

Выводы

1. Исследованы физико-химические и флотационные свойства нефтепродуктов различных НПЗ.
2. Установлена возможность регулирования физико-химических и флотационных свойств газойлей коксования путем введения в их состав оптимального количества нефтяных остатков.
3. Проведенные промышленные испытания опытной партии композиционного реагента при флотации углей марки Г показали его высокую флотационную активность.

© Морозов О.А., Федосеева С.О., Китаи К.Ф., 2006

*Надійшла до редколегії 25.04.2006 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н О.Д. Полуляхом*

УДК 622.7

Е.Ю. СВЕТКИНА, канд. хим. наук,
В.П. ФРАНЧУК, д-р техн. наук
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРОУДАРНОЙ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ОБОРОТНЫХ ВОД ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ РУД

Использование замкнутой системы водооборота в мокрых способах обогащения руд – одна из основных проблем обеспечения экологической чистоты процесса.

Сложным вопросом в области обогащения руд на современном этапе является создание системы замкнутого водооборота на обогатительных фабриках. При предварительном обогащении руд "всухую" задача водооборота не вызывает сомнений, а вот охрана окружающей среды связана с пылеулавливанием. Однако в отделениях тяжелых суспензий и магнитного обогащения, где вода применяется в огромных количествах ее загрязнение связано с присутствием ионов в результате растворения минералов.

При селективном разделении минералов путем флотации химический и дисперсный состав жидкой фазы играет решающую роль. На обогатительных фабриках в условиях прямоточного водоснабжения флотацией возможно, например, получение высококачественных датолитовых концентратов, содержащих не выше 5...6% кальцита и не выше 1,5...2,2% Fe₂O₃. Основные условия флотации: среда – щелочная, собирательная смесь – на основе

нафтеноев в присутствии полимерного фосфоросодержащего модификатора, а известь и полиакриламид подаются в цикл сгущения концентрата и осветления хвостов [1].

Цель этой работы – оптимизация режима флотации датолита в замкнутом водообороте. При стандартном режиме процесса флотации датолитовых руд (сода 2 кг/т, собирательная смесь 0,5 кг/т, полимерный модификатор 0,1 кг/т) в условиях оборотного водоснабжения можно получить концентрат из 13,65% V_2O_3 при извлечении 76,3%, а флотация этого же минерала на свежей воде позволит извлечь 87,5% V_2O_3 в концентрате с содержанием 17,85% этого компонента.

Изучение процесса выщелачивания, после предварительной виброударной обработки в различных режимах [2], позволяет регулировать селективное растворение составных компонентов минералов. Особенность виброударной активации в том, что при измельчении происходит избирательное раскалывание минералов по определенным граням [3], поэтому одним из основных этапов работы явилось изучение кинетики и селективности растворения слагающих минералов в зависимости от их кристаллохимических и структурных особенностей, получающихся в результате виброударного нагружения.

Экспериментальные значения величин валентных связей, а также плотность ионов на плоскости раскола датолита, кальцита и граната получены нами из данных структурного анализа. Датолит и гранат принадлежат к силикатным минералам, которые состоят из кремнекислородных тетраэдров. Связь между отдельными тетраэдрами или их группами осуществляется посредством катиона кальция. У датолита и граната весьма компактная кристаллическая структура, в связи с чем они обладают значительной энергией кристаллической решетки, повышенным удельным весом минералов.

Для структуры датолита характерно то, что тетраэдры Si-O и B-O(OH) при чередовании образуют сетку из четверных и восьмерных колец. Боркремнекислородные слои связаны между собой атомами кальция, окруженными шестью кислородными и двумя гидроксильными группами.

Расстояния между отдельными элементами составляют: для Si-O – 1,57; 1,58; 1,63 Å; B-O – 1,48 Å; B-OH – 1,54 Å; Ca-O – 2,35 – 2,66 Å; O-OH – 2,46 Å. Энергия связи для Ca-O равна 115 ккал/моль, Si-O – 192 ккал/моль, B-OH – 154 ккал/моль.

Полученные значения энергий связи между отдельными элементами элементарной ячейки датолита дают возможность предположить, что минералы довольно реакционноспособны. Поэтому при виброударной активации в условиях механического разрушения кристаллической решетки в первую очередь произойдет разрыв слабой связи с выщелачиванием в жидкую фазу соответствующих ионов (для датолита это ионы Ca^{2+} и B^{3+}). Однако

проведенные исследования по выщелачиванию силикатных минералов в различных режимах виброударной обработки не исключают разрыва и более сильной связи, какой является для датолита и граната связь Si-O с выщелачиванием ионов кремния.

Большое значение при выщелачивании из кристаллической решетки различных ионов имеет их месторасположение и удаленность от поверхности слоя. Кремний и бор в кристаллической решетке датолита экранируются ионами кислорода. В табл. 1 представлены характеристики поверхности датолита со значениями относительных зарядов, образуемых при разрушении датолита и определяемых степень некомпенсированности связей, полученные нами путем рентгеноструктурного анализа и квантово-механического расчета.

Таблица 1

Кристаллохимические результаты виброударного разрушения

Номер уровня	1	2	3	4	5	6	7	8
Ионы	Ca	Si	B	ОН	О II	О III	О IV	ОН
Расстояние от поверхности, Å	0	2,5	1,9	3,6	1,5	1,4	3,3	0,97
Некомпенсированные заряды	+1/4	+1	+3/4	-1	-1	-1	-1	-1

Экспериментальные данные хорошо согласуются с [4] и указывают на то, что в дистиллированной воде, растворение датолита должно сопровождаться переходом в жидкую фазу вначале ионов кальция и бора, а затем – кремния. Поскольку предварительными методами обогащения значительная часть минералов пустой породы выделена, то на ионный состав оборотной воды при флотации прежде всего будет влиять растворимость датолита и в меньшей степени – кальцита и железосодержащих минералов.

Для установления экспериментальной связи между кристаллохимическими и структурными особенностями, а также растворимостью и виброударной обработкой минералов был проделан следующие опыты: минералы измельчались в вертикальной вибрационной мельнице в периодическом и непрерывном режимах; выделялись чистые минеральные разности (средний размер частиц 28,3 мкм), которые перемешивались с дистиллированной водой в течение 3, 5, 10, 15, 20 и 25 мин при 20 °С. Жидкая фаза декантировалась и подвергалась химическому анализу, результаты которого в табл. 2.

Таблица 2

Кинетика выщелачивания в дистиллированной воде ионов с поверхности минералов

Время выще-ла чи-вания	Режим измельч ения	Ионный состав жидкой фазы						
		Ca ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ¹⁻	ОН ⁻	SiO ₃ ⁴⁻	BO ₃ ³⁻	Fe ³⁺

т, мин								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жидкая фаза датолитовой суспензии								
3	Период ический	35,0	58,9	Не обнаруже но	13,6	50,8	35,8	–
5		39,1	55,3		14,8	63,3	38,6	–
10		45,5	57,5		26,5	83,5	41,3	–
15		50,4	57,7		31,8	107,85	45,9	–
20		53,3	58,3		34,5	120,3	51,4	–
25		53,4	58,4		34,1	120,1	51,9	–
Жидкая фаза кальцитовой суспензии								
3	Период ический	8,7	3,2	36,7	–	–	–	–
10		15,2	4,6	52,0	–	–	–	–
25		17,1	4,8	54,1	–	–	–	–
Жидкая фаза гранатовой суспензии								
3	Период ический	10,1	3,3	24,2	–	–	–	0,2
10		21,1	4,5	38,6	–	–	–	0,5
25		21,3	6,1	42,7	–	–	–	0,5

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жидкая фаза датолитовой суспензии								
3	Непрер ывный	7,0	6	Не обнаруже но	1,6	0,5	3,8	–
5		11,1	5,5		1,8	0,6	3,6	–
10		17,5	5,7		2,5	0,8	4,7	–
15		23,5	5,7		3,8	1,1	4,9	–
20		35,1	5,9		3,4	1,2	5,2	–
25		35,0	5,9		3,5	1,2	5,1	–
Жидкая фаза кальцитовой суспензии								
3	Непрер ывный	6,75	0,3	3,6	–	–	–	–
10		9,5	0,51	5,2	–	–	–	–
25		11,3	0,52	5,4	–	–	–	–
Жидкая фаза гранатовой суспензии								
3	Непрер ывный	10	3	2,4	–	–	–	0,24
10		20	4,5	3,6	–	–	–	0,55
25		21	6	4,7	–	–	–	0,55

Данные таблицы показывают, что наблюдается четкая зависимость между взаиморасположением ионов в кристаллической решетке, ее энергией, энергией связи между отдельными компонентами, характером связей ионов на плоскости раскола, растворимостью минералов от режима виброударной активации и как следствие – ионным составом оборотной воды. Кинетические зависимости селективного растворения минералов показывают, что наиболее интенсивно процесс протекает впервые 10...15 мин. Через 17...20 мин. наступает гетерогенное равновесие между твердой и жидкой фазами и ионный состав после истечения этого времени существенно не изменяется. Необходимо отметить, что скорость растворения минералов отличается в различных

режимах активации, причем в непрерывном количество растворенных ионов SiO_3^{4-} намного меньше, чем в периодическом.

Использование в процессе флотации оборотной воды хвостохранилища приводит к увеличению в ней количества взвешенных частиц до 23,72 г/л за счет стабилизации тонких частиц, а также к накоплению в жидкой фазе растворенных катионов и анионов минералов. В результате этого избирательность процесса флотации резко снижается. Описанные выше экспериментальные работы по применению предварительной виброударной активации показали, что происходит изменение химического состава оборотных вод при неизменной избирательности процесса. Химический состав оборотных вод после 10-кратного применения в процессе флотации датолитовой руды подан в табл. 3.

С целью разработки требований к качеству оборотной воды исследовалась флотация минералов в зависимости от режимов виброударного нагружения. Флотационные исследования проводились на минералах, активированных виброударной обработкой. Жидкая фаза суспензий после выщелачивания минералов (при различной продолжительности) подвергалась декантации. Декантаты являлись средой для флотации датолита, кальцита и граната. Результаты флотации минералов мылонафтом (150 мг/л) в водных вытяжках минеральных суспензий различного ионного состава приведены на рис. 1.

Таблица 3

Химический состав оборотных вод после 10-кратного использования

Характеристика оборотной воды (10-кратное использование)	Промысленный образец	Периодический режим виброударной обработки	Непрерывный режим виброударной обработки
рН среды	11,40	9,90	8,01
Общая жесткость, мг·экв/л	4,38	2,68	1,85
Общая щелочность, мг·экв/л	5,18	3,15	2,70
Содержание Ca^{2+} , мг/л	78,00	30,06	16,10
Содержание Mg^{2+} , мг/л	12,53	5,65	3,65
Содержание Fe^{3+} , мг/л	1,58	0,90	0,15
Содержание К и Na, мг/л	108,13	51,45	35,55
Содержание CO_3^{2-} , мг/л	275,00	150,53	110,85
Содержание HCO_3^{1-} , мг/л	75,16	46,75	35,32
Содержание OH^- , мг/л	164,73	114,75	98,55
Содержание SO_4^{2-} , мг/л	68,35	51,55	38,95
Содержание Cl, мг/л	37,5	21,56	15,54
Содержание PO_4^{3-} , мг/л	3,91	1,15	0,51
Содержание SiO_3^{4-} , мг/л	98,36	43,80	21,95
Содержание BO_3^{3-} , мг/л	76,83	35,95	18,75
Содержание взвешенных веществ, мг/л	23720,00	15340,00	10650,00

Содержание сухого остатка, мг/л | 1485,70 | 957,78 | 852,97

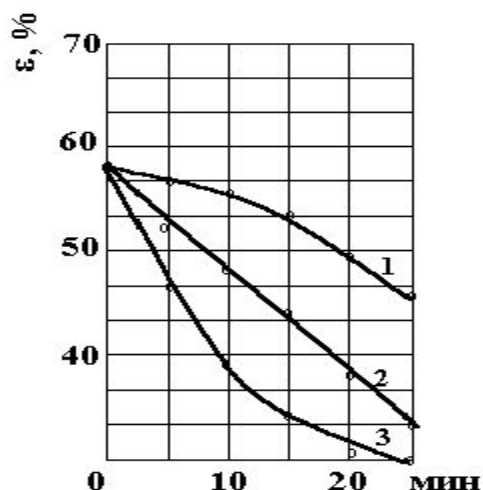
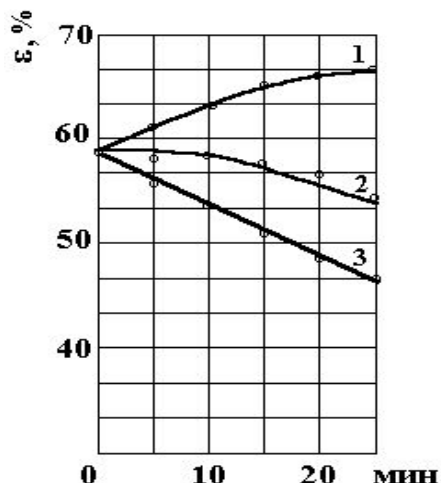
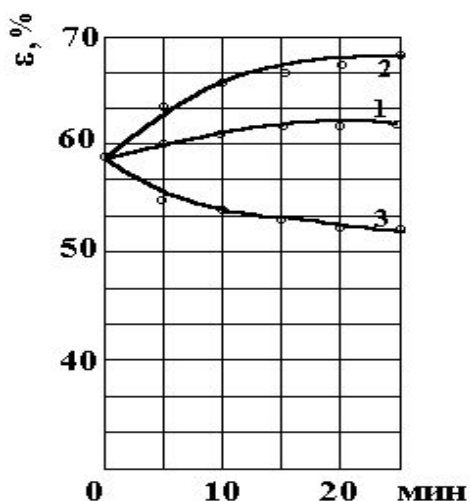


Рис.1. Флотируемость минералов в стандартной жидкой фазе:
1 – диатолит, 2 – гранат, 3 – кальцит

Из представленных данных следует, что в растворе вод, образующихся без виброударной обработки, флотация всех исследуемых минералов депрессируется, причем диатолита – в наименьшей степени (рис. 1). Ионный состав жидкой фазы, после виброударной обработки в непрерывном режиме, способствует активации флотации диатолита, граната и слабому депрессированию кальцита (рис. 2). В жидкой фазе после виброударной активации в периодическом режиме слабо активируется флотация диатолита и подавляется – кальцита и граната (рис. 3).



Выявленная зависимость ионного состава оборотной воды от кристаллохимических свойств и растворимости минералов позволила разработать метод его регулирования. Применение этого метода даст возможность получать показатели флотации руды, аналогичные показателям для условий прямого водоснабжения.

Список литературы

1. Разработка технологии обогащения бедных боросиликатных руд с применением нейтроннорадиометрической сепарации / В.А.Мокроусов, Б.С. Лагов, В.А.Лиосев и др. – В кн. Обогащение бедных руд. – М.: Наука, 1973. – С. 97–100.
2. **Светкина Е.Ю.** Интенсификация процесса выщелачивания путем виброударной активации минералов // С.. науч. Тр. Национального горного университета. – Д.: Навчальна книга. – 2005. – №21. – Т.5. – С. 277–285.
3. **Франчук В.П., Светкина Е.Ю., Якубович Л.А.** Влияние виброударной активации на адсорбционные свойства минералов // Вісник Національного технічного університету "ХПІ": Зб. Наук. пр.. Темат. Вип.: Хімія, хімічна технологія і екологія. – 2005. – №40. – С.126–132
4. **Павлов П.В., Белов Н.В.** Кристаллическая структура гердерита, дато лита и гадолинита // Докл. АН СССР. – 1957. – Т.114, №4. – С. 884–887.

© Светкина Е.Ю., Франчук В.П., 2006

*Надійшла до редколегії 27.04.2006 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

УДК 622.794

Е.И. НАЗИМКО, д-р техн. наук, **И.Н. ДРУЦ**, **Л.И. СЕРАФИМОВА**,
Н.А. ЗВЯГИНЦЕВА, **Ю.В. ШЕВЧЕНКО**
(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТАЦИИ КОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ

В энергетическом балансе Украины уголь еще длительное время будет оставаться одной из основных составляющих, определяя стратегическую политику государства по развитию горнодобывающей и перерабатывающей