

сталі. Вони дозволяють, знаючи амплітуду відбитого від дефекту сигналу й відстань до дефекту від поверхні уведення, визначені по екрану дефектоскопа, визначити еквівалентний діаметр дефекту. Для ультразвукової дефектоскопії виливків ехо-методом було виготовлено контрольні зразки із плоскодонними отворами діаметром 4 мм на глибину від 40 до 360 мм.

Контроль проводився по торцю виливки із СЧ-20 після попереднього настроювання чутливості по плоскодонному отвору $\varnothing 6$ на глибині 60 мм. На екрані дефектоскопа була зафіксований ехо-сигнал від дефекту амплітудою 16 дБ на глибині 10 мм по виливку. Таке сполучення даних про дефект дозволило, використовуючи АРД-діаграму, спрогнозувати розмір пор приблизно 4 мм, що й підтвердилося розкриттям. Чим більше розміри дефекту, тим він легше виявляється по відбитому від нього сигналу.

При дефектоскопії великої серії однотипних виливків можлива часткова або повна автоматизація процесу. Одні з перших автоматичних ультразвукових установок з'явилися в автомобілебудуванні.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Неоднорідність структури матеріалу. Наявність крупнозернистості структури, мікроскопічно неоднорідної фізико-хімічної системи викликає сильне розсіювання УЗ, послабляє корисний сигнал на тлі більших шумів.

Складність форми й малі розміри виробів. Ці фактори затрудняють введення ультразвукових хвиль у виріб, а при наявності виступів і виїмок поблизу можливого розташування дефектів можуть виникати помилкові сигнали. Груба поверхня виробу (нижче $Rz = 40$). приводить до послаблення чутливості і нестабільності акустичного контакту з виробом. Вимоги до шорсткості особливо високі при контактному способі і знижуються при імерсійному способі.

Оцінка результатів контролю ультразвуковими методами чітко виявляються дефекти, але часто виникають серйозні труднощі при визначенні їхніх розмірів і характеру, що має вирішальне значення для оцінки результатів.

Отже для якісного обстеження чавунних виливок необхідно чітко обирати методи ультразвукового контролю та розробляти під кожну конкретну технологію окрему методику дослідження.

Список літератури

1. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом – перспективный конструкционный материал XXI века **Н.Н. Александров**, проф. д.т.н., ОАО «НПО «ЦНИИТМАШ»
2. **Л.В. Воронкова** Ультразвуковой контроль чугуновых отливок. – М.: 1998.
3. **Ермолов И. Н., Алешин Н. П.** и др. Достижения акустических методов контроля за последние 5 лет - Тезисы докладов 14-ой Российской научно-технической конференции "Неразрушающий контроль и диагностика", Москва, 23-26 июня, 2006, С. 450-453.
4. **Разумов-Раздолов К. Л.** Незарушающий контроль в промышленности // «РИТМ» (Ремонт Инновации Технологии Модернизация), 2010. - №9. - С. 36-39.

Рукопис подано до редакції 29.03.12

УДК 669

В.В. ПЛОТНИКОВ, **Т.П. ЯРОШ**, кандидати техн. наук, доц., **О.В. МАРАСАНОВА**, асистент ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ПЕРСПЕКТИВИ УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Встановлено ресурси, склад та властивості шламів промислових підприємств. Запропоновано рекомендації щодо їх утилізації в металургійному виробництві.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. В останні роки у зв'язку з утворенням і накопиченням значної кількості промислових відходів і необхідністю вирішення екологічних проблем зростає значення комплексної їхньої утилізації. Наприклад, лише на металургійних підприємствах України в заскладованих залізовмісних шламах міститься більше 50 тис. т цинку, ресурси якого щорічно можуть збільшуватися на 13 тис. т при повному освоєнні потужностей металургійних агрегатів. Крім того, в червоних шламах міститься 8,8 тис. т цинку. При цьому загальні ресурси цинку складають близько 74 тис. т.

Переробка цинквмісних шламів в агловиробництві веде до підвищення вмісту цинку в аг-

ломераті, що у свою чергу призводить до збільшення припустимої кількості цинку, який надходить в доменну піч. Наявність цинку в шихтових матеріалах доменних печей є причиною зниження міцності коксу і залізородної сировини, передчасного руйнування вогнетривкої кладки і розривів кожухів печей, різкого погіршення газодинаміки доменного процесу і збільшення витрати коксу. Вилучення з обороту цинквмісних шламів і скидання їх у шламонагромаджувачі погіршує екологічну обстановку в промислових регіонах України.

При виробництві глинозему на вітчизняних і закордонних підприємствах утворюється значна кількість червоних шламів. Так, при виробництві 1 т товарного алюмінію утворюється 1,3 т червоних шламів, що дотепер не знаходять широкого застосування. Тільки на Миколаївському глиноземному заводі (МГЗ) щорічний вихід цього продукту перевищує 1 млн т. При цьому, більше 25 млн т його накопичено в шламонагромаджувачах, що переповнені і становлять екологічну небезпеку. Аналогічна ситуація складається і на Дніпровському алюмінієвому заводі (ДАЗ). Значна частина сировини, що добувається, (до 90% і більше) найчастіше відправляється у відвали. При цьому створюються значні запаси відходів, так звані техногенні родовища. Комплексний підхід до переробки вторинної сировини дозволить витягати й використовувати цінні і дефіцитні для України кольорові метали й забезпечувати підвищення екологічної безпеки територіальних комплексів і відповідних технологій.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчення питання про стан переробки цинквмісних і червоних шламів показує, що незважаючи на наявні розрізнені технології і винаходи для їхньої утилізації, вони не знайшли широкого застосування в основних переділах чорної металургії, які утилізують відходи. На даному етапі розвитку науки і техніки не існує в достатньому ступені обґрунтованих методів крупнотонажної переробки червоних шламів. Запропоновано лише окремі технології по утилізації червоного шламу в різних галузях народного господарства. Багаторазово починалися спроби використовувати шлами у невеликих кількостях для виробництва пігментів, кераміки, кольорового скла, або як добавки в агломераційну шихту [1,2], але дотепер задовільних результатів отримано не було. Дослідження додавання червоних шламів в аглошихту показують, що введення їх до 2-5 % можливо, але при цьому потрібно відпрацювання технології доменної плавки, і головне, не вирішується проблема повної їхньої утилізації. Розподіл підготовлених шламів по всіх аглофабриках України є нерациональним як з технологічних, так і з організаційних причин.

Аналіз способів переробки металургійних цинквмісних шламів також показує на велику їхню розмаїтість [3-5]. Найбільш розвинуті пірометалургійні способи, що забезпечують більш повну утилізацію відходів, високий ступінь витягання цинку, одержання якісного продукту для подальшої металургійної переробки. У той же час ці способи є досить енергоємними і супроводжуються виділенням великих кількостей газів, що ускладнює процес уловлювання пари цинку (продукту перегону) і забезпечення необхідного стану навколишнього середовища.

Організацію регенерації малотоннажної маси цинку важко здійснити через досить складні технології, які економічно доцільними можуть бути тільки при великому обсязі виробництва. Виконання збору, підготовки й передачі шламів на інші підприємства для витягання цинку теж не організовано.

Постановка задачі. Рішення проблеми повної утилізації цинквмісних шламів чорної металургії, а також червоних шламів алюмінієвої промисловості можливо тільки при комплексному підході до їхньої переробки з одночасним підвищенням екологічної безпеки в цих галузях промисловості. Це ставить питання про необхідність додаткових досліджень, спрямованих на вивчення фізико-хімічних і мінеральних властивостей названих відходів з визначенням їхньої металургійної цінності, а також поводження їх при окускуванні залізородних матеріалів і в піровідновлювальних металургійних процесах з витяганням цінних елементів.

Викладення матеріалу та результати. Встановлено ресурси цинку, що знаходиться в шламах підприємств чорної металургії і ВО «Хімволокно» (табл. 1), а також ресурси червоних шламів на Миколаївському і Дніпровському алюмінієвих заводах, що оцінюються в 34 млн т. Слід відзначити деякі загальні ознаки техногенних родовищ: присутність у відходах елементів у складних з'єднаннях і тонкодисперсність їхніх зерен; невисокий вміст окремих елементів, хоча найчастіше вони мають більшу концентрацію, ніж у відповідних природних родовищах.

Ресурси цинку на металургійних підприємствах України

Вид відходів	Поточне виробництво, т/рік	Заскладовано, т	Усього, т
Колошниковий пил	26	–	26
Доменний шлам	5596	825	6421
Мартенівський шлам	5862	28770	34632
Конвертерний шлам	1121	20160	21281
Шлам електросталеплавильного цеху (ЕСПЦ)	–	2400	2400
Пил ЕСПЦ	405	–	405
Шлам ВО "Хімволокно"	194	8598	8792
Разом	13204	60753	74178

Хімічний (табл. 2) і гранулометричний склад, мінеральні і рентгеноструктурні властивості, а також змочуваність, вологоємність і розм'якшування шламів (рис. 1) вказують на істотні відмінності цих властивостей, через що вони будуть по різному впливати на технологію підготовки й окискування залізородних матеріалів [6]. Це вимагає в кожному конкретному випадку розробки оптимальної технології їхньої переробки.

Таблиця 2

Усереднений хімічний склад шламів, %

Шлами	Fe _{заг.}	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Zn+Pb	Na ₂ O+K ₂ O	ППП*
Червоні	34,7	7,2	6,5	2,5	18,3	4,7	0,02	3,4	12,0
Металургійні	51,8	5,2	8,2	2,5	0,9	0,1	0,58	0,4	9,2
«Хімволокно»	2,5	2,3	13,4	2,4	0,5	-	17,8	-	18,9/26,8

Примітка: * у знаменнику - органічні речовини

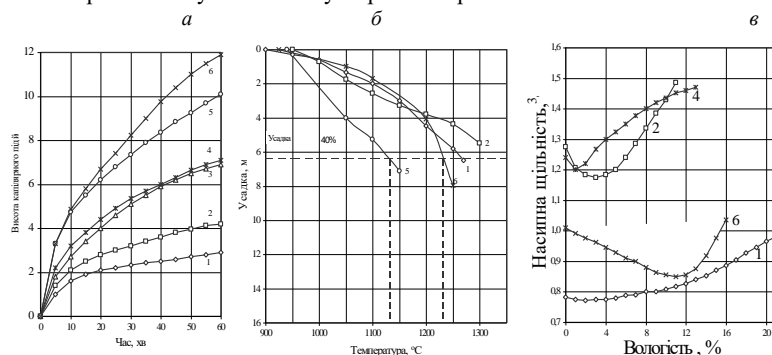


Рис. 1. Змочуваність *a*, розм'якшення *b* і насипна щільність *v* шламів: 1 - червоний; 2 - мартенівський; 3 - ЕСПЦ; 4 - конвертерний без допалювання СО; 5 - те ж з допалюванням; 6 - доменний

Цинквмісні металургійні шлами, шлами ВО «Хімволокно» і червоні шлами дрібнодисперсні, мають розвинуту поверхню, через що вони є гідрофільними і вологоємними. Це вимагає розробки спеціальної технології їхнього зневоднювання, підготовки й утилізації в металургійних процесах.

Червоні шлами містять 42-92% фракцій $-0,05\text{ мм}$. Їхня питома поверхня складає 17-22 м²/г. Металургійні шлами містять 42-67% цієї фракції з питомою поверхнею 0,238-1,028 м²/г.

Вибір способів переробки шламів вимагає встановлення поведінки кольорових, легуючих й інших металів у пірометалургійних процесах, на підставі яких розробляються відповідні технології їхньої переробки. Основним напрямком крупнотонажної утилізації червоних шламів може бути агломераційне виробництво. Цинквмісні шлами доцільно переробляти з витяганням цинку і свинцю, а залізовмісний продукт повертати у відповідне виробництво чорних металів.

Для видалення кольорових металів з підготовленого цинквмісного пилу і шламів найбільш поширеними є пірометалургійні способи. Вони засновані на термообробці відходів у відновлювальній атмосфері з одержанням металізованого продукту й вловлюванням пилу, збагаченого кольоровими металами - продуктами перегону.

Фізико-хімічні характеристики відновлювального процесу визначаються термодинамічними параметрами рівноважних станів, а послідовність відновлення різних оксидів - при порівнянні парціальних тисків продуктів реакції або кисневих потенціалів оксидів.

Витягання цинку при відновленні пилів і шламів описується рівнянням (1)

$$\eta_{Zn} = 1 / \left(1 + x_{Zn} \left(\frac{1 - \eta_{Fe}}{\eta_{Fe}} \right) \left(1 - \frac{\eta_{Zn}^{2a3}}{\eta_{Zn}} \right) \right), \quad (1)$$

де η_{Zn} - сумарне витягання цинку в сплав і парову фазу; η_{Zn}^{2a3} - витягання цинку в парову фазу; x_{Zn} - концентраційна функція розподілу цинку в сплаві; η_{Fe} - сумарне витягання заліза в сплав.

Аналіз проведених раніше робіт з утилізації червоних шламів [1,2] показує, що основним напрямком їхньої утилізації може бути агломераційне виробництво чорної металургії.

Склад шихт і основні показники аглопроцесу наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Показники агломерації різних шихт з червоного шламу МГЗ

Агломерат	Вертикальна швидкість спікання, мм/хв.	Питома продуктивність чаші, т/м ² ·год	Фракційний склад агломераційного спеку після двохкратного скидання з висоти 2 м, %(мм)				Вихід придатного (+10 мм) зі спеку, %
			+40	40-20	20-10	10-0	
1 (100% червоного шламу, основність 0,84)	24,1	0,85	20,2	24	27,8	28	72
2 (червоний шлам + окалина, основність 0,8)	26,3	1,06	23,7	25,1	26	25,2	74,8
3* (основність 1,3)	27,2	1,04	22	26,3	26,7	25	75
4* (основність 2,0)	26,5	0,93	20	27,4	27	25,6	74,4
5* (основність 2,6)	26,3	0,91	18,1	24,7	28,5	28,7	71,3
6** (основність 2,0)	25,2	0,89	19,2	24,2	27,5	29,1	70,9

Примітка: * Червоний шлам + вапняк + окалина (від 220,6 до 241,7 кг/т);

** Червоний шлам + вапняк + окалина (51,5 кг/т).

Шихти з червоним шламом спікаються з досить високою швидкістю, що вказує на можливість агломерації в шарі більше 400 мм і дозволяє додатково покращувати показники міцності спеку. Витрата коксового дріб'язку змінювалася від 80,6 до 106,4 кг/т агломерату, тобто не перевищувала відомі показники при спіканні бурозалізникових руд. Через низьку насипну масу цих шихт продуктивність аглочаші склала 0,85-1,06 т/м²·год., що характерно для агломерації дрібнозернистих залізородних концентратів без додавання вапна. Виявлено прискорення і збільшення асиміляції вапняку в зоні спікання за рахунок утворення феритних сумішей.

Висновки. Може бути запропонована технологія крупнотонажної утилізації червоного шламу з одержанням алюмозалізистого (19,3-21% Al₂O₃ і 34,1-44,7% Fe) агломерату з основністю 0,8-2,6 і вмістом 3,9-5,5% TiO₂. Здійснити технологію можливо на одній аглофабриці в складі 1-2 агломашин. Отриманий глиноземистий агломерат пропонується використовувати в доменній плавці за двома варіантами: для одержання сплаву (феросиліцію) і високоглинозмістого шлаку для виробництва спеціальних цементів, а також для підшихтовки до звичайної доменної шихти з метою внесення в неї оксидів заліза, титану, кальцію і глинозему. Високоглиноземистий агломерат з підвищеним вмістом оксидів титану пропонується використовувати для зміцнення футерівки горна доменної печі. Високоглиноземистий шлак з вмістом близько 40% глинозему може бути також використаний у глиноземному виробництві. В Україні є можливості для масштабного опробування і впровадження технології агломерації і доменної плавки на агломератах, отриманих з червоного шламу. Однак впровадження такої технології потребує ретельної підготовки шламів, яка повинна включати зневоднювання та змішуванням шламів з вапном. Підготовлена в такий спосіб шламовапняна суміш подібно феритним сумішам буде позитивно впливати на технологію агломерації і якість агломерату при спіканні шихт як з добавкою, так і на основі шламів.

Технологія одержання агломерату з підвищеним використанням червоних шламів і піровідновлювальних металургійних процесів з витяганням цинку і свинцю дозволить вирішити складну ресурсо-енергозберігаючу проблему утилізації цінних відходів виробництва і підвищити екологічну безпеку цих виробництв.

Список літератури

1. Хлапонин Н.С., Перистый М.М., Раджи О.И., Кузин А.В. Агломерация красного шлама /Металл и литье Украины, 2001. – № 3-4. - С. 5-7.
2. Утков В.А., Пацей А.В., Шморгуненко Н.С. Переработка бокситовых красных шламов: Обзорная информация. Вып. 6. – М.: ЦНИИЦМЭИ, 1988. – 38 с.
3. Шукин Ю.П., Сединкин В.И., Полушкин М.Е., Нефедов С.Н. Выведение из оборота доменных шламов с высоким содержанием цинка//Сталь, 1999. – № 11. – С. 13–17.

4. Клягин Г.С., Ростовский В.И., Кравченко А.В., Раджи О.И. Перспективы организации ресурсосберегающих малоотходных процессов в черной металлургии//Металл и литье Украины,– 2002. – № 7-8. - С. 64-67.

5. Ивянский В.А., Довлядов И.В., Михалевич А.Г. Пути повышения степени обесцинкования железорудных материалов в процессе их агломерации//Черная металлургия, 1988. - № 2. - С. 13–14.

6. Иванов Н.И., Литвинов В.К., Шутикова В.Ф., Агапитов Е.Б. Высокотемпературные процессы переработки шламов металлургического производства//Бюл. НТИ: Черная металлургия, 1989. – № 6. – С. 20-28.

Рукопис подано до редакції 29.03.12

УДК 622.28.5

Ю.А. ПЕТРЕНКО¹, д-р техн. наук, проф., А.О. НОВИКОВ, д-р. техн. наук, доц.,
А.В. РЕЗНИК, инженер, И.Н. ШЕСТОПАЛОВ, ассистент
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

РАВНОРАДИУСНАЯ МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ КРЕПЬ НАПРАВЛЕННОЙ ПОДАТЛИВОСТИ

Приведен анализ причин деформирования металлической арочной податливой крепи, а также результаты лабораторных и аналитических исследований изменения работоспособности крепи при различных углах залегания вмещающих выработку пород. Предложена универсальная конструкция крепи, обеспечивающая длительную устойчивость поддерживаемых выработок.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Многолетний опыт крепления выработок металлической рамной податливой крепью показывает, что оно не обеспечивает их нормальное эксплуатационное состояние в течении срока службы. Предпринятые в последние десятилетия попытки улучшить состояние выработок путем применения более мощных профилей и уплотнения крепи положительных результатов не дали, а привели лишь к росту материальных и трудовых затрат на поддержание.

Анализ основных исследований и публикаций. Ежегодно протяженность подготовительных выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается на 1-2 % (табл. 1).

Таблица 1

Состояние подготовительных выработок на шахтах Донецко-Макеевского района Донбасса

По состоянию на	Протяженность выработок, км	Протяженность участков, не удовлетворяющих требованиям Правил Безопасности	
		км	%
2000	845,77	144,66	17,1
2002	643,38	127,41	19,8
2006	530,28	102,27	19,3
2007	480,15	92,7	19,3
2009	426,07	89,69	21,0
2010	419,92	93,27	22,2

Проведенный анализ состояния выработок, закрепленных различными видами крепи (табл. 2), показал, что преобладающим видом крепи на шахтах Донбасса остается металлическая арочная податливая крепь, которой закреплено около 90% горных выработок.

Таблица 2

Объем применения и состояние крепи горных выработок

Вид крепи	2004		2006		2008		2010	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
Металлическая податливая	90,2	70,4	90,4	71,6	90,5	71,9	90,6	73,2
Бетонная и железобетонная	4,4	32,2	3,5	34,3	2,7	31,8	2,5	30,9
Смешанная	3,2	43,4	2,8	41,6	2,85	42,0	2,8	41,2
Комбинированная на основе анкерной	1,5	20,3	2,6	21,1	3,1	20,8	3,2	21,2
Анкерная	0,3	10,2	0,5	12,1	0,7	11,7	0,8	11,9
Другие виды	0,4	50,2	0,2	49,3	0,15	48,1	0,1	46,0
Итого	100		100		100		100	

* – объем применения крепи, %; 2 – деформировано крепи, %.

Опыт эксплуатации выработок, закрепленных арочной крепью, показывает [1], что основ-

¹ © Петренко Ю.А., Новиков А.О., Резник А.В., Шестопалов И.Н., 2012