

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В практике магнитного обогащения большое значение имеет магнитная флокуляция, которая неизбежно сопровождает любой способ переработки тонкоизмельченных ферромагнитных материалов. Явление флокуляции магнитных компонентов железных руд снижает эффективность классификации и измельчения, а также отрицательно влияет на мокрую магнитную сепарацию.

Перспективным направлением решения проблемы магнитной флокуляции является применение жидкого стекла как реагента-деспергатора, который интенсифицирует мокрую магнитную сепарацию.

Усовершенствование мокрой магнитной сепарации позволит измельчать тонковкрапленную руду до полного раскрытия сростков и получения высококачественных концентратов. Интенсификация магнитной сепарации приведет к вовлечению в переработку труднообогатимых руд, обогащение которых в настоящее время сопровождается существенными потерями железа.

Magnetic flocculation is of great importance in magnetic concentration processes. It is inevitable in any kind of fine-grain iron-content material processing. This phenomenon brings down efficiency of both classification and grinding as well as has a negative influence on wet magnetic separation.

Application of sodium silicate as a reacting substance is a promising way to solve the problem of magnetic agglomeration. It can intensify the process of wet magnetic separation.

Improvement of wet magnetic separation will enable grinding of finely disseminated ores up to complete unlocking and production of high-grade concentrates. Intensification of magnetic separation will allow processing of rebellious ores, which concentration is nowadays connected with significant losses of the iron component.

Сепарация в магнитном поле нашла широкое промышленное применение при обогащении руд черных металлов. Этим методом перерабатывается около 90 % всех обогащаемых руд.

В настоящее время возникла необходимость вовлечения в переработку труднообогатимых руд, обогащение которых сопровождается существенными потерями железа. Современная техника магнитного обогащения магнетитовых и титаномагнетитовых руд не обеспечивает оптимальной полноты извлечения железа и достаточно эффективного отделения рудных минералов от бедных сростков и пустой породы.

Вовлечение в добычу и переработку тонковкрапленных железных руд требует разработки новых эффективных методов их

обогащения или совершенствования уже существующих. Наибольший интерес вызывает магнитная сепарация. Однако в связи с тонкой вкрапленностью рудных минералов для их полного раскрытия требуется измельчать руду до крупности –44 мкм, а в отдельных случаях до –10 мкм. При тонком измельчении сильномагнитных материалов возникает магнитная флокуляция, которая приводит к тому, что разделение материала на магнитных сепараторах не дает должного эффекта.

Образование флокул главным образом зависит от таких параметров, как коэрцитивная сила, остаточная индукция и магнитная восприимчивость минеральных частиц, поэтому было изучено влияние коэрцитивной силы на флокуляцию тонкоизмельчен-

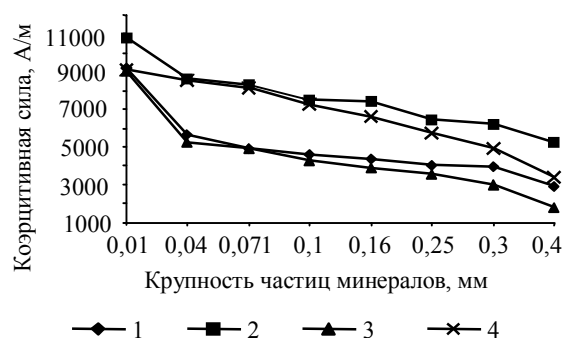


Рис.1. Зависимость коэрцитивной силы железосодержащих минералов от их крупности
1 – магнетит; 2 – титаномагнетит; 3 – магнетит размагниченный; 4 – титаномагнетит размагниченный

ных магнетитовых и титаномагнетитовых концентратов.

Оценку коэрцитивной силы можно проводить различными методами, известными как в обогащении, так и в физике, но область их применения ограничена техническими возможностями и технологическими условиями. Наиболее универсальным методом является метод Гюи, но погрешность экспериментов на лабораторной установке превышает возможные. Поэтому для исследования был использован новый осциллографический способ, позволяющий визуально наблюдать кривую гистерезисного цикла при намагничивании образца переменным током на экране электронного осциллографа.

Исследования влияния коэрцитивной силы на магнитную флокуляцию магнетитовых и титаномагнетитовых концентратов показывают (рис.1), что при уменьшении крупности материала коэрцитивная сила возрастает. Это объясняется приближением размеров частиц к близдоменным, что вызывает изменения магнитных свойств. На величину коэрцитивной силы влияет также вещественный состав и несовершенство кристаллической структуры. Однако можно предположить, что величина коэрцитивной силы зависит, в основном, не от размера частиц, а от степени несовершенства кристаллической структуры различных фракций и их фазового состава. Как видно из рис.1, наличие диоксида титана в титаномагнетитовых концентратах обеспечивает более высокую коэрцитивную силу, чем в

магнетите, что затрудняет селективное разделение титаномагнетитовых руд по сравнению с магнетитовыми рудами. Необходимость тонкого измельчения титаномагнетитовых руд обусловлена тонким проращением минералов.

Для предотвращения отрицательного влияния флокуляции на показатели мокрой магнитной сепарации при обогащении тонковкрапленных руд в технологических схемах широко используются операции размагничивания железосодержащих пульп, которые направлены на разрушение магнитных флокул. Промышленные размагничивающие катушки обычно используют электрический ток стандартной частоты 60 Гц, что позволяет снизить остаточную намагниченность частиц в проходящем через них потоке пульпы, но частицы остаются сильно намагниченными, образуя магнитные агломераты из 100 и более частиц в статических условиях.

В промышленности возможно применение циклосайзера Warman, в котором под влиянием сильных гидродинамических сдвиговых усилий магнитные флокулы разрушаются, и малые частицы могут классифицироваться под их действительным размером. Но данный аппарат требует дальнейшего изучения для определения того, когда и при каких сдвиговых усилиях создаваемые в промышленных гидроциклонах малые размагниченные частицы магнетита ведут себя как отдельные частицы или как крупные агломераты.

Как видно из рис.1, частицы крупностью 40-10(5) мкм трудно поддаются размагничиванию. Флокулируя за счет собственных магнитных масс, частицы с близдоменными размерами последовательно замыкают свои потоки и образуют агрегаты округлой или тороидальной формы из нескольких частиц. Значительная остаточная намагниченность тонких частиц после размагничивания связана с числом магнитных доменов в каждой частице. Поведение этих частиц как агломератов или отдельных частиц в любой отдельно взятой операции зависит от напряжения сдвига, которому подвергаются частицы.

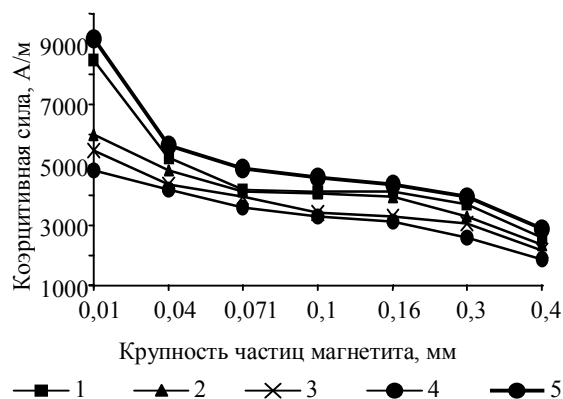


Рис. 2. Зависимость коэрцитивной силы магнетита от его крупности при различных расходах жидкого стекла
1 – 200 г/м; 2 – 300 г/м; 3 – 400 г/м; 4 – 500 г/м;
5 – исходное

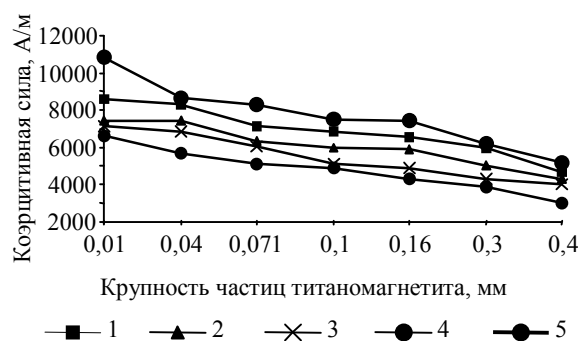


Рис. 3. Зависимость коэрцитивной силы титаномагнетита от его крупности при различных расходах жидкого стекла
1 – 200 г/м; 2 – 300 г/м; 3 – 400 г/м; 4 – 500 г/м;
5 – исходное

После размагничивания величина коэрцитивной силы частиц крупностью 40 мкм снизилась в магнетите с 5625 до 5250 А/м, в титаномагнетите с 8625 до 8533 А/м. Число частиц во флокule также уменьшается с увеличением крупности частиц в условиях размагничивания при 60 Гц. Достижение полного размагниченного состояния с отсутствием магнитной флокуляции возможно для частиц крупностью свыше 400 мкм.

Высокая степень флокуляции размагниченного материала может происходить за счет электростатического взаимодействия в большей степени, чем из-за магнитных сил. Влияние жидкого стекла на коэрцитивную силу и степень флокуляции частиц показано на рис. 2, 3.

Жидкое стекло является диспергатором и оказывает существенное влияние на величину коэрцитивной силы. На магнитную флокуляцию тонкоизмельченных частиц влияет расклинивающее давление тонких слоев жидкости, расположенных между частицами, которое стремится раздвинуть их. Чем больше сила прижима двух тел, тем меньше равновесная толщина прослойки жидкости и больше расклинивающее давление. В жидкой среде расклинивающее давление равно силе, с которой тонкий слой жидкости действует в состоянии равновесия на частицы, стремясь раздвинуть их.

Расклинивающее давление проявляется при толщине слоя жидкости между частицей

и твердой поверхностью, равной 10^{-6} - 10^{-5} см. Данная величина вызвана различными причинами: молекулярным воздействием твердой фазы на граничный слой жидкости и образованием двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Расклинивающее давление существенно будет зависеть от концентрации жидкого стекла и увеличивается при повышении расхода реагента-диспергатора.

По данным исследования при расходе жидкого стекла 500 г/т коэрцитивная сила в магнетите снижается на 1465 А/м, в титаномагнетите на 2945 А/м для частиц крупностью 40 мкм. При использовании жидкого стекла увеличивается гидратный слой и смачиваемость за счет увеличения расклинивающего давления. Тем самым предотвращается процесс магнитной флокуляции и малые частицы могут классифицироваться по их действительным размерам.

Усовершенствование процесса магнитной сепарации позволит перерабатывать тонковкрапленные руды, которые требуют измельчения до полного раскрытия сростков и получения высококачественных концентратов. Решение вопроса магнитной сепарации даст возможность интенсифицировать избирательность процесса и рекомендовать использовать жидкое стекло как реагент-диспергатор, а также вовлекать в переработку труднообогатимые руды, обогащение которых в настоящее время сопровождается существенными потерями железа.

Научный руководитель д.т.н. проф. *В.Б. Чижевский*