



(19) **UA** ⁽¹¹⁾ **57 171** ⁽¹³⁾ **C2**
(51)МПК ⁷ **H 05H 1/24, 1/28, 1/34, B 23K**
10/00, H 05B 7/22

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 2001074738, 06.07.2001

(24) Дата начала действия патента: 16.06.2003

(46) Дата публикации: 15.06.2003

(72) Изобретатель:

Петров Станислав Владимирович, UA,
Сааков Валентин Александрович, UA

(73) Патентовладелец:

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТОПАС", UA

(54) ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАЗМАТРОН

(57) Реферат:

Предлагаемый электродуговой плазматрон содержит торцевой катод с водяным охлаждением, электрически изолированную полулю межэлектродную вставку с кольцевым каналом, который соединяется с источником газа для образования плазмы, полой анод с водяным охлаждением, соединитель для подачи газа для образования плазмы и элементы для завихрения указанного газа, расположенные с двух сторон междуэлектродной вставки. Соединитель для подвода газа соединен непосредственно с кольцевым каналом междуэлектродной вставки. Элементы для завихрения газа делят поток газа

на две части и выполнены в виде нескольких спиральных каналов, которые соединяют пространство между междуэлектродной вставкой и катодом и пространство между междуэлектродной вставкой и анодом с центральным каналом плазматрона.

Официальный бюллетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2003, N 6, 15.06.2003. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** ⁽¹¹⁾ **57 171** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 05H 1/24, 1/28, 1/34, B**
23K 10/00, H 05B 7/22

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 2001074738, 06.07.2001
(24) Effective date for property rights: 16.06.2003
(46) Publication date: 15.06.2003

(72) Inventor:
Petrov Stanislav Volodymyrovych, UA,
Saakov Valentyn Oleksandrovych, UA
(73) Proprietor:
LIMITED-LIABILITY COMPANY "TOPAS", UA

(54) **ELECTRIC ARC PLASMATRON**

(57) Abstract:

The proposed electric arc plasmatron contains a water-cooled end cathode, an electrically insulated hollow interelectrode insert with an annular channel, which is connected to a plasma-generating gas source, a water-cooled hollow anode, a connector for feeding plasma-generating gas, and elements for providing turbulence of the plasma-generating gas, which are arranged on both the sides of the interelectrode insert. The connector for feeding the plasma-generating gas is coupled directly with the annular channel of the interelectrode

insert. The elements for providing turbulence of the plasma-generating gas divide the gas flow into two parts and are constructed as a number of spiral channels that couple the cavity between the interelectrode insert and the cathode and the cavity between the interelectrode insert and the anode with the central channel of the plasmatron.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2003, N 6, 15.06.2003. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **57 171** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **H 05H 1/24, 1/28, 1/34, B 23K**
10/00, H 05B 7/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
2001074738, 06.07.2001

(24) Дата набуття чинності: 16.06.2003

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 15.06.2003

(72) Винахідник(и):
Петров Станіслав Володимирович, UA,
Сааков Валентин Олександрович, UA

(73) Власник(и):
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ ТОПАС, UA

(54) ЕЛЕКТРОДУГОВИЙ ПЛАЗМОТРОН

(57) Реферат:

Електродуговий плазмотрон містить послідовно встановлені водоохолоджувані торцевий катод, електрично ізольовану з обох боків порожнисту міжелектродну вставку з кільцевим каналом, який сполучається з джерелом плазмоутворювального газу, порожнистий водоохолоджуваний анод, штуцер для підводу плазмоутворювального газу та завихрювачі цього газу, розташовані з обох боків міжелектродної вставки. Штуцер для підводу плазмоутворювального газу безпосередньо

підключений до кільцевого каналу у міжелектродній вставці, а завихрювачі ділять потік плазмоутворювального газу на дві частини і виконані на міжелектродній вставці у вигляді каналів, утворених багатозахідною різьбою, що має виходи з обох боків міжелектродної вставки у зазори міжелектродна вставка-катод і міжелектродна вставка-анод, при цьому вказані зазори відкриваються у осьовий (дуговий) канал плазмотрона.

Опис винаходу

Винахід відноситься до конструкції електродугових плазмотронів з міжелектродними вставками (МЕВ), призначених для нанесення покриттів або плазмового загартування у важкодоступних місцях, наприклад, для нанесення захисних покриттів на внутрішні поверхні труб, діаметр яких у світлі сумірний з дистанціями, прийнятими для напilenня (100-300мм).

Плазмотрони для цих потреб повинні задовільняти двом важко сумісним вимогам: мати високу питому потужність та (разом з комунікаціями для підводу плазмоутворюючого газу, напильованого порошку, підводу та відводу холодоагенту) бути малогабаритними і зручними у роботі.

Роздільне виконання цих вимог не уявляє особливих труднощів.

Наприклад, відомі однокамерні плазмотрони (див. Жуков М.Ф., Смоляков В.В., Урюков Б.А. Електродугові нагрівачі газу (плазмотрони).-М.:Наука, 1973, с.16), які мають корпус, стержньовий катод, трубчатий анод та штуцер для подачі плазмоутворюючого газу через завихрювач у камеру між катодом та трубчатим анодом. Осьовий габарит такого плазмотрону лімітується довжиною дуги, що самовстановлюється при заданих вхідних параметрах (струму дуги, витратах та складу плазмоутворюючого газу і інтенсивності вихору).

Підвищення питомої потужності таких плазмотронів може бути досягнуто за рахунок зростання струму та напруги на дузі, що пов'язано з подовженням самовстановлюваної дуги, нестабільністю її горіння та зростанням осьового габариту.

Просторова стабілізація стовпа дуги та фіксація її середньої довжини були досягнуті в електродугових плазмотронах з МЕВ (див. Жуков М.Ф. Електродугові генератори з міжелектродними вставками. - Новосибірськ:Наука, 1981, с.137). У таких плазмотронах практично у всіх випадках є контури водяного охолодження електродів та МЕВ.

Однак, подовження МЕВ (наприклад, виконання її багатосекційною, про що можна прочитати там же) поступово призводить до зворотнього ефекту (зростання осьового габариту при зменшенні питомої потужності), оскільки це потребує інтенсивного охолодження електродів і МЕВ у кожній секції. Тепловий ККД електродугових плазмотронів з МЕВ зменшується до рівня, характерного для традиційних плазмотронів, при використанні в якості холодоагенту води і навіть газів від зовнішнього джерела (див.. Жуков М.Ф. та інші. Електродугові генератори з міжелектродними вставками. - Наука, Сибірське відділення, Новосибірськ, 1981,с.141). Окрім того, з подовженням МЕВ суттєво збільшуються осьовий габарит та кількість шлангів для підводу свіжого та відводу нагрітого холодоагенту, а надійність роботи плазмотрона знижується.

Проте, електродугові плазмотрони з МЕВ найбільш перспективні для вирішення задачі напilenня покриттів високої якості з відтворюваними властивостями, у тому числі у важкодоступних місцях.

Із числа відомих плазмотронів (плазмових пальників) такого типу до запропонованого по технічній сутності та досягаемому ефекту найбільш близький електродуговий плазмотрон ("Плазмовий пальник") по а.с. СРСР №1179905Мкл⁴ Н05Н 1/24 (ДСВ, прототип), Такий плазмотрон містить послідовно встановлені водоохолоджувач и й торцевий катод, електрично ізольовану з обох боків порожнисту МЕВ з кільцевим (що сполучається з джерелом плазмоутворюючого газу) каналом, порожнистий водоохолоджуваний анод, завихрювачі, розміщені з обох боків МЕВ, та штуцер для підводу плазмоутворюючого газу, підключений до зазору між катодом та МЕВ таким чином, що більша частина газу, яка пройшла через завихрювач, виходить до осьового (дугового) каналу зразу, а менша частина проходить через кільцевий канал МЕВ і звідти через другий завихрювач також надходить у осьовий (дуговий) канал.

Ці розгалужені потоки плазмоутворюючого газу служать для вихорової стабілізації стовпа дуги по всій довжині каналу, фіксації її середньої довжини і швидкого вирівнювання параметрів потоку плазми за зоною прив'язки анодної опорної плями дуги. Граничне значення питомої потужності такого плазмового пальника (відповідно тепловій струмине плазми) обмежено - при заданому струмі (максимальний рівень 300 А з цирконієвою вставкою та 400 А з гафнієвою вставкою) підвищення напруги за рахунок подовження МЕВ можливо до того моменту, коли кількість виділяючого тепла у дузі на одиницю довжини зрівняється з локальними витратами у стінку МЕВ. Жорстка стабілізація стовпа дуги на ділянці МЕВ у даній конструкції плазмового пальника потребує підвищеної довжини осьового каналу втулки порожнистого аноду для ефективного перемішування пристінного холодного та приосьового гарячого газів і вирівнювання параметрів плазми на зрізі сопла. Таким чином, робота на режимах близьких до граничних (з рівнем питомої потужності 8-9кВт.г/мм³) примушує конструкторів та експлуатаційників суттєво збільшувати осьовий габарит (до 50% від розрахункового).

Основною задачею винаходу являється підвищення питомої потужності плазмотрону при скороченні його осьового габариту. Вона вирішується за рахунок безпосереднього підключення плазмоутворюючого газу до системи охолодження МЕВ, оптимальних співвідношень довжини МЕВ до її діаметру та сумарного перерізу прохідних каналів, по яким проходить плазмоутворюючий газ, що виходить у зазор МЕВ-катод до сумарного перерізу прохідних каналів, що виходять у зазор МЕВ-анод.

Поставлена задача досягається за рахунок того, що в електродуговому плазмотроні, який включає послідовно встановлені водоохолоджувальний торцевий катод, електрично ізольовану з обох боків порожнисту міжелектродну вставку з кільцевим каналом, який сполучається із джерелом плазмоутворюючого газу, порожнистий водоохолоджувальний анод, штуцер для підводу плазмоутворюючого газу та завихрювачі цього газу, розташовані з обох боків міжелектродної вставки, згідно винаходу штуцер для підводу плазмоутворюючого газу безпосередньо підключено до кільцевого каналу у міжелектродній вставці, а завихрювачі ділять потік плазмоутворюючого газу на дві частини і виконані на міжелектродній вставці у вигляді каналів, утворених

багатозахідною різьбою, що має виходи з обох боків міжелектродної вставки у зазори міжелектродна вставка - катод і міжелектродна вставка - анод, при цьому вказані зазори відкриваються в осьовий (дуговий) канал плазмотрону, причому співвідношення довжини міжелектродної вставки до її діаметру знаходиться у межах 0,5 - 3 і відношення сумарного перерізу прохідних каналів, по яким проходить плазмоутворюючий газ, що виходять у зазор міжелектродна вставка -катод до сумарного перерізу прохідних каналів, що виходять у зазор міжелектродна вставка -анод, знаходяться у межах 1-5.

Таким чином, весь потік плазмоутворюючого газу надходить спочатку на охолодження у МEB, далі, проходячи через завихрювачі, виконані на корпусі МEB у вигляді багатозахідної різьби, нагрівається і у підігрітому вигляді через кільцеві колектори у зазорах МEB-катод, МEB-анод потрапляє у дуговий канал на вихорову стабілізацію дуги. Повернення тепла, відібраного при охолодженні МEB, у зону генерування плазми створює технічну передумову для підвищення питомої теплової потужності у струміні при мінімальних розмірах плазмотрону. У цьому випадку вдається підвищити питому потужність плазмотрону по відношенню до осьового габариту.

Сутність винаходу пояснюється кресленням, на якому зображено запропонований плазмотрон у продольному розрізі.

Плазмотрон має циліндричний електрод (анод), що містить порожнистий водоохолоджуваний корпус 1 з встановленою у ньому мідною циліндричною втулкою (анодом) 2 з осьовим каналом. До корпусу аноду 1 через кільцевий ізолятор 3 жорстко прикріплений електричне ізольований корпус 4 з порожнистою міжелектродною вставкою (МEB) 5, щільно зафіксованою в осьовому та радіальному напрямках із зазором між катодоутримувачем 12 та анодом. Корпус МEB 4 має кільцевий колектор 6, безпосередньо підключений до штуцера 7 для подачі плазмоутворюючого газу, який через завихрювач 8, виконаний на МEB 5 у вигляді багатозахідної прямокутної різьби, і кільцеві колектори 9, 10 у зазорах МEB-катод, МEB-анод надходить до осьового (дугового) каналу плазмотрону.

До корпусу МEB 4 через кільцевий ізолятор 11 жорстко прикріплений катодоутримувач 12 з водоохолоджуваним катодом 13. Торцевий водоохолоджуваний катод 13 жорстко зв'язаний з катодоутримувачем 12 і розташований на геометричній вісі плазмотрону. По вісі катоду 13 щільно встановлена активна вставка 14 із цирконію або гафнію.

Суміжні поверхні катодоутримувача 12, ізолятора 11, корпусу МEB 4 утворюють першу вихорову камеру на вході у МEB 5 у зоні прив'язки катодної опірної плями на поверхні активної вставки 14, а суміжні поверхні корпусу МEB 4 з боку ізолятора 3 та корпусу аноду 1 утворюють другу вихорову камеру біля вхідного боку аноду 2.

Плазмотрон працює наступним чином. Катод та анод охолоджуються традиційним способом - водою. Плазмоутворюючий газ через штуцер 7 подають до кільцевої колекторної порожнини 6, звідки через завихрювач 8, виконаний на МEB 5 у вигляді багатозахідної прямокутної різьби, газ надходить через кільцеві колекторні порожнини 9, 10 до осьового (дугового) каналу плазмотрону. При цьому багатозахідна прямокутна різьба, виконана на МEB 5, сприяє її інтенсивному охолодженню і виступає у ролі завихрювача першої вихорової камери та антизавихрювача другої вихорової камери. Більша частина плазмоутворюючого газу (55-80% від сумарних витрат) проходить через ділянку багатозахідної прямокутної різьби, розташованої поблизу катодоутримувача і забезпечуючої крутку, наприклад, проти часової стрілки, надходить у кільцеву колекторну порожнину 9 і далі на обдув катоду, стабілізуючи прив'язку катодної плями у зоні активної вставки термохімічного катоду 14. Інша, менша частина плазмоутворюючого газу (20-45% від сумарних витрат), проходить через ділянку багатозахідної прямокутної різьби, розташованої поблизу аноду і забезпечуючої крутку у протилежний бік, надходить через кільцеву колекторну порожнину 10 в канал сопла аноду 2. Далі, змішуючись, гази проходять через осьовий канал порожнистого аноду 2 і витікають у атмосферу. Електрична дуга постійного струму горить у осьовому каналі МEB 5. Катодна опірня пляма розташована нерухомо на активній вставці 14 катоду, анодна опірня пляма у вигляді плазмової хмари примикається до внутрішньої поверхні осьового каналу порожнистого сопла аноду 2. При збудженні електричної дуги під дією теплового потоку від плазми до стінок порожнистої міжелектродної вставки 5 вона нагрівається і розширюється. Завдяки цьому вона щільно притискується до корпусу МEB 4, забезпечуючи прохід плазмоутворюючого газу тільки через канали прямокутної багатозахідної різьби.

Вдув у дуговий канал гарячого (300-600°C) плазмоутворюючого газу сприяє погашенню залишкової крутки, розщепленню прианодної ділянки дуги, жорсткої її просторової фіксації незалежно від рівня струму, витрат та складу плазмоутворюючого газу та вирівнюванню профілю швидкостей та температур у радіальному перерізі плазмової струмینی. Це дозволяє зменшити довжину анодного каналу на 50-100%.

Рекуперативне охолодження МEB та зменшення вимагаємо' із умов формування плазмової струмینی довжини анодного каналу на 50-100% забезпечують підвищення термічного к.к.д. плазмотрону на 20-30%.

Вдув у дуговий канал гарячого (300-600°C) плазмоутворюючого газу сприяє також розмиттю анодної опірної плями на внутрішній поверхні мідної циліндричної втулки (сопла аноду) 2, що збільшує п стійкість у 6-8 разів.

Крім того, завдяки кільцевим колекторам 9 та 10, що сполучаються через багатозахідну прямокутну різьбу на МEB, спостерігається ефект саморегулювання процесу генерування плазми. При збільшенні струму дуги підвищується газодинамічний опір у каналі МEB і відбувається перерозподіл потоків плазмоутворюючого газу із збільшенням витрат у бік кільцевого колектору 10, що в свою чергу збільшує діелектричну міцність зазору МEB-анод і сприяє зміцненню зони прив'язки анодної опірної плями у глиб каналу сопла аноду 2. Це сприяє захисту плазмотрону від подвійного дугоутворення і збільшує область стійкої роботи плазмотрону при малих витратах плазмоутворюючого газу на 20-30%.

Довжину осьового каналу МEB вибирають в залежності від вимагаємого рівня номінальної потужності

плазмотрону у межах 0,5-3 калібру Довжина 0,5 калібру визначає нижній рівень потужності, подальше зниження неможливе конструктивно, оскільки по довжині MFB необхідно розмістити кільцеву колекторну порожнину та завихрювачі.

Довжина каналу МЕВ 3 калібру визначає верхній рівень потужності плазмотрону та питомої потужності струмини, подальше збільшення неможливе з-за різкого зростання теплового потоку, перегрівання та руйнування МЕВ.

Співвідношення сумарного перерізу прохідних каналів, по яким проходить плазмоутворюючий газ, що виходить у зазор МЕВ-катод до сумарною перерізу прохідних каналів що виходять у зазор МЕВ-анод, вибирають у межах 1-5. Співвідношення прохідних перерізів практично визначають співвідношення гідравлічних опорів, тобто витрати газів у зазори катод-МЕВ та МЕВ-анод. Співвідношення сумарних перерізів прохідних каналів 1-5 забезпечує відповідно витрати газу у зазор катод-МЕВ 55-80%, а у зазор МЕВ-анод 20-45% Зниження витрат газу у зазор катод-МЕВ менше 55% (відповідно при співвідношенні прохідних перерізів менше 1) призведе до погіршення стабілізації катодної опірної плями дуги, зниженню рівня напруги на дузі, перегріву МЕВ, зниженню досягаемого рівня максимальної потужності плазмотрону та питомої потужності струмини.

Збільшення витрат газу у зазор катод-МЕВ більше 80% (відповідно при співвідношенні прохідних перерізів більше 5) призведе до зниження діелектричної міцності зазору МЕВ-анод (відповідно подвійному дугоутворенню), порушенню умов розщеплення прианодної ділянки дуги, ослабленню її просторової стабілізації та виносу за зріз сопла-анода.

Таким чином, вихід за межі заявляємих співвідношень в кінці кінців призведе до неможливості отримання високої питомої потужності плазмової струмини з мінімальними габаритами плазмотрону.

Заявлений плазмотрон використовувався для нанесення зносостійких покриттів із оксиду хрому на внутрішню поверхню циліндрів бурових насосів з послідовним шліфуванням алмазним інструментом. Діаметр циліндру у світлі 150мм, довжина 750мм. Нанесення покриття із оксиду хрому здійснювалось при наступних параметрах роботи плазмотрону струм дуги, А 250, напруга на дузі, В - 250, витрати плазмоутворюючих газів, нм³/г - 5, вміст метану у суміші з повітрям, % - 11, ККД плазмотрону - 0,85, питома потужність у плазмовій струмині, кВт.г/нм - 11. Діаметр осьового каналу аноду, мм - 7, діаметр осьового каналу МЕВ, мм 6, довжина осьового каналу МЕВ, мм - 20, довжина осьового каналу аноду, мм - 18.

Було отримано покриття Cr₂O₃ товщиною 500мкм з пористістю 0% та мікротвердістю Hv03 - 2500.

Заявлений взаємозв'язок елементів у МЕВ і їх співвідношення забезпечують тривалу (20 і більше годин) сталу роботу плазмотрону без заміни теплонагріаних деталей.

Наявність відмінних ознак призводить до підвищення ККД, питомої потужності та надійності, спрощенню конструкції та експлуатації плазмотрону з МЕВ і зменшенню габаритів плазмотрону.

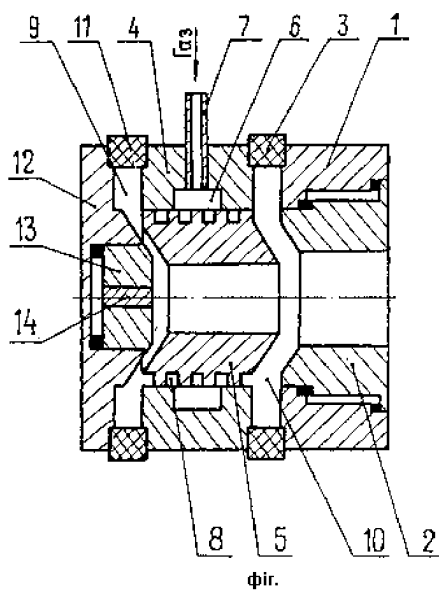
Вказаний плазмотрон може бути використаний в установках плазмового напilenня та загартування.

Формула винаходу

1. Електродуговий плазмотрон, який містить послідовно встановлені водоохолоджувані торцевий катод, електрично ізольовану з обох боків порожнисту міжелектродну вставку з кільцевим каналом, який сполучений з джерелом плазмоутворювального газу, порожнистий водоохолоджуваний анод, штуцер для підводу плазмоутворювального газу та завихрювачі цього газу, розташовані з обох боків міжелектродної вставки, який відрізняється тим, що штуцер для підводу плазмоутворювального газу безпосередньо підключений до кільцевого каналу у міжелектродній вставці, а завихрювачі ділять потік плазмоутворювального газу на дві частини і виконані на міжелектродній вставці у вигляді каналів, утворених багатозахідною різью, що має виходи з обох боків міжелектродної вставки у зазори міжелектродна вставка-катод і міжелектродна вставка-анод, при цьому вказані зазори відкриваються у осьовий (дуговий) канал плазмотрона.

2. Електродуговий плазмотрон за п. 1, який відрізняється тим, що співвідношення довжини міжелектродної вставки і її діаметра вибрано у межах 0,5-3.

3. Електродуговий плазмотрон за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що співвідношення сумарного перерізу прохідних каналів, по яких проходить плазмоутворювальний газ, що виходять у зазор міжелектродна вставка-катод, і сумарного перерізу прохідних каналів, що виходять у зазор міжелектродна вставка-анод, вибрано у межах 1-5.



Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2003, N 6, 15.06.2003. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.