

Д. ф.-м. н. **А. Н. Смирнов**¹, **М. Ю. Турчин**² (✉), к. т. н. **Р. Н. Абдрахманов**¹

¹ ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

УДК 669.721

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕЗИАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ МАГНЕЗИИ

Рассмотрены возможности термомеханического способа обогащения магнезильного сырья для удаления примесных компонентов из саткинского магнезита. Показано, что обжиг магнезита в интервале 680–750 °С и его последующее разрушение (стирание) при определенных механических нагрузках дают возможность повысить почти на 10 % (на прокаленное вещество) содержание MgO во фракции мельче 0,5 мм. Установлено, что при обжиге магнезита в неподвижном слое пылевывос минимален и не превышает 1,5 % при изменении толщины обжигаемого слоя в 10 раз (от 20 до 200 мм).

Ключевые слова: саткинский магнезит, магнезия, термомеханическое обогащение, пылевывос, продолжительность обжига, фракционный состав, огнеупорные изделия.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущие требования к качеству производимой стали заставляют металлургов внедрять новые технологии производства, которые, как правило, влекут за собой увеличение нагрузки на металлургические агрегаты. Вследствие этого возрастают требования и к огнеупорным изделиям, которые должны обладать повышенной стойкостью и обеспечить большую продолжительность кампании металлургического агрегата без ремонта. Чтобы выполнить эти требования и составить достойную конкуренцию другим производителям, необходимо непрерывно работать над повышением качества огнеупорной продукции.

Известно, что чем меньше содержание примесных компонентов в огнеупорных изделиях, в первую очередь CaO и SiO₂, тем выше технологические свойства огнеупоров. Тем не менее, утверждается [1], что при содержании в плавленном периклазе MgO более 97,5 % качество огнеупоров, в частности их стойкость, практически не зависит от содержания и соотношения в них примесных компонентов. Таким образом, даже если и существует «пограничное» содержание MgO в плавленном периклазе (>97,5 % [1]), когда примеси практически можно не принимать во внимание, качество обожженного магнезита, идущего на изготовление огнеупоров, тем выше, чем ниже содержание в нем нежелательных

компонентов (и, следовательно, выше содержание MgO). Одним из способов повышения содержания MgO в обожженном магнезите является термомеханическое обогащение [2]. В настоящей статье представлены основные результаты применения термомеханического обогащения для удаления примесных компонентов из саткинского магнезита.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исходный сырой магнезит неоднороден по фазовому составу и состоит в основном из магнезита с примесями доломита, кальцита, кварцита и других включений [2]. Различие в плотности, твердости у этих основных исходных составляющих сырого магнезита невелики, а температура диссоциации (декарбонизации) существенно различается. Термографические исследования сырого магнезита показали, что разложение содержащегося в нем карбоната магния происходит в интервале 630–680 °С (рис. 1). Примесные минералы, прежде всего доломит и кальцит, разлагаются выше 750 °С. Поэтому если проводить обжиг сырого магнезита при 680–750 °С, то практически полностью разлагается только магнезит. Материал после обжига в этом температурном интервале состоит в основном из MgO, который представляет собой пористое тело, легко разрушаемое (стираемое) при небольших механических нагрузках, а остальные его составляющие практически не разлагаются и не изменяют свои свойства, в первую очередь твердость, размеры, плотность. По этой причине состав различных фракций обожженного



М. Ю. Турчин
E-mail: mturchin@magnezit.com

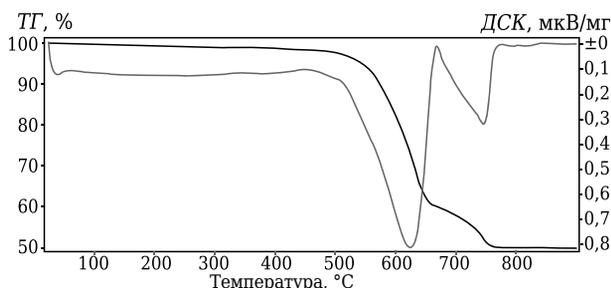


Рис. 1. Термогравиметрическая кривая (ТГ) и кривая дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) непрерывного нагрева магнезита со скоростью 5 °/мин: первый пик — разложение магнезита; второй пик — доломит

материала после истирания при определенных механических нагрузках будет различаться: крупные фракции будут содержать больше примесных компонентов по сравнению с мелкими.

Обжиг сырого магнезита, в лабораторных условиях проводили в печи с косвенным нагревом, что позволяет легко задавать и контролировать температуру разложения в рамках очень узкого диапазона. При температуре в печи ниже 680 °С разложение магнезита протекает медленно, и поэтому технологически неприемлемо. При 680–750 °С скорость разложения магнезита удовлетворительна, при этом остальные составляющие, в первую очередь доломит, практически не подвержены разложению. Кроме того, обжиг в печи косвенного нагрева сводит к минимуму пылеунос обжигаемого материала, так как газовый поток в этом случае формируется только газами, образующимися при диссоциации сырого магнезита (в основном CO_2). Слой обжигаемого сырого магнезита небольшой толщины практически не препятствует удалению CO_2 , что в сочетании с отсутствием истирания обжигаемого материала (слой неподвижен) приводит к отсутствию пылевыноса, увеличивает выход годного продукта и снижает энергозатраты на улавливание пыли. При обжиге магнезита во вращающихся печах величина пылевыноса составляет десятки процентов от массы обожженного материала [2].

Таким образом, процесс термомеханического способа обогащения магнезита, реализованного авторами настоящей статьи, представлял собой селективное разрушение магнезита при его обжиге при 680–750 °С и последующем разрушении (истирании) при определенных механических нагрузках. Реализация способа термомеханического обогащения магнезита была проведена в лабораторных условиях при его обжиге в электрической печи кос-

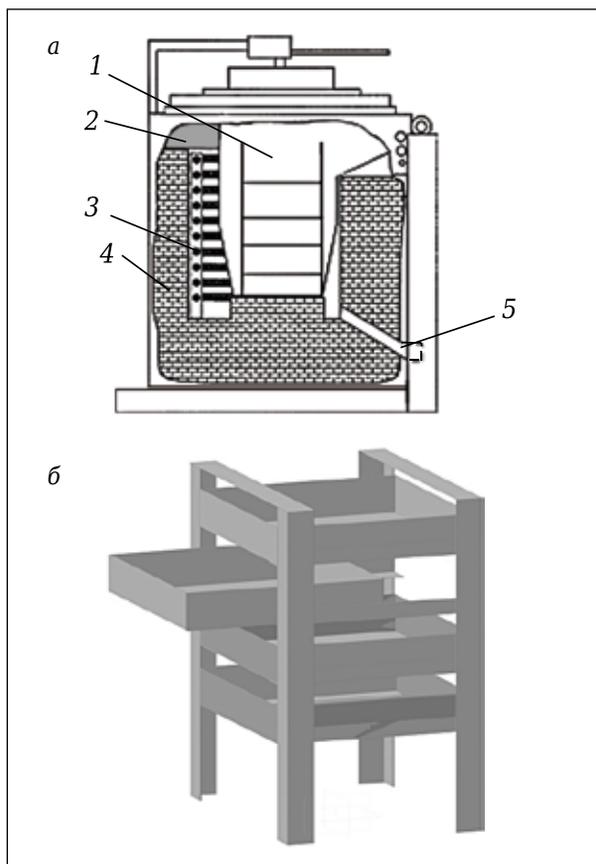


Рис. 2. Электрическая печь косвенного нагрева (а) и агрегат для обжига (б): 1 — агрегат для обжига; 2 — верхняя теплоизоляция печи; 3 — нагреватели; 4 — футеровка; 5 — аварийный слив

венного нагрева с агрегатом для обжига (рис. 2 [3, 4]), и дальнейшем рассеве на соответствующих грохотах до постоянной массовой доли каждой фракции. По сути, грохочение являлось механическим обогащением магнезита.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены экспериментальные данные по термомеханическому обогащению магнезитов Саткинского месторождения. Обжигу подвергали сырье фракции мельче 20 мм без

Таблица 1. Состав сырого саткинского магнезита и продукта его термомеханического обогащения

Фракция, мм	Массовая доля фракции, %	Массовая доля, % (в знаменателе на прокаленное вещество)					$\Delta m_{\text{прк}}$
		MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	
<i>Сырой магнезит</i>							
<40	–	43,70/85,35	0,50	3,07	2,96	0,96	48,8
<i>Магнезит после обогащения</i>							
>2	26,90	61,0/68,9	1,0/1,1	11,5/13,1	12,9/14,6	1,80/2,00	11,5
2–1	9,33	73,7/79,3	0,91/0,98	7,55/8,20	8,54/8,90	1,95/2,10	7,05
1–0,8	9,96	83,4/86,6	0,65/0,67	5,2/5,4	4,4/4,6	2,60/2,70	3,7
0,8–0,5	6,90	89,5/91,4	0,60/0,61	3,7/3,8	2,4/2,5	1,67/1,71	2,1
0,5–0,1	24,86	92,1/93,8	0,40/0,41	2,2/2,3	2,2/2,2	1,25/1,25	1,8
<0,1	22,02	93,8/95,1	0,30/0,30	1,5/1,5	1,7/1,7	1,30/1,30	1,4

предварительного обогащения при температуре в зоне обжига печи 750 °С. Как видно из табл. 1, основное количество примесей сосредоточено во фракции крупнее 1 мм; соответственно в них же пониженное содержание MgO. Во фракции мельче 0,5 мм, на долю которой приходится около 50 %, содержание MgO превышает 93 %.

Как отмечалось ранее, обжиг сырого магнетита небольшой толщины в сочетании с отсутствием истирания обжигаемого материала (слой неподвижен) приводит к отсутствию пылевыноса, увеличивает выход годного продукта и снижает энергозатраты на улавливания пыли. В табл. 2 приведены результаты экспериментов по определению величины пылевыноса и продолжительности обжига, необходимого для достижения одинаковой степени разложения, при обжиге магнетита фракции мельче 20 мм в неподвижном слое и его различной толщине. Полные $\Delta m_{\text{прк}}$ материала составляли 50,5 %. Продолжительность обжига магнетита определяли по времени, за которое $\Delta m_{\text{прк}}$ обожженного материала составляли $(2 \pm 0,5) \%$. Из табл. 2 следует, что при обжиге магнетита в неподвижном слое пылевынос минимален и не превышает 1,5 % при изменении толщины обжигаемого слоя в 10 раз (от 20 до 200 мм). Однако продолжительность обжига возрастает существенно быстрее, чем толщина обжигаемого слоя, и при этом также увеличивается $\Delta m_{\text{прк}}$. Поэтому при обжиге магнетита в неподвижном слое и фиксированном значении $\Delta m_{\text{прк}}$ толщина слоя магнетита не более 60 мм.

В табл. 3 приведены экспериментальные данные по продолжительности обжига сырого магнетита при различных температурах печи для слоя толщиной 40 мм. Содержание MgO и CaO в обожженном магнетите приведено для фракции мельче 0,5 мм (см. табл. 1), на долю которой приходится около 50 % общей массы обожженного материала. Как следует из табл. 3, ниже 680 °С существенно возрастают продолжительность обжига и потери при прокаливании, что технологически неприемлемо. Выше 750 °С продолжительность обжига минимальна, но заметно возрастает содержание CaO за счет разложения, в первую

Библиографический список

1. Аксельрод, Л. М. Совершенствование методов определения размеров кристаллов плавного периклаза / Л. М. Аксельрод, И. Г. Маряев, А. А. Платонов, Д. Р. Мельникова // Новые огнеупоры. — 2014. — № 11. — С. 50–55.
2. Пат. 2077519 Российская Федерация, С04В35/04. Способ получения периклазовых порошков / Гапонов Я. Г., Загнайко В. В., Коптелов В. Н., Дмитриенко Ю. А., Утробин В. Н., Лузин А. Г., Половинкина Р. С.; заявитель и патентообладатель АО по производству огнеупоров «Магnezит». — № 93043802/03; заявл. 07.09.93; опубл. 20.04.97.

Таблица 2. Зависимость пылевыноса и продолжительности обжига магнетита от толщины его обжигаемого слоя

Толщина слоя магнетита, мм	$\Delta m_{\text{прк}}^*$, %	Длительность обжига, мин	Пылевынос*, %
20	1,7	65	0,5
40	1,9	90	0,7
50	2,0	105	0,6
60	2,1	140	0,8
100	2,2	250	1,1
200	2,5	570	1,5

* Среднее значение по четырем подам агрегата для обжига.

Таблица 3. Продолжительность обжига и содержание MgO и CaO в магнетите, обожженном при различных температурах

Температура, °С	Продолжительность обжига, мин	$\Delta m_{\text{прк}}$, %	Содержание, % (на прокаленное вещество)	
			MgO	CaO
660	420	5,70	94,20	1,75
680	270	2,90	94,00	1,78
720	180	2,10	94,10	1,80
750	90	1,61	93,95	1,96
800	60	0,95	92,10	3,80

очередь доломита, что отрицательно сказывается на качестве обожженного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализация способа термомеханического обогащения магнетита позволяет повысить почти на 10 % (на прокаленное вещество) содержание MgO во фракции мельче 0,5 мм, на долю которой приходится около 50 % общей массы обожженного материала. Установлено, что при обжиге магнетита в неподвижном слое пылевынос минимален и не превышает 1,5 % при изменении толщины обжигаемого слоя в 10 раз (от 20 до 200 мм).

Авторы настоящей статьи полагают, что реализованные в лабораторных условиях принципы могут быть использованы для термомеханического обогащения фракции сырого магнетита фракции мельче 8 мм, для которой обогащение в тяжелых суспензиях невозможно.

3. Клочковский, С. П. Разработка физико-химических основ комплексного использования высокомагнетизальных сидеритов / С. П. Клочковский, А. Н. Смирнов, И. А. Савченко // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. — 2015. — № 1. — С. 26–31.
4. Смирнов, А. Н. Селективное извлечение оксида магния из высокомагнетизальных сидеритов Бакальского рудного поля / А. Н. Смирнов, М. Ю. Турчин, И. А. Савченко, А. П. Лантев // Новые огнеупоры. — 2015. — № 8. — С. 13–16. ■

Получено 21.01.16
© А. Н. Смирнов, М. Ю. Турчин,
Р. Н. Абдрахманов, 2016 г.