

Д-р техн. наук В.П. Надутый,
аспир. Т.Ю. Гринюк
(ИГТМ НАН Украины);
д-р техн. наук Ю.С. Мостыка
(Национальный горный университет)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ СЫРЬЯ БАЗАЛЬТОВОГО КАРЬЕРА

Експериментально встановлена кількісна оцінка магнітної сприйнятливості складових базальтового родовища та показано їх мінералогічний склад при гранулометричному розділенні.

DEFINITION OF A MAGNETIC SUSCEPTIBILITY RAW MATERIAL BASALT CAREER

The quantitative estimation of a magnetic susceptibility making a basalt deposit is experimentally established and is shown them granulometric composition at granulometric division.

Карьерная добыча базальтов производится в основном для получения щебня и облицовочной плитки. Выполненные исследования [1] указывают на целесообразность комплексной переработки базальтов, поскольку сопутствующие базальтовым слоям туфы и лавобрекчии содержат значительное количество полезных компонентов, представляющих собой промышленный интерес. Это, прежде всего высокое содержание самородной меди во всех трех составляющих месторождения [2]. Ее извлечение требует специальной технологии, которая отличается от имеющихся при переработке руд, в которых медь находится в связанном виде и требует дополнительных химических переделов для ее получения. Предварительные исследования базальтовых месторождений показали наличие в них других металлов, обладающих магнитными свойствами, что позволяет привлечь к их обогащению магнитные методы и соответствующее оборудование.

При отборе образцов туфа, базальта и лавобрекчии в карьере было индикатором (ПР-900 НПФ "ПРОДЭКОЛОГИЯ") установлено, что они имеют магнитную восприимчивость, достаточную для того, чтобы отнести их к категории слабомагнитных руд. Поэтому при их переработке целесообразно применять магнитную сепарацию с использованием для этого специально созданных магнитных сепараторов, допускающих дополнительную перечистку немагнитного продукта. В перспективе, при разработке технологии комплексной переработки месторождения, это позволит исключить дополнительные перегрузочные пункты, бункера, трубопроводы, чем упростить схему цепи аппаратов технологической линии. Для определения минералогических и гранулометрических характеристик основных пород карьера выполнены дополнительные исследования.

Целью исследований авторов являлось определение магнитной восприимчивости всех трех основных составляющих базальтового сырья в месторождении (туфа, лавобрекчии и базальта) и на основе минералогического и грануломет-

Таблица 1 – Минералогический и гранулометрический анализ проб базальта Рафаловского карьера

Класс, мм	Продукт	Масса, г	Выход, %	Содержание минералов	Содержание меди, %	Выход	Извлечение
-2,5+1,6	-	-	-	-	-	-	-
	Магн.2	66	75,86	Базальт – 96-97 %. Медь самородная – 3-4 %	3,5	16,62	0,582
	Немагн.	21	21,14	Базальт – 85 %. Медь самородная – 15 % (10 % - раскрыта и в сростках – 5 %)	13,0	5,29	0,688
-1,6+0,8	Магн.1	19	17,43	Базальт – более 99 %. Медь самородная в сростках – единичные зерна. Малахит – единичные зерна. Куприт – единичные зерна.	0,01	4,786	0,0004
	Магн.2	51	46,79	Базальт – более 99 %. Медь самородная в сростках – единичные зерна. Малахит – менее 1 %.	0,6	12,85	0,077
	Магн.3	17	15,60	Базальт – более 99 %. Медь самородная в сростках – менее 1 %.	0,1	4,282	0,004
	Немагн.	22	20,18	Базальт – 75-80 %. Медь самородная 10-15 % и в сростках – 5-7 %. Кварц – 5 %. Малахит в сростках – 3-4 %.	15,0	5,542	0,831
-0,8+0,25	Магн.1	5	4,31	Базальт – 100 %. Малахит – единичные зерна в сростках.	0,01	1,259	0,004
	Магн.2	31	26,72	Базальт – 100 %.	0	7,809	0
	Немагн.	80	68,97	Базальт – 94-96 %. Кварц – 2-3 %. Медь самородная в сростках – 2-3 %.	1,5	20,15	0,302
-0,25	Магн.1	8	9,41	Базальт – 100 %.	0	2,015	0
	Магн.2	22	25,88	Базальт – 100 %.	0	5,542	0
	Немагн.	55	64,71	Базальт – 99-100 %. Медь самородная до 1 %	1,0	13,85	0,139
Итого		397	100,0	Содержание меди в пробе базальта 2,63 %.		100,0	2,624

Таблица 2 – Минералогический и гранулометрический анализ лавобрекчии Рафаловского базальтового карьера

Класс крупности, мм	Продукт	Масса, г	Выход, %	Содержание минералов	Среднее содержание меди, %
-2,5+1,6	Магн.1	3,0	0,93	Пироксенит – 95-98 %. Магнетит – 5-2 %.	-
	Магн.2	19,0	5,93	Пироксенит – 99 %. Сrostки: медь самородная – 1-1,5 %, куприт и азурит – единичные зерна.	1,5
	Магн.3	18,0	5,62	Пироксенит – 99 %. Куприт – единичные зерна. Медь самородная – до 1 % в сrostках. Малахит – 1 %	1,0
	Немагн.	60,0	18,75	Пироксенит – 95-98 %. Кварц – 1-2 %. Малахит – 1-2 %. Самородная медь – 1-1,5 %.	1,5
-1,6+0,8	Магн.1	2,0	0,62	Исходная порода – 100 %.	-
	Магн.2	15,0	4,68	Рудных минералов нет.	-
	Магн.3	15,0	4,68	Куприт – 1,5-2,0 %.	0,7
	Немагн.	47,0	14,6	Кварц – 1-2 %. Сrostки самородной меди – 2,0-2,5 %.	2,5
-0,8+0,25	Магн.1	14,0	4,4	Куприт (гематит) – 1-2 %. Медь самородная в сrostках – единичные зерна.	0,1
	Магн.2	20,0	6,25	Куприт – 1-2 %. Медь самородная – единичные зерна.	0,2
	Магн.3	-	-	-	-
	Немагн.	56,0	17,5	Кварц, малахит, медь самородная – единичные зерна.	0,3
-0,25	Магн.1	8,0	2,5	Борнит – 2-3 %. Магнетит – 2-3 %. Пироксенит – 70-80 %. Малахит – единичные зерна. Медь – 2-3 %.	2,5
	Магн.2	8,0	2,5	Пироксенит – 75-78 %. Медь – 2,5-4 %. Кварц – 20 %. Малахит – единичные зерна.	3,0
	Магн.3	-	-	-	-
	Немагн.	35,0	10,93	Кварц – 50 %. Малахит – 40 %. Медь – 3-3,5 %. Прочие – 2-5 %.	3,0
Итого		320,0	100,0	Среднее содержание меди в пробе	16,3

Таблица 3 – Минералогический и гранулометрический анализ проб туфа Рафаловского карьера

Класс, мм	Продукт	Масса, г	Выход, %	Содержание минералов	Содержание меди, %	Выход	Извлечение
-2,5+1,6	Магн.1	15	15,5	Туф – 100 %. Малахит – единичные вкрапления	0	2,66	0
	Магн.2	41	42,3	Туф – 100 %. Малахит – 1 % в сростках	0,15	7,27	0,011
	Немагн.	41	42,3	Туф – 100 %. Малахит – 0,5 % в сростках	0,007	7,27	0,0004
-1,6+0,8	Магн.1	22	16,06	Туф – 100 %.	0	3,90	0
	Магн.2	64	46,72	Туф – 100 %. Малахит – единичные сростки.	0	11,35	0
	Немагн.	51	37,23	Туф – 100 %.	0	9,04	0
-0,8+0,25	Магн.1	28	12,56	Туф – 100 %. Медь самородная – единичные сростки	0	4,96	0
	Магн.2	85	38,12	Туф – 100 %. Медь самородная – единичные сростки	0	15,07	0
	Немагн.	110	49,33	Туф – 97-98 %. Кварц – 2-3 %.	0	19,50	0
-0,25	Магн.1	16	14,95	Туф – 100 %.	0	2,84	0
	Магн.2	37	34,58	Туф – 95 %. Кварц – 5 %. Малахит и медь самородная – в единичных зернах.	0,1	6,56	0,007
	Немагн.	54	50,47	Туф – 95 %. Кварц – 5 %. Малахит – в единичных зернах.	0,05	9,57	0,005
Итого		564	100,0	Содержание меди в пробе туфа составило 0,023 %.		100,0	0,023

рического анализа продуктов магнитной сепарации установить содержание и вид минералов в них.

Экспериментальные исследования проводились на основе сырьевой базы Рафаловского базальтового карьера как одного из перспективных для комплексной переработки добытой горной массы с последующим извлечением самородной меди, ее окисленных и сульфидных образований с дальнейшим использованием свободных от рудных минералов пород.

Исследования проводились в лабораторных условиях на барабанном магнитном сепараторе ПБСУ-0,5/0,2 в процессе сухой магнитной сепарации. Для повышения достоверности экспериментальных результатов пробы для исследований брались в десяти разных участках взорванной горной массы карьера, после чего смешивались, и для экспериментов по сепарации использовалась осредненная смесь для каждой из трех составляющих месторождения. Подготовка образцов к исследованиям заключалась в их предварительном дроблении и измельчении до класса крупности менее 3 мм, в соответствии с рекомендациями по сухой магнитной сепарации слабомагнитных руд разработчиками сепараторов [2, 4, 5]. Измельченная горная масса классифицировалась на четыре класса крупности, и в каждом из классов определялась магнитная часть (в двух или трех уровнях) и немагнитная часть в весовом и процентном отношении к весу пробы. Минералогический анализ выполнялся отдельно для всех полученных частей пробы. Оценивалось содержание самородной меди в каждой навеске. В табл. 1 представлены среднестатистические результаты проб базальта при содержании меди в пробе 2,62 %. Проявление магнитных свойств базальтов в отдельных продуктах объясняется наличием в них минералов группы халькопирита, содержащих в своем составе от 13 до 40 % железа.

В табл. 2 представлены результаты анализа пород лавобрекчии при среднем содержании меди в пробе 16,3 %. Причем, если в пробах базальта самородная медь содержится мелкими включениями, то в лавобрекчии она представлена в виде разрушенных измельчением дендритных структур. Следует отметить, что основная масса лавобрекчии состоит из силикатов группы пироксенита, содержащих в своем составе железо, магний, натрий. Присутствие в отдельных пробах куприта, малахита, лазурита и борнита указывает на наличие химически связанной окисленной сульфидной меди в месторождении, которая также может служить рудой для выплавки меди. Сырьевая база по лавобрекчии позволяет делать такие прогнозы, поскольку в базальтовом уступе карьера лавобрекчия залегает слоем мощностью от 0,5 до 1,5–2,0 м, и ее селективная отборка не вызывает технических трудностей, поскольку при взрывной отбойке уступа порода лавобрекчии измельчается на значительно более мелкие фракции, нежели базальт.

Залежи красного туфа в карьере представлены в виде вскрыши базальтового слоя и при разработке базальта туф складывается в отвал, поскольку в настоящее время его промышленное использование ограничено. Перспективы его добычи огромны, так как подстилающий массив базальта – туфовый слой – имеет мощность более 40 м. В табл. 3 представлены результаты минералогического и

гранулометрического анализа туфа. Контролируемое содержание самородной меди – 0,023 %. Она проявляется в виде тонких (на микронном уровне) пленок и при измельчении туфа кусочки меди имеют размеры не более 100 микрон. Наличие малахита в пробах в виде сростков и отдельностей зеленого цвета свидетельствует о присутствии сульфидной меди. Магнитная восприимчивость туфа объясняется существованием в его составе титаномагнетита, что было установлено предыдущими исследованиями методом спектрального анализа [6, 7]. Поскольку магнитная часть туфа содержит около 50 % массы пробы, то это указывает на целесообразность его более глубокой переработки и использования обесшламленного продукта, как металлургического сырья, а выделенные шламы (чистый туф) являются идеальным сырьем для химического производства и сельского хозяйства.

Таким образом, выполненные исследования базальта, лавобрекчии и туфа Рафаловского месторождения показали целесообразность использования в технологии их комплексной переработки операции магнитной сепарации, поскольку все три наиболее характерные породы имеют достаточно высокую магнитную восприимчивость. В исследуемых пробах базальт содержит магнитного продукта 55 %, лавобрекчия – 33 % и туф – 54 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П., Гринюк Т.Ю. Экспериментальные исследования состава и выбора метода переработки медьсодержащих базальтов Вольны / Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Зб. наук. праць: Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". – Харків, НТУ "ХПІ". – № 25. – 2006. – С. 101-107.
2. Надутый В.П., Гринюк Т.Ю. Результаты предварительных исследований медьсодержащих базальтов Вольны на технологичность переработки / Матер. VI Промышленной конф. "Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях": п. Славское–Киев, 2006. – С. 156-157.
3. Деркач В.Г. Магнитная сепарация тонкоизмельченных руд / Труды II-й научно-технической сессии института Механообр. – Металлургиздат, 1952.
4. Деркач В.Г. Магнитное обогащение слабомагнитных руд. - Металлургиздат, 1954.
5. Кармазин В.И. Новые данные по глубокому обогащению. Изв. ДГИ: Недр. 1964. Т. XII; 1965. Т. XVII; 1967. Т. II.
6. Надутый В.П., Гринюк Т.Ю. Определение зависимостей содержания самородной меди в базальтах от массы и крупности проб / Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Зб. наук. праць. Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". – Харків:НТУ "ХПІ", 2007. – № 26. – С. 87-93.
7. Основні фізико-хімічні та технологічні властивості туфів Рівненщини / З.Р. Маланчук, Т.Ю. Гринюк, Р.В. Жомирук, С.Е. Стець, В.П. Рачковський // Міжгалузєва збірка наук. праць ІГТМ НАН України. – Вип. 59. – Дніпропетровськ, 2005. – С. 140-145.