

*Надійшло до редколегії 22.02.09 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

УДК 622.7

В.П. СОКОЛОВА, канд. техн. наук

(Украина, Кривой Рог, Национальная металлургическая академия Украины,
Криворожский металлургический факультет),

А.В. ГАБУРА

(Украина, Кривой Рог, ОАО НИПИ "Механобрчермет")

ОСОБЕННОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СИЛИКАТОВ И ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

Силикатный комплекс железистых кварцитов (как магнетитовых, так и гематитовых) помимо кварца включает различные силикаты: куммингтонит, амфиболы, антофиллит, содержащие двух- и трехвалентное железо. Существенное преобладание кварца в силикатном комплексе повышает селективность разделения рудных и нерудных минералов в силу контрастности разделительных свойств (например, магнитных и флотационных). И, наоборот, присутствие силикатов и тем более значительное их количество в нерудной фазе определяет снижение селективности разделительных процессов.

При магнитном обогащении железистые силикаты, являющиеся слабомагнитными минералами, частично переходят в магнитную фракцию и снижают качество концентрата.

При обратной флотации, где в качестве депрессора железорудных минералов (магнетита, гематита) используется крахмал, железистые силикаты также хорошо депрессируются крахмалом. Закрепление крахмала на поверхности железосодержащих силикатов происходит по такому же механизму, как на поверхности оксидов железа, так как эти силикаты содержат в своей структуре ионы железа, алюминия и магния, которые могут образовывать комплексные соединения с полисахаридами. Экспериментальные данные показывают ярко выраженную сорбцию крахмала на амфиболах и других темноцветных минералах, по сравнению с кварцем [1]. Поэтому адсорбция крахмала как на поверхности оксидов железа, так и на железосодержащих силикатах определяет содержание диоксида кремния в конечных концентратах при флотации катионными собирателями. Т.е. при использовании крахмала одновременно с повышением извлечения в камерный продукт ухудшается качество концентрата [2].

Для повышения извлечения силикатов железа в пенный продукт обратной флотации и соответственно улучшения качества концентрата используют различные мероприятия. В частности, для флотации минералов силикатного комплекса применяют более селективные собиратели совместно с крахмалом или отказываются вообще от использования депрессора – крахмала.

Авторы статьи [1] исследовали возможность снижения содержания диоксида кремния с 3...5 до 1,5% в концентратах Лебединского ГОКа при использовании вновь синтезированных собирателей. Минералогический анализ рядового и дообогащенного концентратов показывает, что силикатный комплекс на 85% представлен железистыми силикатами. Флотационными исследованиями установлено, что при использовании аминов фирмы "Сеса" (Франция) при расходе 100 г/т и крахмала 1000 и 500 г/т содержание диоксида кремния снижается менее чем на 0,9% и остается достаточно высоким, около 3%. Применение вновь синтезированного собирателя РХ (смесь эфиров алкилдиаминов с первичными аминами и неионогенными добавками) приводит к эффективному удалению минералов силикатного комплекса как без крахмала, так и с применением крахмала в качестве депрессора. Массовая доля железа в магнетитовых концентратах в этом случае составляет более 70%, диоксида кремния – менее 1%, извлечение железа в концентрат находится в пределах 91...95%.

Как считают авторы работы [3], с целью повышения селективности процесса обратной катионной флотации целесообразно подвергнуть пенный продукт флотации магнитному обогащению. Такая схема, по мнению авторов, позволяет отказаться от перечистных операций флотации, снизить расход собирателя, а также исключить использование крахмала в качестве депрессора железосодержащих минералов. Комбинированная схема, включающая обратную катионную флотацию концентрата магнитного обогащения и магнитную сепарацию доизмельченного пенного продукта, используется на ОАО "Ингулецкий ГОК" при доводке магнетитовых концентратов. Однако при обогащении руд с тонкой вкрапленностью магнетита и значительным содержанием железистых силикатов селективность разделения оксидов и силикатов железа невысокая. Так, при обогащении магнетитовых кварцитов Ингулецкого ГОКа, рудные слои которых содержат 25...35% куммингтонита с включениями тонкодисперсного магнетита крупностью 4–6 мкм, массовая доля железа в концентрате магнитной сепарации составляет 62,3%, после флотации качество концентрата повышается до 66,8% железа. В то время как при обогащении магнетитовых кварцитов с интенсивной вкрапленностью кварца крупностью 2–5 мкм в отдельных рудных слоях содержание железа в концентрате после магнитной сепарации составляет 64%, после флотационной доводки – 70% [3].

Результаты испытаний технологии получения гематитовых концентратов

из хвостов обогатительной фабрики ОАО "Михайловский ГОК", приведенные в работе [4], показали, что процесс флотации хвостов, по сравнению с флотацией магнетитовых концентратов, оказался более сложным вследствие различия содержания железа и количества железистых силикатов. По магнитно-флотационной схеме на пилотной установке из хвостов фабрики, содержащих 28,2% железа (31% гематита, 45% кварца, 15% железосодержащих силикатов и др.) получено 10,6% (от хвостов фабрики) концентрата с массовой долей железа 61,5%. Извлечение железа в концентрат (от хвостов фабрики) составило 23,1%. При мокрой магнитной сепарации в магнитную фракцию, кроме гематита, попадали железосодержащие минералы (в основном куммингтонит). При флотации магнитной фракции с массовой долей железа 49% использовали: крахмал при расходе 300...400%, лилафлот при расходе до 90 г/т. Вследствие низкой селективности флотационного обогащения магнитного промпродукта предложенным реагентным режимом флотации, выход концентрата в операции флотации составил **50,7%**, извлечение железа в операции флотации – **62,4%**, содержание железа в пенном продукте – 38%.

Таким образом, использование обратной флотации для разделения оксидов железа и силикатов железа при значительном содержании последних недостаточно эффективно.

Еще в 1960–1970-е годы в институте "Механобрчермет" были исследованы зависимости флотационных свойств железных руд от условий их рудообразования. В работе [5] опытами по флотации большого числа проб, в частности железистых кварцитов Первомайского месторождения, определены границы рационального применения того или иного режима. Показано, что применение обратной флотации целесообразно для руд, содержащих не выше 9% железистых силикатов. При более высоких содержаниях силикатов в исходной руде удовлетворительные показатели обогащения могут быть получены лишь по режиму прямой флотации.

На рис. 1 приведена, по данным работы [5], зависимость извлечения железосодержащих силикатов в концентрат от содержания их в исходной руде при прямой и обратной флотации.

При прямой флотации расходы и соотношения реагентов-модификаторов серной кислоты и жидкого стекла определяются в основном составом силикатного комплекса. Избыток жидкого стекла действует активирующим образом на минералы силикатов, серная кислота депрессирует силикаты. В связи с этим необходима оптимизация расходов серной кислоты и жидкого стекла при различной массовой доле силикатов железа в исходной руде.

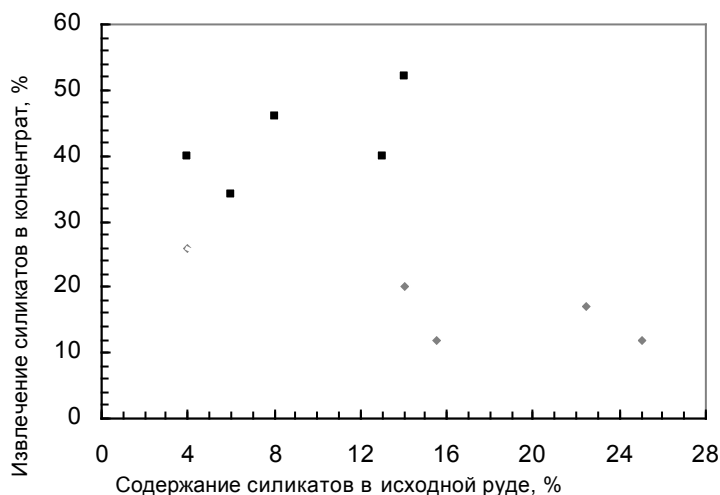


Рис. 1. Зависимость извлечения силикатов железа в концентрат от их содержания в исходной руде:

- 1 – извлечение силикатов при обратной флотации;
2 – извлечение силикатов при прямой флотации

Авторами настоящей статьи выполнен комплекс исследований по дообогащению хвостов обогатительной фабрики ОАО "ЦГОК" с целью извлечения гематита. Массовая доля железа общего в исходных хвостах составила 13,3%, в том числе железа гематита – 4,7%. В минералогическом отношении хвосты содержали 6,1% гематита, 23% железистых силикатов, 62,4% кварца и др.

Лучшие результаты получены по гравитационно-флотационной схеме обогащения при оптимизированном реагентном режиме прямой флотации.

Промпродукт гравитационного предобогащения с массовой долей железа 47,9% содержал 43,5% гематита, 35% силикатов железа и 19% кварца. Технологические показатели обогащения хвостов представлены на схеме, рис. 2.

Оптимизированный реагентный режим при соотношении реагентов-модификаторов серной кислоты к жидкому стеклу как 2:1–2,5:1 позволил повысить массовую долю железа до 62...63%, что на 5...6% больше, по сравнению с базовым режимом при соотношении серной кислоты к жидкому стеклу как 1:1–1:1,5. За базовый принят реагентный режим прямой флотации гематитовой руды с содержанием силикатов железа менее 4...5%. Содержание силикатов железа в концентрате при этом снизилось до 13%, кварца – до 1%.

В операции флотации: выход концентрата составил **68,9%**, извлечение железа в концентрат – **89,5%**.

Выводы

1. Разделение силикатов и оксидов железа при флотационном обогащении железных руд осуществляют с использованием как прямой, так и обратной флотации.

2. При содержании силикатов железа в исходном продукте менее 9% применяют обратную флотацию. Селективность разделения оксидов и силикатов железа снижается при использовании крахмала. Применение собирательной смеси аминов с неионогенными добавками повышает эффективность удаления силикатов.

3. При высоких содержаниях силикатов железа (более 10%) целесообразно использовать прямую флотацию. При этом расходы и соотношение реагентов-модификаторов серной кислоты и жидкого стекла определяются составом силикатного комплекса (соотношением силикатов железа и кварца).

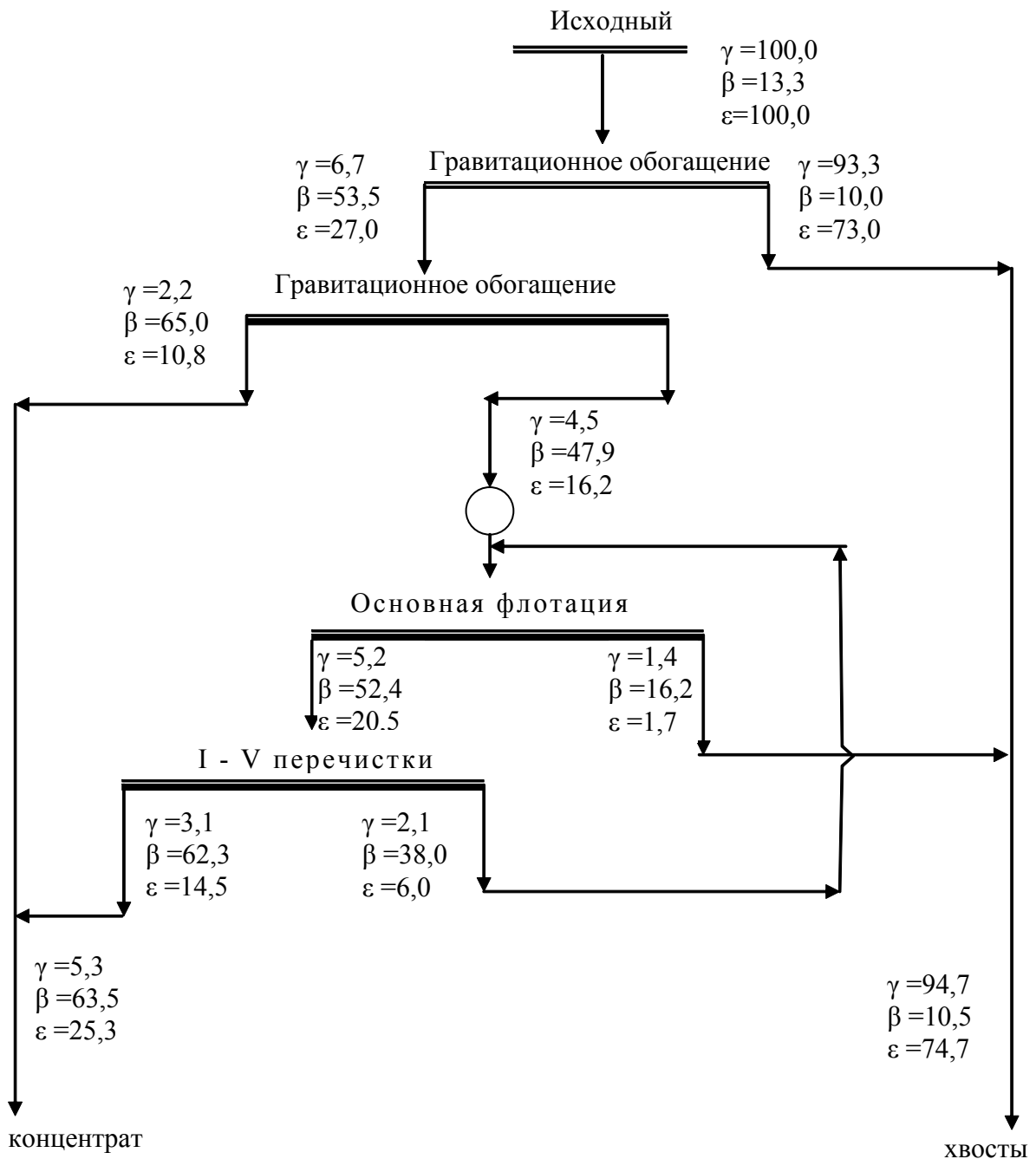


Рис. 2. Гравитационно-флотационная схема дообогащения хвостов ОФ ЦГОКа

Список литературы

1. Филиппов Л.О., Филиппова И.В., Северов В.В. Разработка новых реагентных режимов для флотационного разделения силикатов и оксидов железа // Обогащение руд. – 2007. – № 1. – С. 20–24.
2. Сентемова В.А. Флотация в схемах обогащения магнетитовых руд // Обогащение

руд. – 2007. – № 2. – С. 18–22.

3. **Пивень В.А., Дендюк Т.В., Калиниченко А.Ф.** Применение обратной катионной флотации для доводки концентратов магнитного обогащения кварцитов Ингулецкого ГОКа // Горный журнал. – 2003. – С. 31–35. – (Спецвып. РИВС).

4. Испытания технологии получения гематитовых концентратов из хвостов обогатительной фабрики ОАО "Михайловский ГОК" / **С.И. Кретов, С.Л. Губин, Т.В. Игнатова и др.** // Обогащение руд. – 2007. – №6. – С. 20–24.

5. Игумнова И.П. Зависимость флотационных свойств Криворожских окисленных железных руд от условий их рудообразования. // Обогащение и окускование железных руд: Сб. науч. тр. ин-та "Механобрчермет". – М., 1967. – Вып. 8. – С. 135–141.

© Соколова В.П., Габура А.В., 2009

*Надійшло до редколегії 12.02.09 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*