

технология позволит успешно решать и другие металлургические задачи, обеспечивая получение высококачественных сплавов.

Список литературы

1. Гарост А.И. Оптимизация составов и технологии выплавки износостойких чугунов // *Литье и металлургия*. – 2004. – № 2. – С. 25–31.
2. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. – М.: Металлургия, 1986.
3. Соболев В.Ф., Андрианов Н.В., Чичко А.А. Расчет процессов растворения порошка углерода в железоуглеродистых расплавах // *Литье и металлургия*. – 2004. – № 4. – С. 72–75.
4. Чичко А.Н., Андрианов Н.В., Терлецкий С.В. Моделирование процесса растворения порошковых углеродсодержащих материалов различного фракционного состава в расплаве под действием аргона // *Литье и металлургия*. – 2004. – № 4. – С. 67–71.

И.А.Левицкий, Ю.Г.Павлюкевич, Ю.А.Климош

Белорусский государственный технологический университет, Минск К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ХВОСТОВ» ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты комплексного исследования отходов обогащения железных руд, установлена перспективность их использования для получения стеновых керамических материалов, плиток для внутренней облицовки стен, плотнospекшихся изделий хозяйственного назначения.

Анализ литературных данных, как отечественных, так и зарубежных, позволяет отметить, что одним из приоритетных путей развития керамической промышленности при получении изделий различного назначения является переход на нетрадиционные сырьевые материалы, а также вовлечение в производство различных промышленных отходов. В настоящее время в Республике Беларусь этот вопрос является весьма актуальным в связи с острой необходимостью рационального использования природных и топливно-энергетических ресурсов, а также невысокой степенью утилизации отходов и постоянно растущим их накоплением. Кроме того, в Беларуси многие виды традиционного минерального сырья промышленности строительных материалов имеют ограниченные запасы или же представлены низкосортными полезными ископаемыми. Возможность использования в составе керамических масс различных отходов промышленности и нетрадиционного сырья исследовалась неоднократно, и в ряде случаев получены положительные результаты при рациональном сочетании компонентов керамических масс и правильно подобранных технологических режимах синтеза.

Изучение возможности использования отходов обогащения железных руд в производстве стеновых керамических материалов, плиток для внутренней облицовки стен, плотноспекшихся изделий хозяйственного назначения.

Околовское железорудное месторождение расположено в Столбцовском районе Минской области. Продуктивные (железорудные) породы имеют мощность от 30 до 120 м и составляют примерно 28–35% от общего объема пород [1, 2]. Продуктами обогащения природных железосодержащих кварцитов Околовского месторождения являются два вида отходов: «хвосты» сухой и мокрой магнитной сепарации (здесь и далее по тексту ХСМС и ХММС – «хвосты» сухой и мокрой магнитной сепарации соответственно). Химический состав указанных отходов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав отходов обогащения железных руд

Типы сырья	Химический состав, 5 (приведено массовое содержание)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ппп
ХСМС	55,95–	6,18–	2,41–	14,72–	0,25–	6,34–	4,28–	0,30–	0,83–	0,69–	1,21–
	61,05	6,33	3,99	18,22	0,4	7,12	5,12	0,36	1,1	0,86	1,98
ХММС	49,97–	6,04–	7,35–	15,26–	0,21–	6,44–	4,04–	0,40–	0,96–	0,84–	2,11–
	53,09	7,0	10,0	18,94	0,34	7,4	4,58	0,5	1,2	0,88	2,64

Согласно ситовому анализу отходов основная доля частиц, составляющая 42,6–81,3%, имеет крупность менее 0,071 мм. На долю частиц крупнее 1,0 мм приходится не более 2,2%.

Многопозиционная термическая обработка проб сырья показала, что температуры плавления «хвостов» сухой и мокрой магнитной сепарации составляют 1170–1230°C и 1130–1170°C соответственно. Более низкая температура плавления отходов мокрого обогащения железистых кварцитов, вероятно, вызвана повышенным содержанием в их составе Fe₂O₃, который, как известно, способствует снижению температуры плавления пород.

Согласно данным дифференциально-термического анализа, приведенным на рис. 1, на термограммах обеих проб сырья отмечаются неинтенсивные термические эффекты. Первый экзотермический эффект с максимумом при 450–455°C, вероятно, обусловлен частичным окислением Fe₂+ [3]. Наличие двух эндотермических эффектов с минимумами при 540–550° и 720–740°C, вероятно, обусловлены удалением основной части структурной и конституционной воды.

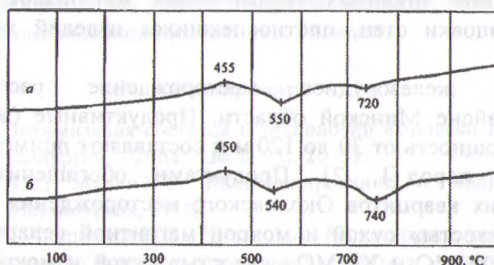


Рис. 1. Термограммы отходов сухого (а) и мокрого (б) обогащения железистых кварцитов

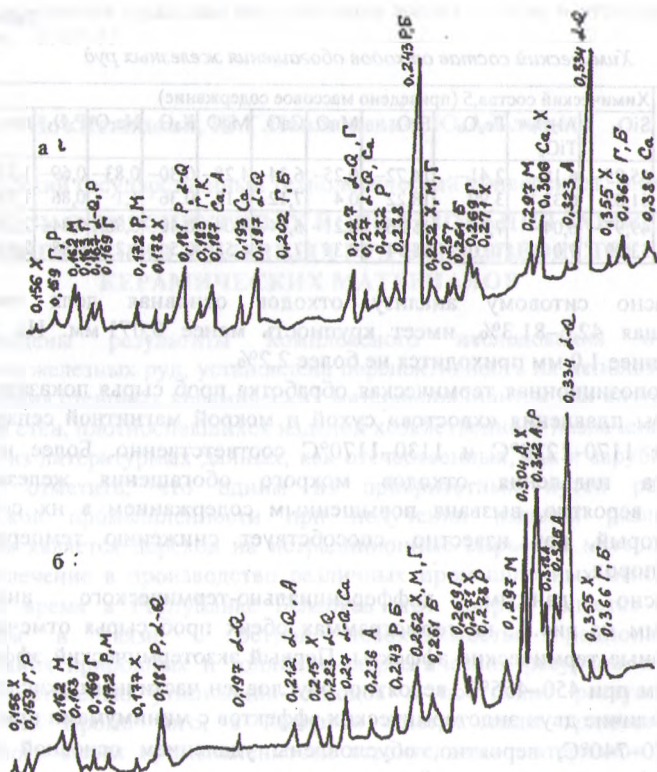


Рис. 2. Рентгенограммы отходов сухого (а) и мокрого (б) обогащения железистых кварцитов: α-Q – α-кварц; Γ – гематит; Б – биотит; Са – кальцит; А – анортит; М – магнетит; Х – минералы группы хлорита; Р – минералы группы роговой обманки

Минеральный состав ХСМС представлен кварцем, минералами группы роговой обманки, магнетитом, минералами группы хлорита и гематитом (рис. 2). Присутствуют также в незначительных количествах анортит, кальцит и биотит. Минеральный состав ХММС представлен теми же кристаллическими фазами, однако интенсивность дифракционных максимумов анортита и кварца выше таковых для проб сухой сепарации.

Анализ инфракрасных спектров поглощения показал, что их характер для обеих проб исследуемого сырья аналогичен [4].

Проведенное комплексное исследование отходов сухого и мокрого обогащения железистых кварцитов показало, что благодаря наличию значительных количеств оксидов железа и кремния они несомненно представляют интерес как флюсующий и отошающий компонент керамических масс. Кроме того, особенности состава данного сырья обуславливают специфическое поведение его при обжиге и отличия в структуре и свойствах керамического материала, полученного на его основе. Так, повышенное содержание в отходах оксидов FeO и Fe_2O_3 (17,3–28,94%) при одновременном незначительном содержании оксидов щелочных металлов (1,2–1,6%) позволяет регулировать количество и реакционную способность образующегося при термообработке расплава при дополнительном введении небольших количеств добавок-плавней.

Изучение влияния исследуемого сырья на технологические свойства керамических масс для получения стеновых материалов показало перспективность и целесообразность его использования в производстве керамического кирпича. В качестве аналога для оценки полученных результатов использовали состав кирпичной массы Минского завода строительных материалов (МЗСМ). Синтез керамических материалов осуществляли методом пластического формования по технологическим режимам, моделирующим производственный процесс МЗСМ. В ходе экспериментальных исследований установлено, что отходы от магнитной сепарации железных руд оказывают более интенсивное пластифицирующее действие по сравнению с используемыми на предприятии гранитными отсевами, что выражается в повышении числа пластичности с 16 до 20 и снижении формовочной влажности с 18% до 14–16% при сохранении требуемых формовочных свойств. Использование исследуемого сырья ускоряет процесс сушки как за счет более низкой формовочной влажности масс, так и за счет того, что исследуемые добавки более интенсивно отдают воду в процессе сушки вследствие значительно меньшей водоудерживающей способности. Все исследованные нами керамические массы имели меньшую воздушную и общую усадку. Таким образом, на основании проведенных исследований подобраны оптимальные количества отходов обогащения железных руд, их рациональное сочетание с легкоплавкими глинами (80:20%) и технологические режимы синтеза керамических материалов. Эксплуатационные свойства полученных материалов, обожженных в температурном интервале 1000–1050°C,

находятся в следующих пределах: водопоглощение 7,7–13,3%; кажущаяся плотность 2130–2190 кг/м³, предел прочности при сжатии составляет 43–63 МПа. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при использовании исследуемых сырьевых материалов в производстве стеновых керамических материалов возможно получение изделий высокой марки по механической прочности (М–200, М–250 по СТБ 1160–99).

Составы керамических масс и технологические режимы получения плотноспекшихся изделий хозяйственного назначения (водопоглощение менее 5%) моделировали с учетом режимов производства этих изделий на ОАО «Белхудожкерамика» (г.п. Радошковичи). Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что получение качественных плотноспекшихся изделий с использованием отходов мокрого и сухого магнитного обогащения железистых кварцитов вместо нефелин-полевошпатового концентрата возможно только в комбинации со стеклогранулятом при температуре обжига 1050°C. Сочетание в оптимальных соотношениях исследуемого сырья со стеклогранулятом позволяет значительно интенсифицировать спекание, снизить водопоглощение масс, а также исключает необходимость использования отощителя – огнеупорного шамота – без ухудшения показателей свойств. Использование отходов обогащения железистых кварцитов индивидуально в качестве флюсующего компонента малоэффективно.

С использованием в составах масс исследуемых отходов в сочетании со стеклогранулятом при температуре обжига 1050°C получены водонепроницаемые материалы с водопоглощением 2,23–4,9%, общей усадкой 8,8–10,8%, кажущейся плотностью 2064–2357 кг/м³. Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) образцов находится в пределах $(61,2–67,14) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, термостойкость составляет до 25 теплосмен, механическая прочность при сжатии – до 78 МПа.

Минеральный состав образцов на основе продуктов обогащения железных руд, обожженных при температурах 950–1050°C, представлен главным образом α -кварцем, анортитом, гематитом и эгирином.

Следующим этапом работы являлось исследование возможности использования изучаемых отходов в составах керамических масс для получения плитки для внутренней облицовки стен. Как известно, в соответствии с требованиями СТБ 1354–2002 физико-химические свойства плиток для облицовки стен должны находиться в следующих пределах: водопоглощение не более 16%, предел прочности при изгибе не менее 15 МПа, термическая стойкость глазури 125–150°C.

Анализ результатов определения водопоглощения опытных образцов, обожженных в интервале температур 1000–1100°C, показывает, что повышение температуры обжига до 1100°C способствует значительному повышению степени спекания образцов, обеспечивая водопоглощение в пределах 3,2–5,9%. Полученные показатели водопоглощения для облицовочной плитки являются нежелательно низкими, так как не

обеспечат прочного сцепления с раствором при облицовке стен. В этой связи в качестве оптимальной рекомендована температура обжига изделий 1050°C, которая позволяет получать материалы с водопоглощением 14–16%, пределом прочности при изгибе 17–23 МПа. ТКЛР керамического черепка составляет $(59,8-63,4) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Фазовый состав образцов плиток представлен α -кварцем, анортитом и гематитом.

На основании проведенных исследований установлена перспективность и эффективность использования отходов магнитной сепарации железных руд Околовского месторождения в составах керамических масс для получения ряда керамических материалов с характеристиками, отвечающими требованиям нормативно-технической документации. Установлены оптимальные количества отходов, технологические режимы синтеза материалов. «Хвосты» обогащения железных руд могут применяться в следующих количествах: для производства стеновых керамических материалов – 10–20%, в составе масс для плиток внутренней облицовки стен – 8%, а в качестве флюсующего компонента в майоликовых и плотнospекшихся керамических массах низкотемпературного обжига – до 20%.

Обозначения. ХСМС и ХММС – «хвосты» сухой и мокрой магнитной сепарации соответственно; МЗСМ – Минский завод строительных материалов; ТКЛР – температурный коэффициент линейного расширения.

Список литературы

1. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Ред. кол.: П.З. Фомич и др. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – С. 216–221.
2. Химический состав породообразующих минералов кристаллического фундамента Беларуси / А.А.Архипова, И.В.Найденков, В.Е.Островский и др. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 1997. – С. 35.
3. Термический анализ минералов и горных пород / В.П. Иванова, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.Л. Розина. – Л.: Недра, 1974. – С. 119.
4. Комплексное исследование продуктов обогащения железных руд для получения силикатных материалов / И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева, Ю.Г. Павлюкевич, Ю.А. Климош // Стекло и керамика. – № 12. – 2004. – С. 20–22.

¹А.Ф.Ильюшенко, С.Г.Барай, А.А.Шевченко, В.М.Колешко, А.В.Гулай

¹Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск;
Белорусский национальный технический университет, Минск

РАСПЫЛЯЕМЫЕ МИШЕНИ ИЗ ОТХОДОВ ОКСИДА ИНДИЯ – ОЛОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК

Широкий диапазон применяемых в тонкопленочной технологии материалов (оксидов, металлов, боридов, нитридов, фторидов и др.) и их количество, заставляют специалистов и технологов искать как новые