



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56193 (13) C2
(51) 7 B23H9/00, B23H7/24, C23C4/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ НАНЕСЕННЯ ЗМІЦНЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ КОНТАКТНИХ ПАР

1

2

(21) 99042426

(22) 28 04 1999

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл. № 5, 2003 р

(72) Дігам Марк Семенович, Лопатін Ігор Петрович,
Драмарадський Леонід Степанович

(73) Служба копії Державного комунального під-
приємства "Київелектротранс"

(56) EP 0 546 225 A1, 16 06 1993

RU, 2 064 380 C1, 27 07 1996

(57) 1 Спосіб нанесення зміцнюючих покриттів контактних пар, що включає формування струмопровідних дискретних покриттів електричним розрядом, який відрізняється тим, що нанесення струмопровідних дискретних покриттів здійснюють електродами з матеріалів з різними фізико-механічними характеристиками та складом легуючих елементів, а саме сукупністю щонайменше трьох електродів зі сталі, з графіту та з кольорово-

го металу, при цьому співвідношення сумарної площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної поверхні складає 60 - 90%

2 Спосіб нанесення покриттів контактних пар за п 1, який відрізняється тим, що фізико-механічні характеристики зміцнюваної поверхні регулюють шляхом зміни відношення площі дискретних ділянок, створюваних кожним електродом, до площі зміцнюваної поверхні при їх рівномірному розподілі, при цьому сукупність дискретних покриттів складає, %

електрод зі сталі 15 - 60

електрод з графіту 15 - 60

електрод з кольорового металу 15 - 60

3 Спосіб нанесення покриттів контактних пар за пп 1 або 2, який відрізняється тим, що глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах складає 2 - 4 мм

Винахід відноситься до електрофізичних методів зміцнення поверхонь шляхом електричного розряду - електроіскрового легування, і може бути використаний для нанесення зміцнюючих покриттів контактних пар, наприклад, «рейка - колесо»

Відомий спосіб зміцнення деталей механізмів, що передбачає формування їхніх покриттів методом електроіскрового легування (див патент України №12430А, м кл В23Н9/00, заявл 04 01 94, публ 28 02 97, бюл №1 [1]) Таке вирішення дозволяє збільшити довговічність роботи електродвигунів, однак воно не дозволяє конструювати задане зміцнюване покриття в залежності від умов експлуатації і, відповідно, одержати оптимальне зміцнення для контактних пар

Відомі методи зміцнення деталей механізмів, що передбачають конструювання зміцненої поверхні шляхом електроіскрового легування (див Дігам М С, Лопатін І П Идеологические основы эффективной технологии упрочнения и восстановления деталей механизмов и машин В Производство и ремонт механизмов и машин в условиях конверсии Український будинок економічних знань та науково-технічних знань товариства "Знання"

України Тези доповідей конф 23 - 25 травня 1995, Крим К, 1995) [2])

Однак в даній роботі не вирішуються конкретні завдання практичної технології, а показані загальні напрямки розвитку основ технологій зміцнення дискретними покриттями, які автори використовують для подальших практичних розробок

Найбільш близьким до такого, що заявляється, є спосіб нанесення зміцнюючих покриттів, який може застосовуватися для зміцнення поверхонь контактних пар та передбачає формування струмопровідних дискретних покриттів електроіскровим легуванням (див Дігам М С, Шалай А Н, Попченко Ю А, Перспективы применения электроискрового легирования для повышения долговечности деталей ДВС, изготовленных из алюминиевых сплавов Ж-л «Двигателестроение», 1986, №10, с 19 - 22 [3])

Однак такий спосіб передбачає використання тільки одного електрода, що обмежує діапазон можливостей конструювання поверхонь зміцнюваних деталей з потрібними фізико-механічними властивостями

Завданням даного винаходу є створення спо-

(13) C2

(11) 56193

(19) UA

собу нанесення зміцнюючих покриттів контактних пар, у якому шляхом нанесення струмопровідних дискретних покриттів електродами, різними за фізико-механічними характеристиками та за складом легуючих елементів, а саме електродом зі сталі, електродом з графіту та електродом з кольорового металу, при певному співвідношенні сумарної площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної поверхні досягається б розширення діапазону можливостей конструювання забезпечувалася необхідна якість зміцнюваної поверхні

Поставлене завдання вирішується тим, що спосіб нанесення зміцнюючих покриттів контактних пар включає формування струмопровідних дискретних покриттів електричним розрядом. Відповідно до винаходу нанесення струмопровідних дискретних покриттів здійснюють електродами з матеріалів із різними фізико-механічними характеристиками та складом легуючих елементів, а саме сукупністю щонайменше трьох електродів зі сталі, з графіту та з кольорового металу, при цьому співвідношення сумарної площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної поверхні складає 60 - 90%

Фізико-механічні характеристики зміцнюваної поверхні регулюють шляхом зміни відношення площі дискретних ділянок, створюваних кожним електродом, до площі зміцнюваної поверхні при їх рівномірному розподілі, при цьому суцільність дискретних покриттів складає, %

| | |
|-------------------------------|---------|
| електрод зі сталі | 15 - 60 |
| електрод з графіту | 15 - 60 |
| електрод з кольорового металу | 15 - 60 |

Глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах, тобто проникнення елемента анода в основу, складає 2 - 4 мм

Сукупність всіх ознак заявленого винаходу дозволяє в порівнянні з прототипом розширити діапазон можливостей конструювання поверхонь зміцнюваних деталей і забезпечити можливість повторного періодичного зміцнення робочих поверхонь пар «рейка - колесо», що дозволяє експлуатувати контактну пару скільки завгодно довго. Крім того, запропонований спосіб розширює технологічні можливості зміцнення, дозволяє робити зміцнення поверхонь пар безпосередньо в процесі експлуатації - при русі об'єктів зміцнення

Нові ознаки заявленого способу - нанесення струмопровідних дискретних покриттів електродами з матеріалів, різних за фізико-механічними характеристиками та за складом легуючих елементів, а саме електродом зі сталі, електродом з графіту та електродом з кольорового металу, дозволяють на поверхні дискретних ділянок формувати різноманітні покриття з обраними фізико-механічними характеристиками електричним розрядом регульованої потужності. При цьому відбувається процес дифузійного проникнення легуючих елементів всередину поверхні, проникнення мікро та макрочасток всередину поверхні та термічна обробка

Однією з основних характеристик зносостійкості зміцненої поверхні є суцільність дискретних покриттів - відношення сумарної площі дискретних покриттів до площі зміцнюваної поверхні, яка у способі, що заявляється, складає 60 - 90%

За рахунок регулювання фізико-механічних

властивостей зміцнюваної поверхні шляхом зміни співвідношення дискретних ділянок з їх рівномірним розподілом по зміцнюваній поверхні при послідовному або одночасному використанні електродів зі сталі, електродів з графіту та електродів з міді при співвідношенні суцільностей дискретних покриттів електрод зі сталі - 15 - 60%, електрод з графіту - 15 - 60%, електрод з міді - 15 - 60% на зміцнюваній поверхні формуються дискретні ділянки з різними фізико-механічними властивостями за принципом "синергизму" - дія комплексу фізико-механічних властивостей відрізняється від їх суми

При здійсненні заявленого способу створюване покриття дискретної структури забезпечує оптимальні експлуатаційні характеристики зміцненого шару за рахунок збільшення адгезійної міцності. При цьому отримана зміцнена поверхня додатково піддається ущільненню пластичним деформуванням в процесі експлуатації. Підвищення адгезійної і когезійної тривкості дискретних ділянок, що утворюють зміцнюючий шар, досягається вибором їхньої глибини, фізико-механічних характеристик та робочої площі, зайнятої ділянками, стосовно всієї робочої поверхні

Завдяки заявленому способу зміцнювана поверхня стає твердою, гладенькою і міцною. Використання заявленого способу дозволяє також наносити дискретне покриття на рейку з наступним вигинанням її на радіус необхідної величини

Запропонований спосіб при його використанні для контактної пари «рейка - колесо» дозволяє також при необхідності виключати фінішну операцію в зв'язку з тим, що зміцнена поверхня додатково піддається ущільненню пластичним деформуванням в процесі експлуатації

Вибір граничних меж кількісних параметрів зумовлений тим, що при сумарній суцільності сформованих дискретних ділянок менше 60% з урахуванням межі поля допуску $\pm 5\%$ залишаються незміцненими ділянки в оброблюваній зоні великих розмірів, що призводить до підвищення коефіцієнта тертя в контактній парі. Зміцнення оброблюваного матеріалу при сумарній суцільності сформованих дискретних ділянок понад 90% з урахуванням межі поля допуску $\pm 5\%$ порушує принцип дискретності, що призводить до порушення міцності дискретних точкових ділянок. Граничні значення суцільності дискретних покриттів кожного з електродів, а саме електродів зі сталі 15 - 60%, електродів з графіту 15 - 60% і електродів з кольорового металу 15 - 60%, визначені аналогічно граничним значенням їхньої сумарної площі при суцільності сформованих дискретних ділянок менше кожного нижнього граничного значення з урахуванням межі поля допуску $\pm 5\%$ залишаються незміцненими ділянки в оброблюваній зоні великих розмірів, що призводить до підвищення коефіцієнта тертя в контактній парі, а зміцнення оброблюваного матеріалу при суцільності сформованих дискретних ділянок більше верхнього значення з урахуванням межі поля допуску $\pm 5\%$ порушує принцип дискретності. Глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах саме в межах 2 - 4 мм є оптимальною при глибині менше 2 мм не достатньо забезпечуються міцнісні характеристики, а глибина більше 4 мм є економічно

недоцільною

Термін служби контактної пари, поверхня якої зміцнена відповідно до заявленого способу, до появи початкового зносу порівняно із серійними контактними парами збільшується у 3 - 3,5 рази

Заявлений-спосіб також досить простий технологічно, дозволяє механізувати процес, регулювати та управляти фізико-механічними характеристиками поверхні

Таким чином, заявлений спосіб має новизну і відповідає критерію "винахідницький рівень"

Практична реалізація способу ілюструється наступними прикладами його конкретного здійснення

Приклад 1

Відповідно до заявленого способу зміцнюючі дискретні композиційні покриття наносять на зміцнюваний виріб - робочу поверхню трамвайної рейки, трамвайного колеса (катод) електродом (анодом), за допомогою якого формують струмопровідні дискретні покриття методом електричного розряду - електроіскрового легування. Зміцнювані об'єкти - трамвайна жолобчаста рейка, трамвайне колесо працюють в умовах тертя ковзання і тертя катання при контактній взаємодії пари «рейка - колесо»

Перед нанесенням покриття робочі поверхні зміцнюваного об'єкта, призначені під обробку, готують під покриття - очищають від лаків, фарб, іржі, бруду для забезпечення стабільного електричного контакту

Визначають також умови експлуатації об'єктів (деталей), що підлягають зміцненню, та види зносу робочих поверхонь

Виходячи з умов експлуатації та видів зносу, визначають електричні режими. Добирають швидкість руху електродів і, отже, частоту імпульсу на поверхні деталі, добирають також інтенсивність охолодження зміцнюваної поверхні

Нанесення струмопровідних дискретних покриттів на робочу поверхню здійснюють різними електродами, тобто електродами, різними за фізико-механічними характеристиками та складом легуючих елементів, а саме - використовують електроди зі сталі, з графіту, з кольорового металу - міді

Для нанесення покриттів на деталі плоскої або циліндричної форми застосовують генератор електричних імпульсів, що подає розряд різної потужності на анод (електродну головку +) і катод (деталь -). Основні технічні характеристики генератора електричних імпульсів живлення від мережі однофазного струму напругою 220В ± 10% при частоті 50Гц, споживана потужність від 2 до 15КВА

В залежності від форми і розмірів зміцнюваних деталей електрод може поступально переміщатися відносно зміцнюваної поверхні деталі (колеса), яку закріплюють у верстаті або у пристосуванні для надання їй обертального або поступального руху відносно електрода із заданою швидкістю

Рейку зміцнюють за допомогою каретки візка, на якому кріпиться електродержак і електрод. Електрод встановлюють на робочу поверхню рейки

Зміцнюваний виріб встановлюють так, щоб забезпечити доступ електрода до зміцнюваної поверхні. Потім за допомогою електрода здійснюють

нанесення на зміцнювану поверхню дискретних покриттів. На зміцнюваній поверхні формують дискретні ділянки з різними фізико-механічними властивостями із суцільністю 75% з урахуванням межі поля допуску ±5%, які наносять зі швидкістю 1 - 2м/сек

В процесі обробки деталей при зближенні електрода (анода) і оброблюваної деталі (катода) напруження електричного поля збільшується і, досягнувши певної величини, викликає пробій проміжку між електродом і деталлю. Виникає канал наскрізної провідності. Щільність струму досягає $10^5 - 10^6 \text{ A/cm}^2$, а температура в каналі розряду досягає 8000 - 10000°C. По каналу наскрізної провідності пучок електронів з поверхні деталі бомбардує поверхню електрода, внаслідок чого метал електрода локально розігрівається до 4000 - 5000°C, випаровується та у вигляді пари активно дифузійно впроваджується у поверхню деталі. Крім того, в результаті ударної хвилі туди ж переносяться мікроскопічні частки електрода. В результаті чого утворюється дискретна ділянка покриття, фізико-механічні властивості якого значно відрізняються від властивостей деталі. В процесі електричного розряду відбувається локальний розігрів поверхні з інтенсивним відводом тепла у масу зміцнюваного матеріалу, в результаті якого відбувається утворення дискретних гартівних зон з високою твердістю HRC 60 - 62од

Джерело живлення за час дії розряду підготує запас енергії для наступного імпульсу, що формує наступну дискретну ділянку покриття. Відстань між ділянками покриття регулюють швидкістю відносного переміщення деталі та електрода

Фізико-механічні характеристики зміцнюваної поверхні регулюють шляхом зміни відношення площі дискретних ділянок, створюваних кожним з трьох електродів, до площі зміцнюваної поверхні при їх рівномірному розподілі, при цьому суцільність дискретних покриттів складає ±5% у межах поля допуску

| | |
|--------------------|----|
| електрод зі сталі | 25 |
| електрод з графіту | 20 |
| електрод з міді | 30 |

Глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах складає 2,5мм

Одержують оброблені деталі, у яких співвідношення площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної поверхні характеризується сумарною суцільністю 75% з урахуванням межі поля допуску ±5%

Параметри процесу зміцнення поверхонь деталей контактної пари «рейка - колесо» наведені в таблиці

При необхідності здійснюють фінішну обробку (фінішну технологічну операцію) зміцнюваної поверхні, яка полягає у пластичному деформуванні поверхні деталі з дискретним покриттям з метою її подальшого зміцнення та зниження зносу. Таку обробку роблять за умови наявності припуску на поверхні деталі, її проводять деформуючими поверхню технологічними операціями - викатуванням, вигладжуванням, шліфуванням, дорнованням

Заявлений спосіб дозволяє виключити вищеописану фінішну технологічну операцію і робити її

пластичною деформацією зміцненої поверхні в процесі пересування коліс по рейках при експлуатації контактної пари «рейка - колесо»

Деталі з поверхнею, зміцненою дискретними покриттями відповідно до заявленого способу, піддавали контролю за зовнішнім виглядом, геометричними розмірами. Визначення міцності зчеплення покриття з основою, твердості та глибини залягання покриття, а також необхідної суцільності

покриття проводили на 2 - 3 зразках-свідках. Глибину залягання покриття усередині поверхні визначають за допомогою зразків - свідків (за виготовленими шліфами) на металографічному мікроскопі МІМ - 8. Суцільність покриття визначають на еталонах - зразках, використовуючи точковий метод структурного складу сплаву. Контроль суцільності робочої поверхні проводять методом порівняння із зразками.

Таблиця

Технологічні параметри процесу зміцнення поверхонь контактної пари «рейка - колесо»

| Найменування деталей | Матеріали електродів | Робочий струм, А | Частота імпульсів, Гц | Глибина впровадження, мм | Суцільність, % |
|-----------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|
| Рейка Т 62 | Ст 65 Р | 300 - 400 | 100 | 3,2 - 4,0 | 25 ± 5 |
| | Графіт | 250 - 300 | 100 | 2,5 - 3,0 | 25 ± 5 |
| | Мідь | 300 - 350 | 100 | 2,5 - 3,2 | 25 ± 5 |
| Колесо 2Ф ГОСТ 398 | Ст 65 Р | 200 - 250 | 100 | 2,5 - 3,0 | 30 ± 5 |
| | Графіт | 200 - 250 | 100 | 2,0 - 2,5 | 35 ± 5 |
| | Мідь (на «гребені» колеса) | 150 - 200 | 100 | 1,5 - 2,0 | 20 ± 5 |

Приклад 2

Здійснюють як приклад 1, але суцільність дискретних ділянок накопичують при послідовному або одночасному використанні трьох електродів при наступному співвідношенні цих суцільностей ±5% у межах поля допуску

| | |
|--------------------|----|
| електрод зі сталі | 30 |
| електрод з графіту | 15 |
| електрод з бронзи | 15 |

Глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах, тобто глибина проникнення елементів анода в основу, складає 2,5 мм

Одержують оброблені деталі, у яких співвідношення площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної (оброблюваної) поверхні характеризується сумарною суцільністю 60% з урахуванням межі поля допуску ±5%

Приклад 3

Здійснюють як приклад 1, але суцільність дискретних ділянок накопичують при послідовному або одночасному використанні трьох електродів при наступному співвідношенні цих суцільностей ±5% у межах поля допуску

| | |
|--------------------|----|
| електрод зі сталі | 60 |
| електрод з графіту | 15 |
| електрод з міді | 15 |

Глибина залягання дискретних ділянок у зміцнюваних матеріалах, тобто глибина проникнення елементів анода в основу, складає 4 мм

Одержують оброблені деталі, у яких співвідношення площі дискретних покриттів і площі зміцнюваної (оброблюваної) поверхні характеризується сумарною суцільністю 90% ± 5%

Випробування заявленого способу показали, що при його використанні досягається розширення діапазону можливостей конструювання поверхонь зміцнюваних деталей і повторного періодичного зміцнення робочих поверхонь пар «рейка - колесо»

Встановлено ефект зміцнення деталей в реальних умовах експлуатації протягом 12-ти місяців знос зміцнених деталей у 3,5 рази менше незміцнених. Термін служби контактної пари, поверхня якої зміцнена відповідно до заявленого способу, у порівнянні із серійними контактними парами збільшується у 3 - 3,5 рази.

Крім того, запропонований спосіб дозволяє робити зміцнення поверхонь пар безпосередньо в процесі експлуатації - при русі об'єктів, які зміцнюються.

До переваг заявленого способу відносяться також простота технології і обладнання, можливість механізації процесу, низький рівень напруг у дискретних ділянках, можливість регулювання та управління фізико-механічними характеристиками поверхні, невисока енергоємність зміцнення.

Для втізнення практики конструювання зміцнюваних поверхонь заявлена технологія є одним із напрямків для широкої практичної реалізації в промислових умовах.

Джерела інформації

- 1 Патент України №12430 А, м. кл. В 23 Н 9/00, заявл. 04.01.94, публ. 28.02.97, бюл. №1
- 2 Дигам М.С., Лопатин І.П. Идеологические основы эффективной технологии упрочнения и восстановления деталей механизмов и машин. В: Производство и ремонт механизмов и машин в условиях конверсии. Український Будинок економічних знань та науково-технічних знань товариства "Знання" України. Тези доповідей конф. 23 - 25 травня 1995, Крим, К., 1995.
- 3 Дигам М.С., Шалай А.Н., Полченко Ю.А., Перспективы применения электроискрового легирования для повышения долговечности деталей ДВС, изготовленных из алюминиевых сплавов. Ж-л «Двигателестроение», 1988, №10, с. 19 - 22 - прототип.

