



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29274 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B03C 1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД

1

(21) u200709503

(22) 21.08.2007

(24) 10.01.2008

(72) КОЛЕСНИК МИКОЛА ДМИТРОВИЧ, UA,  
КРАВЦОВ ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
ХІНОЦЬКА АЛЛА АНАТОЛІЙВНА, UA, ЛОМОВЦЕВ  
ЛЕВ ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, КРАВЦОВ ЄВГЕН  
МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ВЕРХОВСЬКИЙ СЕРГІЙ  
СЕРГІЙОВИЧ, UA, БУЛАХ ОЛЕКСІЙ  
ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КРАВЦОВ МИКОЛА  
КИРИЛОВИЧ, UA(73) КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
UA

(56)

(57) 1. Спосіб збагачення залізних руд, що  
включає селективну флокуляцію, дешламацію і  
магнітну сепарацію, який відрізняється тим, що  
магнітну сепарацію проводять при напруженості  
магнітного поля, яку визначають за формулою:

$$H = \frac{\sigma_1 \cdot \delta_1 \cdot n_1 + \sigma_2 \cdot \delta_2 \cdot n_2}{\alpha_1 \cdot n_1 + \alpha_2 \cdot n_2},$$

2

де H - напруженість магнітного поля сепаратора,  
A/m; $\alpha_1, \alpha_2$  - магнітна сприйнятливість відповідно  
магнетиту і гематиту (гетиту); $n_1, n_2$  - частковий вміст відповідно магнетиту,  
гематиту, д.о.; $\sigma_1, \sigma_2$  - магнітний момент одиниці маси речовини  
магнетиту, гематиту, A·m<sup>2</sup>/кг; $\delta_1, \delta_2$  - щільність зерен магнетиту, гематиту, які  
розділяються, кг/м<sup>3</sup>.2. Спосіб збагачення залізних руд за п. 1, який  
відрізняється тим, що масова частка  
сильномагнітних різновидів повинна бути не  
менше 3 % від вихідної руди.3. Спосіб збагачення залізних руд за пп. 1, 2, який  
відрізняється тим, що дешламацію проводять  
при напруженості магнітного поля 8-12 кA/m і  
швидкості вихідного потоку 0,02-0,04 м/с.

Корисна модель належить до галузі  
збагачення корисних копалин і може бути  
використана при одержанні високоякісного  
концентрату із залізних руд.

Відомий спосіб збагачення магнетитових руд  
[див. А.с. СРСР №1755930 B03C1/00 опубл.  
23.08.92р. Бюл. №31].

Недоліком відомого способу є те, що при  
збагаченні залізних руд з різною магнітною  
сприйнятливістю (магнетит, мартит, гідроксиди)  
виділити вказані мінерали у магнітний продукт не  
реально. Тому використання даного способу при  
збагаченні залізних руд, які містять різні  
мінеральні різновиди не забезпечує високої  
ефективності процесу магнітної сепарації із-за  
широкого діапазону магнітних властивостей  
рудних мінералів (магнетит, мартит, гетит).

Найбільш близьким по технічній суті і  
позитивному ефекту, який досягається  
рекомендованою корисною моделлю є спосіб  
збагачення залізних руд, що включає селективну  
флокуляцію, дешламацію і магнітну сепарацію

[див. А.с. СРСР №1660744 МКИ B03C1/00 опубл.  
07.07.91. Бюл. №25].

Відомий спосіб характеризується тим, що для  
забезпечення високої ефективності процесу  
збагачення проводять подрібнення і магнітну  
сепарацію в три прийоми.

Недоліком даного способу є те, що  
застосування його при збагаченні залізних руд з  
широким діапазоном магнітних властивостей  
рудних мінералів (магнетит, мартит, гетит)  
необхідно застосовувати магнітну сепарацію із  
слабким магнітним полем (100-160кA/m) і сильним  
магнітним полем (0,6-1,2Тл). Така технологія  
значно ускладнює процес збагачення залізних руд,  
різко знижується точність розділення. Тому  
застосування даного способу при збагаченні  
залізних руд не забезпечує високу ефективність  
збагачення.

Завданням корисної моделі є вдосконалення  
способу збагачення залізних руд з різними  
мінеральними різновидами (магнетит, мартит,  
гетит) за рахунок застосування селективної

(13) U

(11) 29274

(19) UA

флокуляції, дешламації і магнітної сепарації при напруженості поля, яка забезпечить отримання високоякісного концентрату з мінімальними втратами заліза у хвостах при високій ефективності всього комплексу збагачувального переділу.

Певна мета досягається тим, що спосіб збагачення залізних руд, який включає селективну флокуляцію, дешламацію і магнітну сепарацію.

Відповідно до корисної моделі магнітну сепарацію основної і перечисної операцій магнітного продукту проводять при напруженості магнітного поля залежно від масової частки магнетиту (ферромагнетика) і гематиту (парамагнетика), яка визначається виходячи з того, що магнітний момент, який набуває тіло, розташоване у магнітному полі, виражається формулою [див. Рабкин Л.И., Соскин С.А., Эпштейн Б.Ш. Технология ферритов. - М.: Госэнергоиздат, 1962. - 360с.].

$$M = I \cdot V = \alpha H V,$$

де  $M$  - магнітний момент,  $A \cdot m^2$ ;

$I$  - намагніченість - магнітний момент одиниці об'єму речовини,  $A/m$ ;

$\alpha$  - об'ємна магнітна сприйнятливість;

$H$  - напруженість магнітного поля,  $A/m$ ;

$V$  - об'єм тіла,  $m^3$ .

Якщо тіло складається з частинок різної магнітної сприйнятливості, то підсумкова магнітна сприйнятливість визначатиметься

$$\alpha = \alpha_1 \cdot n_1 + \alpha_2 \cdot n_2,$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  - магнітна сприйнятливість кожної частинки;

$n_1, n_2$  - часткова участь часток у тілі, д.о.

Намагніченість виражають часто не магнітним моментом одиниці об'єму, а магнітним моментом одиниці маси речовини

$$I = \sigma \cdot \delta,$$

де  $\sigma$  - магнітний момент одиниці маси,  $A \cdot m^2/kg$ ;

$\delta$  - щільність речовини,  $kg/m^3$ .

Для речовини, яка складається із частинок різної щільності буде визначатися намагніченість

$$I = \sigma_1 \cdot \delta_1 \cdot n_1 + \sigma_2 \cdot \delta_2 \cdot n_2.$$

Одержаний вираз підставляємо у перше рівняння

$$M = (\sigma_1 \cdot \delta_1 \cdot n_1 + \sigma_2 \cdot \delta_2 \cdot n_2) \cdot V = (\alpha_1 \cdot n_1 + \alpha_2 \cdot n_2) \cdot H \cdot V.$$

Звідси визначаємо необхідну напруженість магнітного поля

$$H = \frac{\sigma_1 \cdot \delta_1 \cdot n_1 + \sigma_2 \cdot \delta_2 \cdot n_2}{\alpha_1 \cdot n_1 + \alpha_2 \cdot n_2}$$

Для забезпечення високої ефективності збагачення залізних руд масова частка сильномагнітних різновидів повинно бути не менше 3% від вихідної руди.

Для збагачення залізних руд дешламацію проводять при напруженості магнітного поля 8-16кА/м і швидкості вихідного потоку пульпи 0,02-0,04м/с.

Як показали дослідження, при селективній флокуляції залізорудної сировини, при якій необхідно підтримувати водневий показник середовища  $pH=10-11$  за допомогою застосування кальцинованої соди, диспергатор нерудних дисперсних частинок - рідке скло. Ці реагенти

подаються у млин разом з вихідною рудою. А для селективної флокуляції рудних мінеральних зерен (магнетиту, мартита, гідроксида) у дешламатор подається розчин кукурудзяного крохмалю.

Для того, щоб агрегат (флокула), який утворюється, володів сильномагнітними властивостями масова частка магнетиту у вихідній руді повинно бути не менше 3,0%.

У результаті всього комплексу збагачувального переділу отриманий високоякісний залізорудний концентрат з масовою часткою заліза 65,5%. Концентрат є вихідною сировиною для виробництва агломерату і окатишів.

Приклад здійснення пропонованого способу

Залізна руда Кривбасу крупністю 25-0мм з масовою часткою заліза 35,1%, яка представляє магнетит-гематитові мінеральні різновиди подавалася на подрібнення у млини МШР до крупності 95% класу мінус 0,074мм. Часткова участь рудних мінералів у руді от 0 до 20% - магнетиту, от 100 до 80% - гематиту. Щільність магнетиту 4700кг/м<sup>3</sup>, гематиту 4500кг/м<sup>3</sup>. Об'ємна магнітна сприйнятливість магнетиту 4,1м<sup>3</sup>/кг, а гематиту - 0,37м<sup>3</sup>/кг.

Магнітний момент одиниці маси магнетита дорівнює 70А·м<sup>2</sup>/кг, гематита - 0,39А·м<sup>2</sup>/кг.

Для створення лужного середовища пульпи при селективній флокуляції подавалася безпосередньо у млин каустична сода з розрахунку 0,6кг/т. Для диспергування порідних шламів у млин також подавалося рідке скло 0,4кг/т. Млин працював у замкнутому циклі з класифікатором. Злив класифікатора прямує у контактний чан і надалі - на дешламацію, піски якого - на магнітну сепарацію у сепаратори типа ПБМ. Для флокуляції рудних зерен магнетиту, мартита, гідроксидів використовується заварений зерновий (кукурудзяний) крохмаль в межах витрати 0,5-0,6кг/т руди, який подається безпосередньо у контактний чан. Час контакту зернового крохмалю з пульпою складає 30-50сек.

Дешламацію проводять при напруженості магнітного поля 8-12кА/м і швидкості вихідного потоку 0,02-0,04м/с. Дослідження проводилися за двома варіантами схем: базовий і рекомендований. Крупність подрібнення руди за обома варіантами схем була однаковою.

Результати порівнюваних варіантів збагачення залізорудної сировини приведені у таблиці.

У результаті обробки отриманих результатів порівнюваних варіантів збагачення залізних руд, які містять магнетито-мартитову різновидність за базовим і рекомендованим варіантам схем показує, що по рекомендованому варіанту схеми при застосуванні селективної флокуляції, дешламації досягається можливість збагачення руди у магнітному полі сепаратора при напруженості поля, яка залежить від часткової участі магнетиту у вихідній руді. Ефективність збагачувального переділу рекомендованої технології складає 52,3-55,7% проти 41,6-42,2 по базовому варіанту схеми.

По рекомендованому варіанту збагачення залізних руд можна отримувати високоякісний

концентрат придатний для виробництва окатишів - сировини металургійного переділу.

Порівняльні показники магнітної сепарації залізних руд за варіантом схем

Варіант технології	Масова частка заліза в вихідній руді, %	Операція елективної флокуляції			Дешламація, %					Магнітна сепарація %						Ефективність збагачення
		pH середовища	Витрати реагентів кг/т							Напруга магнітного поля, кА/м		Концентрат		Хвости		
			Кальцінована сода	Рідке скло	Напруга магнітного поля, кА/м	Швидкість потоку, м/с	Вихід γ	Вміст заліза β	Розрахункова	Фактична	Вихід γ	Вміст заліза β	Вихід γ	Вміст заліза β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Базовий варіант масова частка магнетит 1%	35,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	41,4	58,0	58,6	18,9	41,0	
магнетит 2%	35,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,3	58,1	58,7	18,9	41,7	
магнетит 3%	35,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,6	58,3	58,4	18,9	41,9	
магнетит 4%	35,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,7	58,6	58,3	19,0	42,7	
магнетит 10%	36,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,1	58,8	56,9	19,1	42,2	
Рекомендований варіант масова частка магнетит 1%	35,1	10,0	0,6	0,4	10,0	0,030	21,3	8,0	435	435	45,9	60,1	32,8	17,7	50,4	
магнетит 2%	35,1	10,0	0,6	0,4	10,0	0,030	21,2	8,1	401	400	45,7	60,2	33,1	17,8	50,4	
магнетит 3%	35,3	10,0	0,6	0,4	10,0	0,030	21,1	8,2	373	373	45,0	61,4	33,9	17,5	51,4	
магнетит 4%	35,5	10,0	0,6	0,4	10,0	0,030	21,1	8,2	343	343	43,7	63,7	34,2	16,3	53,8	
магнетит 10%	36,2	10,0	0,6	0,4	10,0	0,030	21,0	8,3	250	250	43,9	65,5	35,1	16,3	55,8	
Оптимізація напруженості магнітного поля дешламації																
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	-	0,030	14,1	16,3	250	250	38,2	59,4	47,7	18,3	39,9	
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	7,0	0,020	16,9	12,1	250	250	40,1	64,1	43,0	18,0	50,7	
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	8,0	0,030	18,4	10,2	250	250	40,6	65,0	41,0	17,6	52,3	
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	10,0	0,040	21,1	8,2	250	250	42,5	65,5	36,4	16,3	55,7	
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	12,0	0,030	20,4	8,0	250	250	42,0	64,0	37,6	18,6	52,3	
магнетит 10%	35,5	10,0	0,6	0,4	14,0	0,030	19,0	8,0	250	250	41,7	63,7	39,3	18,9	51,4	