

Кочура В.В., канд. техн. наук, доц., Сільченко О.П.

Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна

УТИЛІЗАЦІЯ ПИЛУ ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ УМОВ АТ (ЧАСНЕ) «ДОНЕЦЬКИЙ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИЙ ЗАВОД»

Електросталеплавильне виробництво відноситься до числа енергоємних виробництв. Висока енергоємність при постійному рості цін на паливно-енергетичні ресурси (електроенергію, природний газ) ставить на одне з перших місць проблеми енерго- і ресурсозбереження. Рішення цих проблем є одним з напрямків для зниження витрат виробництва й підвищення конкурентоспроможності продукції на світовому металургійному ринку.

АТ(часне) «Донецький електрометалургійний завод» є одним з сучасних українських металургійних підприємств із потужністю 1 млн. тонн рідкої сталі на рік. Електросталеплавильний цех має у складі дві дугові електропечі (ДСП №1 і ДСП №2 садкою 100 т і 120 т) і установку для позапічної обробки сталі піч-ківш.

У процесі плавки сталі в дуговій електросталеплавильній печі утворюється значна кількість пилогазових викидів. В умовах АТ (частне) «ДЕМЗ» видалення пилогазової суміші здійснюється безпосередньо з робочого простору печі через отвір у своді, а також за допомогою парасоля, що розташований над піччю та забезпечує вловлювання неорганізованих викидів. Гази, що виділяються з печі, містять пил у кількостях 50 – 60г/м³. Пилогазова суміш по системі трубопроводів надходить на газоочистку, що складається із двох ступенів: циклон фірми «Даніелі» та рукавний фільтр тієї ж фірми. Загальна кількість пилогазової суміші, що надходить у систему газоочистки становить 1542500 м³/год. (дана цифра наведена без обліку системи аспірації тракту подачі сипучих матеріалів, у зв'язку з короткочасністю роботи системи: 2 – 4 хвилини). При цьому, початкова запиленість газу, що надходить на газоочистку становить у режимі плавлення 950 мг/м³, а у режимі завалки/випуску 800 мг/м³.

Вловлений в циклоні та рукавному фільтрі пил збирається в накопичувачах газоочисних пристроїв, а потім за допомогою системи конвеєрів направляється до силосу пилу (бункер-сховище). Силос для пилу розрахований таким чином, щоб забезпечити складування пилу, отриманого від системи газоочистки за останні 48 годин її безперервної роботи. Далі, по існуючій в цей час на АТ (часне) «ДЕМЗ» технології, пил вивантажується із силосу й направляється для складування на Полежаковські відвали. На протязі року вловлюється в рукавних фільтрах і вивозиться для розміщення на відвали 11520 т пилу. При цьому відбувається втрата коштовних компонентів, які містяться в електросталеплавильному пилу, а також негативний вплив на навколишнє природне середовище, у тому числі й на розташований неподалік житловий масив - селище Полежаково.

Хімічний склад уловленого в системі газоочистки електросталеплавильного цеху пилу наведено у таблиці 1.

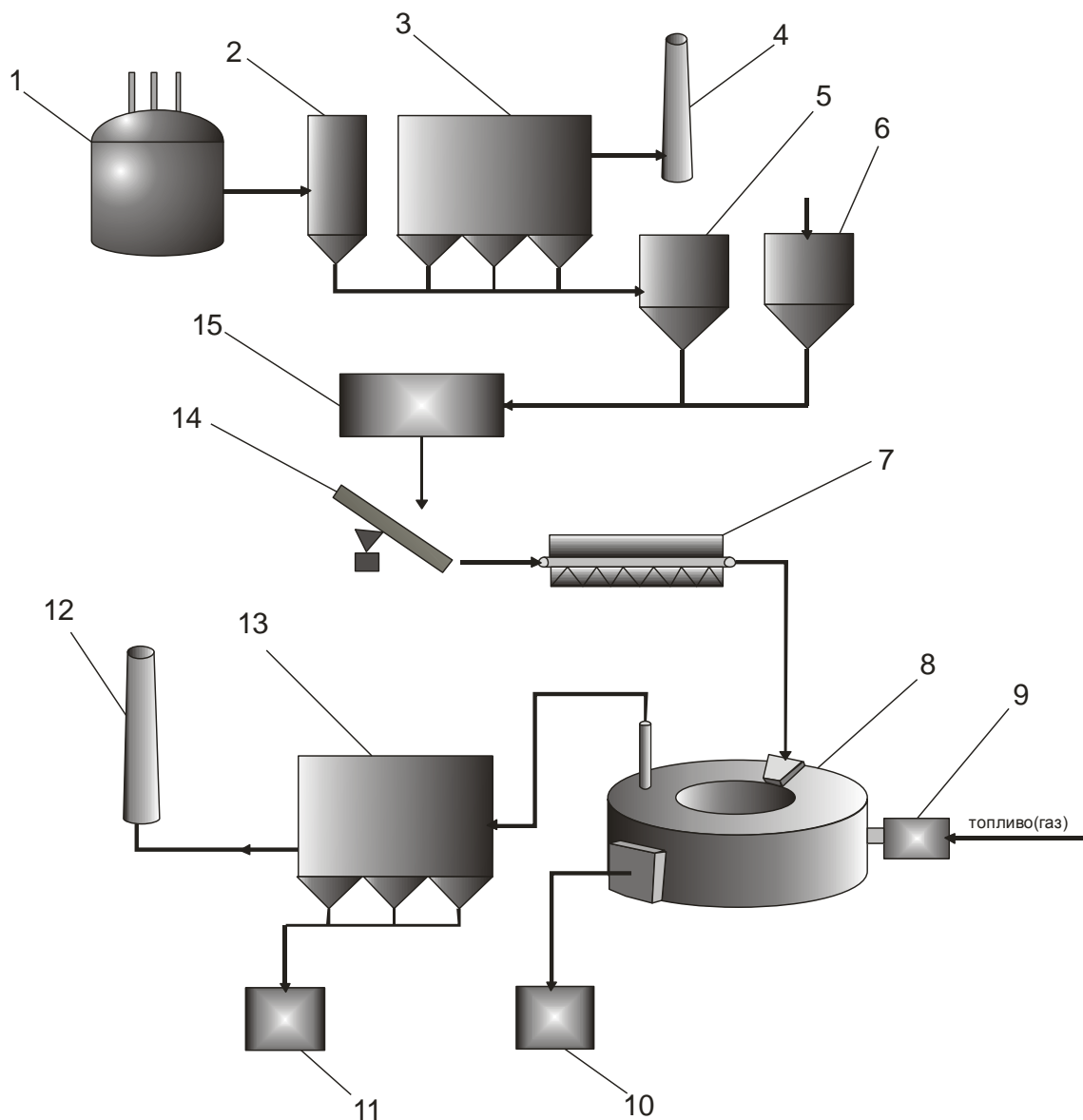
Таблиця 1 - Хімічний склад електросталеплавильного пилу, %

Fe _{заг}	CaO	MgO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Zn _{заг}
63,90	8,1	5,1	3,0	3,4	4,6	3,9-19

Як видно з таблиці, вміст цинку й заліза в уловленому пилу є досить значним: 3,4 – 19 % і 63,9 % відповідно. Щоб уникнути втрати цих коштовних компонентів, пил необхідно утилізувати.

Пропонується переробляти пил на металізовані окатиші з виділенням з нього кольорових металів на подовій обертовій печі. Для реалізації даної технології необхідно передбачити будівництво спеціального комплексу по утилізації електросталеплавильного пилю на території АТ (часне) «ДЕМЗ» [1].

Технологічна схема попередньої підготовки та утилізації електросталеплавильного пилю показана на рисунку 1.



1 - дугова сталеплавильна піч; 2 - циклон; 3, 13 - рукавний фільтр; 4, 12 - димар; 5 - бункер для пилю; 6 - бункер для вугілля; 7 - сушіння окатишів; 8 – подова обертова піч; 9 - система подачі палива у піч; 10 - контейнер для металізованого продукту (губчатого заліза); 11 - ємність для цинкового концентрату; 14 - гранулятор; 15 – змішувач-зволожувач

Рисунок 1 – Технологічна схема процесу утилізації електросталеплавильного пилю

До складу комплексу увійдуть: система попередньої підготовки відходів та інших матеріалів, що використовуються для проведення процесу в подовій обертовій печі; газове господарство, що включає систему попереднього нагрівання дуття для подової обертової печі; подова обертова піч; газоочисне встаткування (рукавний фільтр) і бункер для цинкового концентрату; пристрій для охолодження отриманого металізованого продукту (губчатого заліза).

Відповідно до представленої схеми, пил з бункеру для пилу направляється в змішувач-зволожувач, куди також додаються вуглецевмісні матеріали (здрібнене вугілля) і зв'язуюче з бункерів. У якості зв'язуючого використовується бентоніт. У змішувачі-зволожувачі відбувається зволоження й змішування завантажених матеріалів.

Зволоження суміші є необхідною умовою для одержання міцних гранул у процесі окомковування. Суміш готують, пропорціонуя компоненти з урахуванням змісту в них оксидів заліза, вуглецю й необхідної якості одержуваного губчатого заліза.

Додавання вуглецю необхідно для того, щоб пройшов процес відновлення не тільки оксидів цинку, але й оксидів заліза. Дослідженнями було доведено, що для протікання процесу спільного відновлення Fe і Zn, у шихту необхідно додати не менш 10 % C (відновлювача).

Процес окомкування здійснюється на грануляторі. Головними металургійними властивостями отриманих окатишів є: відновлюваність, міцність у ході технологічного процесу, відсутність схильності до злипання та схильність до металізації.

Після підсушування окатишів до вологості не більше 0,5 % у сушильному агрегаті, їх завантажують в подову обертову піч. Максимальна однорідність по ступеню металізації одержуваних окатишів і максимальна продуктивність печі досягається при товщині шару на поду печі не більше 1 - 3 окатишів. Така товщина шару дозволить найбільш сприятливо провести процес відновлення.

Подова обертова піч являє собою технологічний агрегат з обертовим подом, на який завантажуються шихтові матеріали. Подина печі виконана з легковагої вогнетривкої цегли, що покриває шар доломітних блоків. Верх печі підвісного типу, виконаний з високоглиноземистої вогнетривкої цегли. Кільцевий робочий простір печі має стіни з вогнетривкої цегли і покриття з тонколистової сталі.

Основні параметри пропонованої подової обертової печі представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні параметри подової обертової печі

Параметр	Значення параметра
Середній діаметр поду печі, м	8,2
Ширина поду печі, м	2,2
Швидкість обертання печі	
- циклів у годину	1 - 6
- хвилин у циклі	10 - 60
Товщина реакційного шару (1 - 3 окатишів), мм	15 - 45

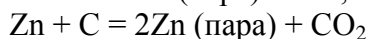
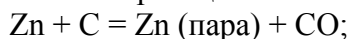
У таблиці 3 представлений тепловий баланс подової обертової печі при утилізації цинковмісного електросталеплавильного пилу [2]. При цьому, як паливо використовувався низькокалорійний газ. Додаткове тепло в печі виділяється при допалюванні CO – газоподібного продукту реакції відновлення оксидів заліза вуглецем.

Під час обертання печі під дією високої температури, що досягає 1350°C, відбувається процес відновлення заліза й сублимація кольорових металів. У якості відновлювача виступає вуглець, джерелом якого є здрібнене вугілля, що додається в суміш на початковому етапі підготовки відходів.

Процес відновлення завершується за час закінчення одного оберту печі. У середньому, час перебування окатишів у печі становить від 6 до 12 хвилин. За цей час 85 – 95 % оксидів заліза перетвориться в металеве залізо.

Швидке протікання процесу відновлення у подовій обертовій печі пояснюється високою температурою, а також близьким контактом вуглецю, що перебуває усередині окатишів, з оксидами заліза.

Взаємодія оксидів цинку, що втримуються в окатишах, з відновлювачем відбувається по реакціям:



Перша реакція протікає при температурі 950°C, а друга - при 1070°C і вище. При цьому відбувається сублімація з'єднань цинку, які разом з димовими газами залишають трубний простір. Середній ступінь видалення оксидів цинку становить більше 94 %.

Таблиця 3 – Тепловий баланс подової обертової печі

Вхідне тепло			Вихідне тепло		
Параметр	МДж	%	Параметр	МДж	%
Окатиші	137	1,21	Відновлювач	3080	27,2
Низькокалорійний газ	3097	27,36	Димові гази	6168	54,49
Оксид вуглецю (CO)	5199	45,93	Губчате залізо	879	7,7
Летучі речовини	622	5,50	Летучі речовини	18	0,16
Гаряче дугтя	2263	20	Пара	1	0,01
РАЗОМ		100	Втрати тепла	1172	10,35
			РАЗОМ		100

Металізовані окатиші перед вивантаженням із подової обертової печі проходять під плитою-холодильником й вивантажуються з печі водоохолоджуваними скребками, маючи температуру близько 1000°C. Скребкова система вивантаження працює безупинно й у тяжких умовах: під впливом високої температури й абразивного впливу.

Вивантаження матеріалу здійснюється в спеціальні контейнери. Далі металізований продукт надходить в електросталеплавильний цех для подальшого використання у власному виробництві. Зберігання отриманої металізованої сировини може здійснюватися на відкритому складі в безпосередній близькості від електросталеплавильного цеху.

Після цього газ надходить у систему газоочистки, представлену рукавним фільтром. У рукавному фільтрі відбувається вловлювання мілкодисперсного пилу, зміст цинку в якому (у вигляді оксиду цинку) становить звичайно 60 – 65 %, але може досягати 80 % залежно від хімічного складу сировини, що переробляється. При цьому, зміст заліза в уловленому пилу становить не більше 1 %. Пил з високим змістом цинку, накопичений в бункерах фільтру потім вивантажується в спеціальний контейнер і відправляється споживачеві – підприємству кольорової металургії для подальшої переробки.

У процесі утилізації цинкмісного електросталеплавильного пилу на одному з перших комерційних підприємств (Nippon Steel Hirohata Works), заснованих на процесі FASTMET, були отримані наступні дані [3]:

Таблиця 4 - Хімічний склад пилу ДСП, вугілля, губчатого заліза й уловленого пилу FASTMET, %

Показники	Fe _{общ}	Fe _{мет}	C	Zn	Pb
Пил ДСП	32,23	0,02	1,7	24,2	4,1
Вугілля	0,45	-	74,0	-	-
ГЖ	58,09	52,28	2,02	2,18	-
Пил подової печі	0,05	0,04	-	74,33	13,26

Ці дані свідчать про ефективність переробки електросталеплавильного пилю і якості одержуваного продукту. Як видно з таблиці, при утилізації електросталеплавильного пилю за такою технологією можливо отримання високоякісного продукту з високим змістом цинку та не менш якісного губчатого заліза.

Висока температура в печі сприяє розкладанню діоксинів і фуранів, а швидке охолодження газів, що відходять, перешкоджає їхньому повторному утворенню. Димові гази після газоочистки викидаються в димар ексаустером. За рахунок цього у подовій обертовій печі створюється невелике розрідження, завдяки чому запобігають неорганізованим викидам газу з печі.

Технологія була розроблена на закордонних підприємствах і не має аналогів на вітчизняних металургійних заводах. Починаючи з 1991 року проводилися численні досвіди й відпрацьовування технології.

Результати оцінки паливно-сировинних і економічних витрат на виробництво губчатого заліза з металургійних відходів наведені нижче (розраховуючи на 1 тону губчатого заліза):

- металургійні відходи, т	0,8 – 1
- вугілля, т	1 – 0,12
- зв'язуюче, кг	30 – 40
- паливо, Гкал	0,7 – 0,9
- електроенергія, квт·ч	100 – 120
- вода, м ³	1,0 – 2,0
- трудовитрати, люд.·година	0,1 – 0,2
Економічні витрати (дол./т)	
- витрати на виробництво	30 – 35
- собівартість ГЖ	44 – 54

Таким чином, використання даної технології на підприємстві має ряд переваг: рішення проблеми розміщення відходів та скорочення плати за розміщення; рециклінг заліза в сталеплавильному процесі (ступінь металізації заліза становить 85 – 95 %); відновлення цинку, що міститься у відходах і можливість продажу отриманого цинкового продукту (ступінь відновлення цинку 95 % і вище); висока температура обробки матеріалів у печі забезпечує розкладання діоксинів і фуранів.

Проаналізована можливість впливу технології на навколишнє середовище в умовах АТ (часне) «ДЕМЗ» і встановлено, що її впровадження не буде мати негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я населення. Це буде забезпечено використанням високоефективної системи газоочистки (ступінь очистки 98 %).

Економічний ефект від впровадження такої технології складе 7,2 млн. грн., а строк окупності - 6,5 років.

Перелік використаної літератури:

1. Проблемы утилизации цинкосодержащей пыли сталеплавильного производства / О.П. Сильченко, В.В. Кочура // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Збірка доповідей VII Міжнародної наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1 – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2009 . – С. 73 – 74.
2. Substance Flow Analysis of Zinc Associated with Iron and Steel Cycle in Japan, and Environmental Assessment of EAF Dust Recycling Process / K. Nakajima, K. Matsubae-Yokoyama, S. Nakamura // ISIJ International . - Vol. 48 (2008) . - No. 10 . – P. 1478 – 1483.
3. Recovery of iron, carbon and zinc from steel plant waste oxides using Fastmet Technology / B.Sarma, K.Downing, E. Aurust // I&SM, , 2006, No. 12. – P. 45 – 59.