

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ

КРОТ О. П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

krot.olga@kstuca.kharkov.ua

РОВЕНСЬКИЙ О. І.

Північно-Східний Науковий Центр Національної академії наук України

guandrna@ukr.net

Промислові викиди та автомобільні вихлопні гази зазвичай містять багатогранний спектр шкідливих сполук, таких як хімічні побічні продукти, розчинники або сполуки з неприємним запахом. Летючі органічні сполуки, окис вуглецю й сполуки сірки викидаються в атмосферу у багатьох промислових процесах.

Каталітичні нейтралізатори вихлопних газів використовуються з 1975 року і є невід'ємною частиною автомобільної індустрії [1]. У дослідженні [2] було доведено, що система виборчої каталітичної нейтралізації оксидів азоту етанолом на каталізаторі $\text{Ag}/\text{Al}_2\text{O}_3$ значно знижує викиди у змодельованому середовищі вихлопних газів двигуна. У цій статті спочатку оцінювалася ефективність каталізатора на випробувальному стенді двигуна і досліджувався вплив каталізатора на концентрацію твердих частинок у викидах. Однак необхідно оцінити застосування каталізатора в реальних дизельних двигунах. У дослідженні [3] представлені характеристики каталітичних нейтралізаторів, виготовлених з летючої золи вугілля, для зниження викидів від автотранспортних засобів. Отже, каталітичні системи для нейтралізації автомобільних викидів досить широко розкриті у дослідженнях, проте використання каталізаторів у технологіях очистки промислових викидів недостатньо вивчені.

Об'єктом досліджень даної роботи є процес очищення вентиляційних (промислових) газових викидів від вуглеводнів, хлорорганічних сполук і сірковмісних речовин.

Метою експериментальних досліджень було вивчення каталітичної активності обраних каталізаторів, кінетики окислення вуглеводнів і побудова кінетичної моделі в процесі окислення окремо кожного компонента і їх сумішей, а також пошук оптимальних технологічних режимів.

На першому етапі були проведені експерименти, що дозволяють встановити характер залежності ступеня очищення від температури, далі була

визначена температура для ефективної роботи каталізатора, на заключному етапі отримані рівняння кінетики і їх параметри (константи швидкості реакції і енергія активації процесу).

Каталізатор вибирається з урахуванням наступних вимог:

- висока активність в реакції окислення різних сполук;
- висока механічна міцність;
- низький гідравлічний опір;
- висока теплопровідність;
- доступність;
- стійкість до контактних отрут (сірковмісних речовин).

Практичний інтерес представляють паладієвий і марганцеворудний каталізатори. При пошаровим завантаженні цих каталізаторів вони володіють всіма перерахованими вище властивостями.

Експерименти проводилися в такій послідовності:

- залежності ступеня очищення від температури окремо для кожного каталізатора і при пошаровим їх завантаженні;
- раціональної величини температури, необхідної для отримання якісної очистки.

Для всіх серій випробувань використовувався один зразок каталізатора. Іноді в кожній серії дослідів проводилися повторні випробування для з'ясування, чи змінюється активність каталізатора під час його роботи. Як правило, результати таких повторних випробувань збігалися з результатами попередніх випробувань; відхилення найчастіше не перевищували 5%.

В ході кожного експерименту відбирали 3-5 проб, отримані результати усереднювати. Активність каталізатора визначалася за ступенем окислення вихідних компонентів. Ступінь очищення визначалася за формулою:

$$\theta = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де $C_{вх}$ - концентрація речовин на вході у реактор;

$C_{вих}$ - концентрація речовин на виході з реактора.

Було визначено основні технологічні параметри процесу очищення газових викидів:

- температура реакції – 550-400 °С;
- час контакту парів летючих органічних сполук з каталізатором – 0,24-0,36с;
- товщина шару каталізатора: паладієвого – не менше 0,06 м, марганцеворудного – не менше 0,17 м.

На підставі проведених досліджень на установці переробки нафтових відходів була створена дослідно-промислова установка термокаталітичного очищення вуглеводневих викидів продуктивністю 3000 м³/ч. Підтверджено значення робочих параметрів, які забезпечували високий ступінь очищення газів від органічних речовин і сірководню. Каталізатор пропрацював близько 8000 годин без помітного зниження активності.

У більшості випадків термокаталітичне очищення викидів є ідеальним рішенням, оскільки воно дуже ефективно і економічно. У порівнянні з іншими технологіями, такими як термічне окислення, реакції каталітичного окислення протікають при більш низькій температурі. Це означає менше навантаження на устаткування і зниження експлуатаційних витрат, що може принести значну економічну вигоду.

Була доведена ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою каталізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-каталітичних процесів. Каталітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів.

Прикладом ефективного використання каталітичної очистки є каталітичний апарат, який використовувався в установці термічного знешкодження муніципальних відходів. Реактор був заповнений алюмонікельпаладієвим каталізатором, який підтвердив свою ефективність при остаточному розкладанні і допалюванні залишків важких вуглеводнів, оксидів вуглецю та інших органічних речовин, що важко розкладаються, на 95%, забезпечуючи сумарну ступінь очищення димових газів від органічних шкідливих речовин на рівні 99,0÷99,9%. Паралельно при розкладанні вуглеводнів на каталізаторі відбувається відновлення частини оксидів азоту до молекулярного азоту. Робоча температура каталізатора 550°C–650°C. Касети з каталізатором періодично піддаються очищенню від пилу стисненим повітрям.

Література

1. Acres, G., Harrison, B. The Development of Catalysts for Emission Control from Motor Vehicles: Early Research at Johnson Matthey // Topics in Catalysis. 2004. Vol. 28. P.3–11.
2. Hongyi D., Shijin S., Rulong L., Jianxin W., Xiaoyan S., Hong H. Study of NOx selective catalytic reduction by ethanol over Ag/Al₂O₃ catalyst on a HD diesel engine // Chemical Engineering Journal. 2008. Vol. 135. P.195–201.
3. Ghofur A., Soemarno, Hadi A., Putrad M.D. Potential fly ash waste as catalytic converter for reduction of HC and CO emissions //Sustainable Environment Research. 2018. Vol. 28. Issue 6. P.357-362.