

7. Миронов Е.И. Новые методы разрушения пород при скоростной проходке горных выработок в США // Горн. журн. – 1978. – № 3. – С. 69-72.

© Ганкевич В.Ф., Вахалин Ю.Н., Ливак О.В., 2019

*Надійшла до редколегій 16.01.2019  
Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком*

УДК 622.775

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18867.68642>

**В.В. САМОЙЛОВ В.В., О.А. БЕСАРАБОВ О.А.**

(Україна, ТОВ НВФ «Ракурс»)

**К.В. НІКОЛАЄНКО**, канд. техн. наук, **П.К. НІКОЛАЄНКО**,

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

### **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДОВИЛУЧЕННЯ ЗАЛІЗА З ПЕРЕРОБЛЕНИХ ШЛАКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.* З огляду на те, що при виплавці 1 т сталі, зі шлаком втрачається до 40 кг заліза у вигляді оксидів, скрапін і корольків, а також його мінеральна складова, переробка його є актуальною проблемою, вирішення якої дозволить знизити витрату природних сировинних ресурсів і поліпшити екологічну обстановку в прилеглий до відвалів місцевості.

*Аналіз досліджень і публікацій.* В даний час проблему утилізації шлаків вирішують двома шляхами: шлак в рідкому або твердому стані повертають в технологічний процес отримання залізобуглецевих сплавів; шлак виводять з металургійного циклу і використовують у господарській діяльності.

Найбільш поширеним, є другий шлях, при якому твердий шлак поетапно дробиться, та з нього «сухою» магнітною сепарацією видаляється металевий скрап. Цей метод переробки шлаку дозволяє ефективно видалити металеву фазу з крупних класів, У той же час у дрібних класах шлаку присутня достатня кількість заліза, як у формі металевого скрапу так і у формі оксидів заліза, які не вилучаються

*Постановка завдання.* Метою даних досліджень є, розробка технології та вибір обладнання для збагачення доменного шлаку крупністю 50-0 мм, який вже пройшов попередню переробку, для отримання з нього залізистого концентрату з вмістом заліза загального не менше 62% і підготовка вихідних даних для проектування збагачувальної фабрики продуктивністю 0,4 млн. т на рік по вихідному шлаку.

*Викладення матеріалу та результати.* Вихідний шлак був представлений матеріалом крупністю 50-0 мм.

## **Загальні питання технологій збагачення**

Гранулометричний склад вихідного шлаку (табл. 1) показав, що в складі матеріалу проби переважають частинки розміром більше 20 мм (42,8%). Вміст дрібних (менше 1 мм) частинок – 6,0%.

Мінералогічні дослідження показали, що матеріал проби шлаку складається, переважно, з силікатного скла (52,4%), оксидів заліза (34,1%) і металу (13,5%). Склад матеріалу дрібнозернистих фракцій проби, як і більш крупнозернистих найчастіше представлений зростками силікатного скла і агрегатів металу, оксидів заліза. Виділення металу сферичної або каплевидної форми розміром від менш 0,001 до 0,7 мм, окремі включення досягають 2 мм. Для найбільш тонкозернистого матеріалу (1+ 0 мм) характерно низький вміст металу, який зазвичай утворює дрібні включення (0,001-0,01 мм) в силікатному склі.

Таблиця 1

Гранулометричний склад матеріалу вихідної проби шлаку	
Гранулометричні фракції, мм	Вихід фракцій, %
50+20	42,8
20+10	17,6
10+7	11,1
7+5	3,7
5+2	14,2
2+1	4,6
1+0	6,0
Всього	100,0

Для проби вихідного шлаку в сертифікованій хімічній лабораторії було виконано визначення змісту  $Fe_{заг.}$  і  $SiO_2$ , величини яких склали:  $Fe_{заг.}$  – 39,6%,  $SiO_2$  – 14,97%.

Мінералогічними дослідженнями встановлено, що залізо в шлаку представлено, як в металевій фазі, так і в формі оксидів. Тому основним методом їх переробки прийнято магнітне збагачення.

Дослідження проведено із застосуванням сухого і мокрого способів збагачення.

За результатами мінералогічних досліджень збагачення виконувалося, з поетапним зменшенням крупності продуктів збагачення, шляхом їх дроблення і подрібнення.

Дослідження по збагаченню доменного шлаку сухим магнітним способом були проведені, в крупності вихідного живлення магнітного сепаратора 10-0 і 5-0 мм. Аналіз отриманих результатів показав (табл. 2), що зниження крупності вихідного живлення сепаратора до 5-0 мм дозволяє збільшити вихід немагнітного продукту на 21,4% (з 10,8 до 32,2%), при збільшенні вмісту заліза загального в магнітному продукті на 6,8% (з 42,1 до 48,9%). Однак, отримання високих показників сухим способом в даній крупності неможливо.

Таблиця 2

Залежність показників сухого магнітного збагачення шлаку  
від крупності вихідного живлення

Продукти	Крупність вихідного живлення, мм	
	10-0	5-0
Вміст заліза загального в вихідному продукті, %	39,6	39,6
Вихід магнітного продукту, %	89,2	67,8
Вміст заліза загального в магнітному продукті, %	42,1	48,9
Вилучення заліза загального в магнітний продукт, %	94,8	83,7
Вихід немагнітного продукту, %	10,8	32,2
Вміст заліза загального в немагнітному продукті, %	19,1	20,0
Вилучення заліза загального в немагнітний продукт, %	5,2	16,3

Таблиця 3

Гранулометричний склад матеріалу вихідної проби крупністю 5-0 мм

Гранулометричні фракції, мм	Вихід фракцій, %
+5	0,4
-5+2	20,6
-2+1	37,6
-1+0,5	17,9
-0,5+0,25	11,6
-0,25+0,1	8,1
-0,1+0	3,8
Всього	100,0

Дослідження по збагаченню доменного шлаку мокрим магнітним способом були проведені в крупності вихідного живлення сепаратора 5-0 мм. Гранулометричний склад матеріалу, крупністю 5-0 мм наведено в табл. 3. Додатково було проведено порівняння технологічних показників поділу при сухому і мокрому збагаченні (табл. 4).

Аналіз отриманих показників показує, що:

– застосування мокрого збагачення шлаку в крупності 5-0 мм, в порівнянні з сухим дозволяє, підвищити вміст заліза загального в магнітному продукті на 9,5% (з 48,9 до 58,4%), при зниженні вмісту заліза загального в немагнітному продукті на 9,9% (з 20 до 10,1%); вихід немагнітного продукту збільшується на 6,7% (з 32,2 до 38,9%);

– застосування мокрого збагачення шлаку в крупності 5-0 мм, дозволяє отримати магнітний продукт з вмістом заліза загального 58,4% при виході 61,1% та вилученні 90,1%;

– вміст заліза загального та магнітного в немагнітному продукті мокрого збагачення шлаку низькі, що дозволяє рекомендувати крупність дроблення вихідного шлаку до 5-0 мм, з подальшою його магнітною сепарацією, для виведення в немагнітний продукт основної маси порожньої породи і отримання магнітного промпродукту для подальшого збагачення.

Порівняння показників сухого та мокрого магнітного збагачення шлаку, в крупності 5-0 мм

Продукти	Спосіб магнітного збагачення	
	Сухе збагачення	Мокре збагачення
Вміст заліза загального в вихідному продукті, %	39,6	39,6
Вміст заліза магнітного в вихідному продукті, %	-	24,1
Вихід магнітного продукту, %	67,8	61,1
Вміст заліза загального в магнітному продукті, %	48,9	58,4
Вміст заліза магнітного в магнітному продукті, %	-	37,5
Вилучення заліза загального в магнітний продукт, %	83,7	90,1
Вихід немагнітного продукту, %	32,2	38,9
Вміст заліза загального в немагнітному продукті, %	20,0	10,1
Вміст заліза магнітного в немагнітному продукті, %	-	3,1
Вилучення заліза загального в немагнітний продукт, %	16,3	9,9

Для продуктів збагачення шлаку також було виконано визначення вмісту діоксиду кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) (табл. 5). Аналіз отриманих результатів показав, що в крупності 5-0 мм можливо вивести з процесу збагачення шлаку – 63,2%  $\text{SiO}_2$ .

Таблиця 5

Якісно-кількісні показники розподілу діоксиду кремнію в складі вихідного шлаку крупністю 5-0 мм та продуктів його мокрого магнітного збагачення

Найменування продуктів	Показники, %		
	Вихід продукту	Вміст $\text{SiO}_2$	Вилучення $\text{SiO}_2$
Вихідний	100,0	14,97	100,0
Магнітний продукт	61,1	9,02	36,8
Немагнітний продукт	38,9	24,32	63,2

Отриманий магнітний продукт, крупністю 5-0 мм був спрямований на подрібнення до крупності 0,1 мм.

У процесі подрібнення розвантаження млина піддавалося грохоченню по класу 2 мм. Було встановлено, що в надрешітний продукт можливо виділити 4,3% металевого скрапу з вмістом заліза загального 100%.

Підрешітний продукт грохочення розміром 0,1 мм прямував на магнітну сепарацію, магнітний продукт якої класифікувався по класу 0,071 мм.

Злив класифікації піддавався магнітній сепарації. В результаті було отримано магнітний продукт з виходом 45,9%, вмістом заліза загального 56,8% і вилученні 68,0%.

Після об'єднання даного магнітного продукту з металевим скрапом, був отриманий кінцевий сумарний концентрат з вмістом заліза загального 62,2% при виході від вихідної 50,2% і вилученні 78,8%. Вміст  $\text{SiO}_2$  в сумарному концентраті склав 5,42%. Вміст заліза загального в хвостах склав 16,8%,  $\text{SiO}_2$  – 24,61%.

Розраховано основне технологічне обладнання для промислової установки продуктивністю 0,4 млн. т на рік по вихідному шлаку.

Рекомендовану технологічну схему збагачення шлаку наведено на рис. 1. Схему ланцюга апаратів приведено на рис. 2.

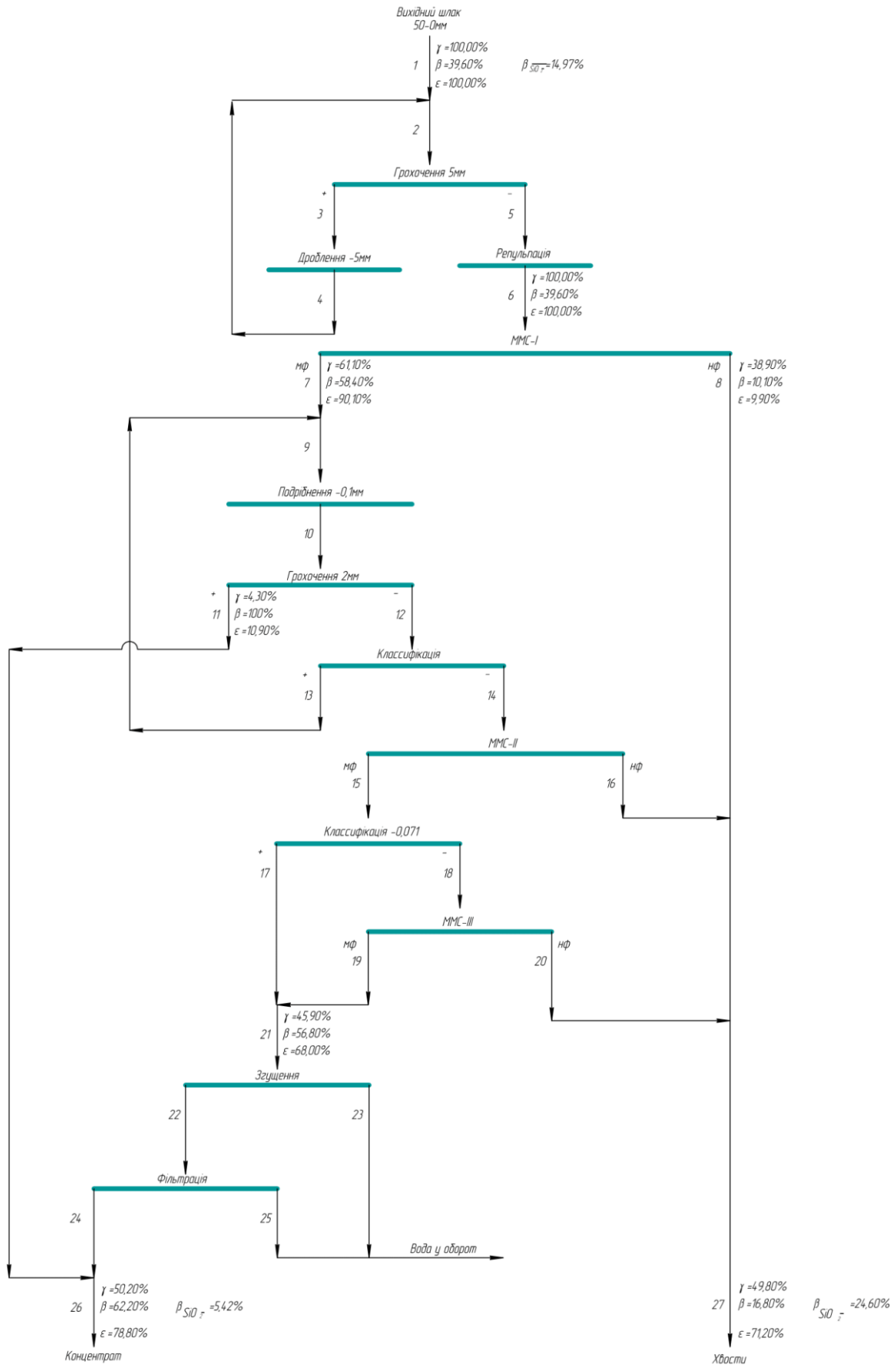


Рис. 1. Рекомендована технологічна схема збагачення шлаку

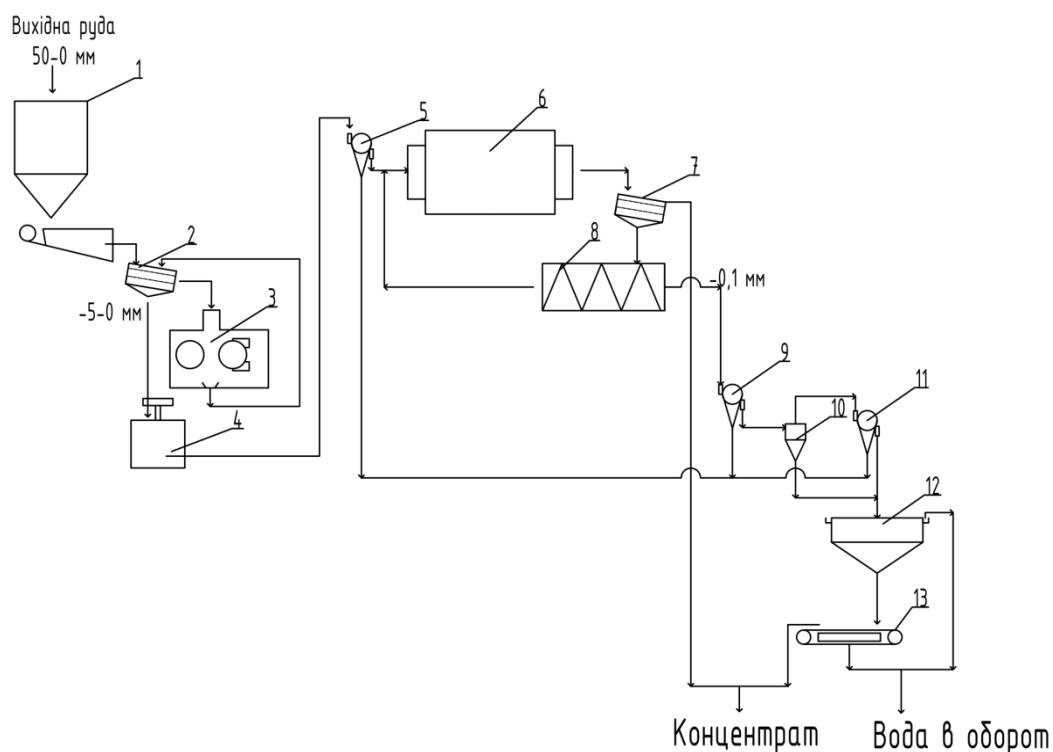


Рис. 2. Схема ланцюга апаратів для збагачення шлаку:

- 1 – бункер; 2 – грохот вібраційний ГТ-51Н; 3 – ролер-прес НРGR 52/10-230;
- 4 – чан-перемішувач; 5 – сепаратор магнітний ПБМ-90/250,
- 6 – млин кульовий МШР 3200x3100; 7 – грохот дуговий СД-1;
- 8 – класифікатор спіральний 1КСП-20, 9 – сепаратор магнітний ПБМ-90/100;
- 10 – гідроциклон ГЦ-250; 11 – сепаратор магнітний ПБМ-90/50; 12 – згущувач Ц-6;
- 13 – вакуум-фільтр стрічковий ЛУ 10-1,25/8

### Висновки

Таким чином, для отримання з вже переробленого доменного шлаку, концентрату з вмістом заліза загального на рівні 62,0%, доцільно використовувати його поетапне дроблення та подрібнення, з мокрою магнітною сепарацією продуктів схеми. Напрямок подальших досліджень, є подальше використання отриманих хвостів збагачення шлаку.

### Список літератури

1. Переробка шлаків і безвідходна технологія в металургії / М.І. Панфілов, Я.Ш. Школьник, Н.В. Орининський і ін. – М.: Металургія, 1987. – 238 с.
2. Бігеев А.М. Металургія сталі. – М.: Металургія, 1988. – 450 с.
3. Альошин А., Остроушко А., Пустовалов Ю. Раціональність і відвал // Метал. – 2008. – № 7. – С. 50-52.

© Самойлов В.В., Бесарабов О.А., Ніколаєнко К.В., Ніколаєнко П.К., 2019

Надійшла до редколегій 27.02.2019  
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник