

Розрахунок об'ємної витрати Q_{max} за формулою (10) дає значення $Q_{\text{max}} = 0,1833 \text{ м}^3/\text{с}$, що дещо більше проектного значення $0,1833 > 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$.

Більш детальне значення взаємного зв'язку між висотами $h_{\text{в}}$, h та H показує наступне.

Для довгих сифонних трубопроводів порівняно малого діаметра і значною сумою коефіцієнтів $\sum \zeta$, висота h всмоктування може зростати до більших значень, ніж для коротких трубопроводів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Дослідження функцій, що характеризують об'ємну витрату Q води по сифонному трубопроводу за допомогою похідних дозволяє виявити такі закономірності.

1. Аналіз значень похідної від функції вигляду (10) по змінній H , тобто dQ/dH , показує, що вона завжди додатня. Отже зі збільшенням висоти H зростає і витрата Q .

2. Якщо замість висоти H в функцію (10) підставити висоту всмоктування h , певним чином пов'язану з висотами $h_{\text{в}}$ та H , то похідна dQ/dh завжди від'ємна. У такому випадку зі зростанням висоти всмоктування об'ємна витрата води Q буде зменшуватись.

При наперед заданими вихідними даними $D_{\text{у}}, l, L, \sum_1^2 \zeta, \sum_1^3 \zeta$ оцінку надійного режиму роботи сифонного трубопроводу здійснюється наступним чином. Значення коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_1^2 \zeta$ та $\sum_1^3 \zeta$ замінити еквівалентними довжинами $l_{\text{ек}}$, $L_{\text{ек}}$. На основі виконання умови нерівності

$$T > h + H \left(\frac{l + l_{\text{ек}}}{L + L_{\text{ек}}} \right)$$

Здійснюється вибір значення H при фіксованій висоті всмоктування h , або навпаки, при заданому значенні H уточненню підлягає висота всмоктування h .

Список літератури

1. **Константінов Ю.М., Гіжа О.О.** Технічна механіка рідини і газу. – К.: Вища школа, 2002. – 277 с.
2. **Константінов Ю.М., Гіжа О.О.** Інженерна гідравліка. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2006. – 432 с.

Рукопис подано до редакції 31.03.12
УДК 669.431.6.002.8

Ю.Т. КОТОВ, Ф.С. РАЗКЕВИЧ, кандидати техн. наук, доценти,
К.В. ГОНЧАРОВА, студентка, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЇХ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»

Проблема та її зв'язок науковими і практичними завданнями. *Причини утворення відходів.* Металургійні процеси проходять зі значною витратою різних матеріально-сировинних ресурсів, які складають до 7 т/т від видобутку руди до отримання готового прокату. Питома витрата тільки основних видів матеріальних ресурсів у чорній металургії становить, т/т продукту: у агловиробництві 1,27-1,32, виробництві чавуну 1,70-2,00, при виробництві сталі 1,08-1,15, прокату - 1,12-1,50. При такому рівні виробництва утворюються тисячі різних видів виробничих відходів. Так, питомих вихід шламів і пилу в агломераційному, доменному, сталеплавильному і прокатному цехах відповідно становлять 0,07-0,16; 0,06-0,22, 0,01-0,03 і 0,03-0,07 т/т продукту.

Як показує практика експлуатації хвосто- і шламосховищ, вони є дуже важливими джерелами забруднення водних басейнів і, в ряді випадків, атмосфери, а утворення та накопичення

шлаку при виробництві чавуну і сталі призводить до нагромадження відчужених сільсько-господарських угідь і, відповідно, підвищення виплат на оподаткування. Як сховища техногенної сировини вони також недосконалі. Можна стверджувати, що на сучасному етапі розвитку відвали і сховища повинні перетворитися з об'єктів для поховання в ємності, місцем складування не використаної мінеральної маси, що пройшла певний цикл обробки і містить компоненти, можливість і необхідність отримання яких з'явиться в майбутньому. До теперішнього часу сформовано кілька ефективних напрямів утилізації відходів, заснованих на обліку фізико-хімічних властивостей використаної сировини і вмісту шкідливих домішок.

Аналіз досліджень і публікацій. *Переробка та утилізація шлаків.* Шлаки доменні - це матеріали з потенційно в'язкими властивостями. Особливість твердіння проявляється у них в гранульованому вигляді, тобто переважно в скловидному стані під дією активізуючих доповнювачів, до яких відносяться луѓи, вапно, сірчаноокислий кальцій і т.ін.

Оснóву шлаку складають CaO і SiO_2 . При кристалізації розплаву утворюється двухкальцієвий силікат $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, який при охолодженні зазнає поліморфне перетворення, що супроводжується збільшенням обсягу і викликає саморозклад шлаку. Запобігання його досягається збільшенням швидкості охолодження розплаву при його грануляції, наприклад розпиленням у воду.

У 2011 р. утворення доменного шлаку з ДЦ № 1 і ДЦ № 2 склало близько 1,7 млн т, де 50 % шлаку вивозиться у відвал цеху, а 48 % перероблюється у гранули, які використовують при виробництві будівельних матеріалів: цементу, щебеню, мінераловатних виробів.

Постановка завдання. Основна частина відходів на підприємстві використовується як сировина при виробництві агломерату. Шлаки доменні і сталеплавільні складуються у відвалах, а інші відходи вивозяться на полігон - шлакоперероблювального цеху (ШПЦ).

На підприємстві від видобутку руди до виробництва прокатів утворюються різні види відходів, низка яких утилізується у виробництві або передається за її межі. На рис. 1 показано утворення та утилізація основних видів відходів ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг».

Викладення матеріалу та результати. При виробництві сталі, сталеплавільний шлак який є продуктом плавлення флюсуєчих порід та домішок, що містяться в чавуні і брукхі, а також домішок від футеровання агрегату. Питомий вихід сталеплавільного шлаку на 1 т сталі коливається в різних межах і залежить від різних чинників: виду шихти, виплавляючої марки сталі і т.ін.

У 2011 р. утворення сталеплавільного шлаку склало 1,4 млн т. Шлаки, після наливання в ковші, направляються в шлакове відділення, після чого його зливають в шлакову яму і виконується термопідріблення з подальшим транспортуванням на сталеплавільні відвали підприємства. При цьому, вміст заліза в ньому коливається близько 10-15 %, що дозволяє частину його утилізувати шляхом збагачення.

У даний момент сталеплавільний шлак розділяється на "скрап сталевий" і "шлак збагачений", який утилізується в доменних і агломераційних цехах підприємства.

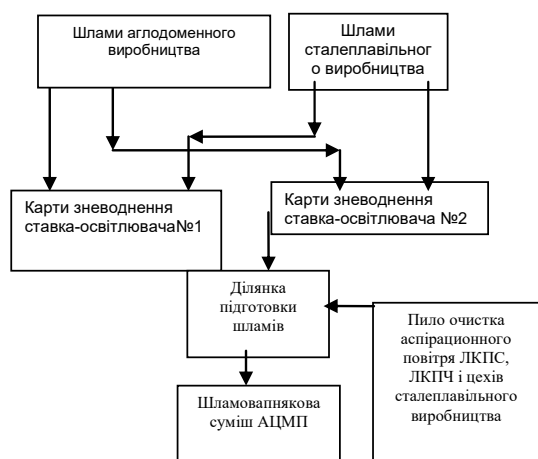


Рис. 1

Одним із способів згрудкування є брикетування матеріалів шляхом пресування, що дозволяє отримувати міцні шматки однакових розмірів і маси, які виробляє ПП "Восход" у відповідності з ТУ У 37.1-13464-001:2009 "Брикети залізовмісні для металургійного виробництва"

У 2010 р. були проведені дослідно-промислові випробування з використання даних брикетів в доменному виробництві. Під час проведення дослідницької роботи було визначено: брикети ПП "Восход" є міцним матеріалом з високим вмістом заліза близько 80 %, що дозволяє використовувати їх в доменній плавці, а крім того є одним із способів зниження їх кількості у відвалах.

На підставі проведених досліджень було виявлено, що за хімічним складом сталеплавільні шлаки мають високий вміст CaO , і це дозволяє розглянути можливість його використання в аглодоменному виробництві, як замітник флюсуєчих домішків.

Одним з найбільш негативних результатів у аглодоменному і сталеплавильному виробництві є високий вихід дрібнодисперсного пилу (шламу), який утворюється за рахунок механічних втрат і незадовільної якості вихідної сировини. Після газоочистки пил (шлам) змивається водою і відводиться у ставки освітлювачі на карти зневоднення, після чого ми отримуємо такий продукт, як шлам залізовмісний.

Вихід шламів з аглодоменного і сталеплавильного виробництва є одним з найбільш важливих забруднень водних та територіальних ресурсів. Протягом року їх утворюється в середньому близько 400 тис. т. Проблему зниження виходу шламів, можливо вирішити шляхом більш якісної сировини використаної в аглодоменному і сталеплавильних межах, що дозволить знизити вихід дрібної фракції (шламів).

На підставі класифікації за вмістом заліза металургійні шлами розподіляються так:
багаті (55-67 %) - пил і шлам газоочисток мартенівських печей і конвертерів;
середні (45-55 %) - шлами і пилу аглодоменного виробництва;
бідні (менше 45 %).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Перший - з отриманням шламово-вапняної суміші, який полягає в наступному: шлами, карти зневоднення ставка освітлювача заповнюються до певного рівня, після чого проходять режим осушення. Під час сушки відбувається контроль вологості шламів, і при показнику 35 % починається процес розроблення карти і вивезення залізовмісних шламів на ділянку підготовки.

Шлам залізовмісний закладається в штабель поярусно з вапняковим пилом, який доставляється з вогнетривного-вапняного цеху і проходить витримку близько 48 годин.

У шламовій суміші після витримки відбувається зниження вологості і поліпшується сипучість самого матеріалу, що є позитивним результатом для закладки в штабель аглоцеху металургійного виробництва, табл. 2,3. Схему перероблення шламів аглодоменного і сталеплавильного виробництва на ділянці підготовки шламів представлено на див. рис. 1

Хімічний склад залізовмісного шламу розглянуто в табл. 1

Таблиця 1

Компоненти	Текучі шлами газоочисток			
	агломераційні	доменні	мартенівські	конвертерні
Fe _{заг}	55,5–60,1	29,7	58,2–58,3	43,7
FeO	17,9–18,5	7,22	5,56–12,6	11,3
Fe ₂ O ₃	58,83–66,07	34,46	69,52–77,2	19,95
SiO ₂	6,5–9,6	6,5	3,1–5,0	3,5
MgO	0,75–1,18	0,77	0,87–2,63	6,1
CaO	4,9–5,5	18,6	3,04–5,5	15,7
MnO	0,17–0,24	0,63	0,47–0,67	0,6
C	1,78–3,42	12,63	1,8–4,65	3,2
Al ₂ O ₃	0,27	0,75	–	–
ППП	2,84–4,34	2,51	2,95–7,2	9,74

Хімічний склад шламово-вапняної суміші розглянуто в табл. 2.

Таблиця 2

Склад компонентів, %							
Fe	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Волога	C
39,83	6,91	0,40	13,66	4,13	1,86	16,04	11,86

Аналіз хімічного складу залізовмісного шламу виявив високий показник вмісту заліза.

Недоліками методу є, висока вологість, а також при відсіпанні дамб, в шламову суміш, потрапляють з карт зневоднення великі шматочки вапняку, що негативно впливають на якість агломерату.

Другий метод: є отримання з шламів що утворюються в аглодоменному і сталеплавильних межах концентрату залізовмісного шляхом його збагачення, гравітаційним методом і методом магнітної сепарації [табл. 4]. На підприємстві цим займається підрядна організація НВП ТОВ "Гонта-технологія".

На рис. 2 представлено схему збагачення шлаків. Отриманий продукт, концентрат залізовмісний, має ряд переваг таких як сипучість (фракція часток 0-0,1 мм), що становить близько 90 % та добре усереднення, що має вологість, високий вміст Fe_{заг}. близько 55 %.

Для захисту навколишнього середовища, при вище вказаному виробництві існують схеми очистки забрудненого повітря в електричному фільтрі, а через вихідну трубу виконується розсіювання залишкової кількості шкідливих речовин, що надходять в атмосферу.

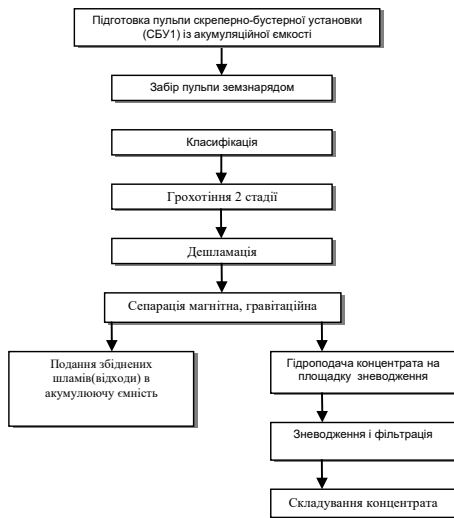


Рис. 2. Схема збагачення шлаку

Уловлюваний в електростатичному фільтрі пил, за допомогою скребкових конвеєрів, подається в бункер-накопичувач пилу, а потім на окомкователь, де завантажується в залізничний вагон і відправляється на аглофабрику для повторного використання.

Таке рішення дозволить зменшити енергоспоживання аспіраційної системи підбункерних приміщень і центральній частині бункерної стакади.

Для зниження пилевидалення при роботі технологічного обладнання літєйного двору, розроблена система аспірації для місць найбільш інтенсивного пилевидалення (рис. 3)

Хімічний склад концентрату залізмистого НВП ТОВ "Гонта-технологія"

Таблиця 3

Масова частка елементів, %												
C	Fe _{заг.}	FeO	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	MnO	ППП	W	K ₂ O	Na ₂ O	ZnO
2,23	57,50	24,43	4,31	3,87	8,87	0,71	0,53	3,44	7,60	0,07	0,01	0,37

Об'єм уловленого пилу електрофільтрів літєйного двору і підбункерних приміщень складає 8,5 тис. т. Як сировина для виробництва залізовмісних брикетів, використовується пил, що надходить при аспірації літєйного двору, підбункерних приміщень і відсіву агломерату, а в якості компонента використовується цемент марки 400 і модифікатор ЕХУ "Мережка".

Дозування цих компонентів здійснюється так: пил 8508,2 т (24 %), відсів агломерату 22644,7 т (64 %), цемент 4271,4 т (12 %). Дозовані компоненти подаються в змішувач примусового дії, після чого отримана суміш конвеєром передається в приймальний бункер лінії пресування, а отримані брикети залізовмісні направляються на сушіння. Готові брикети розвантажуються за допомогою конвеєра, що транспортує їх у приймальний бункер і далі вивантажуються в залізничний транспорт з відправкою на бункерну естакаду доменної печі, де використовуються в доменній плавці.

Прискорений розвиток прокатного виробництва зумовив різке збільшення витрат води, необхідної для охолодження устаткування та продукції, що привело до появи комплексних відходів: окалини металу, технологічних відпрацьованих мастил і води, а в сукупності - утворення стічних вод прокатних цехів.

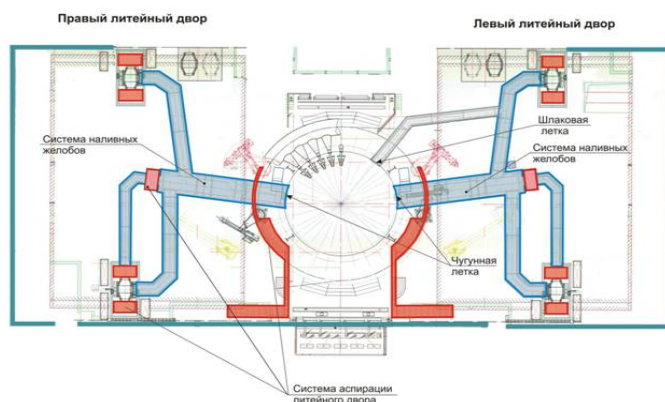


Рис. 3. Схема аспірації літєйного двору

Усі ланки технологічно пов'язані рольгангами. По всьому технологічному ланцюжку передбачено спеціальні підстанові тоннелі, куди надходить використана після охолодження вода. Сюди ж потрапляє і відокремлена по всій технологічній лінії від металу окалина. Після нагрівання в

На підприємстві є 5 прокатних цехів, що складаються з 2 блюмінгів 3 прокатних цехів, що складаються з 8 прокатних станів і двох обтискних. Основними відходами прокатного виробництва є окалина первинних і вторинних відстійників. Окалина є продуктом окислення зовнішнього шару розжареного металу. Технологічна лінія прокатних станів являє собою ланцюг послідовно-сполучених ланок: нагрівальна піч (колодязь) - обладнання для різання прокату - холодильник.

печі або колодязі, злиток надходить на приймальний рольганг, де передбачено відбійник окалини. Окалина видаляється гідрозбивом. Відокремлена окалина надходить в підстановий тунель і транспортується водою в первинний відстійник окалини, розташований в цеху і являє собою залізобетонний колодязь прямокутної форми з двома рукавами. У відстійнику осаджуються найбільш великі частки окалини розміром до 2,5 мм при середньому діаметрі частинок 0,5-0,7 мм і значному надходженню у відстійник мастильних матеріалів.

Крім того, під час очищення окалини виявляються нафтопродукти, що негативно впливають на подальшу її утилізацію. З первинного відстійника окалина відвантажується грейферним краном у вагони, що склало за 2011 рік -123,7 тис.т.

З табл. 4 видно, що під час очищення первинної окалини є високий вміст заліза.

Найближчим часом буде проведено роботу з використанням первинної окалини в брикетах залізовмісних, і надалі використання їх як промивного матеріалу горна доменних печей. Слід зазначити, що в шихти при виробництві брикетів залізовмісних відсів агломерату буде замінено окалиною.

Таблица 4

Хімічний склад окалини первинної

Склад компонентів, %							
Fe _{заг}	SiO ₂	FeO	MgO	CaO	MnO	P	S
74,7	0,57	56,2	0,09	0,16	0,74	0,01	0,02

Після первинного відстійника вода надходить на проміжну насосну станцію, а від неї під тиском подається на горизонтальний вторинний відстійник окалини. Разом з водою в підстановий тунель потрапляють застосовані для змащення устаткування масла.

Це є основною причиною замаслювання окалини. На відстійнику передбачено систему масловидалення. Окалина з відстійника відбирається грейферним краном. Після первинних відстійників вода з дрібними частинками окалини (менше 0,1 мм) надходить на вторинні відстійники. На нашому підприємстві це 4 багатосекційних горизонтальних відстійники: ГО-1, ГО-2, ГО-3, ГО-4.

Очищена вода після горизонтальних відстійників через насосну станцію надходить на градирні для остаточного охолодження, а потім подається в цех.

Окалина дрібних фракцій накопичується у відстійниках у вигляді пасти, що містить до 15 % мастил і 20 % вологи, а загальний обсяг її становить до 80 тис. т на рік, залежно від виробництва. Вміст заліза становить близько 70 %.

На підприємстві, як зазначено вище, утворена промаслена окалина в горизонтальних відстійниках ГО-1, ГО-2 і ГО-3, яка транспортується в ГО-4. Там за допомогою зневодження відбувається видалення основної частини вологи і змішування з активованим торфом у пропорції 4:1, а потім поярусно укладається в секції. Далі цю суміш витримують протягом 5 діб і перевантажують у змішувач-гомогенізатор для більш ретельного змішування. Після чого, окаліно-торф'яну суміш транспортують на аглофабрику металургійного виробництва для подальшого використання її в аглошихті.

У даний момент існує безліч способів утилізації промасленої окалини, але головною проблемою є високий вміст в ній мастила, яке потребує адсорбування. Використання цієї суміші в 2011 р. склало 48 тис. т. Цей процес дозволяє зробити адсорбцію масла за рахунок торфу активованого. Це можливо, застосовуючи метод термічної обробки з гальмом і без неї, флотації, а також регенерації мастильних матеріалів.

У подальшому окаліну, можливо, брикетувати і використовувати в доменному і сталеплавильному виробництві.

Рукопис подано до редакції 31.03.12
УДК 628.1(07)

В.В. МОВЧАН, О.Г. МОВЧАН, кандидати хім. наук, доценти
ДВНЗ «Криворізький технічний університет»

© Мовчан В.В., Мовчан О.Г., 2012