



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103813** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**B01J 37/00**  
**C10L 3/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2015 07605</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кириєнко Павло Іванович (UA), Трипольський Андрій Іккієвич (UA), Соловйов Сергій Олександрович (UA), Стрижак Петро Євгенович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>29.07.2015</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.12.2015</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.12.2015, Бюл.№ 24</b>	(73) Власник(и): <b>ІНСТИТУТ ФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ ІМ. Л.В. ПИСАРЖЕВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, пр. Науки, 31, м. Київ, 03028 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛА НА ОСНОВІ БЕЗПОЛУМ'ЯНОГО СПАЛЮВАННЯ ГАЗОПОДІБНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПАЛИВА

### (57) Реферат:

Спосіб одержання каталізатора автономного генератора тепла безполум'яного, що включає стадію формування на базовому носії шару вторинного носія, що передбачає просочення базового носія розчином азотнокислих солей алюмінію, його просушування та прожарювання, а також включає стадію формування на вторинному носії каталітичного шару, що включає просочення носія розчином сполуки платини, його просушування та прожарювання. При цьому до розчину азотнокислих солей алюмінію, таких як нітрат, оксинітрат та амонійнітрат, включають нітрат амонію та принаймні одну сполуку рідкісноземельних елементів, таких як La, Ce, Sm або Pr.

UA 103813 U



Запропонована корисна модель належить до технологій виготовлення каталізаторів для портативних каталітичних генераторів тепла на основі безполум'яного спалювання газоподібного вуглеводневого палива (зокрема метану або пропан-бутанової суміші) для додаткового або основного автономного опалення побутових, господарських або військових об'єктів: будинків, складських приміщень, при використанні в польових умовах геологічних, будівельних та сільськогосподарських робіт, а також за спеціальним призначенням, включаючи закриті приміщення. Особливою умовою роботи генератора є практична відсутність утворення токсичних викидів оксидів азоту, CO та токсичних органічних продуктів неповного згоряння, а також випромінювання у видимому діапазоні.

Найбільш розповсюдженими каталізаторами безполум'яного спалювання вуглеводневого палива є композиції на основі металів платинової групи (МПГ), оксидів 3d-металів або їх комбінації, нанесених на інертний носій, який визначає макроструктуру каталізатора.

Загальним недоліком каталізаторів, які не містять в своєму складі МПГ (зокрема описаних в US4368029, WO1995031675, RU2086298, CN1955150, WO2008145181, CN101678337, CN101678335, EP2148741, EP2150343, US8889911, RU2372556, CN101947457, WO2014073995, WO2014025274, UA77552, CN103897757) є висока температура початку роботи каталізаторів, необхідність використання додаткового каталізатора (на основі МПГ) для процесу "запалювання" каталізатора та неповне згоряння вуглеводневого палива. Вказані недоліки створюють ряд наступних недоліків (зокрема наявність в продуктах згоряння токсичних речовин), що не дозволяють використовувати вказані каталізатори для портативних каталітичних генераторів тепла на основі безполум'яного спалювання вуглеводневого палива в закритих приміщеннях.

З опису до патентів US5378142A, DE69223954D1, DE69223954T2, US5750458, US5863851 та WO1992018243A1 відомі каталізатори для спалювання метану або вуглеводневих паливних сумішей до складу яких входить паладій і один або більше оксидів рідкісноземельних елементів із списку Ce, La, Nd, Pr і/або Sm. Суміш оксидів паладію та рідкісноземельних елементів змішували з оксидом алюмінію (попередньо термостабілізованого шляхом прожарювання за температур вище 900 °C) і отриману композицію наносили на керамічні блоки із кордієриту. Висока активність такого каталізатора досягається за наявності в його складі паладію на рівні 1 % і більше. Недоліками даного каталізатора є високий вміст паладію та необхідність використання додаткових зв'язуючих компонентів для нанесення активної композиції на носій.

Відомий каталізатор для конверсії парафінів, який містить метали VIII (залізо, кобальт, нікель, рутеній, родій, паладій, осмій, іридій і платину) на носії. Перевага надається платині і паладію. Найкращим варіантом є зразок який містить 0,25-0,5 % металу. Матеріал носія може мати сферичну форму або форму гранул іншої форми. Підкладка може характеризуватись практично неприпливною багатоканальною керамічною структурою, такою яка характерна для спіненого матеріалу або матеріалу моноліту з однорідною системою каналів (RU2151164).

З опису до патентів WO2004087311A1, US20040192546A1, CA2520364A1 та EPI 615718A1 відомі каталізатори низькотемпературного спалювання метану, які складаються з оксиду алюмінію, оксиду олова (від 10 до 50 %) і МПГ із групи платина, паладій, родій або їх комбінація (0,1-5,0 % мас). Оксид алюмінію додатково може бути модифікований сполуками елементів із ряду La, Ce, Y, Si, Zr, Ti для надання йому вищої термічної стабільності. Каталізатор готується шляхом змішування в млині оксидів алюмінію і олова з подальшим просоченням його МПГ. Отриману композицію наносять на монолітну основу. На зразку який містить суміш Pd и Pt (2:1) 100 г на фут<sup>3</sup> (близько 5 % мас).

В WO2013074147A1, CN103945920A, EP2780102A1 та US20140322119 описані каталізатори для процесу спалювання нижчих алканів у збіднених сумішах викидних газів на основі паладію або комбінації паладію та платини нанесених на діоксид цирконію стабілізований оксидами рідкісноземельних елементів. Вміст металів платинової групи 100-200 г на 1 фут<sup>3</sup>. Такий каталізатор забезпечує вищу активність порівняно зі зразком на основі оксиду алюмінію.

Каталізатор	Конверсія вуглеводнів		
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
PtPd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PtPd/ZrO <sub>2</sub> (80 %)- La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (4 %)- Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (8 %)-Y <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (8 %)	28 % 64 %	63 % 90 %	78 % 94 %

Умови експерименту HC<sub>1</sub>= 1120 м.ч., CO=800 м.ч., O<sub>2</sub>=11 %, H<sub>2</sub>O=10 %, CO<sub>2</sub>=10 %, N<sub>2</sub> - баланс, 100000 г<sup>-1</sup>, температура процесу 450 °C.

Недоліком каталізатора є високий вміст МПГ та значної кількості дорогих рідкісноземельних елементів та відсутність повного згоряння вуглеводнів за температури 450 °C.

У роботі Ismagilov, Z.R. et al. *Catalysis Today*. - 2010. - V.155. - P. 35-44. описана технологія спалювання метану в невеликих газотурбінних каталітичних камерах згоряння на альтернативних гранульованих каталізаторах з низьким вмістом благородних металів. Вона включає пакет із трьох каталізаторів з різним хімічним складом, формою і розміром гранул загальною висотою 340 мм на 40 мм. Перший шар - Pd-Ce-AlO<sub>3</sub> на вході в камеру згоряння у вигляді 7,5 мм × 7,5 мм × 2,5 мм кілець; 240 мм основного каталізатора на основі Mn-гексаалюмінат з гранул тієї ж форми і розміру; і 60 мм Pd-Mn-La- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> каталізатора у вигляді сферичних гранул розміром 4-5 мм на виході з камери згоряння. Таке оптимальне проектування дає горіння метану на рівні 99,97 % за температур 470-580 °C і надлишкового коефіцієнту кисню 5,2-7,0. Викиди NO<sub>x</sub><1 м.ч., CO<10 м.ч., HC<10 м.ч. Основним недоліком вказаної технології є використання каталізаторів у вигляді гранул, які можуть піддаватись стиранню в процесі роботи, що призведе до попадання в атмосферу токсичних часточок оксиду мангану та інших компонентів.

З описів WO2013150271 A1, US2015064631A1, CN104271243A та DE112013001920T5 відомий каталізатор високотемпературного згоряння вуглеводнів який складається з 1-10 мас. % в сумі одного або більше благородних металів нанесених на носій із вогнетривкого оксиду металу і 1-20 мас. % від загальної кількості одного або декількох металів, вибраних з рідкоземельних елементів або груп IA, IIA, IIIA періодичної таблиці елементів, як стабілізуючого компоненту, при цьому частина дорогоцінного металу присутня у вигляді змішаного оксиду металу з одним або більше стабілізуючими металами. Недоліком такого каталізатора є недостатня активність. Так на кращому каталізаторі 5,25 %Pd-1,75 %Pt-5 %Ca/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> конверсія метану при 850 °C складає 55 %.

Спільною ознакою частини описаних вище способів приготування блокового каталізатора на основі Pt є використання платини як активного компонента та блоків стільникової структури для нанесення активних компонентів. Основною відмінністю запропонованої моделі від раніше представлених в літературі є використання оригінальної методики формування шару вторинного носія, яка забезпечує надійне зчеплення з поверхнею блокового носія наночастинок платини та їх стабілізацію.

Найбільш близькими до запропонованого каталізатора за способом формовання шару вторинного носія є зразки, описані в патенті UA77552. Блоковий каталізатор для спалювання метану, на основі оксидів мангану та кобальту нанесених на блоки із кордієриту або каолін-аеросилу попередньо вкриті шаром вторинного носія. Як вторинний носій використовували оксид алюмінію або цирконію. Шар оксиду алюмінію формували використовуючи розчин солі Al(OH)<sub>3</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>m</sub>·nH<sub>2</sub>O (1=1-2, m=1-2, n=0-2). Додатково для стабілізації вторинного носія додавали 1,5-3,0 % солей із списку металів La, Ba, Sr.

В основу корисної моделі було поставлено задачу забезпечення повного спалювання нижчих алканів (зокрема побутового газу - пропан-бутанової суміші) за рахунок підбору складу каталітичної композиції, на якій би досягалось практично повне спалювання вуглеводневого палива.

Поставлена задача вирішується шляхом розробки способу формування каталітично-активного шару на поверхні матриці-носія, в ролі якої можуть виступати блоки із вогнетривкої кераміки (зокрема кордієриту, карбіду кремнію, корунду тощо) з системою поздовжніх каналів. Каталітична композиція являє собою оксид алюмінію модифікований рідкісноземельними елементами (одним або сумішшю з La, Ce, Sm, Pr), приготовлений за спеціальною технологією та наночастинок платини (активна складова) розміщені на поверхні та в порах вторинного носія.

Відповідно об'єктом корисної моделі є спосіб одержання каталізатора автономного безполум'яного генератора тепла, що включає стадію формування на базовому носії шару вторинного носія, що передбачає просочення базового носія розчином азотнокислих солей алюмінію, його просушування та прожарювання, а також включає стадію формування на вторинному носії каталітичного шару, що включає просочення носія розчином сполуки платини, його просушування та прожарювання, в якому до розчину азотнокислих солей алюмінію, таких як нітрат та оксинітрат, включають нітрат амонію (або аміак) та принаймні одну сполуку рідкісноземельних елементів, таких як La, Ce, Sm або Pr, а в якості сполуки платини використовують її розчині солі, зокрема гексахлорплатинову кислоту.

Відмінність відомого способу та запропонованого полягає у додатковому включенні в робочий розчин нітрату амонію та сполук рідкісноземельних елементів (із списку La, Ce, Sm, Pr) у кількості 3-10 мас. % від маси вторинного носія. Вказані відмінності дозволяють підвищити адгезію матеріалу до поверхні блокового носія та підвищити питому поверхню вторинного носія.

Однак, за відсутності у складі вказаних каталізатора каталітично високоактивних компонентів (таких як метали платинової групи), які можуть забезпечити зниження температури запалювання та повного окиснення вуглеводню, не вдається досягти високої активності каталізатора - на найкращому зразку повне окиснення метану (1 % CH<sub>4</sub> в повітрі) досягається лише при 650 °C.

Опис креслень:

Фіг. 1. Загальний вигляд каталітичного блока (базовий носій).

Фіг. 2. Загальний вигляд лабораторного стенду для дослідження каталізатора.

Каталізатор для безполуменового спалювання вуглеводнів представляє собою блок з системою повздовжніх отворів (каркас каталізатора) із високотемпературної кераміки (зокрема синтетичного кордієриту, як матеріалу який задовільне всім вимогам до експлуатації вказаних елементів) додатково вкритий шаром оксиду алюмінію, модифікованого рідкоземельними елементами, в порах якого знаходяться наночастинки платини (Фіг. 1). Особливістю, яка відрізняє даний спосіб від інших, є формування шару мезопористого оксиду алюмінію методом золь-гель технології, на поверхні первинного носія з використанням розчинів суміші нітрату, оксинітрату та амонійнітрату взятих у певному співвідношенні. Додавання сполук рідкісноземельних елементів (La, Ce, Sm, Pr, окремо або їх комбінації) до складу зазначеного розчину солей алюмінію сприяє отриманню покриттів з вищою термічною стійкістю. Крім цього, присутність сполук рідкісноземельних елементів сприяє стабілізації наночастинок платини в матриці вторинного носія, зокрема за рахунок підтримання їх поверхні в частково окисненому стані (Pt<sub>n</sub><sup>δ+</sup>).

Спосіб одержання робочого елементу автономного безполум'яного генератора тепла включає наступні стадії: 1) формування шару вторинного носія; 2) нанесення платини.

Основним компонентом в складі композицій, які використовуються для формування шару вторинного носія у вигляді пористого оксиду алюмінію, азотнокислі солі алюмінію різного складу (суміш нітрату, оксинітрату та амонійнітрату), здатні утворювати колоїдні розчини з хорошою адгезією до поверхні керамічного блока та додатково нітрату амонію, який сприяє підтриманню необхідного рН розчину і суттєво впливає на величину питомої поверхні отриманого оксиду алюмінію (Табл. 1).

Таблиця 1

Вплив способу приготування і термічної обробки на величину питомої поверхні вторинного носія

Вихідні речовини	Концентрація нітрату амонію, моль/л	Питома поверхня (м <sup>2</sup> /г), після термообробки при:	
		550 °C	850 °C
Al(OH) <sub>3</sub> ·NO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	0	24	19
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	0	55	40
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, Al(OH) <sub>3</sub> ·NO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	0	103	88
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, Al(OH) <sub>3</sub> ·NO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,6	121	96
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, Al(OH) <sub>3</sub> ·NO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	1,3	153	126
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O, Al(OH) <sub>3</sub> ·NO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	2,4	179	128

Додатково до вказаної суміші солей додається сіль (або суміш солей) рідкісноземельних елементів (із списку La, Ce, Sm, Pr). Вміст останніх в готовому каталізаторі становить 3,0-10 мас. % в перерахунку на оксид. Після просочення блока необхідно провести процедуру просушування та прожарюванням (за температури не нижче 500 °C і не вище 850 °C), що забезпечує розклад солей і формування твердофазного оксиду алюмінію. Просочення може бути однократним або багатократним, залежно від того, яку кількість вторинного носія доцільно нанести в тому чи іншому випадку. Стадії сушки та прожарювання потрібно повторювати після кожної стадії просочення блока. Його вміст визначається залежно від густини матеріалу первинного носія та його доступної поверхні для нанесення. Вміст вторинного носія може становити від 1 до 50 % мас. каталізатора.

Загальну формулу сполук алюмінію можна представити у вигляді  $\text{Al}(\text{OH})_i(\text{NO}_3)_m \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , де  $i=1-3$ ;  $m=1-2$ ;  $n=0-2$ , як індивідуально, так і в водних сумішах з різним вмістом  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (від 0,5 до 3,0 моль/л), що дозволяло регулювати pH розчину.

Як видно з даних приведених в таблицях, термічна обробка вторинного носія за температури вище 850 °C призводить до суттєвого зниження питомої поверхні і тому недоцільна.

Після формування шару вторинного носія проводиться стадія просочення блока розчинною сіллю платини (як приклад, розчином гексахлорплатинової кислоти) з наступними просушуванням та прожарюванням з отриманням в готовому каталізаторі 0,05-0,5 мас. % Pt. Рациональний вміст плати залежить від умов використання (типу вуглеводневого палива та передбачуваної потужності) та може бути визначений експериментально.

Ефективність використання наступної методики може бути продемонстрована наступними прикладами.

Приклад 1. Для приготування каталізатора використовували блок із синтетичного кордієриту розмірами 120 мм × 80 мм × 10 мм з каналами діаметром 1 мм. Перед нанесенням блок промивали дистильованою водою і просушували. Після просушування наносили розчин азотнокислих солей алюмінію, шляхом поглинання розчину за рахунок вологоємності блока, просушували при температурі 120 °C протягом 4 год. та прожарювали при температурі 550 °C протягом 4 год. Процедура нанесення включає приготування розчину азотнокислих солей алюмінію, витримання блока в розчині та здування стисненим повітрям залишків розчину в каналах блока. Для формування шару дрібнодисперсного оксиду алюмінію використовували розчин, що містить, в перерахунку на  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,14 г/см<sup>3</sup>. Частка нанесеного оксиду алюмінію становила 4,8 %. Наступною операцією є просочення блока, вкритого вторинним носієм, розчином гексахлорплатинової кислоти концентрацією 0,025 г/см<sup>3</sup> в перерахунку на металічну платину. З наступними операціями сушіння (120 °C, 4 год.) та прожарювання (550 °C, 4 год.). Вміст Pt у зразку становив 0,5 % в перерахунку на металічну платину.

Приклад 2. Каталізатор готують аналогічно до Прикладу 1, з однією відмінністю

- блок, на якому нанесено оксид алюмінію просочують розчином гексахлорплатинової кислоти концентрацією 0,005 г/см<sup>3</sup> в перерахунку на металічну платину. З наступними операціями сушіння (120 °C, 4 год.) та прожарювання (550 °C, 4 год.). Вміст Pt у зразку становив 0,1 % в перерахунку на металічну платину.

Приклад 3. Каталізатор готують аналогічно до Прикладу 2, з однією відмінністю

- в розчин азотнокислих солей алюмінію додатково додають солі рідкісноземельних елементів (La, Sm), в кількості 3 % мас. в перерахунку на оксиди.

Приклад 4. Каталізатор готують аналогічно до Прикладу 2, з однією відмінністю

- в розчин азотнокислих солей алюмінію додатково додають солі рідкісноземельних елементів (Ce, La, Sm), в кількості 5 % мас. в перерахунку на оксиди.

Приклад 5. Каталізатор готують аналогічно до Прикладу 2, з однією відмінністю - в розчин азотнокислих солей алюмінію додатково додають солі рідкісноземельних елементів (Ce, La, Sm, Pr), в кількості 10 % мас. в перерахунку на оксиди.

Приклад 6. відрізняється від Прикладу 1 тим, що перед нанесенням платини не була проведена процедура нанесення вторинного носія.

Дослідження зразків проводили з використанням лабораторного стенду (автономного безполум'яного генератора тепла на основі процесу каталітичного окиснення побутового газу - пропан-бутанової суміші). Загальний вигляд каталітичного блока та лабораторного стенду представлені на Фіг. 1 і 2 відповідно. Подача побутового газу становила 1,5 л/хв. (с.у.).

Дослідження проводили за наступною процедурою:

1) Встановлення робочий елементу (каталізатора) в лабораторний стенд, де 1 - корпус, 2 - каталізатор, 3 - форсунка для подачі паливної суміші (пропан-бутан/повітря).

2) Подача робочої суміші (пропан-бутан/повітря) на каталізатор та запалювання. Вихід в режим безполум'яного горіння спостерігається через 1 хв. (зникає полум'я і спостерігається почервоніння каталізатора).

3) Встановлення хімічного складу газової суміші після каталізатора газу. Відбір проби газу після пальника проводили через 10 хв. та 5 год. роботи. Контролювали вміст  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  та продуктів неповного згоряння вуглеводневого палива. Аналіз компонентів проводили методом газової хроматографії.

4) Замір температури поверхні горіння з використанням пірометра. Результати досліджень представлені в Таблиці 2.

Таблиця 2

## Результати дослідження каталізаторів

Каталізатор приготований за прикладом	Вміст продуктів неповного згоряння в газовій суміші після каталізатора, % (через 10 хв. / 5 год. роботи)	
	СО	Вуглеводні (в перерахунку на $C_3H_8$ ), %
1 (0,5 %Pi/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /кордієрит)	не виявлено/не виявлено	0,005 %/0,0045 %
2 (0,1 %Pi/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /кордієрит)	0,002 %/0,0007 %	0,007 %/0,008 %
3 (0,1 <sup>0</sup> oPi/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +3 %ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,0018 %/не виявлено
4 (0,1 %Pi/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +5 %ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,0015 %/не виявлено
5 (0,1 %Pi/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +10 %ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,009 %/не виявлено
4 (0,1 %Pt/кордієрит)	0,02 %/0,02 %	0,01 %/0,01 %
Блок без каталітичного покриття (горіння з полум'ям)	0,023 %/0,028 %	0,021 %/0,025 %

де ОРЗЕ - сполук рідкісноземельних елементів у перерахунку на оксиди рідкісноземельних елементів.

Аналіз результатів випробування розроблених каталізаторів наведених в Таблиці 2 свідчить про наступне:

1. Запропонований підхід дозволяє одержати робочий елементу (каталізатор) для автономного безполум'яного генератора тепла, який забезпечує безполумєнєве горіння вуглеводневого палива.
2. Запропонований каталізатор забезпечує повне згоряння пропан-бутанової суміші (побутового газу) за температури до 500 °С за відсутності в топкового газі СО (концентрація СО нижча ніж дозволено для побутових приладів (до 200 м.ч.) або взагалі СО відсутній).

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб одержання каталізатора автономного генератора тепла безполум'яного, що включає стадію формування на базовому носії шару вторинного носія, що передбачає просочення базового носія розчином азотнокислих солей алюмінію, його просушування та прожарювання, а також включає стадію формування на вторинному носії каталітичного шару, що включає просочення носія розчином сполуки платини, його просушування та прожарювання, який **відрізняється** тим, що до розчину азотнокислих солей алюмінію, таких як нітрат, оксинітрат та амонійнітрат, включають нітрат амонію та принаймні одну сполуку рідкісноземельних елементів, таких як La, Ce, Sm або Pr.

2. Спосіб одержання каталізатора автономного безполум'яного генератора тепла за пунктом 1, який **відрізняється** тим, що як базовий носій використовують блоки із високотемпературної кераміки, такої як кордієриту, карбід кремнію або корунд, з системою поздовжніх каналів.

3. Спосіб одержання каталізатора автономного безполум'яного генератора тепла за пунктом 1, який **відрізняється** тим, що вміст рідкісноземельних елементів в каталізаторі, таких як La, Ce, Sm або Pr, становить від 3 до 10 мас. %, а вміст платини від 0,05 до 0,5 мас. %.

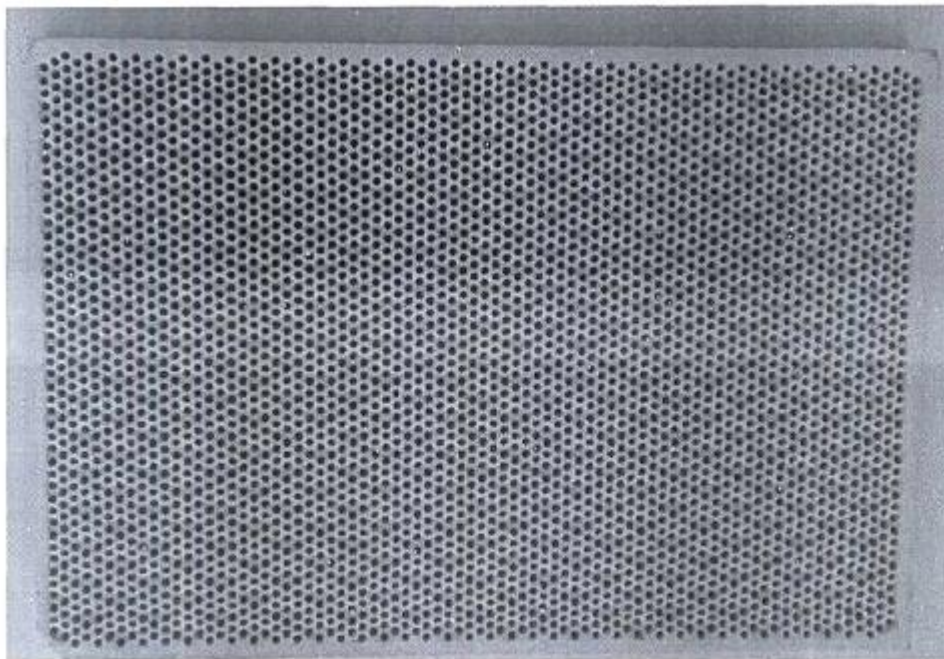


Fig. 1

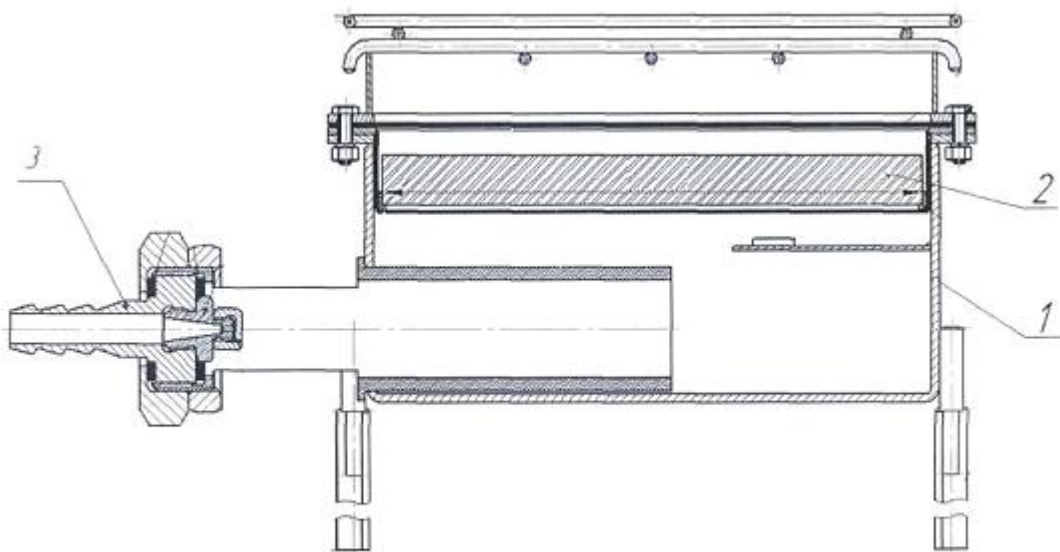


Fig. 2

---

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601