



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 95330

(13) C2

(51) МПК (2011.01)

B22D 19/00

B23K 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ НАПЛАВЛЕННЯ ПЛОСКИХ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

1

(21) а200907495

(22) 17.07.2009

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл. № 14, 2011 р.

(72) ШАБЛІЙ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ, ПУЛЬКА ЧЕ-  
СЛАВ ВІКТОРОВИЧ, БАЗАР МАР'ЯН СТЕПАНО-  
ВИЧ, КОРОЛЬ ОЛЕГ ІВАНОВИЧ(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧ-  
НИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(56) UA, 68940, A, 16.08.2004

UA, 58943, A, 15.08.2003

UA, 93288, C2, 25.01.2011

RU, 2354516, C2, 10.05.2009.

US, 3281659, A, 25.10.1966

JP, 3155478, A, 03.07.1991

GB, 882568, A, 04.06.1958

(57) Спосіб наплавлення плоских сталевих деталей, при якому витки двовиткового кільцевого індуктора з'єднують між собою зустрічно-паралельно в протифазі по струму і магнітному потоку, наносять порошкоподібний твердий сплав на плоску сталеву деталь, притискають її двома плитами, встановлюють на її поверхні тепловий та електромагнітний екрани та нагрівають плоску сталеву деталь струмами високої частоти до температури розплавлення порошкоподібного твердого сплаву при питомій потужності у часі, який **від- різняється** тим, що нагрівання деталі здійснюють

2

за змінною питомою потужності  $W_1$  в часі, яку ви- значають за формулою:

$$W_1 = \frac{T_{зд} \cdot \lambda \cdot m}{sh(am\tau)} \cdot e^{amt},$$

де  $T_{зд}$  - температура, при якій плавлять порошко- подібний твердий сплав,

$\lambda$  - теплопровідність плоскої сталевих деталі,

$e$  - основа натурального логарифма,

$a$  - температуропровідність,

$sh$  - гіперболічний синус,

$\tau$  - час нагрівання порошкоподібного твердого сплаву в процесі наплавлення до температури  $T_{зд}$ ,

$t$  - значення часу в даний момент,

$m$  - безрозмірна стала величина,

$$m = \frac{Bio}{\delta^2} = \frac{\alpha}{\lambda \delta},$$

де -  $Bio$  =  $\delta k$  критерій  $Bio$ ,

$\delta$  - товщина плоскої сталевих деталі,

$k$  - коефіцієнт, який враховує тепловіддачу з пове- рхні матеріалу, що наплавляють,

$$k = \frac{\alpha}{\lambda},$$

$\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі для зносостійкого ма- теріалу, що наплавляють.

Винахід належить до зварювання і призначе- ний для наплавлення сталевих виробів струмами високої частоти, переважно тонких плоских дета- лей, в тому числі дисків, які працюють в різних умовах зношування.

Відомий спосіб наплавлення сталевих дета- лей, при якому витки двовиткового кільцевого індуктора з'єднують між собою зустрічно-паралельно в протифазі по струму і магнітному потоку, притискають деталь двома плитами, встановлюють на поверхні деталі тепловий та елек- тромагнітний екрани, а деталь нагрівають струмами високої частоти до температури розплавлення порошкоподібного твердого сплаву при питомій

потужності в часі [див. деклараційний патент Укра- їни № 68940А, Бюл. № 8, 16.08.2004р. автори Ша- блій О.М., Пулька Ч.В., Письменний О.С.].

Недоліком даного способу є значні затрати електроенергії, для здійснення наплавлення за рахунок теплових втрат конвекцією поверхні дис- ка, з лицевої і протилежної сторони зони наплав- лення. Крім того, досягати значної величини еко- номії електроенергії за допомогою теплового і електромагнітного екранів, які встановлені на торці диска, дуже складно, оскільки поверхня торця дис- ка дуже мала в порівнянні з поверхнею зони на- плавлення.

(13) C2

(11) 95330

(19) UA

В основу винаходу поставлено задачу розширення технологічних можливостей, та збільшення економії електроенергії при наплавленні сталевих деталей за рахунок зміни режиму нагрівання деталі, що призводить до зменшення теплових втрат в оточуюче середовище від поверхні деталі, шляхом виконання способу наплавлення сталевих деталей, при якому витки двовиткового кільцевого індуктора з'єднують між собою зустрічно-паралельно в протифазі по струму і магнітному потоку, наносять порошкоподібний твердий сплав на плоску сталеву деталь, притискають її двома плитами, встановлюють на її поверхні тепловий та електромагнітний екрани, а плоску сталеву деталь нагрівають струмами високої частоти до температури розплавлення порошкоподібного твердого сплаву при питомій потужності в часі, при цьому нагрівання деталі здійснюють за змінною питомою потужністю в часі, яка визначається за формулою:

$$W_1 = \frac{T_{зд} \cdot \lambda \cdot m}{sh(am\tau)} \cdot e^{amt}$$

де  $T_{зд}$  – температура, при якій плавлять порошкоподібний твердий сплав,

$\lambda$  – теплопровідність плоскої сталеві деталі,

$e$  – основа натурального логарифма,

$a$  – температуропровідність,

$sh$  – гіперболічний синус,

$\tau$  – час нагрівання (наплавлення) до температури  $T_{зд}$ ,

$t$  – значення часу в даний момент,

$m$  – безрозмірна стала величина,

$$m = \frac{Bio}{\delta^2} = \frac{\alpha}{\lambda \delta},$$

де  $Bio = \delta k$  критерій  $Bio$ ,

$\delta$  – товщина плоскої сталеві деталі,

$k$  – коефіцієнт, який враховує тепловіддачу з поверхні матеріалу, що наплавляють,

$$k = \frac{\alpha}{\lambda},$$

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі для зносостійкого матеріалу, що наплавляють.

На фіг. 1 представлена схема виконання способу, на фіг. 2 – вид А на фіг. 1, а на фіг. 3 графіки питомої потужності для нагрівання деталі і відповідно їх температури.

Спосіб здійснюють наступним чином. Спочатку засипають стійкий проти спрацювання порошкоподібний твердий сплав 1 на поверхню диска 2, яка підлягає наплавленню, на відповідну товщину і ширину за допомогою окремого пристрою. Потім, за допомогою спеціального механізму, подають його на нижню плиту 3. Попередньо кільцеві витки індуктора 4 і 5 та електромагнітний екран 6, а також тепловий екран 7 відрегульовані за допомогою болта 8 на відповідну ширину зони наплавлення, яка може змінюватися для прикладу від 10...50 мм. Після цього, за допомогою пневмоприводу 9, опускають верхню притискну плиту 10, для зменшення деформації диска під час наплавлення. При подачі струмів високої частоти (СВЧ) на індуктор, (установка СВЧ на фіг. 1 не показана), нагрівають деталь питомою потужністю в часі (пряма лінія 11) з відповідними температурами 12 і 13 фіг. 3 і здійснюють наплавлення диска 2 по всій його робочій

поверхні. З метою економії електроенергії подають питому потужність на індуктор, яка змінюється в часі (крива 14) з температурою нагрівання (крива 15) за допомогою додаткового електромеханічного пристрою який на фіг. не показаний, і визначається за формулою:

$$W_1 = \frac{T_{зд} \cdot \lambda \cdot m}{sh(am\tau)} \cdot e^{amt}$$

де  $T_{зд}$  – температура, при якій плавлять порошкоподібний твердий сплав,

$\lambda$  – теплопровідність плоскої сталеві деталі,

$e$  – основа натурального логарифма,

$a$  – температуропровідність,

$sh$  – гіперболічний синус,

$\tau$  – час нагрівання (наплавлення) до температури  $T_{зд}$ ,

$t$  – значення часу в даний момент,

$m$  – безрозмірна стала величина,

$$m = \frac{Bio}{\delta^2} = \frac{\alpha}{\lambda \delta},$$

де  $Bio = \delta k$  критерій  $Bio$ ,

$\delta$  – товщина плоскої сталеві деталі,

$k$  – коефіцієнт, який враховує тепловіддачу з поверхні матеріалу, що наплавляють,

$$k = \frac{\alpha}{\lambda},$$

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі для зносостійкого матеріалу, що наплавляють.

Після наплавлення відбувається вертикальне переміщення верхньої притискної плити 8 вгору і диск 3, за допомогою спеціального механізму, подається в тару для наступного оброблення, наприклад заточування. І так цикл способу повторюється.

На фіг. 3 показано постійну питомої потужності об'ємних теплових джерел і температури в зоні наплавлення в залежності від часу: 11, 12 – теоретично визначені питома потужність теплових джерел і відповідно їй температура; 13 – експериментально визначена температура при такій же питомій потужності; 14, 15 – зміна питома потужність і відповідно їй температура.

Наплавлення можна здійснювати одночасно по всій робочій поверхні деталі. Наприклад, наплавлення диска як при постійній питомій потужності  $W_2$  за час 32 сек. (крива 11), так і при змінній питомій потужності за експоненціальним законом  $W_1$  також за 32 сек. крива 14. При цьому досягається економія електроенергії з використанням нового режиму нагрівання (крива 14, фіг. 3) на 15-23 % в порівнянні з режимом нагрівання (крива 11, фіг. 3), в залежності від типу використання порошкоподібних твердих сплавів, які мають різну температуру плавлення і час нагрівання.

Наприклад, при нагріванні диска порошкоподібним твердим сплавом на залізній основі ПГ-С1-економія електроенергії складає 15 %, а при наплавленні порошкоподібним твердим сплавом на нікелевій основі ПГ-АН9 відповідно 23 %.

Економія електроенергії при наплавленні деталей за змінною в часі питомою потужністю, в порівнянні з постійною питомою потужністю в часі,

досягається за рахунок зменшення теплових втрат конвекцією в оточуюче середовище, і визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \cdot 100\% = \left\{ 1 - \frac{2[\operatorname{ch}(am\tau) - 1]}{am\tau \operatorname{sh}(am\tau)} \right\} \cdot 100\%,$$

де  $W_2$  - постійна потужність в часі, яка визначається за формулою:

$$W_2 = \frac{T_{зд} \cdot \lambda_{дт}}{1 - e^{-am\tau}}.$$

Наприклад, при нагріванні диска з постійною питомою потужністю  $W_2 = 0,37 \cdot 10^9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$  крива 11,

фіг. 3, нагрівання деталі проходить швидко і відбувається інтенсивне тепловиділення з поверхні диска з оточуючим середовищем, при цьому витрачається значна кількість електроенергії. При нагріванні деталі змінною питомою потужністю в часі  $W_2$  в початковий момент  $W = 0,13 \cdot 10^9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

зростає за 32 сек. до  $W = 0,61 \cdot 10^9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$  (крива 14, фіг. 3) відбувається повільне тепловиділення теп-

ла з поверхні деталі в оточуюче середовище. Як видно з графіків фіг. 3 площа, яка заштрихована під кривою 11, більша на 15 % від площі, яка заштрихована під кривою 14, при наплавленні деталі порошкоподібним твердим сплавам ПГ-С1.

Необхідно відмітити що зміна питомої потужності на індукторі за розробленим авторами експоненціальним законом, здійснювалась за допомогою додаткового електромеханічного пристрою, розробленого авторами, тобто зміною анодної напруги на генераторній лампі по заданому закону за даний час.

Приклад конкретного виконання способу для наплавлення плоских сталевих деталей.

Дослідження проводились для диска  $D=210$  мм, виготовленого із сталі Ст. 3, товщиною  $\delta=0,004$  м, наплавненого порошкоподібним твердим сплавом ПГ-С1. Товщина наплавненого металу знаходилась в межах 0,8...1,5 мм, час наплавлення складав  $\tau=32$  сек. Експерименти проводились на високочастотному генераторі ВЧИ-63/0,44. Температура плавлення порошкоподібного твердого сплаву ПГ-С1 (сормайт) складала  $1220^\circ\text{C}$ .

Таблиця

Результати експериментальних досліджень наплавлення сталевих дисків  
(в чисельнику початкові в знаменнику кінцеві параметри генератора)

Основні параметри генератора	напруга на кон-турі, кВт	анодна напру-га, кВ	струм сітки лампи, А	струм аноду лампи, А	час наплавлення, с
Для постійної питомої потужності в часі	7,5	10	1,4	4	32
Для змінної питомої потужності в часі	$\frac{3,1}{8,5}$	$\frac{11,5}{12}$	$\frac{0,65}{1,7}$	$\frac{2}{5,5}$	

Цей спосіб придатний для наплавлення сталевих деталей різної конфігурації, де здійснюють одночасне наплавлення по всій робочій поверхні. Застосування даного способу в техніці дасть знач-

ний економічний ефект (економії електроенергії) для народного господарства, де використовується метод індукційного нагрівання.

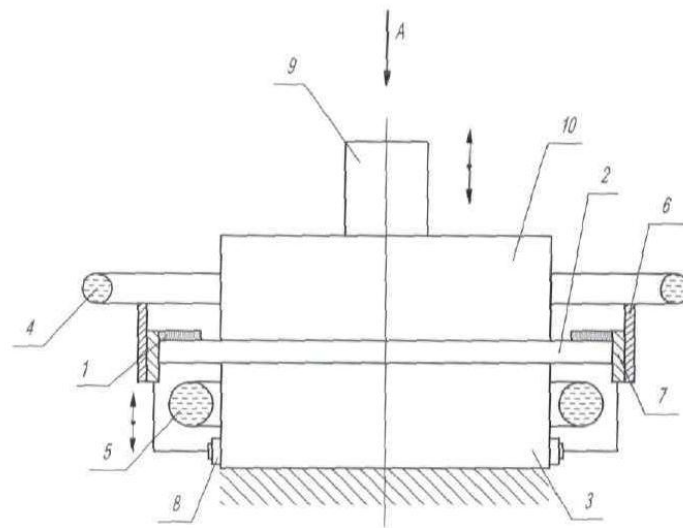


Fig. 1

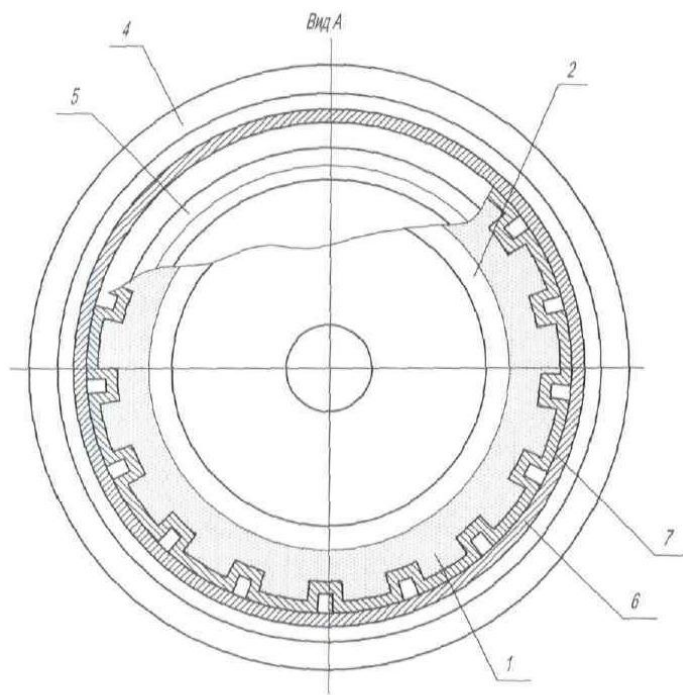
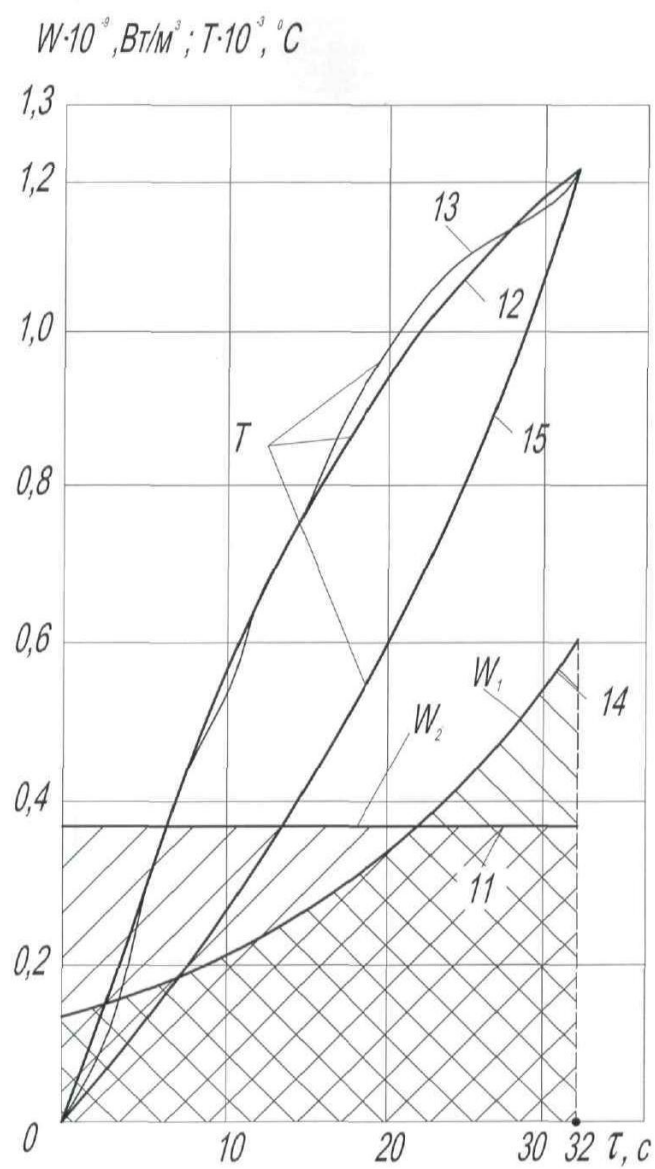


Fig. 2



Фиг.3