ОТХОДЫ ФЛОТАЦИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

Матмусаев Илхом Курбоналиевич,
Главный инженер МОФ-2 АО "Алмалыкский ГМК",
Шакаров Тулкин Исматович,
Кандидат технических наук, доцент Алмалыкского филиала "МИСИС",
Мухамедбаев Абдували Абдусаттарович,
Кандидат технических наук,доцент, НИП ООО «ANTENN-BRANCH»,
Эшанкулова Гулмира Рашидовна
Алмалыкского филиала "МИСИС", докторант

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по комплексной переработке отходов флотации медно-молибденовых руд МОФ-2 АО «Алмалыкский горно-металлургического комбинат» в качестве алюмосиликатного компонента для портландцементного клинкера.

Ключевые слова: флотация, отход медно-молибденовых руд, сырьевой компонент, цементный клинкер,физико-механические свойства.

Xulosa. Maqolada Portlend tsement klinkeri uchun aluminosilikat komponenti sifatida "Olmaliq kon-metallurgiya kombinati" AJ MOF-2 mis-molibden rudalari flotatsiyasi chiqindilarini kompleks qayta ishlash bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: flotatsiya, mis-molibden rudalarining chiqindilari, xom ashyo komponenti,tsement klinkeri, fizik-mexanik xususiyatlar.

Annotation. The article presents the results of a study on the integrated processing of copper-molybdenum ore flotation waste MOF-2 of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC as an aluminosilicate component for Portland cement clinker.

Keywords: flotation, waste of copper-molybdenum ores, raw material component, cement clinker,physical and mechanical properties.

Введение.

Портландцементный клинкер – это полуфабрикат для производства портландцемента. Портландцементный клинкер получают путём обжига до спекания шихты, состоящей из известнякового, алюмосиликатного или других материалов (например, железосодержащей). Состав сырьевой шихты обеспечивает образование в клинкере силикатов кальция (сумма трех- и двухкальциевого силикатов 70-80 %), алюминатной и алюмоферритной фазы (20-30 %) [1,2]. Обычно, для производства портландцементного клинкера,

ISSN 3030-3907

используют в качестве карбонатного, алюмосиликатного и кремнеземистого компонентов природные материалы.

Одним из важнейших направлений технологии строительных материалов, в частности производства портландцемента, является широкое использование вторичных сырьевых ресурсов и многочисленных отходов различных производств, которая в будущем одновременно дает возможность решить задачи по созданию новых и прогрессивных технологий, своевременному обеспечению более дешевым и легкодоступным сырьем, а также охраны окружающей природной среды. В свою очередь, проблема охраны окружающей среды является комплексной проблемой и имеет глобальный характер.

Производственные отходы образуются, прежде всего, в результате несовершенства базовых технологических процессов, в том числе и на предприятиях цветной металлургии. Поэтому, в настоящее время одной из приоритетной проблемой экологии является создание ресурсосберегающих безотходных технологий, решение которых позволит снижение потребности в добыче сырья, уменьшение негативного воздействия отходов на окружающую среду. При разумном подходе к решению вопроса утилизации отходов, они могут выступать в качестве дополнительного источника сырья.

Накопленные объемы медьсодержащих техногенных минеральных ресурсов практически соответствуют объемам полезных ископаемых, поставленных на баланс месторождений. Отходы горно-металлургических производств содержат ценные компоненты минерального сырья, позволяющие отнести их к техногенным месторождениям как объектам комплексного использования сырья. Для их повторной переработки не требуются затраты, связанные с добычей руды и рудоподготовкой [3].

Отходы флотации находятся на поверхности, залегают компактно и, соответственно, как было отмечено выше, не требуют больших затрат на добычу, т.е. отпадает трудоемкий и дорогостоящий процесс - извлечение пород из монолитного массива (проходка буровзрывных скважин, заряжание и взрывание, экскавация породы и т.д.). При обогащении полезных ископаемых на подготовительные процессы отводится около половина всех производственных затрат [4].

Руды месторождения «Сары-Чеку» и «Ёшлик», перерабатываемые на МОФ-2 АО «Алмалыкский ГМК», представлены в основном кварц-пирит-халькопиритовой, пирит-халькопиритовой, кварц-молибденовой и молибденовой ассоциациями. Главные рудные минералы месторождения - пирит (среднее содержание его в руде 5,32 %) и халькопирит (1,37 %).

ISSN 3030-3907

Технологический процесс переработки медного сырья включает трехстадийное дробление до крупности 92 % класса – 16 мм, двухстадийное измельчение руды до крупности 60 % класса - 0,071 мм, коллективную медно-молибденовую флотацию руды, включающую основную и контрольную флотацию и две перечистки коллективного медно-молибденового концентрата, сгущение коллективных рудных концентратов и складирование хвостов фабрики на объединенное хвостохранилище.

Процесс флотации осуществляется в механических и пневмомеханических флотомашинах. Пенный продукт основной флотации направляется на 2-х кратную перечистку концентрата, а хвосты ее – на контрольную флотацию, хвосты контрольной флотации являются отвальными при обогащение руды.

В процессе измельчения медно-молибденовых руд в шаровой мельнице образуется железный скрап из-за износа мелющих шаров и бронефутеровки мельниц. Железный скрап представляет собой мелкодисперсное, в значительной степени окисленное железо. Кроме того, в настоящее время возрастает интерес к изысканию новых видов сырья для производства цементов, в частности, способного полностью или частично заменить глинистый компонент в составе сырьевой шихты для получения портландцементного клинкера и доступной, недефицитной минеральной добавки к цементу [5].

Материалы и методы исследования. Работа выполнена по общепринятой методике, в частности по ГОСТ 5382-2019 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа».

Расчеты состава трех- и четырехкомпонентной сырьевой смеси портландцементного клинкера проводили по методике [1].

Сырьевые смеси были обожжены при температурном интервале 1300 – 1420 °С с выдержкой при конечных температурах в течение 30 мин. Определение содержания несвязанной извести ($CaO_{св}$) в обожженных продуктах сырьевых смесей проводили спиртово-глицератным методом [6].

Результаты исследований. По данным химического анализа рассматриваемые отходы флотации медно-молибденовых руд МОФ-2 АО АГМК состоит в основном из оксида кремния (63,0-64,8 мас. %), оксида алюминия (около 16,0 мас. %), оксида железа (3,66-6,27 мас. %), оксида магния (2,12-2,15 мас. %), оксида кальция (1,69-2,47 мас. %), оксида серы (1,48-1,65 мас. %). Содержание щелочных оксидов натрия и калия соответственно 0,90-0,96 мас. % и 7,36-7,56 мас. %. По содержанию основных

ISSN 3030-3907

составляющих оксидов их можно отнести к перспективным источникам вторичного сырья для производства портландцементного клинкера.

Расчеты состава трех- и четырехкомпонентной сырьевой смеси портландцементного клинкера (табл. 1 и 2), показали возможность получения клинкера с содержанием основных минералов в нижеприведенных приделах (мас. %): трехкальциевый силикат (C_3S) от 51,8 до 65,2; двухкальциевый силикат (C_2S) от 13,1 до 25,1; трехкальциевый алюминат (C_3A) от 7,5 до 7,9 и четырехкальциевый алюмоферрит (C_4AF) от 13,7 до 15,4.

Такому химическому и минералогическому составу сырьевой смеси и клинкера можно прийти при содержании в сырьевой шихте известняка от 78,5 до 79,5 мас. %, отходафлотации медно-молибденовых руд от 16,6 до 17,4 мас. % и железосодержащей добавки от 3,9 до 4,1 мас. %.

Сырьевые смеси были обожжены в температурном интервале 1300 - 1420°С с выдержкой при конечных температурах в течение 30 мин. На продуктах обжига определяли содержание несвязанной извести ($CaO_{св}$). Полученные анализы дали возможность определения оптимальной температуры обжига сырьевых смесей, т.е. по содержанию $CaO_{св}$ менее 2 мас. % были сделаны соответствующие выводы (табл. 3). В зависимости от состава сырьевой шихты оптимальная температура обжига сырьевых смесей составила 1380-1420 °С. Для объективности полученных данных в ходе эксперимента параллельно обжигались образцы из производственной сырьевой смеси АО «BEKABADCEMENT».

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Расчетный вещественный и химический состав сырьевой смеси

№№ п/п	Состав шихты, мас.%				кН	Модули		Расчетный химический состав сырьевой смеси, мас.%						
	известняк	флотоотход	лесс	ж.с.д.		n	p	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	п.п.п.
1	78,5	17,4	-	4,1	0,87	2,0	1,2	14,4	4,0	3,3	42,8	1,0	0,6	33,9
2	78,8	17,1	-	4,1	0,89	2,0	1,2	14,2	3,9	3,2	43,0	1,0	0,6	34,1
3	79,2	16,9	-	3,9	0,91	2,0	1,2	14,0	3,9	3,2	43,2	1,0	0,6	34,2
4	79,5	16,6	-	3,9	0,93	2,0	1,2	13,8	3,8	3,1	43,4	1,0	0,6	34,4
5	78,9	13,6	4,2	3,3	0,93	2,1	1,3	13,9	3,7	2,9	43,4	1,0	0,5	34,6

Таблица 2

Расчетный химический и минералогический состав клинкера

№№ п/п	Расчетный химический состав клинкера, мас.%						кН	Модули		Расчетный минералогический состав клинкера, мас.%			
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3		n	p	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
1	21,8	6,0	4,9	64,8	1,5	0,9	0,87	2,0	1,2	51,8	25,1	7,6	15,4
2	21,8	5,9	4,9	65,2	1,5	0,9	0,89	2,0	1,2	56,2	21,0	7,6	15,2
3	21,3	5,9	4,8	65,6	1,5	0,9	0,91	2,0	1,2	60,5	17,0	7,5	14,9
4	21,1	5,8	4,7	66,1	1,5	0,9	0,93	2,0	1,2	64,6	13,1	7,5	14,7
5	21,2	5,7	4,4	66,3	1,5	0,8	0,93	2,1	1,3	65,2	13,2	7,9	13,7

ISSN 3030-3907

Таблица 3

Степень усвоения извести

Номера смесей	Содержание $CaO_{св.}$ в обожженных пробах, мас.%			
	1300 °С	1350 °С	1380 °С	1420 °С
1	5,8	2,2	1,9	1,1
2	11,1	1,9	1,5	1,2
3	15,5	2,7	1,8	1,3
4	18,2	3,7	1,0	0,8
5	12,6	2,9	1,5	1,1
АО «BEKABADCEMENT»	8,8	5,0	3,7	2,2

Из приведенных данных табл. 3 видно, что производственный клинкер по содержанию $CaO_{св.}$ даже при температуре обжига 1420 °С находится за пределами нижней границы допуска равным 2 %. Клинкера где использованы отходы флотации медно-молибденовых руд этот барьер преодолен уже при 1380 °С. Следовательно, температура обжига сырьевой смеси снижается минимум на 40 °С, что в свою очередь приводит к нижению потребления технологического топлива на обжиг клинкера.

Производственный (1) и экспериментальный (2) клинкера были измельчены в лабораторной мельнице МБЛ-1 с добавлением 5% гипсового камня. Время измельчения шихты принята равным 40 минут. На продуктах измельчения определяли остатки на стандартных ситах с сеткой 02 и 008, а также удельную поверхность. Результаты определения остатка на ситах приведены табл. 4.

Таблица 4

Показатели измельчения клинкеров

Номер клинкера	Содержание клинкера, %	Содержание гипсового камня, %	Время измельчения, минут	Остатки на ситах, %	
				02	008
1	95	5	40	2,9	11,3
2	95	5	40	2,6	10,1

Удельная поверхность клинкеров определенная методом воздухопроницаемости на приборе Т-3 составил соответственно 2955 ва 3175 $см^2/г$.

Физико-механические показатели клинкеров приведены в табл. 5.

ISSN 3030-3907

Таблица 5

Физико-механические показатели клинкеров

Номер клинкера	Показатели прочности, МПа			
	изгиб		сжатие	
	2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.
1	3,5	8,4	17,3	57,6
2	4,2	7,6	18,1	52,3

Из приведенных данных табл. 5 видно, что по показателю прочности к 28 суткам экспериментальный клинкер соответствует классу прочности 42,5 и по O'MSt 337:2024 "Портландцементный клинкер. Техническиеусловия" к SEM I KP 42,5 O'MSt 337:2024.

Заключения. Применение отхода флотации медно-молибденовых руд МОФ-2 АГМК в качестве глинистого компонента сырьевой смеси позволяет расширить ассортимент используемых техногенных отходов при производстве портландцементного клинкера и позволит оздоровлению экологической обстановки в зоне промышленных предприятий.

Проведенными исследованиями показано возможность разработки нового состава сырьевой смеси, расширение сырьевой базы цементного производства и утилизация отхода флотации медно-молибденовых руд, обеспечивающего производство портландцементного клинкера без снижения активности клинкера при снижении энергетических затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов / Под ред. Тимашева В.В. – М.: Высш. школа, 1980. – 472 с.
2. Дуда В. Цемент / Пер. с нем. Е.Ш.Фельдмана; Под пед. Б.Э.Юдовича. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
3. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1969. – 406 с.
4. Справочник по обогащению руд. Т. Основные процессы. Разд. II «Магнитное обогащение». – М.: Недра, 1983. – С. 132–208.
5. Газиев У.А., Акрамов Х.А. Отходы промышленности в производстве строительных материалов. - Учебное пособие: Изд-во ТАСИ. – 2003. – 112 с.
6. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов. – М.: Высш. школа, 1973. – 504 с.

ISSN 3030-3907