

УДК 669.431.6

**В. В. Мошнягул, доц., канд. техн. наук, Б. Є. Надворний, доц., канд. техн. наук,
Т. Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук**

Кіровоградський національний технічний університет

М. В. Новіков, інж.

Побузький феронікелевий комбінат

Шляхи комплексної переробки електропічного шлаку феронікелевого виробництва

Представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на використання електропічного шлаку Побузького феронікелевого комбінату при виготовленні будівельних матеріалів, шлакобетону для закладки гірничих виробок, а також по магнітній сепарації шлаку. Обґрунтовані інші шляхи його використання.

електропічний шлак, комплексна переробка

Побудований у 70-х роках минулого століття Побузький феронікелевий комбінат в даний час працює, в основному, на привозній нікелевій руді Меланезійського родовища (Індонезія, острів Нова Каледонія та інш.), виробляючи щорічно 100 тис. т феронікелю за схемою:

- підготовка шихти, до складу якої, крім руди, входить штиб – низькосортне кам'яне вугілля;
- отримання в трубчастих обертальних печах огарка – висушеного, частково відновленого і спеченого напівфабрикату;
- виплавка в руднотермічних печах із штибу чорного феронікелю;
- розливка рафінованого феронікелю на розливальній машині в чушки, які є товарною продукцією комбінату.

Особливістю технологічного процесу виготовлення феронікелю є те, що в руднотермічних печах на 100 тис. т чорного феронікелю утворюється 700...800 тис. т електропічного шлаку, який в даний час лише частково використовується для виготовлення дорожніх покриттів та абразивних матеріалів, а основна частина шлаку іде у відвал або у відпрацьовані кар'єри.

Така ситуація знаходиться у протиріччі із сучасними міжнародними стандартами, які вимагають впровадження безвідходних технологій, коли все, що вважається відходами, підлягає переробці та повторному використанню.

Авторами даної статті разом з іншими викладачами, співробітниками і студентами кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва КНТУ, а також працівниками ПФК, починаючи з 2003 року, проводиться науково-дослідна робота, спрямована на розробку технологій комплексної переробки електропічного шлаку ПФК.

Одним із важливих напрямів переробки ЕПШ є використання його як будівельного матеріалу.

Особливістю електропічного шлаку ПФК, у порівнянні з іншими металургійними шлаками (табл. 1), є високий вміст SiO_2 (50 % і більше) і MgO (> 30 %

за масою) при порівняно низькій концентрації решти компонентів, таких як CaO, FeO, Al₂O₃, MnO та інш. Це призводить, наприклад, до дуже низьких значень важливих для будівельних матеріалів характеристик шлаку – модуля основності M_o , модуля активності M_a та коефіцієнта якості $K_{як}$, які визначаються за формулами:

$$M_o = (CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3);$$

$$M_a = Al_2O_3/SiO_2;$$

$$K_{як} = (CaO + Al_2O_3 + MgO)/(SiO_2 + TiO_2), \text{ (при } MgO < 10\%);$$

$$K_{як} = (CaO + Al_2O_3 + 10)/(SiO_2 + TiO_2 + 10MgO), \text{ (при } MgO > 10\%).$$

Отже, як будівельний матеріал ЕПШ ПФК за своїми властивостями поступається доменним і сталеплавильним шлакам підприємств чорної металургії.

Проведені розрахунки показують, що з точки зору використання шлаків для будівельних матеріалів найкращі властивості мають мартенівські шлаки ВАТ “МК Азовсталь”. Так, у них $K_{як} = 4,05$; $M_o = 2,34$; $M_a = 0,74$. В той же час шлаки Побузького ФНК мають $K_{як} = 0,04$; $M_o = 0,58$; $M_a = 0,07$.

Таблиця 1 – Хімічний склад шлаків

№ п/п	Підприємство	Вміст, % за масою												
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	TiO ₂	S _{заг.}	Ni	K _{як}	M _o	M _a	Інші
1	ВАТ МК “Запоріжсталь” (цех шлакопереробки)	38,9	8,13	0,20	0,24	37,8	11,8	0,48	0,51	-	1,45	1,04	0,208	-
2	ВАТ ДМК завод ім. Держинського (доменний шлак)	38,1	6,12	-	0,151	48,7	6,3	-	-	-	1,6	1,22	0,17	-
3	ВАТ “Азовсталь” (мартенівський шлак)	15,1	7,5	11,2	4,72	44,8	8,9	-	-	-	4,05	2,34	0,74	7,68
4	ВАТ “Криворіжсталь” (конвертерний шлак)	17,6	5,0	14,3	5,3	30,4	5,2	-	-	-	2,19	1,73	0,17	24,6
5	ВАТ “Алчевський МК” (мартенівський шлак)	18,3	3,8	27,1	4,41	41,6	8,9	-	-	-	2,96	2,27	0,21	0,37
6	ВАТ “Дніпровський” ім. Держинського (конвертерний шлак)	16,76	0,97	18,76	3,17	45,14	5,96	-	-	-	3,11	2,86	0,06	24,6
7	Завод ім. Леніна (доменний шлак)	40,0	7,7	0,3	1,10	47,5	2,20	-	0,56	-	1,44	1,05	0,19	-
8	Завод ім. Петровського (доменний шлак)	36,0	15,1	4,02	1,55	37,62	3,3	-	1,64	-	1,54	0,79	0,13	-
9	Завод ім. Держинського (доменний шлак)	40,7	7,4	0,99	4,32	42,4	3,17	-	0,77	-	1,47	0,95	0,15	-
10	Побузький ФНК (за даними комбінату)	50...58	-	7...13	-	1,2...2,0	28...32	-	-	0,05...0,2	0,045	0,5	0,06	-
11	Побузький ФНК (за даними лабораторії)	53,46	3,78	4,62	-	0,56	32,77	0,1	0,07	-	0,04	0,58	0,07	-

	рїї в м. Жовті Води)													
12	ВАТ МК “Азовсталь” (конвертерний шлак)	17,56	1,38	12,75	5,0	54,55	3,38	-	-	-	3,38	3,06	0,08	5,38

Таким чином, шлак Побузького ФНК, як активну домішку в будівельні матеріали, використовувати без додаткової обробки проблематично порівнянно з доменними та сталеплавильними шлаками заводів “Азовсталь”, “Криворіжсталь”, ВАТ “Алчевський МК”.

Низький вміст Al_2O_3 в електропічному шлаку ПФК суттєво знижує коефіцієнт якості ($K_{як}$) і особливо модуль активності (M_a).

Результати попередніх дослідів представлені у табл. 2

Таблиця 2 – Вплив складу будівельного розчину на його міцність на стиснення (зразки 20 x 20 x 20 мм)

№ зразка	Склад розчину по масі, г							
	Цемент 400	Шлак домен.	Шлак ПФК гранул	Шлак ПФК мелен	Пісок	Домішки	Вода	Фактична середня міцність, МПа *
21	-	-	-	300	100	вапно 75	60	0,26
22	-	-	-	300	100	гіпс 30	60	0,57
24	-	-	-	100	300	гіпс 60	70	0,68
26	-	-	-	100	відсів 300	гіпс 30	60	0,57
27	-	-	-	100	відсів 300	вапно 60	70	0,28
28	100	-	-	-	200	щебень 100	50	3,13
29	100	-	-	-	100	щебень 200	60	4,17
33	100		100	200	-	-	60	10,8
35	-	85	-	25	300	-	60	0,54
36	-	100	-	-	відсів 300	-	60	0,57
38	-	100	-	-	300	-	60	0,65
39	100	-	-	-	300	-	70	4,08

* 1МПа \approx 10кГ/см²

Ці результати обумовили потребу в проведенні додаткових досліджень міцності бетонів для різних будівельних конструкцій, таких як стінові панелі, шлакоблоки, фундаментні блоки та ін.

Відповідно до вимог ГОСТ 10180-90 “Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками” виготовили зразки 100 x 100 x 100 мм різного складу.

Визначення міцності бетону на стиснення проводилося по контрольних зразках на відповідність вимогам ДСТУ Б. В. 2.7-18-95 “Будівельні матеріали. Бетони легкі. Загальні технічні умови”.

Аналіз даних випробувань (табл.3) показує, що бетони з використанням електропічного шлаку в певних співвідношеннях можуть бути рекомендовані до впровадження у виробництво будівельних матеріалів.

На підставі виконаних лабораторних досліджень розроблена технологія виготовлення шлакоблоків з використанням електропічного шлаку ПФК на обладнанні колишнього домобудівного заводу м. Кіровограда, а зараз – ЗАТ “Партнер” (голова правління Васильєв В.П.).

Технологія включає наступні етапи: розсів гранульованого електропічного шлаку (використовували електропічний шлак, гранульований в басейні) на фракції з відбором гранул шлаку менше 10 мм; помел; складання суміші за стандартною схемою 1:3:0,4, тобто одна вагова частина цементу, три частини – наповнювачі, 0,4 частини – вода, яка додавалася в бетонозмішувач до отримання однорідної суміші

Таблиця 3 – Вплив складу бетонів на їх міцність на стиснення (зразки 100 x 100 x 100 мм)

№ зразка	Склад бетону по масі, г						Міцність на тиснення, МПа *
	Цемент 400	Щебінь	Ел.п. шлак ПФК гранул.	Пісок	Домішки	Вода	
1	215	1100	-	840	-	170	2,375
1a	215	100	1000	840	-	170	3,088
2	300	-	1180	750	-	180	5,938
2a	300	-	1100	750	гіпс 80	180	7,956
3	300	-	1930	-	-	180	9,025
3a	300	-	1555	375	-	170	10,450
4	215	-	1520	420	-	170	10,688
5a	193,5	-	1541	420	-	180	10,213
6	215	-	1000	800	140 тирса дер.	180	0,380
8a	215	-	1100 фракція >3,5	420	420 фракція <3,5	200	11,200
8	210	-	1000 фракція >3,5	420	535 фракція <3,5	200	11,700

* 1МПа ≈ 10кГ/см²

достатньої консистенції. Сумішню заповнювали форми і після вібраційного ущільнення витримували до певного рівня твердіння. Дослідна партія шлакоблоків пройшла додаткові випробування і відправлена на будівельний об'єкт м.Кіровограда.

На підставі виконаних досліджень рекомендовано провести промислові випробування гранульованих електропічних шлаків в широких масштабах.

Особливість технології виготовлення стінових панелей полягає в тому, що вони мають великі розміри та металеву арматуру. Ці фактори, по-перше, вимагають проведення додаткових досліджень по вивченню впливу хімічного складу електропічного шлаку та його вмісту в суміші на корозійну стійкість металеві арматури; по-друге, необхідність широкого спектра досліджень механічних властивостей: міцність на розтяг і згин, твердість; фізичних: водонепроникність, водовбирання, вологовіддача, морозостійкість, теплопровідність.

На підставі виконаних досліджень можна рекомендувати для виробничих випробувань стінові панелі із бетонів зразків № 3, 3a, 4, 5a, 8 і 8a (див. табл. 3). Ці пропозиції були погоджені з ЗАТ “Партнер”.

При розробці технології виготовлення тротуарної плитки було враховано специфічні особливості вимог до цих виробів, а саме – висока стійкість на стирання та стійкість від впливу атмосферних факторів (волога, температура тощо). Крім того, з урахуванням необхідності виготовлення тротуарної плитки різних кольорів потрібні додаткові дослідження впливу хімічного складу електропічного шлаку на його взаємодію з фарбниками.

Важливим напрямком використання ЕПШ є виробництво із нього шлаковати.

Шлаковата може бути отримана одним із чотирьох способів:

- відцентровувальковим, коли струмінь розплаву шлаку подається між двома валками, що обертаються в протилежних напрямках;

- відцентровувальковим, коли струмінь розплаву шлаку подається між валками (4 валка) оконтурюючою дуттьовою головкою з подачею водяної пари або стисненого повітря, при цьому два валки охолоджуються додатково;

- відцентрововалковим з центральною чашкою роздачі. Струмінь шлаку подається на робочі верхні валки (2 шт) із чашки, що обертається в середині валків (2 робочих і 2 допоміжних);

- відцентроводуттьовим з центральною подачею шлаку. Охолодження відбувається за допомогою стисненого повітря або водяної пари.

Вата марки ВМ, а також марок ВМСТ і ВМТ повинна відповідати вимогам згідно з табл. 4 і 5.

Таблиця 4 – Вимоги до шлаковати марки ВМ

Назва і одиниці показників	Значення для вати ВМ		
	А	Б	В
Водостійкість рН, не більше	4	5	7
Середній діаметр волокна нитки, мкм, не більше	6	8	12
Вміст неволокнистих включень розміром >0,25 мм, % по масі, не більше	12	20	25
Густина, кг/м ³ , не більше	80	90	100
Теплопровідність, Вт/м·К, при температурах			
(298 ± 5)К	0,045	0,045	0,050
(398 ± 5)К	0,064	0,065	0,066
(573 ± 5)К	0,110	0,12	0,116
Вологість, % за масою, не більше	1	1	1
Вміст органічних речовин, % за масою, не більше	2	2	2

Таблиця 5 – Вимоги до шлаковати марок ВМСТ і ВМТ

Назва і одиниці показників	ВМСТ	ВМТ
Водостійкість, рН, не більше	4	4
Середній діаметр волокна, мкм	0,5...3	3...6
Вміст неволокнистих включень розміром більше 0,25 мм, % за масою	5	8
Густина під питомим навантаженням (98 ± 1,5) кПа, кг/м ³ , не більше	35	50
Теплопровідність при температурі (25 ± 5)°С, Вт/м·К, не більше	0,041	0,041
Вологість, % за масою, не більше	1	1
Вміст органічних речовин, % за масою, не більше	2	2

Концентрація шкідливих речовин (парів вуглеводнів), які виділяються із вати при температурі 40°С, не повинна перевищувати 1,5 мг/м³.

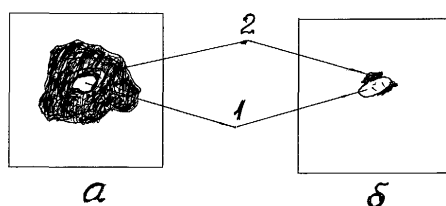
Для виробництва вати використовують гірничі породи габробазальтові та їх аналоги: осадні породи, вулканічні шлаки, промислові відходи, в т.ч. доменні шлаки за ГОСТ 18866, а також суміші перерахованих компонентів та інші сировинні матеріали, які забезпечують отримання мінеральної вати у відповідності до вимог стандартів і які пройшли радіологічний контроль.

На підставі виконаних досліджень встановлено, що електропічний шлак ПФК може бути використано для виготовлення шлакоблоків та стінових панелей. Що стосується шлаковати, то, як свідчать дані табл. 1, електропічний шлак має дуже низький вміст CaO та Al₂O₃.

Наші дослідження показали, що ЕПШ містить у собі металеві включення у вигляді “корольків” металу.

З метою вивчення питання щодо можливості сепарації електропічних шлаків були проведені їх металографічні дослідження, які проводилися з використанням електропічного шлаку з вмістом 7...12% FeO та 0,05...0,2% Ni (за даними хімічного аналізу ПФК). Попередня інформація свідчила, що проблема по відбору заліза та нікелю майже не могла вирішуватися традиційними методами.

Металографічні (використовували металографічний мікроскоп МИМ-8М) та інші методи дослідження електропічного шлаку показали, що магнітні компоненти розташовані, як правило, в середині шлакових гранул (рис. 1), які дуже обмежують їх магнітну здатність, виключаючи магнітну сепарацію.



а – у початковому стані; б – після помолу

Рисунок 1 – Схеми розташування магнітної фракції 1 та шлаку 2

На наш погляд, це зумовлено хімічними та фізичними властивостями компонентів (табл. 6).

Таблиця 6 – Деякі характеристики магнітних металів

Назва металу	Густина, г/см ³	Температура алотропічних (поліморфних) перетворень, °С	Кристалічні ґратки	Атомний радіус, А°	Температура, °С		Точка Кюрі, °С	Коефіцієнт лінійного розширення (при 20°С) $\cdot 10^6$	Твердість, НВ
					Плавлення	Кипіння			
Залізо	7,8	910	К8, К12	1,27	1539	2880	768	11,5	70
Нікель	8,9	-	К12	1,28	1455	3080	360	13,5	60
Кобальт	8,9	450	Г12, К12	1,26	1480	3135	1150	12,5	50

Якщо взяти магнітну інтенсивність (притягування) заліза за 100, то для нікелю вона становить 65,7, кобальту – 48,6, тобто всі вони відносяться до сильномагнітних матеріалів, але без зовнішньої ізолюваності. Середньомагнітними вважаються матеріали, які мають магнітну інтенсивність менше 3,21.

В основу досліджень магнітної інтенсивності електропічних шлаків була покладена специфічна особливість деяких металів (Fe, Ni, Co) за певних умов намагнічуватися (ставати магнітними) та при нагріванні втрачати магнетизм.

П. Кюрі показав, що повна втрата феромагнітних властивостей настає при певній температурі – точці Кюрі [1,2].

Інтенсивність намагнічення з підвищенням температури спочатку знижується поступово, а потім різко і втрачається повністю (рис. 2).

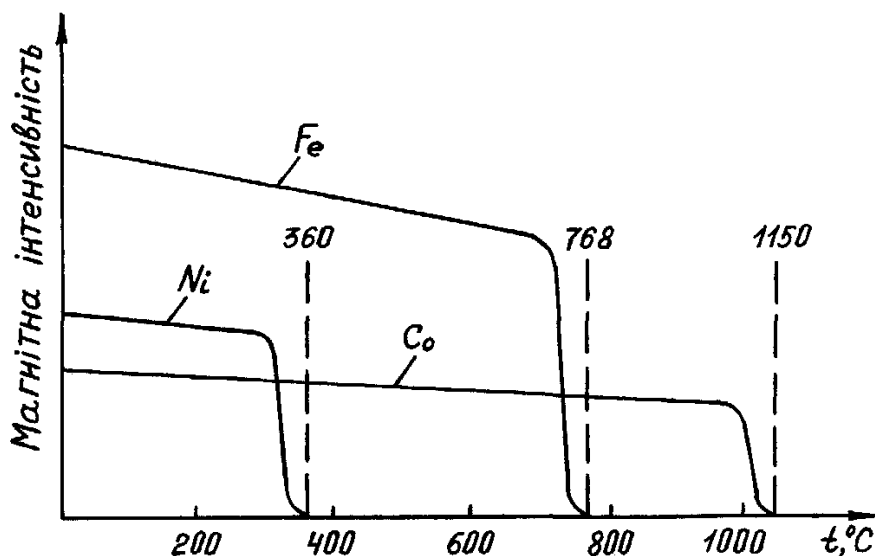


Рисунок 2 – Магнітні властивості заліза, нікелю і кобальту в залежності від температури

Магнітне перетворення має ряд особливостей, які відрізняються від алотропічних перетворень [3].

По-перше, магнітні властивості поступово падають по мірі наближення до точки перетворення, і ця точка не відповідає стрибкоподібній зміні властивостей.

По-друге, магнітне перетворення не має температурного гістерезиса. Збільшення швидкості охолодження не знижує температурного перетворення.

По-третє, механічні і деякі фізичні властивості при перетворенні не змінюються (міняються магнітні і теплові властивості).

І, нарешті, по-четверте, саме важливе: магнітні властивості не супроводжуються перекристалізацією – утворенням нових зерен і зміною кристалічних ґраток. Ці особливості суттєво відрізняють магнітне перетворення від алотропічного.

Відповідно до сучасних уявлень при магнітних перетвореннях відбувається зміна не в кристалічній структурі металу, а у взаємодії зовнішніх електронних оболонок атомів.

Нагріваючи магнітну фракцію електропічного шлаку до температури 400...420 $^\circ\text{C}$, можливо відокремити нікель від сполук на основі заліза [4].

На підставі теоретичних даних та деяких експериментів дослідження по сепарації електропічного шлаку проводили в двох напрямках: відмагнічення гранульованого та відсіяного шлаку через сито 3,5 мм і шлаку після помолу в двокамерному млині.

В порівняно крупній фракції (біля 3 мм) переважна більшість корольків без шлаку і такої фракції біля 1%.

Хімічний аналіз магнітної та немагнітної фракцій електропічного шлаку засвідчив суттєву різницю за вмістом нікелю та FeO.

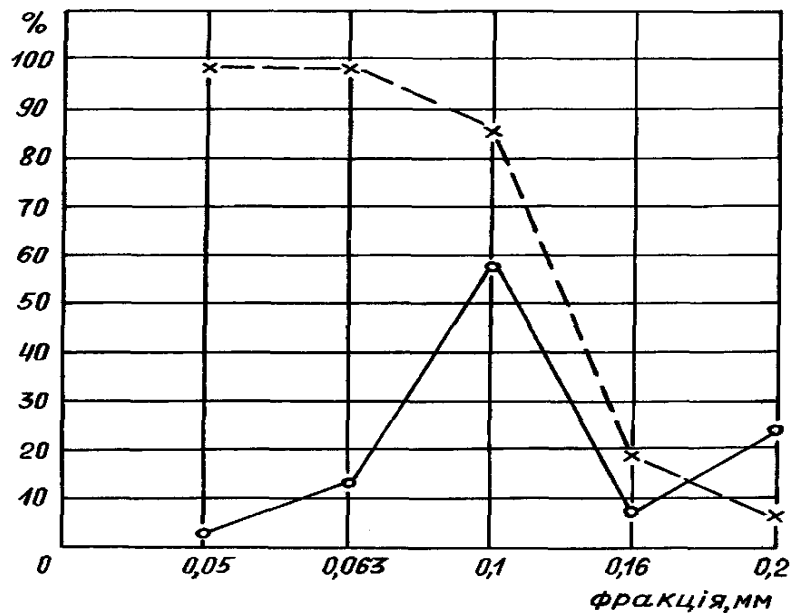


Рисунок 3 – Вплив ступеню помолу на кількість магнітної складової
 x - - - - % магнітної фракції, o - - - - % відповідної фракції

Можливість підвищення відмагнічення досліджували шляхом помолу електропічного шлаку та розсіву його на фракції різної величини: 0,2; 0,16; 0,1; 0,063 та 0,05 мм. Дані досліджень представлені на графіку (рис. 3).

Аналіз показав, що фракційність суттєво впливає на магнітну інтенсивність металу, оскільки дрібні включення без перешкоди шлаку відмагнічуються, і загальна кількість магнітної фракції становить біля 35...37%, що підтверджено хімічним аналізом.

На рис. 1 чітко видно розташування магнітної фракції (феронікелю) в оточенні шлаку, і після помолу видно магнітну фракцію без оточення шлаку, що сприяє її ефективному відділенню.

На наш погляд, проведені дослідження показали, що відкривається реальна можливість переробки електропічних шлаків для отримання феронікелевого концентрату шляхом магнітної сепарації і використання немагнітної фракції для будівельних матеріалів, зокрема шлакобетону для закладки шахтних виробок, наприклад, при добуванні уранових руд.

Вважаємо, що цей напрямок досліджень має велику перспективність та економічну доцільність.

Одним із важливих напрямів використання ЕПШ є застосування його при виготовленні шлакобетону для закладки гірничих виробок.

Перед початком роботи експериментальні установки і обладнання тестувалися на електробезпеку, пожежну безпеку і відповідність нормам охорони праці.

Експериментальна частина роботи складалася з трьох основних етапів:

- а) первинна підготовка вхідних матеріалів;
- б) помел;
- в) виготовлення зразків.

Первинна підготовка вхідних матеріалів полягала в просушці піску, доменного шлаку і електропічного шлаку ПФК.

Просушка піску і шлаків здійснювалася при температурі +20°C природним шляхом. Після просушки пісок і шлаки просіювалися через комплект сит з метою

видалення крупних включень іншого походження. Після просіювання вхідні матеріали направлялися на помел.

Помел початкових матеріалів проходив в двокамерному шаровому млині. В якості мелючих тіл використовувались тіла циліндричної форми діаметром 32 мм і висотою 32 мм, виготовлені із сталі Г13Л.

Помел проходив наступним чином. Наважки шлаку та піску загальною масою 8 кг і металеві циліндри масою 1/3 маси матеріалів поміщали в середній об'єм млина. Після запуску млина процес подрібнення тривав 22 години. Подрібнені матеріали вподальшому направлялися на просіювання. Частину наважки поміщали на верхню сітку комплексу сит приладу для визначення зернового складу формувальних матеріалів (ГОСТ 3584-53), зібраного в такій послідовності:

№ сита	Сторони квадратного отвору в мм
2,5	2,5
1,6	1,6
1	1,0
0,63	0,63
0,4	0,4
0,315	0,315
0,2	0,2
0,16	0,16
0,1	0,1
0,063	0,063
0,05	0,05

Під нижнє сито встановлюється тазик, верхнє сито закривається кришкою. Зібрана стопка сит з поміщеною в неї наважкою встановлюється на столик приладу, накривається верхньою кришкою і закріплюється гайками, після чого починається розсів. Розсів відбувається при обертанні ексцентрикового валу приладу зі швидкістю 300 об/хв і при 180 ударах важеля за хвилину на протязі 15 хвилин. Залишки на кожному ситі і тазі висипають в окремі ємкості. Після чого процес повторюється.

Виготовлення досліджених зразків проводилося в лабораторії при температурі +20°C і вологості 70%. Зразки виготовлялися в такій послідовності: попередньо змелені і зважені пісок і шлаки у відповідних пропорціях засипалися в спеціальну ємкість і перемішувалися. В змелених початкових матеріалах фракція з розміром 0,063 мм становила не менше 55%. Під час перемішування початкових компонентів додавалася вода до сметаноподібного стану. Одержану пульпу заливали в попередньо підготовлені форми з розмірами 70 x 70 x 70 мм.

Попередня підготовка форм полягала в їх складанні і густому змащуванні мінеральним мастилом згідно інструкції.

По мірі усадки (на протязі 60 хв.) в отримані зразки додавали частину раніше приготовленої пульпи з таким розрахунком, щоб кількість пульпи відповідала висоті металевої форми (контролювалося візуально). Готові зразки затвердівали протягом 7 днів в умовах лабораторії, після чого форму розбирали, витягували затверділі зразки і закладали їх на зберігання (28 днів) у вологій тирсі.

Зразки випробувалися після місячної витримки

Норма: 1 місяць – 15...18 МПа

3 місяці - 22...30 МПа

6 місяців – до 50 МПа

Вимоги до міцності кернів (зразків, вирізаня з місць закладки шахти):

3 місяці – 30...32 МПа

6 місяців – 50...55 МПа

12 місяців – 62...70 МПа

На підставі проведених випробувань на стиснення на машині УВМ – 50 в лабораторії шахти “Інгульська” встановлено, що при збільшенні відносної кількості електропічного шлаку ПФК в суміші “доменний шлак – електропічний шлак”, що йде на приготування шлакобетону для закладки шахтних виробок, суттєво зменшується міцність шлакобетону на стиснення (табл. 7, рис. 4). Технічним вимогам задовольняє лише шлакобетон 100% доменного шлаку. Після першого етапу витримки (1 місяць) зразки з домішкою електропічного шлаку мають зменшення міцності відповідно: 25% електропічного шлаку знижує міцність на 42,2%; 50% - на 48,8%; 75% - на 63,7%, а заміна доменного шлаку на 100% електропічним шлаком зменшує міцність до 31,5% від міцності стандартного складу (доменний шлак).

Таблиця 7 – Вплив складу шлакобетону на його міцність на стиснення (зразки 70 x 70 x 70 мм)

№ зразка	Склад розчину по масі, г				міцність на стиснення, МПа
	шлак доменний	шлак електропічний	пісок	вода	
1	400	-	1200	400	16,8
2	300	100	1200	400	9,6
3	200	200	1200	400	8,6
4	100	300	1200	400	6,1
5	-	400	1200	400	5,3

На наш погляд, виникає необхідність коригування складу електропічного шлаку, а також проведення додаткових експериментів на більш тривалій час витримки з метою вивчення можливості заміни деякої кількості доменного шлаку електропічним.

В даний час нами відпрацьовуються інші шляхи використання шлаку [5...12]

ВИСНОВКИ. Представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на використання електропічного шлаку Побузького феронікелевого комбінату при виготовленні будівельних матеріалів, шлакобетону для закладки гірничих виробок, а також по магнітній сепарації шлаку. Обґрунтовані інші шляхи його використання.

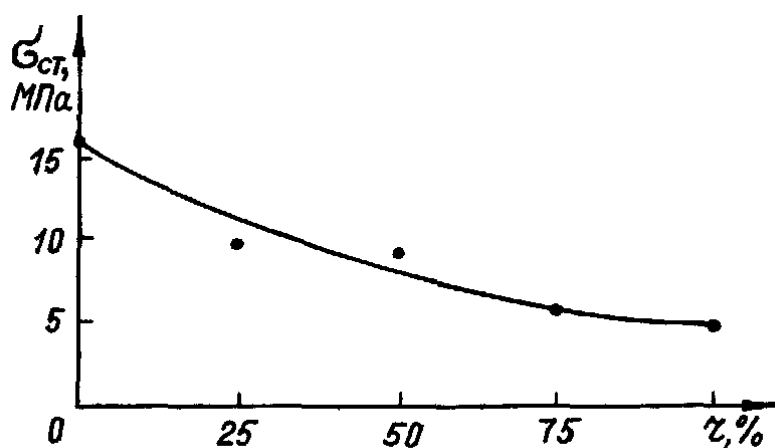


Рисунок 4 – Вплив відносної кількості електропічного шлаку в шлаковій суміші “доменний шлак – електропічний шлак” на міцність шлакобетону після місячної витримки зразків.

Список літератури

1. Иржи Хвойко. Цветные металлы и их сплавы. – М.: Металлургия, 1973. – 240 с.
2. Гуляев А. П. Металловедение. – М.: Оборониздат, 1963. – 464 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1978. – 748 с.

4. Лахтин Ю. М. *Металловедение и термическая обработка металлов.* – М.: *Металлургия*, 1979. – 320 с.
5. Пат. 31210 Україна, МПК C04B 28/04 (2007.01). Бетон / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200714597; заявл. 24.12.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.
6. Пат. 35163 Україна, МПК (2006) C05D 5/00 C05D7/00. Застосування електропечного шлаку, що утворюється при виробництві чорного феронікелю, як сировини для одержання магнієвого добрива / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200714621; заявл. 24.12.2007; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17.
7. Пат. 35254 Україна, МПК (2006) C03C4/00. Спеціальне скло / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200804389; заявл. 07.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17.
8. Пат. 35435 Україна, МПК (2006) B23K335/00. Спосіб виготовлення електродного покриття/ Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200714530; заявл. 24.12.2007; опубл. 25.09.2008, Бюл. № 18.
9. Пат. 37178 Україна, МПК (2006) B 23K35/22. Електродне покриття / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200804766; заявл. 14.04.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.
10. Пат. 39809 Україна, МПК (2009) C04B28/00. Вогнетривкий бетон / Сабірзянов Т.Г., Мошнягул В.В., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - № u200812580; заявл. 27.10.2008; опубл. 10.03.2009, Бюл. №
11. Позитивне рішення на заявку: Україна, МПК (2009) C08J 3/24. Ебоніт / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - №u 200903606; заявл. 13.04.2009.
12. Позитивне рішення на заявку: Україна, МПК (2009) B23K 35/36. Флюс електрозварювальний / Мошнягул В.В., Сабірзянов Т.Г., Надворний Б.Є., Новіков М.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. - №u 200903548; заявл. 13.04.2009.

В. Мошнягул, Б. Надворний, Т. Сабірзянов, М. Новіков

Пути комплексной переработки электропечного шлака ферроникелевого производства

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на использование электропечного шлака Побужского ферроникелевого комбината при изготовлении строительных материалов, шлакобетона для закладки горных выработок, а также по магнитной сепарации шлака. Обоснованные другие пути его использования.

V.Moshnyagul, B. Nadvorniy, T. Sabirzyanov, M. Novikov

Ways for complex utilization of the ferronikel combine electrofurnace slags

The results of the theoretical and experimental researches directed on the use of electrofurnace slag of the Pobujsky ferronikel combine at making of build materials are presented, shlakobetona for the book-mark of the mountain making, and also on magnetic separatsii of shlaka. The grounded other ways of his use.

Одержано 01.10.09