



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115676** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
B23P 6/00
B23H 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2016 11008	(72) Винахідник(и):	Тарельник В'ячеслав Борисович (UA), Марцинковський Василь Сігізмундович (UA), Жуков Олексій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки:	02.11.2016	(73) Власник(и):	Марцинковський Василь Сігізмундович, вул. Березова, 2, сел. Сад, Сумський р-н, Сумська обл., 42343 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.04.2017	(74) Представник:	Лісна Тетяна Леонідівна, реєстр. №286
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.04.2017, Бюл.№ 8		

(54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ МЕТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб відновлення зношених поверхонь металевих деталей включає нанесення покриття на зношену поверхню деталі методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) принаймні в два етапи. При нанесенні покриття на металеві поверхні металевим електродом на першому етапі наносять шар з енергією розряду 0,13-0,55 Дж і продуктивністю 1,5-2,5 см²/хв., які забезпечують товщину поверхні 0,08-0,81 мм при її суцільності 100 %, потім на отриману поверхню наносять шар покриття тим же електродом і з енергією розряду 0,55-0,90 Дж і продуктивністю 2,5-3,4 см²/хв., які забезпечують формування поверхні з шорсткістю, в 2-4 рази вищою, ніж на першому етапі.

UA 115676 U

Рішення належить до області електрофізичної та електрохімічної обробки, зокрема до електроерозійного легування (ЕЕЛ), і може бути застосоване для ремонту деталей машин.

Найважливішими задачами ремонтно-обслуговуючого виробництва є підтримка працездатності та відновлення ресурсу машин і устаткування, забезпечення їх високої надійності і можливості ефективного використання. Для вирішення цих задач передбачається поліпшення якості ремонту за рахунок впровадження сучасних методів його організації та оптимальних технологічних процесів зміцнення і відновлення деталей. Ресурс відновлених деталей, як правило, значно вище, завдяки використанню ефективних способів відновлення і поліпшеним властивостями зміцнених поверхонь.

Відомий спосіб ЕЕЛ, що все більш широко застосовується в промисловості для підвищення зносостійкості і твердості поверхонь деталей машин, в тому числі, які працюють в умовах високих температур і агресивних середовищ, для підвищення жаро- і корозійної стійкості, а також для відновлення зношених поверхонь деталей машин, наприклад, при ремонті і т. п.

ЕЕЛ поверхні - це процес перенесення матеріалу на оброблювану поверхню іскровим електричним розрядом. Метод має ряд специфічних особливостей:

- матеріал анода (легуючий матеріал) може утворювати на поверхні катода (легованій поверхні) надзвичайно міцно зчеплений з поверхнею шар покриття. У цьому випадку не тільки відсутня межа розділу між нанесеним матеріалом і металом основи, але відбувається навіть дифузія елементів анода в катод;

- легування можна здійснювати в строго зазначених місцях (радіусом від часток міліметра і більше), не захищаючи при цьому решту поверхні деталі;

- технологія електроерозійного легування металевих поверхонь дуже проста, а необхідна апаратура компактна і транспортабельна [Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - М.: Машиностроение, 1976.- сс. 3, 4, 13, 19]

Незважаючи на те, що ЕЕЛ позитивно впливає на зносостійкість поверхневого шару, його недоліки нерідко обмежують впровадження даної технології для широкого кола деталей машин. До таких недоліків належать збільшення шорсткості поверхні виробів після ЕЕЛ, нерівномірність поверхневого зміцнення, негативний вплив ерозійного розряду на втомні властивості виробів і ін. Крім того, зі збільшенням енергії розряду ЕЕЛ, як правило, знижується суцільність формованого покриття (через наявність наскрізних пор) [Назаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - М.: Машиностроение, 1976.- сс. 15- 17].

Відомий спосіб відновлення зношених поверхонь металевих деталей, що включає нанесення на зношену поверхню деталі покриття електроерозійним легуванням за допомогою електрода, покриття отриманої поверхні металополімерним матеріалом з подальшою його полімеризацією і здійснення фінішної обробки нанесеного шару металополімерного матеріалу, при якому покриття електроерозійним легуванням наносять на режимах з енергією розряду 0,036-6,8 Дж, чим забезпечують задану шорсткість поверхні покриття, що становить від 1 до 200 мкм і більше, а фінішну обробку здійснюють методом електроерозійного легування графітовим електродом [Патент RU № 2524470 Способ восстановления изношенных поверхностей металлических деталей; приоритет: 20.08.2012; публикация: Бюллетень изобретений RU - 27.07.2014 (Прототип)]. У відомому способі застосована інтегрована технологія, що включає в себе метод електроерозійного легування (ЕЕЛ) з подальшим нанесенням металополімерних матеріалів (МПМ). В результаті, формується поверхневий шар, якість, зносостійкість, надійність і довговічність якого вище, ніж при окремо взятих технологіях відновлення деталей методом ЕЕЛ і нанесенням МПМ. Незважаючи на зазначені вище переваги, спосіб має недоліки. В даному випадку при ЕЕЛ наноситься один шар і, як правило, на «жорстких» режимах - з великою енергією розряду, коли робочий струм (I_p) досягає значень більше 10 А. У роботі [Электроискровое легирование металлических поверхностей /Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревутский В.М. - Кишинев: Штинца, 1985. - С.43] відзначається, що зі збільшенням $I_p > 10A$ на поверхні катода можливе формування відносно товстих шарів (0,15-0,2 мм і більше - «грубе» ЕЕЛ), але їх якісні характеристики (суцільність, рівномірність, щільність і т.п.) різко знижуються. Відповідно до прототипу, шар покриття методом ЕЕЛ наносять, варіюючи енергію розряду від 0,036 до 6,8 Дж. Шорсткість поверхні змінюється при цьому від 1 до 200 і більше мкм, суцільність шару, як правило, змінюється від 100 до 50-60%.

Погіршення суцільності покриття тягне за собою ряд недоліків:

- зменшення площі опорної поверхні;
- зниження міцності покриття;
- зниження герметичності в пресових з'єднаннях;
- збільшення кількості концентраторів напруги;
- зниження корозійної стійкості та ін.

Отже, на даний момент технічна задача удосконалення способів відновлення поверхонь зношених металевих деталей машин не втратила своєї актуальності.

Для вирішення сформульованої вище задачі запропонований спосіб відновлення зношених поверхонь металевих деталей, який, як і відомі, включає нанесення покриття на зношену поверхню деталі методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) принаймні в два етапи, але в якому, відповідно до корисної моделі, що заявляється, при нанесенні покриття на металеві поверхні металевим електродом на першому етапі наносять шар з енергією розряду 0,13-0,55 Дж і продуктивністю 1,5-2,5 см²/хв., які забезпечують товщину поверхні 0,08-0,81 мм при її суцільності 100 %, потім на отриману поверхню наносять шар покриття тим же електродом і з енергією розряду 0,55-0,90 Дж і продуктивністю 2,5-3,4 см²/хв., які забезпечують формування поверхні з шорсткістю, в 2-4 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі при використанні електрода з олов'яної бронзи перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,2 Дж і продуктивністю 1,6 см²/хв., а другий шар покриття наносять з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 4 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі при використанні електрода з твердого сплаву Т15К6 перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., а другий шар покриття наносять на сталеву поверхню з енергією розряду 0,90 Дж і продуктивністю 3,4 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 3 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі при використанні електрода з сталі 12Х18Н10Т перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,35 Дж і продуктивністю 1,7 см²/хв., а другий шар покриття наносять на сталеву поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 3 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі при використанні електрода з твердого сплаву Т15К6 перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,13 Дж і продуктивністю 1,5 см²/хв., а другий шар покриття наносять на чавунну поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 2 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі при використанні електрода з хрому і нікелю перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,27 Дж і продуктивністю 1,7 см²/хв., а другий шар покриття наносять на чавунну поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 2 рази вищою, ніж на першому етапі.

У способі відбувається викид металу катода (деталі) в місцях прикладання імпульсів, тобто розпорошення найбільш виступаючих частин поверхні, і на їх місці утворюються западини новоутвореного покриття, глибина яких знаходиться на рівні поверхні попереднього покриття. В результаті, відбувається мінімальне підвищення рівня шорсткості поверхні.

З технологічних інструкцій заводів-постачальників обладнання, літературних джерел і з досвіду роботи відомо, що для відновлення зношених ділянок поверхні як матеріали електродів рекомендовано застосовувати чисті метали (хром, нікель і ін.), нержавіючі сталі марок 12Х18Н10Т, бронзу, металокерамічні тверді сплави груп ВК і ТК.

Покриття можна наносити, варіюючи енергію розряду в діапазоні 0,036-6,8 Дж. Із зростанням енергії розряду збільшується товщина покриття і шорсткість поверхні, а суцільність знижується. Під товщиною покриття розуміють збільшення розміру деталі або зразка, виміряного по виступах шорсткості нанесеного матеріалу.

При цьому товщина шару може змінюватися, в залежності від характеру взаємодії анода і катода, наприклад, на установці з ручним вібратором типу «Елитрон 52-А» від 0,01 до 0,25 мм, а висота мікронерівностей (Rz) при цьому змінюється, відповідно, від 8,5 до 155,8 мкм. Суцільність поверхні при цьому може знижуватися з 100 до 60 %,.

Застосовуючи метод ЕЕЛ на установці моделі «Елитрон 52-А», на зразки розміром 20x10x8 і 15x15x8 мм зі сталі 20 при різних режимах енергії розряду наносили покриття електродами з олов'яної бронзи марки БрО10Ф1, твердого сплаву Т15К6 і нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Крім того на зразки з високоміцного чавуну марки ВЧ-60 на установці моделі «Елитрон -22А» наносили покриття з хрому, нікелю і твердого сплаву Т15К6.

Було виготовлено три серії зразків:

1 серія - покриття здійснювали в один етап: на один зразок наносили покриття на одному режимі;

2 серія - покриття здійснювали в два етапи: перший - на режимі, що забезпечує найбільшу суцільність і товщину покриття, і другий - на більш «грубому» режимі, з шорсткістю в 2-4 рази більше, ніж на попередньому етапі;

3 серія - покриття здійснювали в два етапи у послідовності, протилежній серії 2.

Товщину покриття вимірювали мікрометром, шорсткість із застосуванням профілографа-профілометра моделі 201 заводу «Калібр».

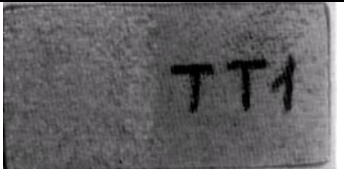
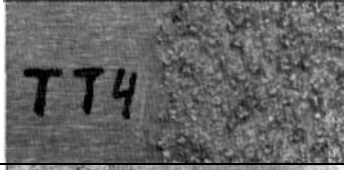


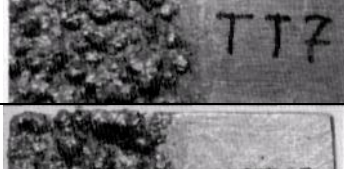

Нанесення бронзових покриттів:

Відповідно до 1-ї серії.

- 5 Як видно з таблиці 1, при нанесенні олов'яної бронзи БрО10Ф1 найбільша суцільність покриття становить 100 %. Найбільша товщина покриття (0,1 мм) при 100 % суцільності досягається при енергії розряду $W_p = 0,20$ Дж. Шорсткість поверхні покриття при цьому становить $R_z = 21$ мкм. Подальше збільшення енергії розряду до $W_p = 0,35$ Дж тягне за собою
- 10 поряд зі збільшенням товщини шару до 0,43 мм різке збільшення шорсткості поверхні до $R_z = 59$ мкм, а також зниження суцільності покриття до 80 %. Подальше збільшення енергії розряду супроводжується ще більшим зростанням шорсткості поверхні і зниженням суцільності. Найбільша товщина шару, яка становить 0,92 мм, формується при $W_p = 0,90$ Дж. При цьому шорсткість поверхні і суцільність покриття дорівнюють, відповідно, $R_z = 98$ мкм і 60%. Подальше збільшення енергії розряду небажано, оскільки воно призводить до різкого зниження якості
- 15 покриття (низька суцільність, висока шорсткість, прижоги) і вигорання електрода.

Таблиця 1

Залежність якісних параметрів бронзових покриттів, нанесених методом ЕЕЛ на сталь 20, від енергії розряду





Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні	
0,04	0,4	0,05	10	100		
0,11	1,5	0,06	12	100		
0,20	1,6	0,10	21	100		
0,35	1,7	0,43	59	80		
0,55	2,5	0,70	82	70		
0,90	3,4	0,92	98	60		

Відповідно до 2-ї серії.

- 5 Згідно з пропонованим рішенням, першим шаром наносили олов'яну бронзу з найбільшою суцільністю (100%) і товщиною покриття (0,1 мм), при $W_p = 0,20$ Дж і $R_z = 21$ мкм, а потім другим шаром при $W_p = 0,35$ і $0,55$ Дж, де шорсткість, відповідно, більше ~ в 3 і 4 рази ($R_z = 59$ і 82 мкм). При цьому загальна товщина шару становить, відповідно, $0,65$ і $0,81$ мм, шорсткість $R_z = 47$ і 58 мкм при 100 % суцільності (див. Таблицю 2). Подальше збільшення енергії розряду при нанесенні другого шару до $W_p = 0,90$ Дж і при незначному збільшенні товщини шару призводить до різкого збільшення шорсткості поверхні з $R_z = 58$ до $R_z = 81$ мкм.

Таблиця 2

Якісна характеристика бронзових покриттів, нанесених поетапно методом ЕЕЛ на сталь 20, згідно з серією 2


Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
0,04 + 0,35	1 -й етап 0,4 2-й етап 1,7	0,55	57	90	
0,2 + 0,35	1 -й етап 1,6 2-й етап 1,7	0,65	47	100	
0,2 + 0,55	1 -й етап 1,6 2-й етап 2,5	0,81	58	100	
0,2 + 0,90	1 -й етап 1,6 2-й етап 3,4	0,95	81	100	

- 10 Відповідно до 3-ї серії
- 15 У таблиці 3 наведені результати якісних параметрів покриттів з БрО10Ф1 на сталі 20, здійснених поетапно згідно серії 3, коли на першому етапі використовується енергія розряду більша, ніж на другому етапі. В даному випадку якість покриття значно гірша, ніж у покриттів з 2-ї серії (суцільність 65-75 %, шорсткість $R_z = 85-92$ мкм) при наближено однаковій товщині нанесеного шару.

Таблиця 3

Якісна характеристика бронзових покриттів, нанесених поетапно методом ЕЕЛ на сталь 20, згідно серії 3

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
0,90 + 0,04	1-й етап 3,4 2-й етап 0,4	0,87	92	65	

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
0,90 +0,20	1-й етап 3,4 2-й етап 1,6	0,74	85	75	

Таким чином, відновлення сталевих деталей методом ЕЕЛ електродом-інструментом з олов'яної бронзи марки БрО10Ф1 необхідно проводити в два етапи, причому на першому етапі - формувати покриття при енергії розряду $W_p = 0,20$ Дж, а на другому - при $W_p = 0,55$ Дж. В результаті, отримуємо покриття товщиною 0,81 мм, суцільністю 100 % і шорсткістю $R_z = 58$ мкм.

Нанесення покриттів з твердого сплаву Т15К6

У таблиці 4 представлені результати якісних параметрів покриттів при ЕЕЛ сталі 20 електродом - інструментом з твердого сплаву Т15К6. Як видно з таблиці найбільша суцільність покриття 100% і товщина шару 0,12 мм досягається при енергії розряду $W_p = 0,55$ Дж. Шорсткість поверхні при цьому становить $R_z = 21$ мкм. Подальше збільшення енергії розряду призводить до зростання товщини шару до 0,19 мм і значного зниження якості покриття (суцільність 85% і шорсткість $R_z = 65$ мкм).

При формуванні покриття поетапно, відповідно до запропонованого рішення з використанням спочатку енергії розряду $W_p = 0,55$ Дж, а потім $W_p = 0,90$ Дж, товщина шару становить 0,20 мм при 100% суцільності і шорсткості $R_z = 37$ мкм. Нанесення покриття в зворотному порядку: спочатку з $W_p = 0,90$ Дж, а потім з $W_p = 0,55$ Дж призводить до зниження його суцільності до 90% і зростання шорсткості до $R_z = 54$ мкм.

Таблиця 4

Залежність якісних параметрів покриттів з твердого сплаву Т15К6, нанесених методом ЕЕЛ на сталь 20

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
*0,55	2,5	0,12	21	100	
*0,90	3,4	0,19	65	85	
**0,55+ 0,90	1 -й етап 2,5 2-й етап 3,4	0,20	37	100	

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
*** 0,90 + 0,55	1 -й етап 3,4 2-й етап 2,5	0,14	54	90	

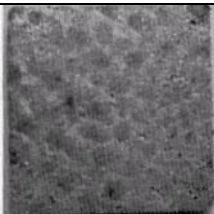
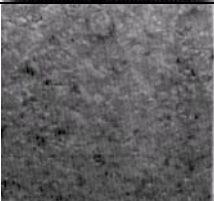
- * - Покриття наносили відповідно до 1-ї серії;
- ** - Покриття наносили відповідно до 2-ї серії;
- *** - Покриття наносили відповідно до 3-ї серії.

Нанесення покриттів з нержавіючої сталі 12X18H10T

- 5 У Таблиці 5 представлені результати якісних параметрів покриттів при ЕЕЛ сталі 20 електродом - інструментом з нержавіючої сталі 12X18H10T. Як видно з таблиці, найбільша суцільність покриття 95% і товщина шару 0,08 мм досягається при енергії розряду $W_p = 0,35$ Дж. Шорсткість поверхні при цьому становить $R_z = 11$ мкм. Подальше збільшення енергії розряду призводить до зростання товщини шару до 0,14 мм і значного зниження якості покриття (суцільність 80% і шорсткість $R_z = 31$ мкм).
- 10 При формуванні покриття поетапно, відповідно до запропонованого рішення, з використанням спочатку енергії розряду $W_p = 0,35$ Дж, а потім $W_p = 0,55$ Дж товщина шару складає 0, 12 мм при суцільності, що наближається до 100%, і шорсткості $R_z = 17$ мкм. Нанесення покриття в зворотному порядку: спочатку з $W_p = 0,55$ Дж, а потім з $W_p = 0,35$ Дж, призводить до зниження його суцільності до 80 % і зростання шорсткості до $R_z = 34$ мкм.
- 15 Таким чином, результати, представлені в таблицях 4 і 5, показали, що відновлення сталевих деталей методом ЕЕЛ з використанням електрода-інструмента з твердого сплаву Т15К6 і нержавіючої сталі 12X18H10T найбільш доцільно проводити в два етапи, причому, на першому етапі формується покриття з найбільшою суцільністю і товщиною, а на другому етапі покриття наносять тим же електродом, але на режимах, що супроводжуються збільшенням шорсткості
- 20 приблизно в три рази (див. таблицю 5).

Таблиця 5

Залежність якісних параметрів покриттів зі сталі 12X18H ЮТ, нанесених методом ЕЕЛ на сталь 20

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $\text{см}^2/\text{хв.}$	Товщина шару, мм	Шорсткість, R_z , мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
*0,35	1,7	0,08	11	95	
*0,55	2,5	0,14	31	80	

Енергія розряду, W_p	Продуктивність, $cm^2/hv.$	Товщина шару, мм	Шорсткість, Rz, мкм	Суцільність, %	Зображення поверхні
**0,35+ 0,55	1 -й етап 1,7 2-й етап 2,5	0,12	17	100	
***0,55 + 0,35	1 -й етап 2,5 2-й етап 1,7	0,8	34	80	

* - Покриття наносили відповідно до 1-ї серії;
 ** - Покриття наносили відповідно до 2-ї серії;
 *** Покриття наносили відповідно до 3-ї серії.

Слід зазначити, що запропоноване рішення зберігає свою актуальність і для деталей з чавуну. У таблиці 6 представлені результати якісних параметрів формованих поверхневих шарів при ЕЕЛ високоміцного чавуну марки ВЧ-60 електродами з хрому, нікелю і твердого сплаву Т15К6 на установці моделі «Елітрон 22А».

Таблиця 6

Результати якісних параметрів формованих поверхневих шарів при ЕЕЛ високоміцного чавуну марки ВЧ-60

Матеріал електрода	Енергія розряду, $W_{p, Дж}$	Шорсткість, мкм	Rz, мкм	Товщина шару, мкм	Суцільність, %	Продуктивність, $cm^2/hv..$
Хром	0,13	15,0		40	100	1,5
	0,27	17,5		50	100	1,7
	0,39	20,4		55	95	2,0
	0,55	35,0		60	90	2,5
Нікель	0,13	13,0		50	100	1,5
	0,27	15,5		55	100	1,7
	0,39	22,0		60	95	2,0
	0,55	33,5		70	85	2,5
Т15К6	0,13	21,0		50	100	1,5
	0,27	26,0		60	95	1,7
	0,39	34,0		80	90	2,0
	0,55	42,5		100	80	2,5

Як видно з таблиці, зі збільшенням енергії розряду для всіх матеріалів електродів збільшується товщина нанесеного покриття і шорсткість поверхні, а суцільність знижується. При цьому 100% суцільність і найбільша товщина шару зберігається для хрому і нікелю при $W_p = 0,27$ Дж, а для твердого сплаву Т15К6 - при $W_p = 0,13$ Дж.

У Таблиці 7 представлені результати якісних параметрів формованих поверхневих шарів при ЕЕЛ високоміцного чавуну марки ВЧ-60 електродами з хрому, нікелю і твердого сплаву Т15К6, нанесених відповідно до запропонованого рішення і в зворотному порядку.

Таблиця 7

Результати якісних параметрів формованих поверхневих шарів при ЕЕЛ високоміцного чавуну марки ВЧ-60, відповідно до запропонованого рішення.

Матеріал електрода	Енергія розряду, $W_{p, Дж}$	Шорсткість, R_z , мкм	Товщина шару, мкм	Суцільність, %	Продуктивність, $см^2/хв..$
Хром	1-й етап 0,27	30,2	80	100	1 -й етап 1,7
	2-й етап 0,55				2-й етап 2,5
Хром	1 -й етап 0,55	24,0	55	90	1-й етап 2,5
	2-й етап 0,27				2-й етап 1.7
Нікель	1-й етап 0,27	29,5	95	100	1-й етап 1,7
	2-й етап 0,55				2-й етап 2,5
Нікель	1-й етап 0,55	26,1	60	85	1-й етап 2,5
	2-й етап 0,27				2-й етап 1,7
Т15К6	1 -й етап 0,13	43,3	110	100	1-й етап 1,5
	2-й етап 0,55				2-й етап 2,5
Т15К6	1 -й етап 0,55	38,5	80	80	1 -й етап 2,5
	2-й етап 0,13				2-й етап 1,5

Таким чином, при відновленні деталей з високоміцного чавуну марки ВЧ -60 методом ЕЕЛ з використанням електродів з хрому, нікелю і твердого сплаву кращі якісні параметри спостерігаються у зразків з покриттями, сформованими в два етапи, відповідно до пропонуваного рішення, причому на першому етапі формується покриття з найбільшою суцільністю і товщиною, а на другому - покриття наносять тим же електродом, але на режимах, що супроводжуються збільшенням шорсткості, приблизно, в два рази (див. таблицю 7).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб відновлення зношених поверхонь металевих деталей, що включає нанесення покриття на зношену поверхню деталі методом електроерозійного легування (ЕЕЛ) принаймні в два етапи, який **відрізняється** тим, що при нанесенні покриття на металеві поверхні металевим електродом на першому етапі наносять шар з енергією розряду 0,13-0,55 Дж і продуктивністю 1,5-2,5 $см^2/хв.$, які забезпечують товщину поверхні 0,08-0,81 мм при її суцільності 100 %, потім на отриману поверхню наносять шар покриття тим же електродом і з енергією розряду 0,55-0,90 Дж і продуктивністю 2,5-3,4 $см^2/хв.$, які забезпечують формування поверхні з шорсткістю, в 2-4 рази вищою, ніж на першому етапі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при використанні електрода з олов'яної бронзи перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,2 Дж і продуктивністю 1,6 $см^2/хв.$, а другий шар покриття наносять з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 $см^2/хв.$, при яких формують поверхню з шорсткістю, в 4 рази вищою, ніж на першому етапі.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при використанні електрода з твердого сплаву Т15К6 перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 $см^2/хв.$, а другий шар покриття наносять на сталеву поверхню з енергією розряду 0,90 Дж і продуктивністю 3,4 $см^2/хв.$, при яких формують поверхню з шорсткістю, в 3 рази вищою, ніж на першому етапі.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при використанні електрода з сталі 12X18H10T перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,35 Дж і продуктивністю 1,7 см²/хв., а другий шар покриття наносять на сталеву поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 3 рази вищою, ніж на першому етапі.
- 5 5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при використанні електрода з твердого сплаву Т15К6 перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,13 Дж і продуктивністю 1,5 см²/хв., а другий шар покриття наносять на чавунну поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 2 рази вищою, ніж на першому етапі.
- 10 6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при використанні електрода з хрому і нікелю перший шар покриття наносять з енергією розряду 0,27 Дж і продуктивністю 1,7 см²/хв., а другий шар покриття наносять на чавунну поверхню з енергією розряду 0,55 Дж і продуктивністю 2,5 см²/хв., при яких формують поверхню з шорсткістю, в 2 рази вищою, ніж на першому етапі.

Комп'ютерна верстка М. Мацело

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

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