

И.А. Левицкий, Ю.Г. Павлюкевич, Л.Ф. Папко
С.Е. Баранцева, Ю.А. Климон
(БГТУ, г. Минск)

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

В Республике Беларусь разведано Околовское месторождение железных руд, расположенное в Столбцовском районе. Основная рудная порода представлена магнетит-амфиболитовыми кварцитами и требует обогащения. По оценкам геологов выход железорудного сырья составляет 16-25 %. Остальная порода не пригодна для металлизации и представлена после технологической обработки амфиболитовыми концентратами и "хвостами" от магнитной сепарации железных руд, минеральный состав которых приведен в таблице.

Таблица — Минеральный состав железных руд и продуктов обогащения

Порода	Минеральный состав пород, мас. %					
	магнетит	гематит	силикаты	карбонаты	кварц	алаты
Железные руды	15,2-23,3	0,61-2,81	46,03-55,9	1,27-1,56	20,2-25	0,36-0,4
Амфиболитовый концентрат	1,37-2,02	—	73,78-80,3	1,11-1,32	16,5-22,8	0,21-0,2
"Хвосты" от магнитной сепарации	1,05-1,2	0,66-2,39	53,86-58,74	1,92-2,27	34,6-41,4	0,57-0,7

Химический состав продуктов обогащения железных руд включает, мас. %: SiO_2 50–61; Al_2O_3 5,8–6,8; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 15,1–28,9; CaO 6,4–7,4; MgO 4–5,1; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 1,1–1,7. Присутствуют примеси TiO_2 , MnO , P_2O_5 . Потери при прокаливании составляют от 1 до 2,5 %.

С целью определения возможных путей утилизации продуктов обогащения природных железосодержащих кварцитов проведены комплексные исследования по использованию амфиболитовых концентратов и "хвостов" от магнитной сепарации железных руд в наиболее материалоемких производствах силикатной промышленности.

Керамические изделия. При использовании амфиболитовых концентратов и “хвостов” от магнитной сепарации железных руд улучшается технологичность формовочных масс для керамического кирпича: снижается воздушная и огневая усадка, уменьшается чувствительность к сушке и обжигу. В сопоставлении с традиционно используемыми гранитными отсевами данные материалы способствуют формированию в процессе обжига более прочного керамического черепка. Установлено положительное влияние на физико-механические характеристики обожженных образцов при введении в состав керамических масс отходов обогащения в количестве 20–25 мас. %. Достигаемый уровень свойств характеризуется пределом прочности при сжатии 40–60 МПа, водопоглощением 7,7–13,3 %, кажущейся плотностью 2130–2190 кг/м³.

При изучении поведения исследуемого сырья в составах керамических масс для майоликовых и плотноспекшихся изделий бытового назначения, плиток для внутренней облицовки стен установлено флюсующее действие амфиболовых концентратов и “хвостов” от магнитного обогащения. Их оптимальное содержание в керамических массах составляет 8–15 мас. %. Уровень свойств, достигаемый при обжиге керамических масс, предназначенных для получения плотноспекшихся изделий бытового назначения, характеризуется водопоглощением 2,23–4,9%, кажущейся плотностью – 2025–2510 кг/м³, ТКЛР (61–67)10⁻⁷ К⁻¹. При получении плиток для внутренней облицовки стен показатели составляют: водопоглощение 14–16 %, прочность при изгибе 17–23 МПа, ТКЛР (59–63)10⁻⁷ К⁻¹.

Стекло. Апробация амфиболитовых концентратов при синтезе стекол преследовала цель расширения сырьевой базы в производстве окрашенных стеклоизделий (стеклотары, некоторых видов архитектурно-строительного стекла).

Стекла, синтезированные с использованием амфиболитов, имеют интенсивную окраску, в связи с чем интегральное светопропускание в видимой области спектра составляет 50–65 %. Высокий уровень поглощения обусловлен наличием в составе амфиболитов 3d-элементов (железа, титана, марганца). Сине-зеленая окраска стекол связана главным образом с присутствием ионов железа, соответственно регулирование спектральных характеристик стекол связано с изменением соотношения Fe²⁺/Fe³⁺. При

окислительном потенциале газовой среды, введение окислителей в шихтовую состав максимум пропускания на спектрах стекол находится в области длин волн 560–570 нм, что отвечает зеленому цвету. При восстановительном потенциале газовой среды максимум пропускания сдвигается в коротковолновую область спектра (490–500 нм), что отвечает голубым тонам. В этом случае усиливается поглощение в ближней инфракрасной области спектра, что связано с увеличением соотношения $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Возможно расширение цветовой гаммы железосодержащих стекол при использовании комбинаций красителей, например $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})\text{--Se--CoO}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})\text{--NiO}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})\text{--Cr}_2\text{O}_3$. При этом получены образцы спектрально сложных цветовых тонов (шоколадного, коричневого, зеленовато-желтого, серо-зеленого).

Физико-химические свойства опытных стекол находятся на уровне показателей промышленных составов и воспроизводятся при использовании отдельных проб минерального сырья.

Стеклокристаллические материалы. Использование амфиболовых концентратов и “хвостов” от магнитной сепарации железных руд для получения стеклокристаллических материалов обусловлено содержанием в указанном сырье оксидов, необходимых для получения технологичного расплава как основы петроситаллов и каменного литья с ведущей кристаллической фазой — диопсидоподобным пироксеновым твердым раствором.

Установлено, что благодаря повышенному содержанию оксидов железа, расплавы, полученные на основе исследуемого сырья, имеют достаточно хорошие реологические свойства, значительную склонность к кристаллизации при выработке и легко ситаллизируются при термической обработке.

Важным фактором с точки зрения ресурсосбережения является отсутствие необходимости подшихтовки исходного сырья для оптимального состава, а использование в качестве стимулятора кристаллизации Si_2O_3 (1,0 мас. %) эффективно как для петроситаллов, так и для каменного литья. За счет образования первичных центров кристаллизации (магнетит, хромшпинелиды) интенсивно формируются пироксеновые твердые растворы.

Петроситаллы (кристаллизация “снизу”) и каменное литье (кристаллизация “сверху”) характеризуются сравнительно низкой температурой термообработки (800 и 770–790 °С соответственно).

Фазовый состав этих материалов представлен пижонитом и

литом, что обеспечивает высокие показатели физико-химических свойств и абразивоустойчивости.

Синтезированные на основе вышеуказанных отходов материалы могут быть использованы для изготовления кислотостойких футеровочных элементов, мелющих тел и других изделий, работающих в условиях повышенного трения различной природы.

Таким образом, в результате проведенных исследований подтверждена перспективность многофункционального использования амфиболитовых концентратов и “хвостов” от магнитной сепарации железных руд при получении керамических изделий строительного и бытового назначения, цветных стекол и стеклокристаллических материалов.

Организация рециклинга позволит не только использовать образующиеся при разработке месторождения железных кварцитов отходы, но и решить некоторые вопросы ресурсосбережения и экологии.

УДК 666.266

С.Е. Баранцева, Н.М. Бобкова (БГТУ, г. Минск)

Н.В. Аксаментова (ИГН НАН Беларуси)

РЕЦИКЛИНГ НЕКОНДИЦИОННЫХ ОТСЕВОВ И ЦИКЛОННОЙ ПЫЛИ – ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ

Производство строительного камня и дорожного щебня в Республике Беларусь организовано на РУП “Гранит” на базе Микушевичского карьера, вскрывающего породы кристаллического фундамента, который залегает здесь на глубине от 7 до 12 м. В настоящее время глубина карьера достигает 130 м, что даст перспективную возможность для детального изучения состава, строения, характера и условий залегания пород, а также их опробования. Главными типами горных пород являются разнообразные гранитоиды и породы основного состава.

Гранитоиды представлены диоритами, гранодиоритами, гранитами, лейкогранитами, имеющими близкий минеральный состав, в котором преобладают плагиоклаз, микроклин, биотит, роговая обманка, наряду с которыми присутствуют акцессорные (магнетит, сфен, апатит, циркон, пирит) и вторичные минералы