

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Тези

**77-ї наукової конференції професорів,
викладачів, наукових працівників,
аспірантів та студентів університету**

ТОМ 2

16 травня – 22 травня 2025 р.

Н.В. Бунякіна, к.х.н., доцент
О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент
М.О. Дорошенко, студентка гр. 101-НЗ
Д.Ю. Гончар, студентка гр. 202-нНГ2
Я.С. Пащенко, студент гр.202-нНГ2
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ПОШУК СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ КОНВЕРТЕРІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Нині розробка і вдосконалення автомобільних трикомпонентних каталізаторів, як і раніше, залишається важливою тематикою сучасних досліджень [1] через жорсткість норм викидів та збільшення ціни і дефіциту дорогоцінних металів. Встановлено, що серед інших класів каталітичних матеріалів, перовскітні оксиди є цінними альтернативами традиційно використовуваним композиціям на основі платини, паладію, родію. Вони демонструють свою придатність для широкого спектра автомобільних застосувань. Інтерес до цих каталізаторів за останні десять років активізувався за рахунок відкриття можливості їх регенерації і самовідновлення властивостей (яка, в принципі, добре застосовна і до інших каталітичних процесів на їх основі), а також можливості зменшення кількості використання критичних елементів без серйозного зниження каталітичних характеристик. Незгорілі вуглеводні (УНС), монооксид вуглецю (СО) і оксиди азоту (NO_x) є основними шкідливими газами, присутніми у вихлопі двигунів внутрішнього згорання. Щоб відповідати суворим рівням норм викидів (вводяться законодавчо), ці сполуки мають бути усунені (конвертовані) до того, як вони будуть випущені в навколишнє середовище. Для цієї мети транспортні засоби оснащені трьома каталітичними перетворювачами, по одному на кожен речовину, кількість якої необхідно знизити – конструктивно, трикомпонентним (триходовим) каталітичним перетворювачем. Це досконалий пристрій з багатьма функціями і можливістю управління у вихлопній системі автомобіля призначений для зниження токсичних викидів в атмосферу шляхом відновлення оксидів азоту і допалення чадного газу і недогорілих вуглеводнів. Він складається з суміші каталітично активних компонентів, нанесених на монолітний стільниковий субстрат, який дозволяє одночасне перетворення УНС, СО і NO_x у безпечні СО₂, Н₂О і N₂ (рівняння (1) – (4)):

$$\begin{aligned} \text{УНС} + \text{O}_2 &\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} & (1) \\ 2 \text{CO} + \text{O}_2 &\rightarrow 2 \text{CO}_2 & (2) \\ \text{УНС} + \text{NO} &\rightarrow \frac{1}{2} \text{N}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} & (3) \\ \text{CO} + \text{NO} &\rightarrow \frac{1}{2} \text{N}_2 + \text{CO}_2 & (4). \end{aligned}$$

РЗЕ-вмісні оксиди перовскітного типу, виявляючи високу активність і стабільність, відповідають комплексу вимог для практичної функціональної, технічної і конструкторської реалізації у таких конвертерах. Для отримання активних фаз перовскітного типу провідні фірми-виробники використовують занурення (просочування) структурованих носіїв стільникового чи кулько-подібного типу у водний розчин попередників – солей нітратів заданого складу (можливе нанесення способом розпилення чи іншим) за відсутності будь-яких добавок або в присутності хелатуючих агентів (наприклад, лимонної кислоти (метод Пекіні)), що дозволяють отримувати об'ємно-асоційовані (полімеризовані) висококонцентровані гомогенні розчини нітратних прекурсорів. Послідує двох стадійне термооброблення – сушка у звичайній печі (80 – 200 °С) або в мікрохвильовій печі (забезпечує однорідну сушку, запобігаючи перерозподіл активної компоненти і, отже, забезпечуючи її гарний розподіл на носії) та подальше прожарювання при 700 – 1100 °С – перетворює попередники в заданий оксид перовскітного типу.

Зазвичай отримують фазово-чисті матеріали. Їх активний фазовий шар товщиною 2 – 160 мкм, що покриває стінки структурованого носія, демонструє високу продуктивність через добру доступність до його активних ділянок. Гарною альтернативою раніше описаним процедурам є синтез методом спалювання розчину. Він дозволяє отримувати пористий добре зафіксований перовскітний шар з меншим числом технологічних ступеней. Після занурення у водний розчин, що містить попередники – нітрати відповідних елементів (окисники), сечовину, гліцин (паливо) і нітрат амонію (прискорювач горіння), структурований носій піддають нагріванню до самозаймання системи (200 – 300 °С). Протягом декількох хвилин теплота, що виділяється при спалюванні палива (гліцину), дозволяє перетворювати попередники нітратів у фазу чистого оксиду перовскітного типу. Виділення великих кількостей газоподібних продуктів за дуже короткий проміжок часу під час згоряння дає товсте, дуже пористе і губчасте покриття товщиною 40 – 100 мкм з високою питомою поверхнею (4 – 30 м² · г⁻¹). Така структура мінімізує падіння тиску газового потоку і покращує масоперенос.

Покриття, отримані за такою процедурою, демонструють відмінну адгезію. Їх термічне старіння при температурах до 850 °С в присутності SO₂ або води не створює значної дезактивації, і ніяких хімічних взаємодій між активною фазою і структурованим носієм не виявлено. У ході дослідження:

- вивчено існуючі технології формування перовскітоподібних фаз для розв'язання новітніх прикладних завдань по створенню структурованих каталізаторів обробки вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння з використанням нітратних прекурсорів перехідних, рідкісноземельних,

лужних, лужноземельних елементів; з'ясовано умови їх проведення та особливості;

- сформульовані функціональні, технічні, технологічні, експлуатаційні вимоги до вибору таких матеріалів, їх стійкості, стабільності, відтворюваності;

- вивчено можливі способи формування монофазних перовскітоподібних оксидних функціональних матеріалів; переваги і недоліки кожного із них;

- досліджуються способи керування технічними параметрами таких матеріалів шляхом вибору складу, умов синтезу і послідуочого оброблення [2 - 4];

- з'ясовано можливості застосування перовскітоподібних РЗЕ-вмісних оксидних фаз як альтернатив до конкретних сфер їх використання в автомобілебудуванні;

- вивчено позитивний досвід практичного використання перовскітоподібних РЗЕ-вмісних оксидних фаз у каталітичних конвертерах відпрацьованих газів у сучасних вихлопних системах автомобілів;

- з'ясовуються можливості використання набутих знань для керування вказаними процесами й одержання матеріалів із заданим набором структурночутливих характеристик.

Література:

1. *Structured catalysts based on perovskite and their use as three-way catalytic converters-Overview* / Sylvain Kiv, Santosh Kumar Matam, David Ferry and Anke Weidenkaff // *Catalysts* 2014, 4 (3), P. 226-255.

2. *Структурированные катализаторы на основе перовскита и их использование в качестве трехсторонних каталитических нейтрализаторов* Обзор / Сильвен Кив, Сантош Кумар Матам, Дэвид Ферри и Анке Вайденакфф // *Катализаторы* 2014, 4 (3), с. 226-255.

3. *Особливості перетворень у РЗЕ-вмісних системах нітратних прекурсорів у підготовчих процесах формування перовскітоподібних оксидних матеріалів.* / О.Г. Дрючко, Д.О. Стороженко, Н.В. Бунякіна та ін. // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – 2016. – № 22 (1194). – С. 63–71.

4. *Storozhenko D.O., Dryuchko O.G., Bunyakina N.V., Ivanitckaia I.O. Phase Formation in REE-Containing Water-Salt Systems at the Preparatory Stages of the Multicomponent Oxide Functional Materials Formation. Innovations in Corrosion and Materials Science. 2015, vol. 5, no. 2, pp. 80–84.*