



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **89291** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
F23D 11/00
B01F 3/00
B01F 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 14346	(72) Винахідник(и): Кравченко Олег Вікторович (UA), Суворова Ірина Георгіївна (UA), Баранов Ігор Андрійович (UA), Тарасенко Галина Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 09.12.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.04.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2014, Бюл.№ 7	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ ІМ. А.М.ПІДГОРНОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Дм. Пожарського, 2/10, м. Харків, 61046 (UA)

(54) ФОРСУНКА-AKТИВАТОР

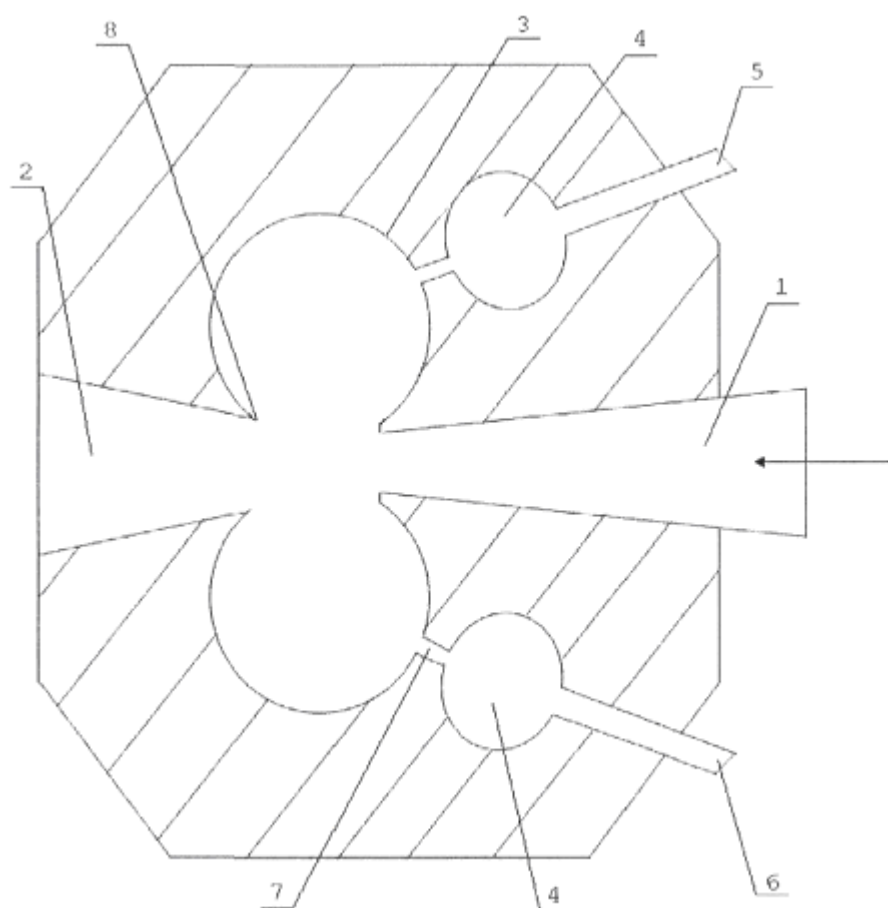
(57) Реферат:

Форсунка-активатор містить корпус із виконаними в ньому конфузормим і дифузормим каналами сопла Лавалля, установленою між ними тороїдальною камерою з гострою кромкою у дифузормий канал та кільцеву камеру, з розміщеними за рівномірним кроком m каналами, сполученими з тороїдальною камерою. В корпусі з боку конфузормого каналу кільцева камера оснащена з однієї сторони каналами подачі багатокomпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів і активатора, а з іншої - розміщені за кільцевою камерою m канали, установлені у кількості визначеній із співвідношення:

$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s},$$

де $W_{\text{зад}}$ - задана витрата паливно-активованої суміші, ρ - середня густина суміші палива та активатора, V - середня швидкість суміші палива та активатора через канал, s - площа перерізу каналу, що сполучений з тороїдальною камерою.

UA 89291 U



Корисна модель належить до паливної та нетрадиційної енергетики, машинобудування, порошкової металургії, нафтогазовидобувної, хімічної, фармацевтичної, сільгоспереробної промисловості та може бути використана у пристроях передполум'яної обробки

5 Відомо форсунка (пат. РФ № 2083247, А62С 31/02, 1997), що містить корпус із виконаними в ньому конфузормим і дифузормим каналами сопла Лавалю, установленою між ними тороїдальною і сполученою з нею кільцевою камерами.

Відомий пристрій неефективний при обробці багатоконпонентних палив на основі виробничих відходів, оскільки конструктивне виконання не передбачає активування

10 низькокалорійних паливних сумішей. Крім цього обробка паливних сумішей пов'язана з нерівномірним розподілом швидкості струменя у перерізі факела та реакцією віддачі витікаючого струменя, який обумовлює виникнення різниці швидкостей потоку за рахунок незбалансованості співвідношень діаметрів прохідних перерізів на вході і виході камери змішування.

15 Найближчим аналогом за технічною суттю є форсунка (Пат. України № 82138, В01F 3/08, В01F 5/02, 2008), що містить корпус із виконаними в ньому конфузормим і дифузормим каналами сопла Лавалю, установленою між ними тороїдальною камерою з оптимальним критичним перерізом у конфузормий і гострою кромкою у дифузормий канали та сполучену з тороїдальною кільцевою камерою.

20 Кільцева камера відомого пристрою сполучена каналом постійного перерізу, утвореним двома коаксіально встановленими поверхнями усічених конусів меншою і більшою основами, сполученими відповідно з конфузормим каналом і тороїдальною камерою, у середньому перерізі якої перпендикулярно поверхням усічених конусів за периметром встановлені спіральні шпильки, при цьому критичний діаметр дифузормого каналу більше критичного діаметра конфузормого.

25 У відомому пристрої процес сумішоутворення проводиться одностадійно в тороїдальній камері, що не виключає виникнення позаштатних ситуацій у випадку контакту у загальній камері змішування одночасно активатора та окиснювача з компонентами паливної суміші. При цьому низька активація паливної суміші або повна її відсутність обумовлює низьку надійність

30 запалення, неефективне спалювання з нестійким горінням і неповним згоранням залишків, особливо при функціонуванні форсунки на низькокалорійних багатоконпонентних паливних сумішах на основі здрібнених рідких відходів.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення форсунки-активатора, у якій, завдяки особливостям конструктивного виконання та місцю розташування елементів, створено

35 умови для двостадійної обробки низькокалорійних багатоконпонентних паливних сумішей на основі здрібнених рідких відходів, що забезпечують деструкцію і гомогенізацію паливних сумішей з високим ступенем активації у турбулентному потоці, за рахунок чого досягнуто підвищення загальної калорійності (поліпшення експлуатаційних характеристик) палива та функціональної надійності спалювання широкого спектру складів низькокалорійних

40 багатоконпонентних наливних сумішей на основі здрібнених рідких відходів з повним вигоранням вугільних (зольних) залишків.

Поставлена задача вирішується тим, що у форсунці-активаторі, що містить корпус із виконаними в ньому конфузормим і дифузормим каналами сопла Лавалю, установленою між ними тороїдальною камерою з оптимальним критичним перерізом у конфузормий і гострою

45 кромкою у дифузормий канали та, сполучену з тороїдальною, кільцевою камерою, згідно з корисною моделлю, в корпусі з боку конфузормого каналу кільцева камера оснащена з однієї сторони каналами подачі багатоконпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів і активатора, а з іншої - розміщеними за кільцевою камерою з рівномірним кроком ^m каналами, сполученими з тороїдальною камерою, кількість яких визначено співвідношенням:

50
$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s},$$

де $W_{\text{зад}}$ - задана витрата паливно-активованої суміші, ρ - середня густина суміші палива та активатора, V - середня швидкість суміші палива та активатора через канал, s - площа перерізу каналу, що сполучені з тороїдальною камерою.

30 3 боку конфузормого каналу кільцеву камеру з однієї сторони оснащено каналами подачі багатоконпонентного палива та активатора, що дозволяє, використовуючи кільцеву камеру для змішування компонентів низькокалорійної багатоконпонентної паливної суміші на основі здрібнених рідких відходів з активатором горіння без застережень прямого контактування активатора з окислювачем, підвищити теплофізичні властивості низькокалорійних складів

багатокомпонентних палив для надійного спалювання з повним вигоранням вугільних (зольних) залишків без наднормативних енерговитрат на попередню обробку паливних сумішей до введення у форсунку.

З іншої сторони за кільцевою камерою розміщені з рівномірним кроком m -каналів, сполучених з тороїдальною камерою, що дозволяє на другій стадії обробки здійснювати подальшу глибоку переробку з якісним диспергуванням компонентів і високоефективною гомогенізацією складу при безпосередньому введенні окиснювача для підвищення теплотворної здатності та надійного спалювання низькокалорійних багатокомпонентних паливних сумішей на основі здрібнених рідких відходів з повним вигоранням вугільного (хімічного і механічного) залишку.

Кількість m -каналів між кільцевою та тороїдальною камерами визначено співвідношенням:

$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s},$$

де $W_{\text{зад}}$ - задана витрата паливно-активованої суміші, ρ - середня густина суміші палива та активатора, V - середня швидкість суміші палива та активатора через канал, s - площа перерізу каналу, що сполучений з тороїдальною камерою, для ефективного диспергування та гомогенізації з забезпеченням заданої витрати палива та активатора низькокалорійної наливної суміші оброблюваного компонентного складу з активатором через m каналів з урахуванням дисперсних і реологічних властивостей суміші для ежекції

На кресленні подано поздовжній переріз запропонованого пристрою.

Форсунка-активатор містить співвісно встановлені в корпусі конфузорний 1 і дифузорний 2 канали сопла Лавалля, між якими розміщено тороїдальну змішувальну камеру 3. У корпусі з боку конфузорного каналу 1 встановлено кільцеву камеру 4. Протилежні боки кільцевої камери 4 оснащено, з однієї сторони, каналом 5 подачі низькокалорійного багатокомпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів та каналом 6 подачі активатора, а з іншої - розміщеними за кільцевою камерою з рівномірним кроком m -каналами 7, сполученими з тороїдальною камерою 3.

Для реалізації пристрою важливе: з одного боку, щоб діаметр кожного з m каналів кільцевої камери, ежекційних за призначенням, через які подається частково диспергована на першій стадії суміш багатокомпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів та активатора до тороїдальної камери, був виконаний якнайменшого розміру, тоді як зменшення діаметрів каналів обмежене дисперсними та реологічними властивостями оброблюваної суміші та тисків подачі, які обумовлюють швидкість проходження суміші палива та активатора через канал.

Тому для ефективного функціонування із збалансованим проходженням потоку використовуваної паливної суміші конструктивне виконання форсунки вимагає наявності визначеної кількості m каналів, установлених між кільцевою та тороїдальною камерами.

Якщо масову витрату суміші палива та активатора через один канал визначити як

$$W_k = \rho V s,$$

де ρ - середня густина суміші палива та активатора, V - середня швидкість проходження суміші палива та активатора через канал, s - площа перерізу каналу.

Для забезпечення заданої витрати паливно-активованої суміші - $W_{\text{зад}}$, кількість каналів кільцевої камери у залежності від властивостей різновиду оброблюваної суміші багатокомпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів та активатора може бути визначено співвідношенням

$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{W_k} = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s}.$$

Тобто для ефективної ежекції частково диспергованої та гомогенізованої низькокалорійної паливної суміші заданого компонентного складу здрібнених рідких відходів та активатора, з урахуванням дисперсних і реологічних властивостей оброблюваної суміші та тисків подачі кількість m каналів між кільцевою та тороїдальною камерами визначиться співвідношенням:

$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s}.$$

Критичний діаметр d_2 дифузорного каналу 2 більше критичного діаметра d_1 конфузорного каналу 1, що дозволяє виключити утворення зворотних течій, які зазвичай призводять до запирання камери 3 при проходженні потоку оброблюваного матеріалу з камери дифузорного каналу 2. На виході з тороїдальної камери 3 у дифузорному каналі 2 виконано гостру кромку 8. При цьому за оптимальний критичний переріз взято розрахункове значення мінімального

перерізу конфузорного каналу для проходження при заданому тиску подачі достатньої кількості повітря, яка забезпечує необхідну якість розпилю на виході з форсунки (дифузора).

Пристрій працює за принципом відцентрової форсунки з характерними дисперсійно-кавітаційними властивостями. Низькокалорійна багатоконпонентна паливна суміш на основі здрібнених рідких відходів із твердими включеннями під тиском 0,03-0,1 МПа подається на у вхід каналу 5 кільцевої камери 4. Одночасно через канал 6 під тиском 0,01-0,25 МПа кільцеву камеру 4 подають активуючі гідрогенізацію, гомогенізацію та горіння домішки (газоподібний горючий активатор). Потрапляючи в гідровихрову кільцеву камеру 4, низькокалорійна багатоконпонентна паливна суміш із твердими включеннями та активатор перемішуються з утворенням газорідної паливної суміші. У процесі перемішування в кільцевій камері 4 через рівномірно виконані канали 7 у кількості m під дією високого розрядження створюваного полем тороїдальної камери 3 внаслідок подачі через конфузорний канал 1 під тиском 0,1-0,6 МПа у прямотечійного повітря, гетерогенна паливна суміш затягується в тороїдальну камеру 3.

Прискорюючись у звужувальному конфузорному каналі 1, повітряний потік, що надходить під тиском з максимальною швидкістю, впливає на оброблювану в тороїдальній камері 3 суміш. При цьому за рахунок неспіввісної зустрічної взаємодії основного потоку з додатковими утворюється високо турбулізований сумарний струмінь, що під дією двох різнонаправлених тороїдальних потоків призводить до виникнення інтенсивних вихрових полів.

Мікротовихрові утворення викликають пульсації з високим вивільненням енергії ударної взаємодії часток оброблюваного потоку. У результаті перемішувальний та перетиральний вплив часток у потоці зростає з утворенням вихрового поля із близьким до вакууму зниженим тиском.

Умовою організації швидкісного потоку з безперешкодним проходженням елементів конструкції є також виконання критичного діаметра d_2 дифузорного каналу більшим, ніж критичний діаметр d_1 конфузорного, що дозволяє запобігти виникненню різниці швидкостей потоку за рахунок незбалансованості співвідношень діаметрів прохідних перерізів на вході і виході камери змішування.

Об'єднані в загальний потік турбулізовані мікрооб'єми, у вигляді круглого вісесиметричного струменя направляються у дифузорний канал, що розширюється, розділяючись при зіткненні з вістрям кромки 8 з утворенням додаткових вихрів. У результаті на виході з дифузора 2 формується високошвидкісний стійкий рівномірний за перерізом гомогенний струмінь із достатнім вмістом активних компонентів і окиснювача.

Форсунка-активатор з високою ефективністю може функціонувати за низького вхідного тиску, що дозволяє проводити обробку з мінімальними енерговитратами.

Для перевірки працездатності, згідно з вимогами технічного та функціонального призначення форсунки-активатора запропонованого конструктивного виконання у складі теплогенеруючої установки тепловою потужністю 30 кВт, проведено випробування на надійність, ефективне спалювання палива та стійкість горіння у діапазоні граничного регулювання теплової потужності з використанням різних складів паливних сумішей.

За результатами випробувань установлено, що при спалюванні підданого обробці низькокалорійного багатоконпонентного палива зриву факела не відбувалося. Втрати тепла від механічної неповноти згорання не перевищували 0,5 % при спалюванні важкого та 0,3 % при спалюванні легкого палив. Втрати тепла від хімічної неповноти згорання на виході з камери згорання в діапазоні робочого регулювання форсунки не перевищували 0,5 %.

Відомо, що найбільш проблемними при спалюванні паливних сумішей є високов'язкі, піноутворювальні, а також палива із включеннями твердої фази, до різновиду яких належать відходи на основі G-фази та гідрофузні стоки (гідрофуз).

G-фаза є масляною, низькокалорійною складноутилізовною сумішшю. Запалення та горіння краплі композитного палива на основі G-фази (G-КП) ускладнено наявністю піноутворення та фізико-хімічним впливом води, що входить до складу G-фази. Висока температура запалення та уповільнений вихід легких перешкоджають розпаленню і погіршують тепловий баланс запалення. Крім цього через складну молекулярну структуру, що включає довгі вуглеводні ланцюжки, спалювання сумішей на основі рослинних жирів супроводжується більш інтенсивним сажеутворенням, ніж при спалюванні продуктів переробки нафти. У той же час високі густина і сила поверхневого натягу краплі негативно впливають на якість розпилювання, що потребує більш високих температур обробки для максимального вигорання коксових (вуглеводневих) часток.

Виходячи з характеристики властивостей масляних низькокалорійних паливних сумішей, ефективність роботи форсунки-активатора запропонованого конструктивного виконання випробовувалася у тому числі і на складах різновидів виробничих стоків, що потребують якісного поліпшення експлуатаційних характеристик для використання як котельного палива.

При цьому для кожної сукупності компонентів кількість каналів m виявляється різною і має бути суворо дотриманою через властивості оброблюваної суміші.

Приклад 1.

- Після попереднього розігріву камери згоряння із установленою в ній форсункою-активатором через штуцери подачі палива в кільцеву камеру під тиском 0,03-0,06 МПа подавалися компоненти використовуваної як основа композитного котельного палива - G-фаза. Одночасно через штуцери кільцевої камери під тиском 0,13-0,25 МПа подавався активатор (пропан, метан, біогаз, пічне паливо), компоненти перемішувалися з утворенням газорідної паливної суміші. Ефективна обробка низькокалорійного багатоконпонентного палива на основі G-фази, як найбільш важко розпилювального через високу в'язкість та піноподібну структуру, має проводитись у форсунці-активаторі запропонованого виконання за діаметрів m каналів не менше ніж 1,5 мм з подачею палива та активатора на невеликих тисках до 0,5 МПа. Так, при подачі G-фази під тиском 0,045 МПа та метану, як активатора під тиском 0,25 МПа витрата палива та активатора через один канал діаметром 1,5 мм становить 0,114 кг/с (0,077 кг/с - G-фази та 0,037 кг/с - метану). Кількість ежекційних m каналів при заданій витраті паливної суміші, яка становить, наприклад (0,61 кг/с (G-фази) + 0,29 кг/с (метану) 0,9 кг/с, складає:

$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{W_k} = \frac{0,9}{0,114} = 7,89.$$

- Тому у випадку з G-фазою для форсунки-активатора має бути виконано 8 каналів, що суттєве для функціонування запропонованого пристрою.
- Гомогенізована суміш через 8 каналів сполучення видавлювалася у тороїдальну порожнину, втягуючись розрядженим потоком, створюваним прямотечійно подаваним під тиском 0,25 МПа потоком повітря, що надходило через редуктор з манометром з конфузороного каналу у тороїдальну камеру форсунки-активатора.
- Підданий обробці у форсунці-активаторі склад G-фази з активуючим газом і окиснювачем піддавався мікроскопічному дослідженню з проведенням визначення кількості і розмірів бульбашок в G-КП із домішками речовин-активаторів за допомогою мікроскопа. Дослідження здійснювали цифровою камерою Canon Power Shot S 2 IS у режимі макрозйомки зі швидкістю 30 кадрів у секунду. Далі за допомогою програмного продукту Windows Movie Maker проводилося посекундне розкадрування.
- Зафіксований склад дисперсної фази з розподілом за розмірами часток відповідав: дрібні бульбашки з розмірами до 0,07 мм - до 38 %; середні 0,1-0,15 мм - до 55 %; великі 0,2-0,25 мм - до 7 %.
- У процесі обробки визначалися (зведені в табл.) параметри: температури горіння палива, витрати пального і окиснювача (повітря), надлишкові тиски в системі подачі палива і повітря, сумарний коефіцієнт надлишку повітря для різних речовин-активаторів, тепловий баланс.

Таблиця

Вид палива	G-фаза + пропан	G-фаза + метан	G-фаза + біогаз
Надлишковий тиск G-фази, МПа	0,06	0,045	0,03
Надлишковий тиск речовини-активатора, МПа	0,15	0,25	0,13
Надлишковий тиск повітря, МПа	0,25	0,25	0,25
Витрата G-фази, кг/с	$0,715 \cdot 10^{-3}$	$0,61 \cdot 10^{-3}$	$0,41 \cdot 10^{-3}$
Витрата речовини-активатора, кг/с	$0,32 \cdot 10^{-3}$	$0,29 \cdot 10^{-3}$	$0,226 \cdot 10^{-3}$
Витрата повітря у камері згоряння, кг/с	$9,9 \cdot 10^{-3}$	$9,7 \cdot 10^{-3}$	$9,8 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт надлишку повітря у камері згоряння	1,12	1,23	1,3
Температура горіння, °C	1040	1096	1090

- Для визначення сухого залишку (золи) проведено виміри температури процесу запалення G-КП масою до 125 мг із безпосереднім зважуванням зразків до початку експерименту та після спалювання. Після першого зважування мікротигель зі зразком розміщували над джерелом вогню з використанням метрологічно атестованої апаратури, з похибкою виміру до ± 10 %.

При змішуванні G-фази і пічного палива процес горіння інтенсифікувався за рахунок більшого вмісту вуглеводнів в G-КП, час згорання палива скорочувався пропорційно додаванням пічного палива, полум'я набувало стійкості при його додаванні у кількості 30 % і більше.

5 Час прогріву і "виходу" важких фракцій суміші G-КП із пічним паливом, що пройшли обробку у форсунці-активаторі, скорочувався пропорційно вмісту пічного палива в G-КП і становив у середньому в 3 рази менш, ніж для мазуту М-40. Кількість неспаленого залишку G-КП із пічним паливом у середньому в 2 рази менш неспаленого залишку мазуту М-40.

10 Установлено, що при спалюванні краплі палива піноутвореної структури підвищено температуру горіння палива на 10-15 %, знижено кількість неспаленого залишку до 0,7 % у порівнянні з неактивованим спалюванням, що свідчить про поліпшення якості процесу горіння.

Приклад 2.

Обробці у форсунці-активаторі піддавався склад гідрофузу, отриманого при гідратації нерафінованого масла із вмістом вологи 18 %.

15 У процесі проведення мікроскопічного аналізу перед початком обробки визначено якісний склад неоднорідної дисперсної суміші зразка гідрофузної фази відходів, що включав тверді частки неправильної форми розміром до 50 мкм, напівпрозорі утворення неправильної форми розміром до декількох міліметрів, краплі з газовими бульбашками сферичної форми розміром до 200 мкм.

20 Дисперсну суміш гідрофузу дослідженого складу піддавали передполум'яній обробці у форсунці-активаторі запропонованого конструктивного виконання з активацією суміші пічним паливом.

Мікроскопічне дослідження дисперсного складу палива після обробки свідчило про підвищення однорідності суміші з розчиненням жирних кислот, зменшенням в'язкості на 23 % і високим ступенем гомогенізації.

25 Таким чином, використання запропонованої форсунки-активатора в процесі обробки дозволяє, частково скоротивши енерговитрати на підготовку паливних сумішей, підвищити калорійність за рахунок поліпшення експлуатаційних характеристик палива та функціональну надійність спалювання широкого спектра складів низькокалорійних багатокомпонентних паливних сумішей на основі здрібнених рідких відходів з будь-яким компонентним складом без хімічних і механічних недопалів (зольного залишку)

30 Передполум'яна обробка в запропонованому пристрої сприяє інтенсифікації тепломасообміну та активації хімічних процесів горіння за рахунок прискореного надходження активатора горіння та окиснювача до мікрооб'ємів диспергованого складу. Це забезпечує максимальне вигорання палива при малому часі перебування в активній зоні горіння і є характеристикою високої ефективності енергосистеми, що включає форсунку-активатор запропонованого виконання.

35 Технологічні можливості конструкції форсунки-активатора свідчать про ефективність для обробки багатокомпонентних палив з будь-яким складом взаємодіючих середовищ: рідина-газ, рідина-порошкоподібний матеріал, газ-порошкоподібний матеріал, рідина-газ-порошкоподібний матеріал, що дозволяє широко застосовувати пристрій для економічної витрати підсвітлювального газу в металургії та на теплових електростанціях, для інтенсифікації процесу спалювання у форсунках різного призначення, для створення аерозолів у пристроях розпилювання та іонізування.

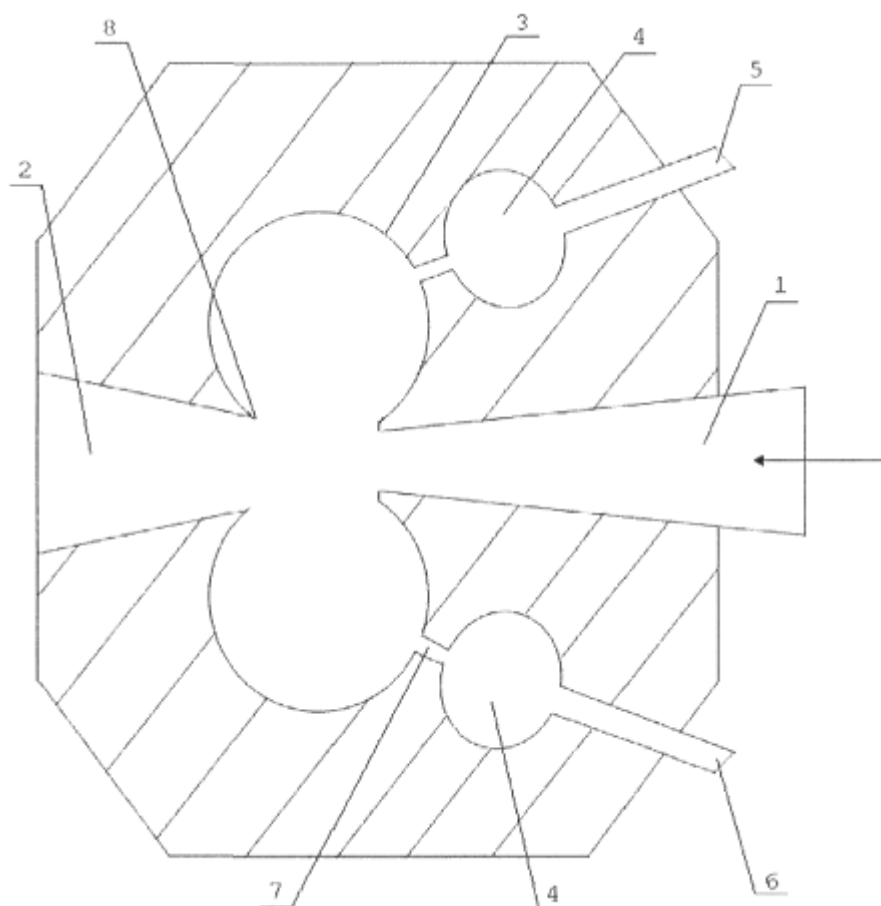
45

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Форсунка-активатор, що містить корпус із виконаними в ньому конфузормим і дифузормим каналами сопла Лавалю, установленою між ними тороїдальною камерою з гострою кромкою у дифузормий канал та кільцеву камеру, з розміщеними за рівномірним кроком m каналами, сполученими з тороїдальною, яка відрізняється тим, що в корпусі з боку конфузормого каналу кільцева камера оснащена з однієї сторони каналами подачі багатокомпонентного палива на основі здрібнених рідких відходів і активатора, а з іншої - розміщені за кільцевою камерою m канали, установлені у кількості визначеній із співвідношення:

55
$$m = \frac{W_{\text{зад}}}{\rho V s},$$

де $W_{\text{зад}}$ - задана витрата паливно-активованої суміші, ρ - середня густина суміші палива та активатора, V - середня швидкість суміші палива та активатора через канал, s - площа перерізу каналу, що сполучений з тороїдальною камерою.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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