

А.М. ТУРКЕНИЧ, д-р техн. наук,

К.А. ЛЕВЧЕНКО, В.В. ДЕМЕНТЬЕВ, кандидаты техн. наук,

Л.А. ШАТОВА

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

А.В. РУДИЦКИЙ

(Украина, Днепропетровск, НПФ "Магнитные и гидравлические технологии")

ВЫСОКОГРАДИЕНТНАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ МАГНЕТИТОВЫХ РУД

При обогащении магнетитовых руд на ГОКах применяют схемы магнитного обогащения, где основным оборудованием являются барабанные сепараторы с постоянными магнитами. При переработке труднообогатимых руд получают железорудные концентраты, содержащие 62...65% Fe. Для получения концентратов более высокого качества на некоторых ГОКах используют флотационное дообогащение, которое по сравнению с магнитным – дорогостоящее и экологически небезопасное.

Трудности, связанные с повышением железа в магнетитовых концентратах при обогащении на барабанных сепараторах, вызваны тем, что при напряженности магнитного поля более 5 кА/м частицы тонкозернистого магнетита объединяются во флоккулы, а при напряженности свыше 25 кА/м вся масса магнетита приобретает структуру в виде прижатых друг к другу флокул. В современных барабанных сепараторах напряженность магнитного поля превышает 100 кА/м. При входе пульпы в зону сепарации с такой напряженностью магнетит мгновенно флокулируется. Внутри этих больших флокул защемляются частицы кварца и бедных сростков, что снижает качество магнитного продукта.

Притяжение частиц магнетита к поверхности барабана происходит под действием магнитной силы, которая описывается уравнением

$$F = \chi \mu H \text{grad}H ,$$

где χ – магнитная восприимчивость частицы; μ – магнитная проницаемость среды, в которой происходит обогащение; H – напряженность магнитного поля; $\text{grad}H$ – градиент напряженности этого поля.

Из формулы видно, что одну и ту же магнитную силу можно получить при различных комбинациях величины напряженности и градиента напряженности магнитного поля. Открытая магнитная система барабанных сепараторов не позволяет создать градиент магнитного поля свыше 3000 кА/м². Поэтому для достижения магнитной силы, необходимой для извлечения магнитной фракции, на поверхности барабана поддерживается напряженность магнитного поля свыше 100 кА/м.

Научно-производственной фирмой "Магнитные и гидравлические технологии" разработан и запатентован способ и устройство [1, 2], в котором создается высокий градиент магнитного поля (10⁶...10⁷ кА/м²), что позволяет достигать необходимую величину магнитной силы при значениях напряженности магнит-

Збагачення корисних копалин, 2012. – Вип. 48(89)

Магнітна і електрична сепарація

ного поля на порядок меньше, чем в барабанных сепараторах – способ высокоградиентной магнитной сепарации в слабых полях (ВГМССП). Сепаратор, позволяющий реализовать данный способ, выполняется в роторном варианте, что упрощает схему организации перемещения магнитного и немагнитного продукта.

Высокая неоднородность магнитного поля создается выступами и впадинами рифленых пластин, установленных в пакете с зазором относительно друг друга и помещенных между полюсами магнитной системы. Благодаря низкой напряженности поля значительно уменьшается флокулообразование, а, следовательно, захват зерен кварца и бедных сростков в магнитный продукт [3].

Национальным горным университетом были проведены исследования возможности применения метода высокоградиентной магнитной сепарации в слабых полях для дообогащения магнетитовых концентратов: Полтавского (ПГОК), Ингулецкого (ИнГОК) и Центрального (ЦГОК) горно-обогатительных комбинатов.

По существующей технологической схеме магнитного обогащения содержание железа в концентрате комбината ИнГОКа не превышает 64%. Содержание железа в концентрате ПГОКа зависит от пласта обогащаемой руды: для труднообогатимых руд пачки K_3^2 оно составляет до 60%; для пачки K_2^2 – 65%. Введение операции флотационного дообогащения всего концентрата (ИнГОК, ПГОК) позволяет повысить содержание в нем железа на 3...4%. Выделение хотя бы части концентрата, аналогичного по качеству флотационному, экологически чистым магнитным методом позволит уменьшить объем материала, поступающего на флотацию, снизить расход дорогостоящих реагентов и, как следствие, сократить количество линий флотационного обогащения, находящихся в эксплуатации.

Для исследований были накоплены представительные пробы песков дешламатора 3-го приема. Пески дешламатора третьего приема являются конечным концентратом магнитного обогащения, который направляется на обратную флотацию. При флотационном дообогащении получают концентрат с повышенным содержанием железа и промпродукт (пенный продукт). Промпродукт в зависимости от технологической схемы, применяемой на ГОКе, обогащается в отдельном цикле (ПГОК), или возвращается на дораскрытие в III стадию измельчения и IV, V стадию магнитной сепарации (ИнГОК).

Исследования процесса ВГМССП выполнены на лабораторной установке имитирующей рабочую матрицу высокоградиентного магнитного сепаратора со слабым полем, которая состоит из кассеты, блоков постоянных магнитов и питателя. Кассета представляет собой две параллельно расположенные рифленые пластины, соединенные между собой с зазором 5...6 мм. По обе стороны кассеты расположены блоки постоянных магнитов. Средняя напряженность магнитного поля в зазоре между пластинами регулируется путем перемещения магнитных блоков (удалением или сближением) относительно кассеты и меняется от 3,5 до 60 кА/м. Процесс ВГМССП проводился по схеме с трехкратной перемещением магнитных продуктов (рисунок). Магнитный продукт третьего приема являлся конечным продуктом. Немагнитный продукт второго и третьего приема объединялся в промпродукт ВГМССП. Напряженность магнитного поля изменялась по приемам сепарации в пределах 15...20 кА/м.

Магнітна і електрична сепарація

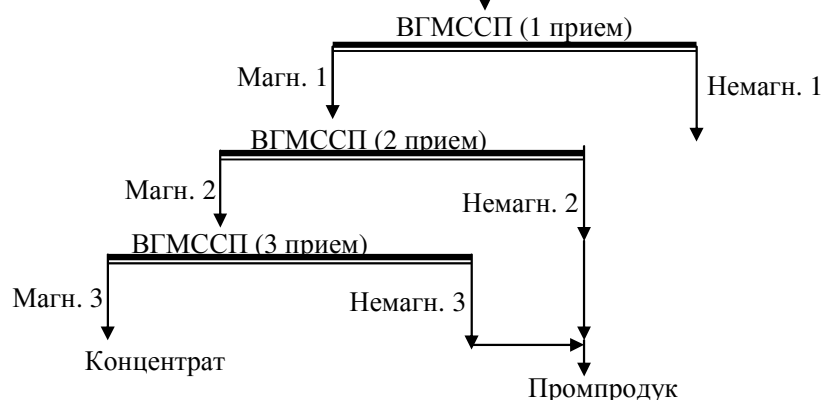


Схема проведения процесса ВГМССП

Как видно из таблицы, метод ВГМССП позволяет при обогащении песков дешламатора 3-го приема ИнГОКа выделить до 21,0% концентрата с содержанием железа 67,3%, до 13,0% немагнитного продукта (53,6% железа), требующего дополнительного дораскрытия, который необходимо направлять на III стадию измельчения, и 66,3% промпродукта с содержанием железа 63,3%, предназначенного для флотационного обогащения.

При обогащении руды ПГОКа (пласт K_2^2) выделяется 45,3% магнитного продукта с содержанием железа 68,2%, 60,5% промпродукта с содержанием железа 65,4% и 4,2% немагнитного продукта, содержащего 39,6% железа.

Результаты исследований представлены в таблице.

Концентрат ГОКа	ВГМССП										
	Питание	Концентрат				Немагнитный 1			Промпродукт		
		Fe, %	γ , %	Fe, %	ϵ , %	γ , %	Fe, %	ϵ , %	γ , %	Fe, %	ϵ , %
Ингулецкого	62,9	20,7	67,35	22,2	13,0	53,6	11,1	66,3	63,3	66,7	
Полтавского: пласта K_2^2	65,6	45,3	68,2	47,1	4,2	39,6	2,5	50,5	65,4	50,4	
пласта K_3^2	57,1	42,0	62,1	45,7	24,0	50,5	21,2	34,0	57,1	33,1	
Центрального*	67,8	48,2	69,7	49,6	3,0	33,5	1,5	48,8	68,0	48,9	

* При обогащении концентрата Центрального ГОКа в третьем приеме обогащались объединенные первый и второй немагнитные продукты

Из труднообогатимого пласта K_3^2 выделяется до 42% концентрата с содержанием железа 62,1%, 24% немагнитного продукта – 50,5% железа и 34% промпродукта, содержащего 57,1% железа.

При обогащении концентрата ЦГОКа получено 48,2% высококачественного магнетитового концентрата с содержанием железа 69,7%, 3,0% немагнитного продукта содержащего 33,5% железа и 48,8% промпродукта, который по содержанию железа соответствует исходному продукту (68,0% железа).

Магнітна і електрична сепарація

При обогащении магнитного концентрата ИнГОКа и ПГОКа концентрат ВГМССП соответствует по качеству флотационному концентрату, получаемому из этой руды. Промпродукт по качеству соответствует продукту, который направляется на флотационную доводку, а немагнитный продукт необходимо направлять на доразкрытие в III стадию измельчения (непосредственно в мельницу).

Кроме этого данный метод возможно использовать для обогащения песков дешламатора первого приема, т.е. на продукте второй стадии измельчения. В этом случае операция ВГМССП позволяет выделить до 35...45% магнитного продукта с содержанием железа, соответствующим качеству концентрата магнитного обогащения, 3...15% отвальных хвостов, содержащих 12...16% железа и 38...60% промпродукта, который необходимо направлять на третью стадию измельчения. Т.е., при использовании метода ВГМССП на продукте II стадии измельчения нагрузка на мельницу III стадии снижается в 1,5...2 раза.

Однако следует отметить, что возможности данного метода обогащения до конца не выяснены. Поэтому применение его на других типах магнетитовых руд, кроме указанных требуют проведения дополнительных исследований.

Таким образом, применение метода ВГМССП при обогащении концентратов магнитного обогащения для условий ИнГОКа позволяет сократить фронт флотации на одну треть, а для ПГОКа в два раза. Для условий ЦГОКа методом ВГМССП возможно выделить до 48,2% высококачественного концентрата содержащего 69,7% железа. Применение этого метода в третьей стадии магнитного обогащения позволит выделить до 40...60% готового концентрата, что существенно снижает нагрузку на третью стадию измельчения.

Список литературы

1. Спосіб мокрої високоградієнтної сепарації тонкозернистих магнетитових руд і пристрій для його здійснення: пат. 57157 Україна. – МКВ В03С 1/30 / О.М. Туркеніч. – №2001021245; заявл. 21.02.2001; опубл. 16.06.2003, Бюл. №8. – 4 с.
2. Сепаратор для мокрого магнітного збагачення тонкозернистих магнетитових руд: пат. 53737 Україна, МКВ В03С 1/30 / О.М. Туркеніч. – №2000031221; заявл. 01.03.2000; опубл. 17.02.2003, Бюл. №2. – 3 с.
3. Turkenich A.M. A novel method for improvement of quality of a magnetite concentrate // Magnetic end Electrical Separation. – 2001. – Vol. 10, №4. – P. 207-208.
4. Выделение высококачественного концентрата методом высокоградиентной сепарацией в слабых магнитных полях при обогащении магнетитовых руд / А.М. Туркенич, К.А. Дементьев, Л.А. Шатова и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. 24(65). – С. 32-36.
5. Результаты лабораторных исследований по выделению высококачественного концентрата методом высокоградиентной магнитной сепарацией при обогащении магнетитовых руд ЦГОКа / А.М. Туркенич, К.А. Левченко, В.В. Дементьев и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип. 27(66)-28(67). – С. 64-67.

© Туркенич А.М., Левченко К.А., Дементьев В.В., Шатова Л.А., Рудицкий А.В., 2012

*Надійшла до редколегії 05.01.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*