

УДК 612.74:659.5:502

ВИДАЛЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ НА ДУГОВИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧАХ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

О. Л. Прач, О. І. Трудоношин, М. І. Прилуцький

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”*

Розглянуто проблему видалення та очищення газів дугових сталеплавильних печей та сучасні методи її вирішення.

Рассмотрена проблема удаления и очистки газов дуговых сталеплавильных печей и современные методы ее решения.

The problem of purifying of exhausted gases from electric arc furnaces is examined for developing of new methods to improve gas-cleaning efficiency.

Вступ

Україна входить до переліку високорозвинених енергетичних країн світу. На сьогодні енергетична галузь забезпечує потреби України в електричній енергії.

За даними Мінпаливноенерго в цьому році буде спожито 194 млрд кВт·год електроенергії. В енергетичній стратегії України прогнозується, що до 2030 року споживання електроенергії збільшиться в 2 рази, з зростанням потужності генеруючих електростанцій у 2,2 рази.

В 2002 році на сесії Генеральної асамблеї ООН проведені підсумкові виконання «Декларація про стабільний розвиток», який підписали 178 країн і взяли на себе обов'язки розвивати національну економіку в гармонії з навколишнім середовищем. Висновки неутішні – екологічний стан навколишнього середовища не покращав, а став ще гіршим.

Загальний екологічний стан України відповідає світовим тенденціям. При збільшенні об'ємів виробництва сталі в атмосферу викидається більше 4,2 млн. тонн шкідливих матеріалів, кількість стоків збільшилась до 1,5 млрд. м³, твердих відходів до 29 млн. тонн.

Технології плавки в сучасних дугових печах постійного току нового покоління (ДПТНП) проводяться без використання газокисневих пальників, спінювання шлаків і подачі кисню (крім у технологічно обґрунтованих процесах), вугільних порошоків, мазуту й т.д. і практичній відсутності прокачування повітря через робочий простір, забезпечена

високим рівнем стабілізації електричного режиму.

Така реконструкція і модернізація існуючих 100-тонних електропечей проведена з участю зарубіжних фірм «Даніелі», «Манесман», «Фест Альпіне» і інших в електросталеплавильних цехах (ЕСПЦ) ВАТ "Северсталь», Донецького і Молдавського металургійних заводів і інших підприємствах. Продуктивність модернізованих 120 - 145-тонних електропечей збільшилась до 1 - 1,2 млн.тонн рідкої сталі в рік, тривалість плавки скоротилася до 55 - 59 хвилин. Така інтенсифікація виплавки сталі робить особливо актуальною проблему ефективного уловлювання і очищення пилегазовиділень у всі періоди плавки.

При виплавці вуглецевих сталей склад і кількість газів, що виділяються при плавці сталі залежать від складу шихтових матеріалів (табл. 1).

Таблиця 1 Склад пічної атмосфери при виплавці вуглецевих сталей, об'єм %

CO	CO ₂	O ₂	SO ₂	NO	N ₂
35-50	8,2-9,4	0,4	0,0003	0,002-0,0003	решта

При виході з печі CO догоряє до CO₂ і його вміст знижується до 0,5-0,8 %. Наявність диоксинів, фуранів, ціанідів, фторидів відзначено не було. При наявності в шихті органічних включень, масла, вологи в початковий період плавки утворюються продукти їхньої сублімації, які при виході з печі догорають до завершених оксидів (табл. 2).

Таблиця 2 Токсичні домішки в пічній атмосфері ДСП

	Середня концентрація, мг/м ³	Питомі викиди, г/т сталі
Оксид вуглецю	13500,0	1350,0
Оксиди азоту	550,0	270,0
Оксиди сірки	5,0	1,6
Ціаніди	60,0	28,4
Фториди	1,2	0,56

Повне уловлювання пилегазовиділень визначається необхідністю як створення нормальних умов праці в цехах, так і захисту екології.

Мета дослідження

Виходячи з цього ДСП необхідно оснащувати потужними системами газу відсмоктування безпосередньо з печі, продуктивність яких повинна

бути вище продуктивності природного прокачування газу через піч, викликаної коливаннями електричного режиму.

Результати аналізу систем газоочищення ДСП

У систему вентиляції забираються газу, що виходять із печі самовільно. Це дозволяє не менше чим на порядок знизити продуктивність систем вентиляції. Застосування комбінованих ДСП із використанням газокисневих пальників, енергетичного кисню, вспінювання шлаків вимагає багаторазового збільшення продуктивності систем газовидалення навіть у порівнянні з "старими" ДСП і збільшує кількість і розширює склад токсичних домішок у газових викидах. Різке зростання утворення CO_2 може невиправдано створити проблеми, пов'язані з Кіотською угодою. Значно зростає кількість повітря, яке прокачується через піч, і пов'язаний із цим додатковий вигар металу й утворення оксидів азоту.

При реконструкції металургійних заводів взамін мартенівських печей на дугові, вдається обмежитися їхніми системами газовідведення, не створюючи системи пилогазоочищення. На рис. 1 наведена оцінка порівняльних питомих викидів газів із пічних труб печей ДСП, ДПШТНП, що демонструє принципові переваги ДПШТНП.

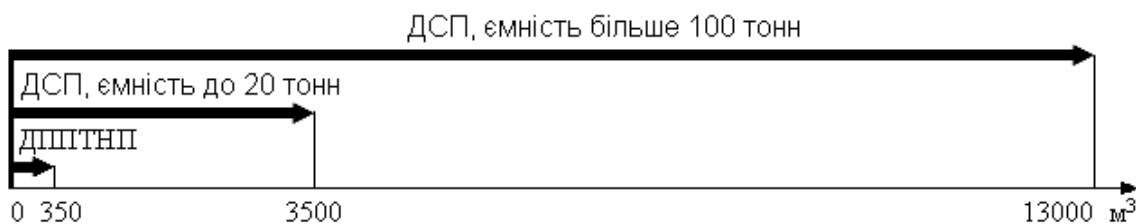


Рис. 1 Порівняння питомих обсягів пилогазовикидів із пічних труб дугових печей.

УкрГНТЦ «Енергосталь» розроблені і впроваджені суміщені системи газовідведення, уловлювання і сухого очищення технологічних пічних газів і неорганізованих викидів великотоннажних електропечей, включаючи: водоохолоджуваний газовивід гарячих технологічних газів від 4-го отвору у склепінні; зонти, розташовані над піччю, для уловлювання потоків неорганізованих викидів; сухі пиловловлювачі (рукавні фільтри з імпульсною регенерацією), димососи, систему газоходів, систему пилоочищення й грудкування пилу (рис. 2).

У суміщеній схемі гарячі технологічні пічні газу і холодні неорганізовані викиди від зонти, розташованого над піччю змішуються перед очищенням.

Суміщена схема має ряд істотних переваг в порівнянні з роздільною схемою:

- вибухонебезпечність системи: при порушеннях в роботі системи газовідводу і пристроїв для спалювання оксиду вуглецю і зменшенні концентрації оксиду вуглецю до небезпечних величин, в суміщеній схемі відбувається 10-кратне розбавлення технологічних газів неорганізованими викидами і гарантоване зниження концентрації оксиду вуглецю значно нижче за небезпечний рівень;
- рівномірність газового і пилового завантаження всіх фільтрів, усереднення пилового навантаження на системи пилоочищення;
- раціональне використання відсмоктуваного об'єму неорганізованих викидів, для охолодження технологічних газів перед газоочисткою і димососами; при змішуванні технологічних газів і неорганізованих викидів охолоджуються всі пилові викиди (гази і пил), поліпшуються умови роботи фільтрів і пилоочищення;
- раціональне використання продуктивності (потужності) системи при всіх періодах плавки;
- зниження капітальних і енергетичних витрат, спрощення експлуатації.

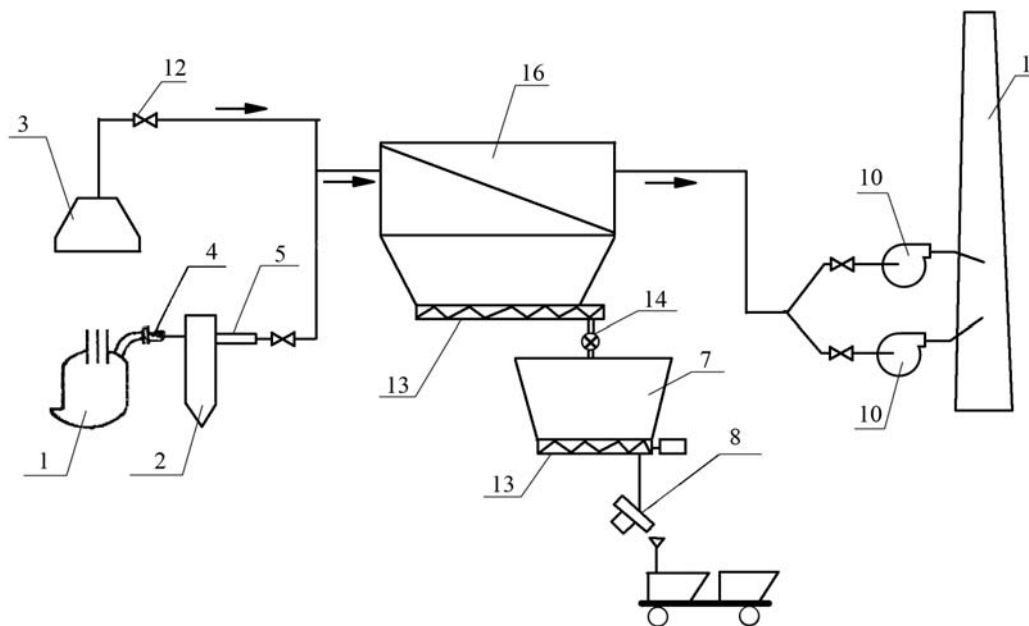


Рис. 2. Принципова схема газовідводного тракту й очистки крупнотоннажної електропечі:

1-електропеч; 2-камера допалювання; 3-зонт, розташований над піччю; 4-накатна муфта; 5-водоохолоджуємий газохід; 6-рукавні фільтри з імпульсною регенерацією; 7-збиральний бункер пилу; 8-чашовий пристрій грудкування пилу; 9-привідний візок з контейнером для пилу; 10-димососи; 11-димар; 12-регулюючі вимикаючі клапани; 13-гвинтові живильники; 14-шлюзові живильники.

Технологічні пічні гази з робочого простору електропечі відводяться через водоохолоджуваний патрубок зводу, камеру допалювання оксиду вуглецю і камеру охолодження (водоохолоджуваний трубчатий газохід). Стационарна ділянка газовідвідного тракту примикає до патрубка склепіння печі із зазором, ширина якого регулюється спеціальною накатною муфтою.

Найважливішим елементом суміщеної системи є зонти для уловлювання потоків неорганізованих викидів електропечі. УкрГНТЦ «Енергосталь» розроблені і перевірені в промислових умовах методики розрахунку теплових потоків пилегазових неорганізованих викидів від електропечей, проектування і визначення оптимальних конструкцій і розмірів зонтиків, об'єму відсмоктування газоповітряної суміші від зонтика до конкретних робочих умов роботи електропечей і формування теплових потоків пилегазових викидів. При цьому враховувалось наступне:

- максимальне теплогазовиділення визначають потужність потоку пилегазових викидів в такі періоди плавки, як кисневе продування і розплавлення при максимальній потужності трансформатора, а не в періоди завалення шихти і випуску металу;
- при розрахунку вертикального теплового потоку пилегазових викидів від електропечі використані методики і формули розрахунку теплових струменів, які утворюються над гарячими джерелами з урахуванням ряду специфічних умов роботи електропечей;
- конвективні тепловиділення з гарячими пічними газами, що вибиваються через електродні зазори, на порядок більше конвективних тепловиділень від нагрітих поверхонь склепінь, стін печі і є визначальними при формуванні теплового вертикального струменя від електропечі;
- величина конвективних тепловиділень в тепловому струмені з тими, що вибиваються через електродні зазори газами визначається ефективністю технологічного газовідсмоктування і часток пічних газів, що вибиваються з неупорядкованими викидами;
- за відсутності газовідсмоктування від 4-го отвору все тепло пічних газів, що утворюється, переходить в конвективний тепловий струмінь;
- діаметр теплового джерела повинен прийматися по зовнішньому діаметру розпаду електродів, а не по діаметру зведення, оскільки гарячі пічні гази, несучі конвективне тепло, виходять з електропечі в зоні електродів; конвективні тепловиділення від зовнішньої поверхні зводу, особливо для електропечей сучасних конструкцій з водоохолоджуваними склепіннями, незначні в порівнянні з тепловмістом що вибиваються через електродні зазори пічних газів.

Раніше вважалося, що необхідний об'єм відсмоктування від зонту рівний певній розрахунковій витраті газоповітряної суміші на рівні всмоктуючого отвору зонту. Це положення помилково і призводить до заниження об'ємів відсмоктування і продуктивності газоочистки.

Дослідження і експлуатаційний досвід показали, що для визначення необхідного оптимального об'єму відсмоктування необхідно розрахункову витрату газоповітряної суміші в тепловому струмені помножити на «коефіцієнт відсмоктування», яке залежить від ряду місцевих чинників (розмірів і аеродинамічної схеми парасольки, швидкості всмоктування, конструкції і розмірів пічного і розливного прольотів і інших). По практичним даним, при оптимальних конструкціях зонтів коефіцієнт відсмоктування складає 1,5-2.

Найважливішим і найвідповідальнішим елементом суміщеної системи газозуловлювача електропечей є пиловловлювачі - фільтри, що забезпечують очищення від пилу викидів в атмосферне повітря до нормованих концентрацій.

Середня концентрація пилу складає 15-30 г/м³, а питомий винос 6,5-95 кг/т сталі (менші значення відповідають печам ємністю 100т, більші – ємністю 5т). Період максимального пиловиділення складає 30хв. Основна маса пилу має розмір частинок до 3мкм (70%) і складається в основному із оксидів заліза (60-80%). Дисперсний склад пилу по періодам змінюється мало (табл. 3).

Для пилу сталеплавильних печей характерно високий питомий електричний опір, до 1×10^4 Ом·см.

Таблиця 2 Дисперсний склад пилу по періодам плавки

Період	Кількість часток, % по фракціям, мкм			
	0,0-0,7	0,7-7,0	7,0-80,0	>50
розплавлення	47,9	29,9	15,5	6,7
модифікування	42,2	35,5	15,7	6,6
рафінування	44,5	30,6	13,5	11,4

Сучасним світовим рівнем в області очищення від пилу викидів електропечей є вживання високоефективних рукавних фільтрів з імпульсною регенерацією, що забезпечують очищення викидів до залишкового пиловмісту не більше 10-20 мг/м³. Проте більшість великотоннажних електропечей в СНД обладнана застарілими, недостатньо ефективними, складними в експлуатації пиловловлювачами - мокрими газоочистками з трубами Вентури, електрофільтрами, рукавними фільтрами застарілих конструкцій типу СМЦ, ФРО, ФРКДІ, ФРІ і інших, що мають серйозні конструктивні і експлуатаційні недоліки. У ряді

електросталеплавильних цехів експлуатуються роздільні системи відведення і очищення технологічних газів і неорганізованих викидів з різнотипними застарілими газоочистками.

УкрГНТЦ «Енергосталь» розроблені, упроваджені і освоєні конструкції високопродуктивних, ефективних, компактних рукавних фільтрів з імпульсною регенерацією, відповідних по рівню конструкціям рукавних фільтрів найвідоміших, спеціалізованих зарубіжних фірм.

Фільтри з імпульсною регенерацією конструкції УкрГНТЦ «Енергосталь» мають наступні переваги перед фільтрами інших конструкцій:

- клапани подачі стислого повітря на імпульсне продування мають підвищену швидкодію і підвищену потужність імпульсу, що забезпечує інтенсивну регенерацію фільтрувального матеріалу РУКЭ130В;
- рукави виготовляють з щільного матеріалу типу поліефірного фетру з каркасом із філоментних ниток, що забезпечує високий ступінь пилоловлювання і зниження залишкової концентрації пилу після очищення порівняно з фільтрами інших конструкцій до 10- 20 мг/м³;
- питоме газове навантаження на фільтруючу поверхню у фільтрах конструкції УкрГНТЦ «Енергосталь» в 1,5-2 рази перевищує питоме газове навантаження у фільтрах ФРІ, ФРКН, ФРО і інших конструкцій;
- у фільтрах передбачено одностороннє верхнє кріплення рукавів на відміну від двостороннього кріплення рукавів (зверху і знизу), що значно спрощує експлуатацію фільтрів;
- рукавні фільтри розміщуються на відкритому повітрі з укриттям тільки верхньої частини фільтрів, на відміну від фільтрів ФРІ, ФРКН і інших, які по технічним умовам вимагають розміщення в опалювальних будівлях;
- для виготовлення фільтрів з імпульсною регенерацією на Досвідченому заводі УкрГНТЦ «Енергосталь» розроблена і засвоєна сучасна технологія;
- основні вузли і деталі фільтру уніфіковані і взаємозамінні, що дозволяє комплектувати різні типорозміри фільтрів в широкому діапазоні продуктивності і виконання.

Прикладом сучасної високоефективної системи уловлювання і очищення пилогазовиділень малотоннажних і середньотоннажних електропечей є розроблена і упроваджена УкрГНТЦ «Енергосталь» сумісно з фахівцями ВАТ «НКМЗ» система загальною продуктивністю 200000 м³/год газоуловлювання і газоочистки двох електропечей (ємністю

16 -18 тонн) і установки позапічного рафінування «піч-ківш» (ємністю до 90 тонн) в мартенівському цеху ВАТ «НКМЗ» (рис. 3).

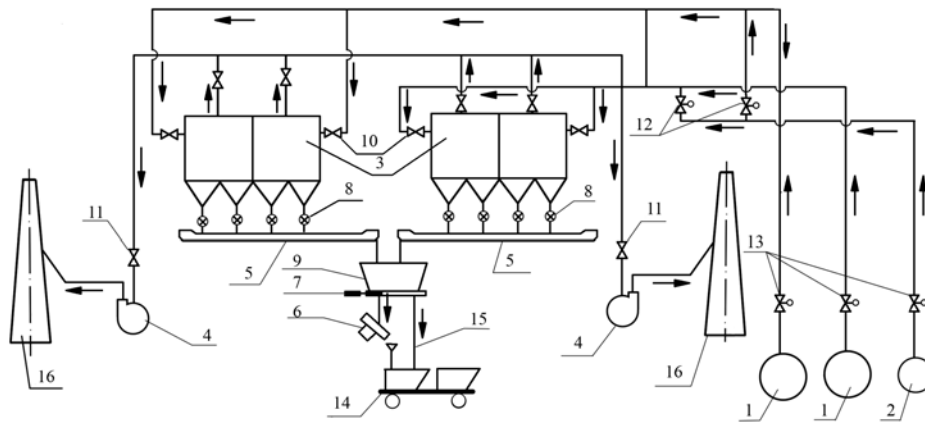


Рис. 3 Принципова схема системи газоуловлювача і газоочистки двох електропечей і печі-ковша в мартенівському цеху ВАТ «НКМЗ»:

1-електропеч; 2-піч-ківш; 3-рукавний фільтр Ф-2-650-01; 4-вентилятор ВГДН-17У; 5-скребковий конвеєр КПС (2М)-320Т; 6- чашовий пристрій грудкування Ø1,2 м; 7-гвинтовий живильник; 8-шлюзовий живильник Ш5-30-РНУ-01; 9-збірний бункер пилу; 10-клапан дросельний Ø1 м. з ручним управлінням; 11-клапан дросельний Ø1,4 м з ручним управлінням; 12-клапан дросельний Ø1м з електроприводом; 13-клапан дросельний Ø1,4м з електроприводом; 14-приводний візок з контейнерами для грудкування пилу; 15-байпасна пилова тічка; 16-димар

Вказана система включає наступне основне устаткування:

- 2 рукавні фільтри з імпульсною регенерацією конструкції УкрГНТЦ «Енергосталь» типа Ф-2-650-01 із площею фільтрації кожного $650 \times 2 = 1300 \text{ м}^2$;
 - 2 вентилятори ВГДН-17у;
 - 1 чашковий пристрій грудкування пилу діаметром 1200 мм;
 - 1 приводний візок з контейнерами для грудкування пилу;
 - скребкові конвеєри, гвинтові і шлюзові живильники, збірний бункер пилу;
 - дросельні клапани, газоходи, витяжні труби;
 - газоуловлюючі зонти над електропечами (поворотний та накатний).
- Газопилоуловлювач системи електропечі і установки «піч - ківш» в мартенівському цеху ВАТ «НКМЗ» забезпечує ефективне

уловлювання пилогазовиділень електропечі і «печі-ковша», і очищення викидів в рукавних фільтрах до залишкового пиловмісту не більш 20 г/м^3 .

Література

1. Гладких В.А, Гасик М.И, Овчарук А.Н., Пройдак Ю.С. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов. – Днепропетровск: Системные технологии, 2004
2. Металлургическая теплотехника. Том 2. Под редакцией В.А. Кривандина. – М.: Металлургия, 1986.-592с.
3. Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов металлургии. – М.: Металлургия. 1977.-328с.