодержащих [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Развитие технологий в производстве огнеупорных материалов традиционно следует за развитием технологий в отраслях, потребляющих эту продукцию.
2. Все тенденции в развитии огнеупорной промышленности, прису-

щие огнеупорной отрасли в мире, так или иначе имеют место в российской огнеупорной отрасли.

3. 19-й съезд Компартии Китая, который завершился 24 октября 2017 г., определил стратегию развития КНР на ближайшие годы, в том числе поставлена задача укрупнения и укрепления китайских госкорпораций. Не исключено, что добыча и переработка сырьевых материалов, используемых в производстве огнеупоров, будет сконцентрирована под государственным управлением.

4. Китай продолжает сохранять доминирующее положение как производитель сырьевых материалов для производства огнеупорной продукции и огнеупорных материалов, в первую очередь для металлургии. В 2017 г. реально увеличение цены на сырьевые материалы для производства огнеупоров на 50–250 % с соответствующим ростом цены на конечную продукцию (изделия, неформованные огнеупоры).

5. Изменение цен на сырье, используемое в производстве огнеупорных материалов, изменение цен на огнеупорные материалы вообще носит долговременный и прогрессирующий характер, по меньшей мере в 2017–2018 гг. Есть вероятность, что процесс продолжится и в последующие годы.

6. Увеличивается конкуренция между производителями огнеупорных материалов в мире, в том числе и в России, как части глобального рынка огнеупоров. Это способствует давлению потребителей в вопросах цены и одновременно вынуждает производителей огнеупоров искать экономичные

решения повышения качества огнеупоров, стойкости футеровки.

7. В черной металлургии затраты на огнеупоры составляют 2–3 % в себестоимости продукции. Рост этих затрат на 50 и даже на 100 %, что, конечно, неприятно, не должен стать глобальной проблемой, так как российские металлурги сейчас имеют высокую рентабельность (20 % и более по EBITDA). Можно ожидать, что все потребители огнеупоров пострадают в равной мере и на конкурентном рынке значительное удорожание огнеупорных материалов не даст кому-либо преимуществ.

8. Рост цен на огнеупоры провоцирует стремление к интенсивной оптимизации использования огнеупорных материалов, футеровки. Сле-

дует ожидать расширения применения огнеупорных бетонов, а также, возможно, и доломитовых (известковопериклазовых) огнеупоров в футеровке сталеразливочных ковшей.

9. Потребитель должен более тщательно с экономической точки зрения, в том числе оптимизируя комплекс мероприятий, влияющих на общую стоимость владения огнеупорными материалами (ТСО), подходить к определению требований к стойкости футеровки, к использованию ультравысококачественных огнеупоров и к оценке роли ухода за футеровкой в процессе ее эксплуатации.

10. При этом снижение доли затрат на огнеупоры в себестоимости конечной продукции за счет использования

более качественных огнеупорных материалов, эффективного инжиниринга, оптимальных технических решений и специальных мер в период эксплуатации тепловых, металлургических агрегатов остается важнейшей задачей потребителя.

11. Усиливается внимание к роли огнеупоров в производстве «чистой стали».

12. Необходимо перейти к оценке результатов службы огнеупоров в тепловых агрегатах в режиме онлайн с использованием искусственного интеллекта — управлять экономически эффективной корректировкой технологических процессов, происходящих в металлургических агрегатах, и осуществлять в этот период уход за их футеровкой.

Библиографический список

36. Critical raw materials for the EU. Report of the ad-hoc working group on defining critical raw materials. EU-Comission, DC Enterprise and Industry, Brussels, 2010K.

37. **Аксельрод, Л. М.** Роль огнеупоров в производстве «чистой стали» / Л. М. Аксельрод, И. В. Кушнерев // Сб. тр. XIV Международного конгресса сталеплавыльщиков, г. Электросталь, 17–21 октября 2016 г. — С. 36–47.

38. **Baaske, A.** Refractory raw materials-developments, trends, availability / A. Baaske, R. Dubers, I. Fandrich // Refractories Worldforum. — 2012. — Vol. 4, № 1. — P. 27–34.

39. By IM Staff/(<http://www.indmin.com/Article/3580038/Issue/965951/Chinese-magnesia-and-refractories-The-new-normal/html>)

40. <http://www.indmin.com/Article/3656806/Issue/97347/China-magnesia-and-refractories-The-new-normal/html>

41. **Flook, R.** Chinese magnesite and refractories — the new normal / R. Flook, I. Wilson // Industrial Minerals. — 2016. — September. — P. 49–55.

42. Roskill information service enquiries@roskill.com; Roskill Weekly Round-up, 24.08.2016.

43. <http://www.indmin.com/Article/35390531/Issue/95808/Magnesia-A-Sino-Soviet-split.html> (дата обращения: 19.03.2017).

44. www.indmin.com/Article/3656806/Issue/97347/China-revises-minerals-export-tariffs-in2017.html (дата обращения: 09.03.2017).

45. <http://www.indmin.com/Article/367344/Issue/97667/Prices-April-2017.html> (дата обращения: 03.04.2017).

46. <http://www.indmin.com/Article/3712671/Issue/97781/Chinas-refractory-customers-show-strength-in-2016-but-refractories-output-falls.html> (дата обращения: 05.05.2017).

47. <http://www.indmin.com/Article/3579424/Issue/96595/Chinas-refractories-market-Managed-decline.html> (дата обращения: 09.03.2017).

48. <http://www.indmin.com/Article/3669503/Issue/97413/IM-in-Liaoning-Chinas-magnesia-supply-set-to-remain-tight-until-H2.html> (дата обращения: 18.03.2017).

49. <http://www.indmin.com/Article/3720496/Issue/97913/Chinese-magnesia-industry-must-meet-new-standards-or-face-shutdown.html> (дата обращения: 14.05.2017).

50. <http://www.indmin.com/Article/367344/Issue/97667/Prices-May-2017.html> (дата обращения: 11.05.2017).

51. <http://www.indmin.com/Article/3711749/Issue/97781/IM-Prices-May-2017.html> (дата обращения: 20.05.2017).

52. <http://www.indmin.com/Article/367344/Issue/97667/Prices-May-2017.html> (дата обращения: 11.05.2017).

53. <http://www.indmin.com/Article/3730175/Issue/98111/Prices.html> (дата обращения: 13.07.2017).

54. <http://www.indmin.com/Article/3571034/Issue/96428/Price-analysis-Graphite-and-barite.html> (дата обращения: 09.03.2017).

55. <http://www.indmin.com/Article/3758163/Chinese-fused-magnesia-prices-extend-rally-after-holidays.html> (дата обращения: 03.11.2017).

56. <http://www.indmin.com/Article/3725657/Issue/98011/Chinese-bauxite-spot-prices-rocket-higher.html> (дата обращения: 28.06.2017).

57. <http://www.refractories-worldforum.com/global-news/729-steel-industry-and-china.html> (дата обращения: 09.06.2013).

58. **Jie-Hua, Liu.** Problems in China's refractories industry and future sustainable development / Liu Jie-Hua // Ibid. — 2011. — Vol. 3, № 1. — P. 37–40.

59. **Пен, Ч.** Обоснование выбора и разработка альтернативных огнеупоров для установок вакуумирования RH в Китае / Ч. Пен, Т. В. Ярушина // Новые огнеупоры. — 2015. — № 4. — С. 3–5.

60. **Li, H.** Development and application of chrom-free refractory material for RH degasser / H. Li, J. Liu, H. Feng, L. Zhang // China's Refractories. — 2016. — Vol. 23, № 4. — P. 1–5.

61. **Peizhong, Yan.** Research on continuous casting tundish / Peizhong Yan, Ning Tang, Yixing Ye // China's Refractories. — 2012. — № 1. — P. 26–30.

62. www.china-refractories.com (дата обращения: 09.03.2017).

63. **Возчиков, А. П.** Применение высокомагнезильного флюса «Флюмаг» в сталеплавильном производстве / А. П. Возчиков, К. Н. Демидов, Т. В. Борисова [и др.] // Сталь. — 2017. — № 4. — С. 16–20.

64. **Зуев, М. В.** Комплекс технологических и технических решений снижения энерго- и материалоемкости процесса выплавки стального продукта в современных ДСП / М. В. Зуев, А. А. Бабенко, С. П. Бурмасов [и др.] // Металлург. — 2014. — № 7. — С. 45–49. ■

Получено 07.11.17

© Л. М. Аксельрод, 2017 г.