



Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 2021 р.)

Handbook of the XXII International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (2021 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS.2021.233098>

УДК 504.064.45

ВИКОРИСТАННЯ ХРОМ-ФЕРИТНОГО КАТАЛІЗАТОРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

С.Д. Довголап, О.І. Іваненко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна,
e-mail: s.dovholap@gmail.com*

З екологічної точки зору СО – високотоксичний газ, небезпечний для життя, який призводить до гіпоксії, задухи і раптової смерті. Летальність від отруєння СО, що складає 17,5 % від загальної кількості інгаляційних отруєнь, становить найбільшу частку зареєстрованих смертельних інтоксикацій газами в світі у випадках, не пов'язаних з пожежею. Передбачається, що число жертв несмертельного отруєння, які страждають від постійного розладу нервової системи, перевищує вищезазначену цифру. Величина небезпеки для здоров'я, фатального і не фатального характеру, яка надходить від монооксиду вуглецю, є величезною, і отруєнь відбувається набагато більше, ніж це зараз виявляється.

Найбільша кількість викидів монооксиду вуглецю спостерігається на індустріально розвинених територіях з високою концентрацією видобувних і обробних підприємств. Тому надзвичайно актуальним є розробка науково-технічних рішень, спрямованих на більшу екологізацію металургійного виробництва шляхом зниження викидів димових газів, що містять СО, в атмосферне повітря.

Одним із конструктивних рішень проблеми очистки димових газів багатокамерних печей випалювання електродних заготовок від монооксиду вуглецю може бути розміщення у вогневих каналах цих печей контейнерів з каталізатором у камерах, що підігріваються димовими газами [1]. Таким чином, метою даної роботи є розробка каталізаторів окиснення СО для вирішення важливої наукової проблеми техногенного забруднення навколишнього середовища підприємствами з виробництва електродів.

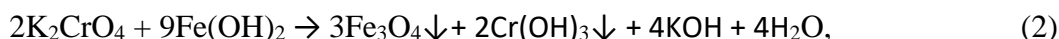
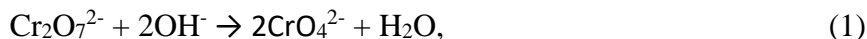
Загальна кількість застосувань наноферитних технологій для каталітичних цілей все ще відносно невелика, тому розробка ефективних рішень може стати ідеальною дослідницькою нішею щодо впровадження у виробництво феритних наноматеріалів для знешкодження монооксиду вуглецю димових газів.

Феритні технології досить ефективно використовуються у процесах очищення стічних вод від іонів важких металів [2]. Тобто застосування феритного шламу в якості цінної сировини для каталізаторів окиснення СО має хороший потенціал для використання в екологічних цілях.

У результаті проведення порівняльних аналізів найперспективнішим природоохоронним заходом можна вважати використання в якості каталізаторів феритів різного походження. Перевагами феритів порівняно з іншими каталізаторами є низька чутливість до каталітичних отрут, відсутність проблем з їх експлуатацією та утилізацією, нетоксичність і обмеженість біодеградабельності. Найоптимальнішим каталізатором серед оглянутих каталізаторів на

основі феритових технологіях є хром-феритовий каталізатор.

Процес отримання хром-феритовий каталізатора ($\text{Cr}^{6+}:\text{Fe}^{2+}=1:15$) на основі цеоліту [3] полягав в обробці природного матеріалу сумішшю розчинів $0,028 \text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та $0,332 \text{ M FeSO}_4$ протягом 1 год, після чого осад фериту хрому осаджували на цеоліті 25% розчином NH_4OH за реакціями:



та витримували протягом 24 год. Після цього модифікований цеоліт відділяли від водної фази декантацією, промивали та сушили на повітрі до постійної маси.

Експериментальна установка (рис. 1) включає термокамеру (8), що складається з металеві трубки з нержавіючої сталі (9) та керамічної трубки (10) з нагрівальним елементом (11), в якій за допомогою термопар (12) та термореле (14) підтримується за допомогою елемента (11) задана температура. Зразок каталізатора у циліндричному контейнері (13) поміщали в металеву трубку (9) таким чином, щоб виключити проходження газової суміші повз каталізатор. Об'ємну швидкість газового потоку варіювали в інтервалі $1\text{--}5 \text{ дм}^3/\text{хв}$. У процесі нагрівання постійно контролювали склад газової суміші на вході та виході з термокамери. Концентрацію продуктів реакції аналізували за допомогою газоаналізатора (2). Безпосередньо перед проведенням каталітичного експерименту зерно каталізатора піддавали термообробці за температури $450 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 2 годин. Перед та після нагрівання і охолодження визначали втрату маси каталізатора. Каталітичну очистку газової суміші від CO досліджували в інтервалі $200\text{--}400 \text{ }^\circ\text{C}$. Концентрація монооксиду вуглецю в початковій газовій суміші на вході в реактор дорівнювала $1,1 \text{ об. } \%$.

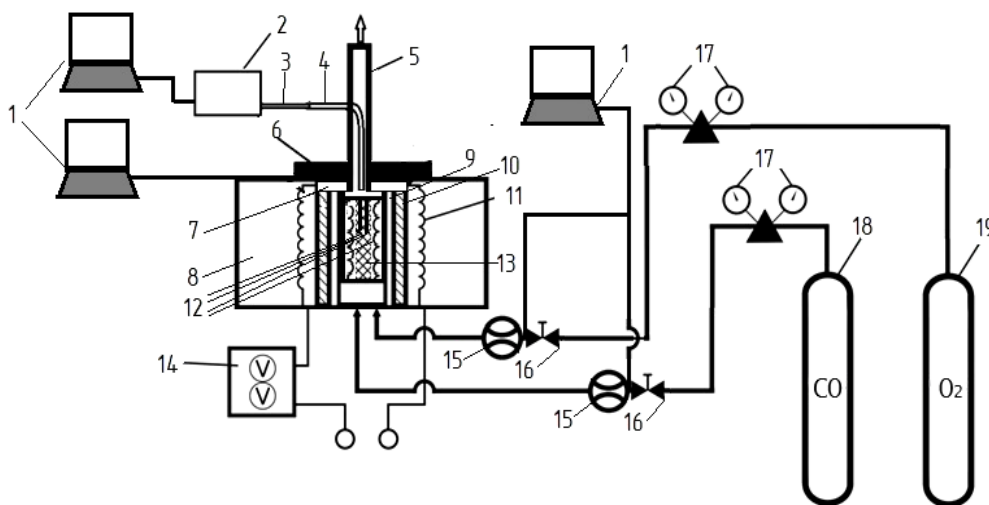


Рисунок. Схема експериментальної установки для вивчення процесів каталітичного окиснення монооксиду вуглецю: 1 – цифровий інтерфейс вимірювань; 2 – газоаналізатор VARIO PLUS industrial analyzer MRU air fair; 3 – газівідбірник газоаналізатора; 4 – трубка для відбору газової суміші з камери в газоаналізатор; 5 – відведення газової суміші; 6 – металева прокладка; 7 – азбестова прокладка; 8 – термокамера; 9 – трубка із нержавіючої сталі; 10 – керамічна трубка; 11 – нагрівальний елемент; 12 – термопари; 13 – контейнер для каталізатора із сітки з нержавіючої сталі; 14 – регулятор температури; 15 – газові витратоміри; 16 – регулюючі клапани; 17 – редуктори; 18 – балон із монооксидом вуглецю; 19 – балон із повітрям

Ступінь окиснення монооксиду вуглецю розраховували за формулою:

$$X_{CO} = \frac{C_{CO}^{ВХ} - C_{CO}^{ВИХ}}{C_{CO}^{ВХ}} \cdot 100\% \quad (1)$$

де $C_{CO}^{ВХ}$ – об'ємна частка CO на вході в реактор, %; $C_{CO}^{ВИХ}$ – об'ємна частка CO на виході з реактору, %.

Дослідження процесу окислення CO в газовій суміші в порожньому реакторі показало, що в усьому інтервалі температур (200-400 °C) ступінь перетворення монооксиду вуглецю за відсутності каталізатора дорівнювала 0%.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що максимальна ступінь окислення CO з використанням різних типів феритних каталізаторів досягалася при температурі 390 °C. Найефективнішим виявився хром-феритний каталізатор у порівнянні з мідь-феритовим каталізатором та феритовим каталізатором ефективність яких наведена у роботі [4], при використанні хром-феритного каталізатора конверсія CO за температури 390 °C складала 82,4 %.

Слід зазначити, що хром-феритний каталізатор показав задовільні результати на початку вимірювання при температурі 200 °C. Ефективність каталізатора дорівнювала 49 %, що була вища, ніж ефективність інших феритних каталізаторів на основі дослідження наведеного у роботі [4], при максимальній температурі випробувань. Також значний приріст ефективності окислення відбувався за температури 275 °C до 325 °C, також спостерігався різкий стрибок в окисленні при 275 °C з 55 % до 73 %, що вказує на оптимальний температурний режим використання хром-феритного каталізатора в діапазоні температур з 325 °C до 390 °C.

В результаті досліджень було визначено, що хром-феритний каталізатор є ефективним для конверсії CO димових газів та підтверджує перспективність використання в якості каталізаторів феритів з наперед заданою ефективністю. Перевагами даного каталізатору є його інертність та стійкість у довкіллі, що не буде створювати проблем з утилізацією після використання.

Література:

1. Ivanenko O., Trypolskyi A., Khokhotva O., Strizhak P., Leleka S., Mikulionok I. The kinetic parameters of the smoke gases purification process from carbon monoxide on a zeolite-based manganese oxide catalyst // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 6/6(108). P. 50–58.
2. Lou J. C., Chang C. K. Catalytic oxidation of CO over a catalyst produced in the ferrite process // Environmental Engineering Science. 2006. № 23(6). P. 1024–1032.
3. Радовенчик В. М., Іваненко О. І., Радовенчик Я. В., Крисенко Т. В. Застосування феритних матеріалів в процесах очищення води / Монографія. Біла Церква: Видавництво О. В. Пшонківський, 2020. 215 с. ISBN 978-617-604-065-2.
4. Ivanenko O., Gomelya N., Shabliy T., Trypolskyi A., Nosachova Y., Leleka S., Trus I., Strizhak P. Use of Metal Oxide-Modified Aerated Concrete for Cleaning Flue Gases from Carbon Monoxide // Journal of Ecological Engineering 2021, 22(5), 104–113