



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37908 (13) A

(51) 7 B24D17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ПРАВКИ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІЙ МЕТАЛЕВІЙ ЗВ'ЯЗЦІ

(21) 2000052513

(22) 04.05.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Грабченко Анатолій Іванович, Хорват Матяш, НУ, Доброскок Володимир Ленінмирович, Уварова Юлія Леонідівна, Гаращенко Ярослав Миколайович

(73) Харківський державний політехнічний університет

(57) 1. Пристрій для електрохімічної правки шліфувальних кругів на електропровідній металевій зв'язці, що містить електрод-інструмент, розділе-

ний не електропровідними межами на електрично ізольовані області, **відрізняється** тим, що, електрод-інструмент розділений на 3 області двома межами, виконаними у формі кривих, аргументи рівнянь яких збігаються з законами сталого профілю круга та його квадрата.2. Пристрій по п. 1, **відрізняється** тим, що, електрод-інструмент постачений 3-ма додатковими областями, рівняннями меж яких є лінійна залежність з аргументами, що збігаються з законами кривої лінійної інтенсивності електрохімічного впливу для зняття засалювання круга, множенням цієї кривої на криву сталого профілю та на її квадрат.

Винахід відноситься до шліфування, а конкретно - до електрохімічної правки шліфувальних кругів на електропровідній зв'язці.

Відомо пристрій для електроерозійної обробки з багатоконтурною схемою [1, с. 243-245], у якій обробка робиться кількома електрично ізольованими електродами-інструментами. Недоліками такого пристрою являються складність його конструкції і знижена продуктивність правки.

Найближчим технічним рішенням до пристрою за винаходом є пристрій для правки шліфувального круга, описаний у [2]. Цей пристрій містить електрод-інструмент, профіль поверхні якого еквідистантний номінальному поперечному профілю круга. Електрод-інструмент розділений на електрично ізольовані області. Пристрій також містить багатоконтурне джерело електричного струму, що має елементи для дозування подачі струму на ізольовані області електрода-інструмента. Межа між цими областями виконана у вигляді кривої, координати точок якої зв'язані з координатами точок кривої прогнозованого зносу круга співвідношеннями:

$$x = x_1; z = L \cdot (1 - k \cdot y)$$

де  $x_1$  - координати точок меж між електрично ізольованими областями електрода по ширині круга;  $x$  - координати кривої прогнозованого зносу по ширині круга;  $z$  - координати точок меж між електрично ізольованими областями по його довжині;  $y$  - координати точок кривої прогнозованого зносу;  $L$

- довжина робочої частини електрода;  $k$  - масштабний коефіцієнт, що вибирається в межах:

$$k = (0,5 - 1) / y_{\text{max}}$$

де  $y_{\text{max}}$  - найбільший розмір прогнозованого зносу круга.

Такий пристрій забезпечує можливість корекції профілю шліфувального круга одночасно з процесом шліфування шляхом зміни дозованої подачі струму, що розширює технологічні можливості електрохімічної правки та підвищує продуктивність обробки.

Однак такий пристрій забезпечує достатню точність коректування профілю кругів тільки при врізному профільному шліфуванні, при якому оброблювана поверхня копіює профіль круга, а електрод-інструмент розташований еквідистантно щодо поперечного профілю круга. При подовжньому шліфуванні геометрія деталі не залежить від форми робочої поверхні круга, а визначається кінематикою відносних рухів верстата і деталі. Електрод-інструмент при подовжньому шліфуванні нееквідистантний поперечному профілю круга. У цьому випадку точність корекції профілю відомим пристроєм буде низкою.

Задача винаходу - забезпечення процесу правки при нееквідистантному розташуванні електрода-інструмента щодо поперечного профілю круга.

Задачею винаходу є також підвищення точності правки шляхом врахування нерівномірності засалювання круга.

Технічний результат досягається тим, що пристрій для електрохімічної правки шліфувального круга на електропровідній металевій зв'язці, містить електрод-інструмент, розділений неелектропровідними межами на електричне ізольовані області. Електрод-інструмент розділений на 3 області двома межами виконаних у формі кривих, аргументи рівнянь яких збігаються з законами кривої сталого профілю круга та її квадрата.

Підвищення точності правки шляхом врахування нерівномірності засалювання круга досягається тим, що електрод-інструмент має 3-й додаткових області, рівняннями меж яких є лінійні залежності з аргументами, що збігаються з законом кривої лінійної інтенсивності електрохімічного впливу для зняття засалювання круга, і з законами множення цієї кривої на криву сталого профілю та на її квадрат.

Відмітні ознаки заявки - виконання на електрод-інструменті додаткових областей, що дозволяють враховувати його нееквідестантне розташування щодо робочої поверхні круга і нерівномірність засалювання круга, а також форма меж цих областей представляються раніше невідомими істотними ознаками. Це дозволяє зробити висновок про відповідність технічного рішення, що заявляється, критеріям "новизна" та "винахідницький рівень".

На фіг. 1 показана схема розташування електрода-інструмента щодо поперечного перерізу робочої поверхні шліфувального круга; на фіг. 2 - графіки необхідної інтенсивності правки з врахуванням засалювання; на фіг. 3 - розгортка робочої поверхні електрода-інструмента при його нееквідестантному розташуванні щодо робочої поверхні круга; на фіг. 4 - розгортка робочої поверхні електрода-інструмента з врахуванням нерівномірності засалювання круга.

Пристрій для правки шліфувального круга 1 містить електрод-інструмент 2. В умовах подовжнього шліфування електрод-інструмент 2 нееквідестантний профілю круга. Робоча поверхня електрода-інструмента 2 розбита на електрично ізольовані області 3, 4, 5, 6, 7, 8, межі між котрими виконані у формі кривих 9, 10, 11, 12, 13. При обробці хрупких неметалевих матеріалів поверхня круга засалюватися не буде. Тоді робоча поверхня електрода-інструмента 2 буде розбита на три області 3, 4, 5, розділених межами 9, 10.

Діаметр круга 1 в перетині  $x$  при подовжньому шліфуванні визначається в такий спосіб:

$$D_{(x)} = D_{кр} - 2 \cdot y_{(x)}$$

де  $D_{(x)}$  - діаметр шліфувального круга в перетині  $x$ ;  $D_{кр}$  - максимальний діаметр круга;  $y_{(x)}$  - висота сталого поперечного профілю шліфувального круга в перетині  $x$ .

При подовжньому шліфуванні поперечний профіль круга формується в процесі шліфування, і в зв'язку з тим, що різні ділянки робочої поверхні несуть різне навантаження, круг зношується нерівномірно. У результаті вирівнювання швидкості зносу та при сталості умов шліфування профіль круга стабілізується. Таким чином, формується сталий поперечний профіль шліфувального круга.

Через нерівномірність зношування робочої поверхні круга між електродний зазор неоднаковий у різних перетинах і в перетині  $x$  дорівнює:

$$\delta_{(x)} = \delta_0 + y_{(x)}$$

де  $\delta_{(x)}$  - величина міжелектродного зазору в перетині  $x$ ;  $\delta_0$  - міжелектродний зазор у перетині, що проходить через максимальний діаметр круга (мінімальний міжелектродний зазор).

Наявність на робочій поверхні круга ділянки, що виконує основну роботу зі знімання припуску, припускає велике його засалювання продуктами шліфування в порівнянні з іншими ділянками. Тому, з врахуванням нерівномірності засалювання круга, необхідна лінійна інтенсивність електрохімічного впливу в перетині  $x$  ( $V_{(x)}$ ) складається з лінійної швидкості видалення зв'язки круга, що відповідає лінійній швидкості зміни ріжучого рельєфу ( $V_c$ ) та перемінної складової лінійної інтенсивності правки для зняття засалювання робочої поверхні круга продуктами шліфування ( $F_{(x)}$ ):

$$V_{(x)} = V_{(c)} + F_{(x)}$$

У випадку, коли поверхня круга не засалюється, лінійна інтенсивність правки відповідно дорівнює  $V_{(x)} = V_{(c)}$ .

З іншого боку, інтенсивність правки в перетині  $x$  електрода-інструмента у випадку поділу його робочої поверхні на електричне ізольовані області визначається залежно від координат початку і кінця цих областей і часу подачі напруги на кожну з них по формулі:

$$v_{(x)} = \frac{\varepsilon \cdot \eta \cdot \chi \cdot U}{\pi \cdot D_{(x)} \cdot \delta_{(x)}} \sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j)$$

де  $v_{(x)}$  - інтенсивність правки в перетині  $x$ ;  $\varepsilon$  - електрохімічний еквівалент;  $\eta$  - коефіцієнт виходу по току;  $\chi$  - питома електропровідність електроліту;  $U$  - напруга, подавана на електродах;  $T_j$  - час подачі напруги на  $j$ -ту електричне ізольовану область за період часу  $T_j$ ;  $a_j$ ,  $b_j$  - відповідно рівняння передньої і задньої меж  $j$ -ї електричне ізольованої області на робочій поверхні електрода-інструмента;  $N$  - число електричне ізольованих областей.

Звідси вимоги до конструктивних параметрів пристрою, як-от, до кількості і форми меж електричне ізольованих областей, а також до часу подачі напруги на кожну з них у залежності від конкретних умов правки, можна визначити, перенісши вираз:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j)$$

у ліву частину рівняння і замінивши  $y_{(x)}$ ,  $D_{(x)}$ ,  $\delta_{(x)}$  їхніми значеннями для даного виду шліфування. Одержимо:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} \cdot (b_j - a_j) &= \frac{\pi}{\varepsilon \cdot \eta \cdot \chi \cdot U} \times \\ &\times v_{(x)} D_{(x)} \delta_{(x)} = \frac{\pi}{\varepsilon \cdot \eta \cdot \chi \cdot U} \cdot (v_c + F_{(x)}) \times \\ &\times (D_{кр} - 2y_{(x)}) \cdot (\delta_0 + y_{(x)}) = \frac{\pi}{\varepsilon \cdot \eta \cdot \chi \cdot U} \times \\ &\times [v_c D_{кр} \delta_0 + (D_{кр} - 2\delta_0) y_{(x)} - 2v_c y_{(x)}^2 + \\ &+ D_{кр} \delta_0 F_{(x)} - 2\delta_0 y_{(x)} F_{(x)} - 2y_{(x)}^2 F_{(x)}] \end{aligned}$$

Аналіз рівняння показує, що структурно його можна представити у вигляді:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} \cdot (b_j - a_j) = C_0 + C_1 Y_{(x)} + C_2 Y_{(x)}^2 +$$

$$+ C_3 F_{(x)} + C_4 Y_{(x)} F_{(x)} + C_5 Y_{(x)}^2 F_{(x)}$$

де  $C_0 = AV_c D_{кр} \delta_0$ ;  $C_1 = AV_c \cdot (D_{кр} - 2\delta_0)$ ;  $C_2 = -2AD_{кр} \delta_0$ ;  $C_3 = AD_{кр} \delta_0$ ;  $C_4 = -2A\delta_0$ ;  $C_5 = -2A$ ; з врахуванням прийнятого позначення

$$A = \frac{\pi}{\varepsilon \cdot \eta \cdot \chi \cdot U}$$

У тому випадку, коли не враховується засалювання круга, після аналогічних перетворень одержимо:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} \cdot (b_j - a_j) = C_0 + C_1 Y_{(x)} + C_2 Y_{(x)}^2$$

Аналіз коефіцієнтів  $C_0$ ,  $C_1$  показує, що вони залежать від умов шліфування, що змінюються, і правки, тобто,  $C_0$ ,  $C_1 = f(u_c, \delta_0, \eta, \chi, U)$ . Отже, пристрій повинен забезпечувати одержання незалежних друг від друга коефіцієнтів  $C_0$ ,  $C_1$  при відповідних значеннях  $Y_{(x)}$ ,  $F_{(x)}$  багаточлена  $f_{(x)i}$ . Або:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} \cdot (b_j - a_j) = C_0 + \sum_{i=1}^{N-1} C_i f_{(x)i}$$

де  $j$  - порядковий номер електрично ізольованої області;  $i$  - порядковий номер межі між суміжними областями.

Цього можна досягти, якщо виконувати електрично ізольовані області залежно від виду функції  $f_{(x)i}$  і управляти коефіцієнтами  $C_0$ ,  $C_1$  змінюючи величину умовної щільності струму, пропорційно відношенню  $\tau_j/T_j$ , де  $\tau_j$  - час подачі напруги на  $j$ -у область за період часу  $T_j$ .

Таким чином, для забезпечення достатньої точності правки необхідно виконання наступних умов:

число електрично ізольованих областей ( $N$ ) повинно відповідати загальній кількості коефіцієнтів, що не залежать від  $x$ ;

задня межа останньої електрично ізольованої області і передня першої відповідно мають вид:

$$a_1 = 0; b_N = L,$$

де  $L$  - довжина робочої поверхні електрода-інструмента

$$L = \sum_{j=1}^N (b_j - a_j)$$

поділ областей межами необхідно робити таким способом, що:

$$a_j = b_{j-1} = Z_{(x)i}$$

де  $Z_{(x)i}$  - рівняння межі між електрично ізольованими областями. Тоді суму

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j)$$

можна представити у вигляді:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j) = \frac{T_N}{T_N} L +$$

$$+ \sum_{i=1}^{N-1} Z_{(x)i} \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

$i=1$

рівняння межі, що розділяє, є лінійною залежністю, аргумент якої -  $f_{(x)i}$  має вигляд:

$$Z_{(x)i} = d_i f_{(x)i} + g_i$$

де  $i=j-1$ .

Таким чином, рівняння меж, що розділяють електрично ізольовані області, можна записати у вигляді лінійних рівнянь:

$$Z_{(x)1} = d_1 Y_{(x)} + g_1;$$

$$Z_{(x)2} = d_2 Y_{(x)}^2 + g_2;$$

$$Z_{(x)3} = d_3 F_{(x)} + g_3;$$

$$Z_{(x)4} = d_4 Y_{(x)} F_{(x)} + g_4;$$

$$Z_{(x)5} = d_5 Y_{(x)}^2 F_{(x)} + g_5;$$

$Y_{(x)}$  змінюється за законом кривої сталого профілю робочої поверхні круга, а  $F_{(x)}$  - за законом кривої необхідної лінійної інтенсивності електрохімічного впливу для зняття засалювання робочої поверхні круга.

Для керування поперечним профілем робочої поверхні круга при нееквідистантному розташуванні електрода-інструмента щодо профілю круга та з врахуванням нерівномірності засалювання круга в запропонованому пристрої, робочу поверхню електрода-інструмента необхідно розділити на 6 областей 3, 4, 5, 6, 7, 8 5-ю межами 9, 10, 11, 12, 13. Межа 9 виконана у формі кривої, рівнянням якої є лінійна залежність із законом сталого профілю круга; межа 10 - у формі кривої, аргумент рівняння якої збігається з законом його квадрата. Форма кривої межі 11 збігається з законом інтенсивності правки для зняття засалювання круга, межа 12, 13 - із законами множення цієї кривої на криву сталого профілю та на її квадрат.

У випадку, коли круг не засалюється, робоча поверхня електрода-інструмента розділена на 3 області 3, 4, 5 двома межами 9, 10. Вони виконані у формі кривих, рівнянням першої з яких є лінійна залежність із законом сталого профілю круга, а рівнянням другої - із законом його квадрата.

При роботі пристрою на кожен електрично ізольовану область електрода-інструмента здійснюють дозовану подачу струму шляхом зміни співвідношення часу подачі напруги на дану область ( $\tau_j$ ) і періоду подачі ( $T_j$ ).

Для визначення співвідношення часу і періоду подачі напруги на кожен електрично ізольовану область залежно від коефіцієнтів  $C_0$ ,  $C_1$  необхідно порівняти багаточлени, що визначають необхідну та одержувану за допомогою пристрою інтенсивність електрохімічного впливу. Підставивши в рівняння

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j) = \frac{T_N}{T_N} L +$$

$$+ \sum_{i=1}^{N-1} Z_{(x)i} \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

$i=1$

замість  $Z_{(x)i}$  його значення, одержимо:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j) = \frac{T_N}{T_N} L +$$

$$+ \sum_{i=1}^{N-1} g_i \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right) + \sum_{i=1}^{N-1} d_i f_{(x)i} \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

$j=1$

$j=1$

У цьому виразі сума

$$\frac{T_N}{T_N} L + \sum_{i=1}^{N-1} g_i \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

відповідає коефіцієнту  $C_0$ , а вираз

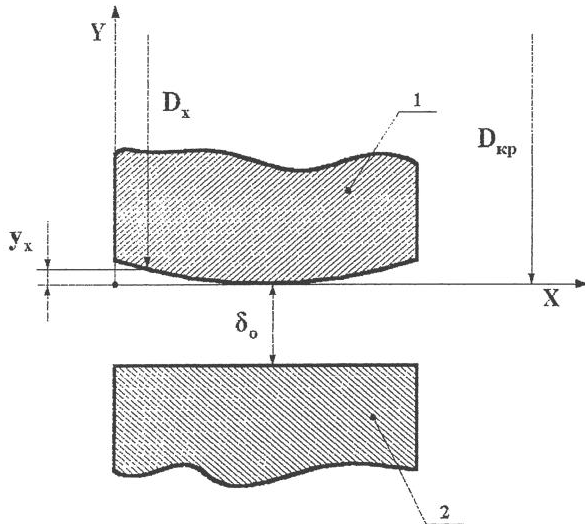
$$d_i \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

- коефіцієнту  $C_i$ , тому що раніше отримане вираження має вигляд:

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j}{T_j} (b_j - a_j) = C_0 + \sum_{i=1}^{N-1} C_i f_{(x_i)}$$

Звідси, з врахуванням структурної відповідності отриманих рівнянь, електричний режим подачі струму на електричне ізолювані області на робочій поверхні електрода-інструмента ( $\tau_j$  і  $T_j$ ) визначаються рішенням системи  $N$  лінійних рівнянь із  $N$  невідомими щодо  $\tau_j/T_j$ :

$$C_0 = \frac{T_N}{T_N} L + \sum_{i=1}^{N-1} g_i \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$



Фіг. 1

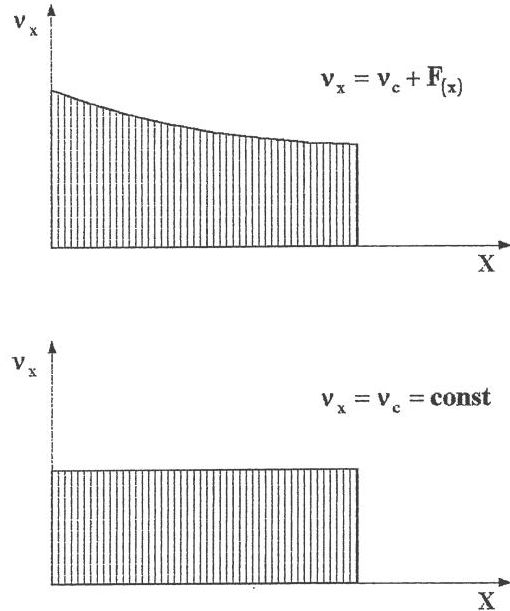
$$C_i = d_i \left( \frac{T_j}{T_j} - \frac{T_{j+1}}{T_{j+1}} \right)$$

Використання запропонованого пристрою забезпечує високу точність правки кругів при подовжньому шліфуванні з врахуванням нееквідентності розташування електрода-інструмента щодо робочої поверхні круга та нерівномірності засалювання круга. Це дозволить виключити періодичну правку кругів, підвищити продуктивність процесу шліфування та стійкість кругів.

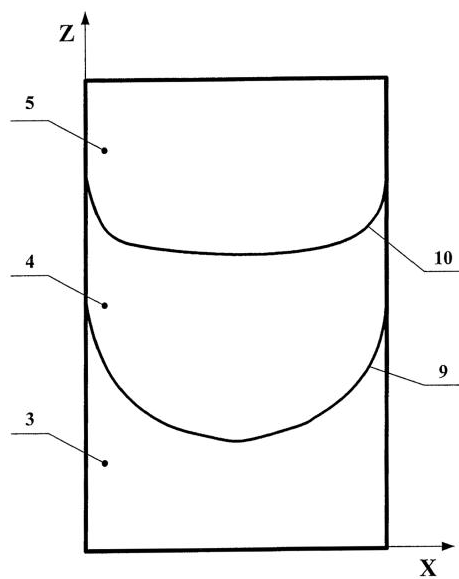
Джерела інформації

1. Лівшиць А.Л. та ін. Електроімпульсна обробка металів. - М.: Машинобудування, 1967. - С. 243-245.

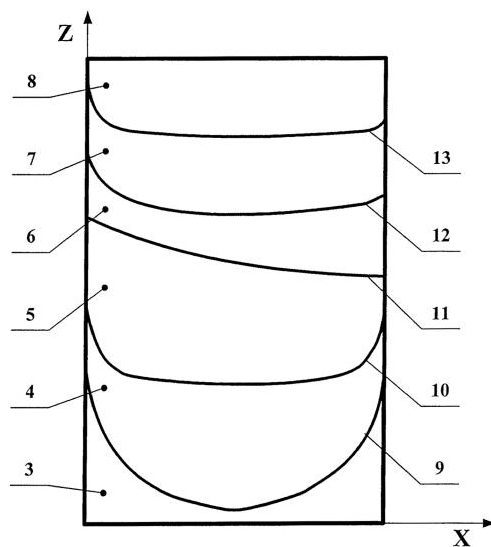
2. А.с. № 1239957 (СРСР). Пристрій для електрохімічної правки шліфувальних кругів на електропровідній металевій зв'язці / В.Ф. Дрожин, В.Л. Доброскок, А.І. Грабченко та ін. Опубл. у БІ, 1986.



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---