



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 154350

(13) U

(51) МПК

C23C 14/24 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

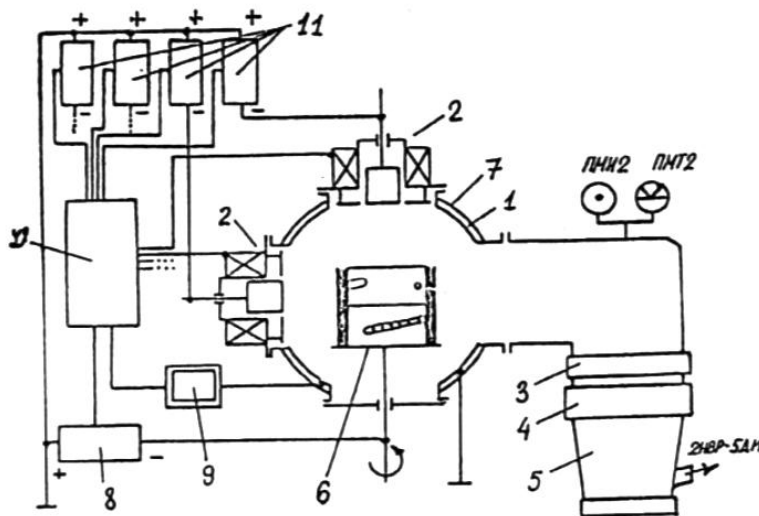
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2023 00899	(72) Винахідник(и): Глушкова Діана Борисівна (UA), Багров Валерій Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.03.2023	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.11.2023	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.11.2023, Бюл.№ 45	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОСАДЖЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПОКРИТТІВ

(57) Реферат:

Пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів містить вакуумну камеру, усередині якої розташовані катод, анод і тримач виробу. Катод виконаний складеним з декількох частин - катодів з різних матеріалів, кожний з яких виконаний з матеріалу розпорошеного компонента; які рівномірно розташовані усередині вакуумної камери на її бічних фланцях та повернені поверхнею випарування до тримачів з виробами. На краю катода є виступ 1,5÷2 мм, який додатково стабілізує катодні плями на робочій поверхні. Пристрій містить чотири катода для отримання багатокомпонентних покриттів, два з яких містять молібден (Mo), а два інших – хром (Cr).



Фіг. 1

UA 154350 U

Корисна модель належить до галузі нанесення покриттів у вакуумі, а точніше до пристроїв для осадження багатокомпонентних покриттів, і може бути використана методом іонно-плазмової обробки при одержанні багатокомпонентних покриттів із заданими властивостями на деталях і механізмах, що використовують у машинобудуванні та інших галузях промисловості.

5 Відомий пристрій для одержання покриття на одному виробі методом іонного осадження - електродуговим випаром, що містить вакуумну камеру, усередині якої розташовані катод, анод, електроди й підкладка, на якій встановлений виріб. При цьому катод і анод розташовані один
10 [Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме/А.И. Кострицкий, В.Ф. Карпов, М.П. Кабанченко и др. - М.: Машиностроение, 1991, стр. 80, рис. 4.2].

Недоліком відомого пристрою є обмежені функціональні можливості у зв'язку з тим, що за один технологічний цикл можливо здійснити напилювання покриття тільки одного складу на один виріб.

15 Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є відома установка "Булат-3Т", що містить вакуумну камеру, систему вакуумної відкачки, фокусуючу магнітну котушку для локалізації плазмового потоку, катод, що підпалює електрод; камеру-анод, підкладку, азотний уловлювач, водяний уловлювач, високовакуумний агрегат, нагрівач, формвакуумний насос, монотричну лампу, систему водяного охолодження установки. При цьому у вакуумній камері підкладка
20 стаціонарно розташована по центру напроти катода [2].

До недоліків відомої установки слід віднести неможливість одержання рівномірних багатокомпонентних покриттів із заданими властивостями на поверхні деталей внаслідок того, що установка має можливість використовувати не більш ніж два катоди та має обмежену зону розпорошування.

25 В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення пристрою для осадження багатокомпонентних покриттів, у якому за рахунок іншої конструкції забезпечується підвищення продуктивності пристрою й можливість рівномірного формування багатокомпонентних шарів покриттів із заданими складом й властивостями в одному вакуумному обсязі за один технологічний цикл на поверхні декількох деталей машин і механізмів одночасно, а також
30 варіювати складом покриття, що веде до підвищення працездатності цих деталей машин і механізмів за рахунок підвищення їх триботехнічних характеристик.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів, що містить вакуумну камеру, усередині якої розташовані катод, анод і тримач виробу, згідно з корисною моделлю катод виконаний складеним з декількох частин - катодів з різних
35 матеріалів, кожний з яких виконаний з матеріалу розпорошеного компонента; які рівномірно розташовані усередині вакуумної камери на її бічних фланцях та повернені поверхнею випарування до тримачів з виробами; на краю катода є виступ $1,5 \pm 2$ мм, який додатково стабілізує катодні плями на робочій поверхні; пристрій містить чотири катоди для отримання багатокомпонентних покриттів, два з яких містять молібден (Mo), а два інших - хром (Cr).

40 Пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів, що містить вакуумну камеру, усередині якої розташовані катод, анод і тримач виробів, згідно з корисною моделлю, він забезпечений циліндричною обичайкою з опорою обертання, яка розміщена у центрі вакуумної камери з можливістю обертання навколо своєї осі, переважно зі швидкістю 10 об./хв, по зовнішньому периметру обичайки рівномірно розташовані та жорстко закріплені декілька
45 тримачів виробів, які вибрані як аноди для осадження покриттів, катод виконаний складеним з декількох частин - катодів з різних матеріалів, кожний з яких виконаний з матеріалу, що розпорошується, які рівномірно розташовані усередині вакуумної камери на її бічних фланцях та повернені поверхнею випарування до тримачів з виробами.

У результаті використання корисної моделі, що заявляється, забезпечується одержання технічного результату, який полягає в підвищенні продуктивності пристрою й можливості
50 рівномірного формування багатокомпонентних шарів покриттів із заданими складом й властивостями в одному вакуумному об'ємі за один технологічний цикл на поверхні декількох деталей машин і механізмів одночасно, завдяки наявності декількох катодів, що містять різні матеріали, кожний з яких виконаний з матеріалу компонента, що розпорошується, та які рівномірно розташовані усередині вакуумної камери на її бічних фланцях, та повернені
55 поверхнею випарування до тримачів з виробами, завдяки чому досягається можливість рівномірного формування багатокомпонентних покриттів із заданими складом й властивостями.

Корисна модель, що заявляється, може бути неодноразово здійснена й виготовлена способами, відомими в промисловості, у тому числі у машинобудуванні, з використанням відомих засобів, що дозволяє зробити висновок про її відповідність критерію "промислова

придатність". Таким чином корисна модель, що заявляється, відповідає всім умовам патентоспроможності.

Суть корисної моделі пояснюють креслення, де схематично зображено пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів (фіг. 1, 2).

5 Установа являє собою вакуумну камеру об'ємом 100 літрів з гумовими ущільнювачами. Камера відкачується дифузійним паромастильним М-1000 і форвакуумним 2НВР-5ДМ насосами. Вакуум в камері під час горіння дуги підтримується на рівні $1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^{-4}$ Па. Тиск вимірюється термпарним (ПМТ-2) і іонізаційним (ПМІ-2) перетворювачами. На фланцях вакуумної камери змонтовані чотири джерела плазми 2. Анодом вакуумної дуги є камера 1, що знаходиться під потенціалом землі, катодом - матеріал, який підлягає випаровуванню.

10 Живлення дуг здійснюється від чотирьох зварювальних випарників ВД-50611. Деталі, які підлягають нанесенню покриттів, розміщуються на підкладкотримачі 6. До підкладкотримача від джерела 8 прикладається постійна негативна напруга, що прискорює іони. Джерело напруження містить високовольтний та низьковольтний випрямлячі. Висока напруга (1-2 кВ) використовується для очищення зразків шляхом бомбардування їх поверхні іонами матеріалу, який осаджується, а низька (20-200 В) - при осадженні покриття. Блок управління 10 забезпечує автоматичний підпал дуг при їх згасанні, а також включення і виключення окремих елементів установки. На внутрішній поверхні камери 1 в процесі осадження покриттів відбувається відкладення пористих металевих плівок. Пористі плівки при розгерметизації вакуумної системи адсорбують велику кількість атмосферної вологи та інших газів і виділяють їх при подальшому відкачуванні. Сильне газовиділення плівок затягує час отримання робочих тисків і призводить до забруднення конденсату продуктами газифікації. Для підвищення ефективності відкачування таких систем запропонований наступний спосіб.

25 При відкритті вакуумної камери і стінки з пористими плівками проходить прогрівання. Прогрів здійснюється гарячою водою, що пропускається по системі трубок охолодження 7, навитих на зовнішню поверхню камери. Нагрівання води до 80-90 °С проводиться в сполучених витках мідної трубки, що є вторинною обмоткою трансформатора 9. Після відкачки установки на форвакуум нагрів стінок камери припиняють, а по системі охолодження пропускають холодну воду. Цей спосіб дозволяє отримати більш низькі граничні тиску $\sim 10^{-4}$ Па, замість 10^{-3} Па без прогріву камери. При цьому значно скорочується час досягнення робочого тиску.

30 В основу використаного джерела металеві плазми покладено стаціонарний вакуумний дуговий розряд з холодним катодом. Цей розряд існує в парах матеріалу катода, що поширюються в результаті ерозії з області катодних плям. Безперервність горіння дуги в такому джерелі може досягати декількох годин. Як матеріал для виготовлення катодів можна використовувати метали і сплави, що застосовуються для нанесення багатошарових покриттів на робочу поверхню деталей (молібден та хром).

35 Джерело металеві плазми являє собою коаксіальну систему електродів (фіг. 3): центральний циліндричний катод 4 діаметром 60 мм і анод 1, яким є вакуумна камера. Розряд на аноді розподіляється дифузійно, тому анод не еродує. Для зняття інтегральних теплових потоків неробоча поверхня катода охолоджується проточною водою. Деталі джерела змонтовані на фланці 2 з немагнітної нержавіючої сталі Х18Н9Т.

40 Стаціонарний режим роботи джерела і рівномірність ерозії катода забезпечується утриманням катодних плям на робочій поверхні катода зовнішнім магнітним полем і використанням електродів спеціальної геометрії. Зовнішнє магнітне поле створюється котушкою соленоїда 7. Бічну поверхню катода з зазором 1 мм охоплює додатковий анод 3, виготовлений зі сталі Х18Н9Т у вигляді диска завтовшки 6 мм, що запобігає горіння дуги на бічній поверхні катода. Катодні плями, що потрапляють на цю поверхню, гаснуть, так як вони екрановані від анода.

45 На краю катода є виступ $1,5 \div 2$ мм, який додатково стабілізує катодні плями на робочій поверхні. Між основними і додатковими анодами встановлено опір R_g , що запобігає переходу дуги на додатковий анод. Величина цього опору в залежності від матеріалу, який випаровується, вибирається в межах $0,2 \div 5$ Ом. Неробоча частина катода, вузол його кріплення і ущільнення закриті екраном 8. Між екраном і основним анодом включений конденсатор $C=30$ мкФ, що запобігає горінню дуги на деталях кріплення катода через екран і додатковий анод. На фланці джерела укріплено підпалюючий пристрій, електромагнітний механізм 6, що автоматично завертає дуговий проміжок 5. Як електрод, який підпалюється, використовується молібденовий стрижень діаметром 3 мм. У ланцюзі підпалу для обмеження струму встановлено опір R_o величиною $5 \div 10$ Ом. Всі елементи джерела ізольовані один від одного і від вакуумної камери прокладками 10 з фторопласта або оргскла і мають гумові ущільнення 9.

60 Пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів працює наступним чином (фіг. 1, 2).

Після пропущення через вакуумну камеру 1 інертного газу й проведення іонного очищення, на попередньо оброблені деталі, що установлені та закріплені на тримачах виробів 3, які рівномірно розташовані по зовнішньому периметру обичайки, здійснюють осадження заданих багатокомпонентних покриттів. Деталі на тримачах виробів 6 у вакуумній камері 1 приводяться в обертовий рух щодо катодів 2 завдяки обертанню циліндричної обичайки навколо своєї осі, переважно зі швидкістю 10 хв^{-1} .

Тверду речовину (метал)-катодів випаровують у вакуумі під дією низьковольтної електричної дуги постійного струму. При випаровуванні у вакуумній камері 1 утворюється високо іонізована плазма випаровуваної речовини. Між катодами і анодами створюється регульована різниця потенціалів. В електричному полі заряджені частки плазми прискорюються до досягнення енергії, пропорційній різниці потенціалів, і спрямовуються до підкладки 3, утворюючи на поверхні оброблюваної деталі багатокомпонентне щільне й рівномірне по товщині покриття.

У режимі напилювання пристрій забезпечує збудження й стабільне горіння електричної дуги між катодом і анодом, стабілізацію катодної плями електричною дугою на робочій поверхні катода, високі фізико-механічні властивості покриття на оброблюваних виробках, рівномірність покриття по всій поверхні виробу, охолодження робочої камери.

Для кожної температури й типу покриття існують оптимальні режими іонного бомбардування, що приводять до одержання найбільш досконалої структури.

Приклад використання.

Для нанесення покриття Mo-Cr-N була використана пропонувана установка (див. фіг. 1). У центрі вакуумної камери 1 вмонтований підкладкотримач 6 з деталями, на які наноситься покриття 3. На бічних фланцях вакуумної камери розміщено чотири джерела плазми на основі вакуумних дуг, які містять металеві катода 2. Двома із джерел плазми випаровували Mo, а останніми двома - Cr. Рівномірність покриття по товщині забезпечувалася підбором швидкості обертання підкладко тримача 6. Оптимальна швидкість обертання при нанесенні трикомпонентного покриття становить 10 про/хв .

Для нанесення було обране покриття системи Mo-Cr-N з попереднім іонним бомбардуванням поверхні. У якості матеріалу для іонного бомбардування був обраний Cr, тому що він дає можливість знизити температуру підкладки перед нанесенням покриття й уникнути небезпеки розміцнення поверхні.

Іонне бомбардування дозволяє збільшити щільність центрів зародишеутворювання, зменшити кількість вакансій і пор, підводити теплову енергію безпосередньо в поверхневу зону, стимулюючи дифузійні процеси. Для кожної температури й типу покриття існують оптимальні режими іонного бомбардування, що приводять до одержання найбільш досконалої структури. Іонне бомбардування приводить до зменшення розмірів зерен, сприяє формуванню нанокристалічних плівок. Регулюючи енергію й щільність потоку іонів, що бомбардують, можна управляти розмірами зерен.

Дослідження показали, що чим менше температура підкладки, тим менше розмір зерна. Тому в кожному конкретному випадку необхідно оптимізувати процес осадження покриття для досягнення бажаних результатів.

Заявлений пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів при використанні дозволяє забезпечити можливість рівномірного формування багатокомпонентних шарів таких покриттів із заданими складом й властивостями в одному вакуумному обсязі за один технологічний цикл на поверхні декількох деталей машин і механізмів одночасно, а також варіювати складом покриття, що веде до підвищення працездатності цих деталей машин і механізмів за рахунок підвищення їх триботехнічних характеристик, таких як зносостійкість, корозійна стійкість та інших.

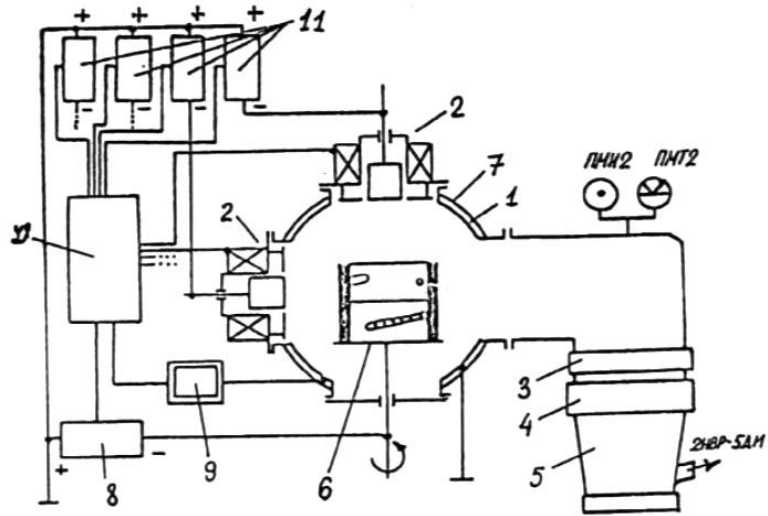
По даній корисній моделі виготовлений дослідний зразок, який пройшов випробування, що підтвердили його працездатність і одержання очікуваного позитивного ефекту.

Запропонований пристрій може знайти застосування в установках для одержання багатокомпонентних покриттів на деталях і різноманітних пристроях, що використовують, в основному, у машинобудуванні, у тому числі при їх ремонті (відновлюванні).

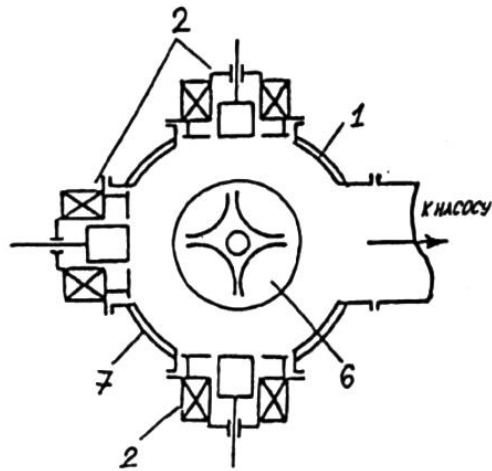
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для осадження багатокомпонентних покриттів, що містить вакуумну камеру, усередині якої розташовані катод, анод і тримач виробу, який **відрізняється** тим, що катод виконаний складеним з декількох частин - катодів з різних матеріалів, кожний з яких виконаний з матеріалу розпорошеного компонента; які рівномірно розташовані усередині вакуумної камери на її бічних фланцях та повернені поверхнею випарування до тримачів з виробами; на краю катода є

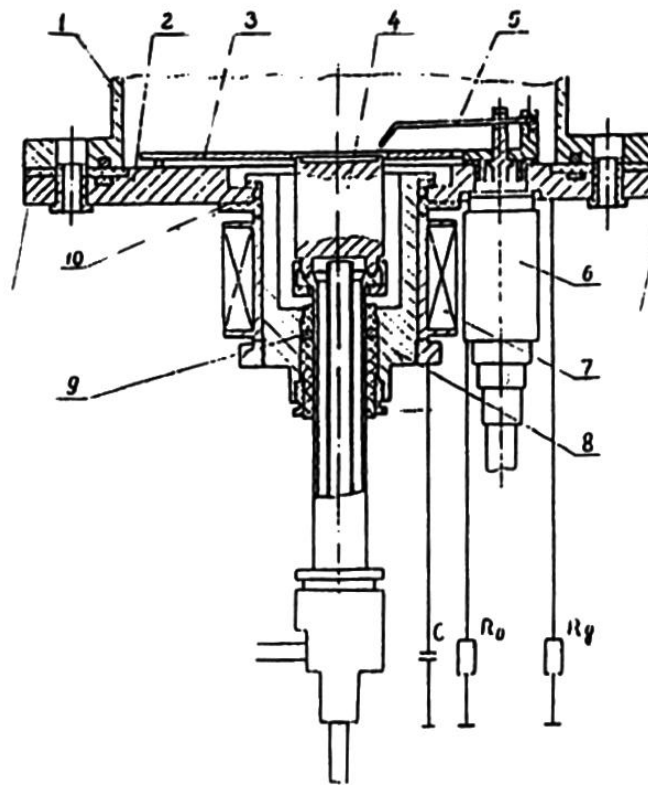
виступ 1,5÷2 мм, який додатково стабілізує катодні плями на робочій поверхні; пристрій містить чотири катоди для отримання багатокомпонентних покриттів, два з яких містять молибден (Mo), а два інших - хром (Cr).



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3