



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46870 (13) C2
(51) 6 F23D11/10, F23D11/12, B05B1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ФОРСУНКА

1

2

(21) 99052657

(22) 13 05 1999

(24) 17 06 2002

(46) 17 06 2002, Бюл. № 6, 2002 р

(72) Кучерявий Євген Федорович

(73) Кучерявий Євген Федорович

(56) Струйные аппараты. Изд. 3-е, переработанное М., Энергоатомиздат, 1989, с. 318, рис. 10, 16

(57) 1 Форсунка газорідинна, що містить конфузор, по осевій лінії якого на відстані від камери змішування з суцільною боковою поверхнею встановлене пасивне сопло з центральним отвором для рідини і з симетричним відносно центральної осі торцевим заглибленням, яке розширюється від центрального отвору, а зовнішньою боковою поверхнею пасивного сопла і поверхнею конфузора утворене кільцеве активне газове сопло з найменшим прохідним перерізом у зоні контуру, утвореного перерізом бокової і торцевої поверхонь

пасивного сопла, яка відрізняється тим, що поверхня торцевого заглиблення пасивного сопла від центрального отвору до контуру виконана опуклої або конусної форми, причому так, що дотичною до опуклої торцевої поверхні у будь-якій точці контуру або твірною конуса утворений прямий кут або кут, близький до прямого, з продовженою дотичною до бокової поверхні пасивного сопла в тій же точці контуру

2 Форсунка по п. 1, яка відрізняється тим, що камера змішування з суцільною боковою поверхнею продовжена камерою змішування з боковими кільцевими щілинами, виконаними перпендикулярно центральній осі камери і сполученими з оточуючим середовищем або з системою подачі газу, і послідовно від камери з суцільною боковою поверхнею на кожній кільцевій щілині виконано збільшення діаметра камери змішування

Винахід відноситься до області машинобудування, може бути використаний в теплоенергетичних установках, двигунах, а також як незалежний пристрій для аерозольного розпилювання рідин у різних господарських цілях

Для дрібнодисперсного розпилювання рідин використовують форсунки різних типів: газорідинні, струменеві, ударного типу, відцентрові, акустичні і т.д. Назви типів форсунок, як правило, відображають ті основні фізичні процеси, що використовуються для руйнування рідини на дрібні краплини. Широке розповсюдження отримали газорідинні форсунки, які також діляться на різні типи: відцентрові, акустичні, емульсійні, пористі і т.д.

Відомі газорідинні форсунки з кільцевими соплами, в яких рідина роздроблюється на краплини потоком повітря (1).

По конструктивному виконанню та діючих у них фізичних процесах такі форсунки аналогічні інжекторам, наприклад, струменевому компресору,

який має зовнішнє (периферійне) активне газове сопло навколо кінцевого пасивного сопла (2). Аналогічно, периферійна подача активного газу використовується у більшості розпилювачів фарби, що випускаються промисловістю для виконання малярних робіт (3).

Принциповим недоліком відомих форсунок з кільцевими соплами можна вважати процес роздроблення рідини на краплини, який, у більшості випадків, обумовлений конструктивними особливостями форсунок. У відомих конструкціях форсунок, вийшовши з сопел газ і рідина рухаються в одному напрямку, і можуть перетинатись під деяким малим кутом (4).

У деяких конструкціях, на вже вийшовшу пелену крапель, роблять додаткову рушійну дію, наприклад акустичну (5), яка може проводитись в інших конструкціях форсунок на різних етапах розпилювання і у різних напрямках відносно потоку газорідинної суміші. Проте, багатьма експериментами встановлено, що роздроблення рідини

(13) C2

(11) 46870

(19) UA

починається відразу після зустрічі з високошвидкісним потоком газу. Процес роздроблення чиниться із-за динамічної взаємодії потоків газу та рідини, які рухаються з різними швидкостями. Цей процес роздроблення достатньо досліджений (див., наприклад 6, 7, 8). Встановлено, що відносна швидкість крапель у потоці швидко зменшується і при швидкостях 50-100 м/с вони перестають дробитися на менші. У результаті цього, виникає проблема тонкості і однорідності розпилю. Для вирішення цих проблем необхідне підвищення відносно швидкості якомога за менший проміжок часу, що призводить до різкого збільшення енергетичних втрат. Спроби вийти з цього становища привели до створення великої кількості технічних рішень з використанням найрізноманітніших фізичних процесів та їх поєднань, наприклад, використання вихрового руху.

Однак, на думку автора цього запропонованого технічного рішення, у відомих рішеннях не вдається значно зменшити існуючий негативний ефект, який заключається у скорому збільшенні швидкості крапель рідини у потоці газу в початковий момент їх динамічної взаємодії і як наслідок, припинення дроблення крапель на більш малі. Тут особливо слід відмітити, що в існуючих форсунках процес роздроблення рідини в початковий момент динамічної взаємодії з потоком газу починається з утворення цівки рідини і руйнування їх на великі краплі з одночасним прискоренням крапель газовим потоком, але це перешкоджає подальшому роздробленню. Тому, корисно було б досягти якісного роздроблення рідини в початковий момент процесу розпилювання. Використання у відомих рішеннях других фізичних процесів, як доповнення до початкового процесу роздроблення рідини, дає змогу трохи продовжити роздроблення крапель на менші.

Відома конструкція сопла відцентрової форсунки з розширенням частини отвору на виході (9). Причому, розширення частини сопла представляє собою вгнуту поверхню другого порядку (як частина двопорожнинного гіперболоїда). Така конструкція сопла за рахунок відцентрового тиску і зменшення товщини шару рідини при переміщенні її до вінця сопла дає змогу одержати краплі меншого діаметру на початковому етапі динамічної взаємодії з газом.

Однак, при русі по вгнутій поверхні, рідина набуває крім радіальної ще осьову складову швидкості, що негативно позначається на якості розпилю. Окрім цього, слід відзначити значне ускладнення конструкції форсунки, яке неминує виникати через необхідність забезпечення обертання сопла.

Відомі камери змішування, в яких використовуються турбопізатори (10).

Але контакт крапель газорідинної суміші з поверхнями деталей перешкоджає якісному аерозольному розпилюванню рідини.

Відома форсунка, в якій торцева частина сопла обдувається повітрям і це перешкоджає контакту краплі з поверхнями (11).

Але існуюча форсунка не має камери змішування.

Найбільш близький пристрій до заявляемого винаходу є інжекторний струменевий підігрівач з

камерою змішування (12).

Указаний прототип містить в собі конфузор, камеру змішування з суцільною боковою поверхнею і активне сопло з центральним отвором. Зазначені складові форсунки розташовані на спільній осі. Активне сопло встановлене на відстані від камери змішування, а його зовнішня бокова поверхня і бокова поверхня конфузора утворюють кільцеве пасивне сопло з найменшим прохідним перерізом у зоні контуру, який створений перерізом бокової і торцевої поверхонь активного сопла.

Однак, пристрій не забезпечує якісне аерозольне розпилювання рідини. Деякі технічні властивості і характер їх виявлення можна описати. Наприклад, створення газорідинної суміші, тобто руйнування рідини струменем газу, з самого початку відбувається за рахунок різниці в швидкостях газу і рідини. Процес роздроблення рідини на краплі швидко закінчується, так як зі зменшенням розмірів крапель їх швидкість стрімко зростає до швидкості газу. У результаті цього процесу відбувається неповне аерозольне розпилювання рідини. Також, слід відмітити, що контакт крапель з поверхнями приводить до утворення плівки рідини, яка, стікаючи з поверхонь, відривається в газорідинний потік у вигляді крапель значно більших розмірів, порівняно з краплями основного газорідинного потоку.

В основу винаходу поставлена задача створення форсунки газорідинного типу, в якій шляхом використання для рідини пасивного сопла з розширенням отвору до виходу і поверхні розширення опуклої або конусної форми, забезпечується якісне роздроблення рідини на краплі в початковий момент динамічної взаємодії з потоком газу в зоні активного газового сопла і додатково, шляхом продовження камери змішування з суцільними стінками камерою змішування з кільцевими щілинами та розширенням до виходу, забезпечується більш якісне аерозольне розпилювання і ряд інших позитивних ефектів.

Поставлена задача вирішується тим, що у форсунці, яка містить в собі конфузор, по осевій лінії якого, на відстані від камери змішування з суцільною боковою поверхнею, встановлене пасивне сопло з центральним отвором для рідини та з торцевим, симетрично відносно центральної осі сопла, заглибленням, що є одночасно розширенням центрального отвору для рідини, а зовнішня бокова поверхня пасивного сопла і поверхня конфузора утворюють кільцеве активне газове сопло з найменшим прохідним перерізом у зоні контуру, утвореного перерізом бокової і торцевої поверхонь пасивного сопла, згідно винаходу, поверхня торцевого заглиблення пасивного сопла, від центрального отвору для рідини до перерізу з боковою поверхнею пасивного сопла, виконана опуклої форми, наприклад, у вигляді частини внутрішньої поверхні однополлого гіперболоїда з початком розширення від центрального отвору або, принаймні, поверхня заглиблення виконана конусною, причому так, що дотична до опуклої торцевої поверхні в будь-якій точці контуру, утвореного перерізом торцевої і бокової поверхонь або твірної конуса, утворюють прямий кут або, принаймні, кут, близь-

кий до 90 градусів з поздовжню дотичною до бокової поверхні пасивного сопла в тій же точці

Доповнює технічне рішення конструкція камери змішування, частина якої, на початку руху газорідинної суміші, має суцільні бокові стінки, а потім переходить в камеру змішування з боковими кільцевими щілинами, виконаними так, що їх серединні площини перетинають вісь камери змішування під прямим кутом. Доповнює технічне рішення і те, що бокові кільцеві щілини камери змішування сполучені з оточуючим середовищем або з системою подачі газу і на кожній кільцевій щілині діаметр камери змішування збільшується.

На відміну від існуючих форсунок, пасивне сопло виконане з заглибленням на торці у вигляді симетричного розширення отвору для рідини так, що поверхня розширення, перерізаючись з боковою зовнішньою поверхнею пасивного сопла, утворює контур торцевої поверхні, який, у свою чергу, створює мінімальний прохідний переріз активного газового сопла, а дотичні до обох поверхонь влюбій точці контуру перетинаються під прямим кутом.

Вказані відміни геометричних форм пасивного сопла, в поєднанні з відносним розташуванням деталей форсунки та їх геометричних форм, проявляють позитивну властивість, яка виражається в якісному роздробленні рідини на краплини в перший момент динамічної взаємодії з газовим потоком. Ця властивість підтверджується спостереженнями при експериментальних дослідженнях. Протікаючий процес можна бачити так: рідина виходить з отвору пасивного сопла без впливу додаткового зовнішнього тиску, розтікається по торцевій поверхні в рідинну плівку і вривається в газовий потік у мінімальному прохідному перерізі активного сопла. Отже, в перший момент динамічної взаємодії газу і рідини, остання не має складової швидкості, яка б співпадала з напрямком газового потоку. Після зіткнення рідинної плівки з газовим потоком, миттєво утворюється кільцева газорідинна суміш, яка рухається від кільцевого активного газового сопла в просторі конфузора і камери змішування ніде не торкаючись до поверхонь, а після виходу в зовнішній простір розповсюджується у вигляді суцільного струменя з розширенням далі по ходу і зовні може нагадувати витік пару. Відсутність контакту газорідинної суміші з деталями форсунки обумовлює відсутність у розпили крапель значно більших розмірів.

Можна приблизно зобразити фізику протікаючого процесу. При русі газу під тиском крізь кільцеве сопло, в мінімальному перетині активного сопла тиск нижче чим у зоні торцевої поверхні пасивного сопла. По зовнішньому контуру торцевої поверхні пасивного сопла, який одночасно є внутрішнім контуром активного сопла, відбувається інтенсивний відтік граничного шару з торцевої поверхні пасивного сопла. За рахунок перепаду тиску рідина рухається по отвору пасивного сопла в сторону конфузора і увійшовши в розширення рухається в сторону найменшого тиску. У результаті цього, створюється рідинна плівка по всій торцевій поверхні пасивного сопла, товщина якої зменшується від центру до контуру. Маючи значну швидкість і масу, рідинна плівка на-

магається вийти за границю зовнішнього контуру торцевої поверхні упоперек газового потоку. Умовно це можна показати у вигляді кільця рідини, що зрізається потоком газу. Міцність рідинного кільця, в кінцевому підсумку, визначається силами поверхневого натягу. Чим менше товщина шару рідини, тим менших розмірів створюються краплі.

Описаний процес роздроблення рідини на краплини суттєво відрізняється від процесів протікаючих у відомих форсунках, коли рідина набуває початкову швидкість, співпадаючу з напрямком руху газового потоку, а роздроблення на краплі відбувається в результаті динамічної взаємодії, яка виникає за рахунок різниці в швидкостях рідини та газу.

Виконання розширення отвору пасивного сопла у вигляді опуклої поверхні дозволяє досягнути більш рівномірного розтікання рідини на поверхні і, отже, більш рівномірної взаємодії газу і рідини по всьому зовнішньому контуру торцевої поверхні.

Якісному роздробленню рідини в початковий момент сприяє вдале відносне розташування конфузора, камери змішування, пасивного сопла і мінімального прохідного перерізу активного сопла, так як плівка рідини потрапляє в газовий потік з найбільшою кінетичною енергією.

Суттєво відрізняє подане технічне рішення від відомих і додаткова щілева камера змішування, в якій газ має можливість підходити перпендикулярно газорідинному потоку у вигляді газових кілець. Такий рух додаткових газових потоків призводить до інтенсивної турбулізації, а також до прискорення газорідинного потоку. Збільшення діаметру камери змішування на кожній щілині формує потік газу із щілин так, що він перешкоджає дотику газорідинної суміші з поверхнями.

Таким чином, роздроблення рідини на краплі у форсунці від початку до виходу відбувається без зіткнення їх з якою не будь поверхнею. Це сприяє створенню однорідного розпили, а також перешкоджає зношуванню і засмічуванню поверхонь. Використання щілевої камери змішування забезпечує, окрім отримання особливо тонкого розпили, підвищення продуктивності форсунки. У експериментах вдалося забезпечити підвищення продуктивності форсунки, при тих же енергетичних витратах, приблизно на 20 відсотків. Крім цього, при роботі запропонованої форсунки в однорідному середовищі газу, наприклад в атмосфері, додаткової подачі повітря в щілевий простір не потрібно. Достатньо сполучити щілевий простір з атмосферою і газорідинний потік інjektуватиме повітря в камеру змішування. Спостереження також привели до думки, що щілева камера, із збільшенням діаметру до виходу, виконує частково функцію дифузора.

На фіг для прикладу зображена робоча частина форсунки, в якій відбувається розпилювання води потоком стиснутого повітря в атмосферних умовах.

Форсунка містить конфузор 1, циліндричну камеру змішування 2 з суцільною боковою поверхнею, пасивне сопло 3 з кінцевою зовнішньою поверхнею 4 і центральним отвором 5 для рідини, який плавно розширюється і переходить в криволінійну опуклу поверхню другого порядку, утво-

рюючи впадину на торцевій поверхні пасивного сопла. Контур торцевої криволінійної поверхні зображений на малюнку в перетині пасивного сопла у вигляді кривої 6, яка перетинається з твірною зовнішньої конічної поверхні сопла 4 під кутом близьким до 90 градусів у точці перетину. Перетин криволінійної торцевої поверхні з боковою конічною поверхнею створює зовнішній контур 7 торцевої поверхні, який, у свою чергу, утворює з конфуззором мінімальний прохідний переріз активного кільцевого сопла 8. Для підвода стиснутого повітря с кільцевий канал 9, а для проходження води є циліндричний отвір 10. Форсунка також містить, після циліндричної камери змішування, камеру змішування з боковими кільцевими щілинами 11, перпендикулярними осевій лінії, які сполучені з атмосферою отворами 12. Діаметр щілевої камери збільшується до виходу ступінчато на кожній боковій щілині.

Запропонована форсунка працює наступним чином.

В кільцевий канал 9 подається стиснуте повітря, а циліндричний отвір 10 сполучається з ємністю наповненою водою. Якщо ємність з водою знаходиться відносно землі приблизно на рівні форсунки або вище, то примусової подачі води робити не треба, так як вода інжектується потоком повітря з активного сопла. Якістю розпилювання рідини можна керувати збільшенням або зменшенням подачі води. Зменшення подачі води призводить до зменшення діаметра крапель. Для найбільш ефективної роботи форсунки потрібно забезпечити прохідний канал кільцевого активного сопла такий, щоб у мінімальному перетині

швидкість газу досягала швидкості звуку.

Література

1 Динамика газожидкостных форсунок - М. Машиностроение, 1991г. Стр 6. рис 1.1 е), рис 1.1 2), е

2 Щукін В.К., Калмыков И.И. Газоструйные компрессоры - М. МАШГИЗ, 1963 г. Стр 119, фиг 63, г)

3 Мовчан Ф.Ф. Справочник молодого маляра, изд 5-е - М. "Высшая школа", 1973г. Стр 167

4 Открытия, изобретения. Официальный бюллетень СССР, 1983г, №45, стр 160, а с. № 1059349, № 1059350

5 Ягодкин В.И., Голубев А.Г. Труды ЦИАМ №867, 1979г. Стр 12, рис 9

6 Волынский М.С. О дроблении капель жидкости в потоке воздуха - М. Труды МАЛ, 1948г

7 Андреев В.И., Горячий Я.В., Морозова К.А., Черняк Б.Я. Смесеобразование в карбюраторных двигателях - М. "Машиностроение", 1975г. Стр 23 - 27

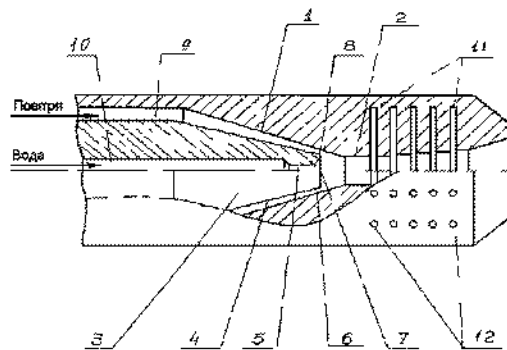
8 Бородин В.А., Дитякин Ю.Ф., Клечко Л.А. Распыливание жидкостей - М. "Машиностроение", 1967г

9 Базаров В.Г. Динамика жидкостных форсунок - М. "Машиностроение", 1979г. Стр 19, рис 7

10 Промислова власність. Офіційний бюллетень № 2, 1997 р., патент 13892 А

11 Алексеев А.В., Кондак Н.М. Центробежные форсунки газотурбинных двигателей - Киев. Гос. техиздат УССР, 1958г. Стр 45, рис 23

12 Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. Изд 3-е, перер. - М. Энергоатомиздат, 1989г. Стр 318, рис 10.16



Фіг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ "Міжнародний науковий компет"

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71