



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52766 (13) C2

(51) 7 B23K26/00,26/20,26/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ ВИРОБІВ З ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ТА ТЕПЛОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ ТА СПЛАВІВ

1

2

(21) 2000021145

(22) 28 02 2000

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Калінушкін Євгеній Павлович, Таран-Жовнір
Юрій Миколайович, Тертишна Ольга Валерівна,
Клименко Фелікс Константинович

(73) НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ

(56) RU 2032512 C1 10 04 95

RU 2058871 C1 27 04 96

SU 1492596 A1 27 11 95

RU 2074571 C1 27 02 97

(57) Спосіб лазерної обробки тонкостінних виробів з інструментальних та теплостійких сталей та сплавів, при якому здійснюється нагрів деталі протягом усього цикла переміщення її відносно лазерного випромінювання, після чого деталь охолоджують, який відрізняється тим, що нагрів

здійснюють до температури 900-1000 °С, деталь переміщують паралельно відносно лазерного випромінювання, а швидкість нагріву обчислюють за співвідношенням

$V_{\text{нагріву}} = -1551349 + 4113706 \cdot C - 76389 \cdot 3$
 $Cr + 302624 \cdot 7 \quad W - 35230 \cdot 88 \quad Mo - 1956628$
 $V + 131285200 \quad Co + 234095 \cdot 5 \quad C \cdot Cr - 390876 \cdot C$
 $\cdot W + 3883 \cdot 989 \quad C \cdot Mo + 268998 \cdot 1 \quad C \cdot V - 130915400$
 $CxCo + 88196 \cdot 85 \quad Cr \cdot W - 94751 \cdot 3 \quad Cr \cdot Mo + 317789 \cdot 7$
 $Cr \cdot V - 7686324 \cdot Cr \cdot Co + 3461 \cdot 478 \quad W \cdot Mo + 125488 \cdot 3$
 $W \cdot V - 939403 \cdot 4 \quad W \cdot Co + 156512 \cdot 7 \quad Mo \cdot V - 2427376$
 $Mo \cdot Co - 3517368 \cdot C^2 + 9130125 \quad Cr^2 + 11345 \cdot 55$
 $W^2 + 1289 \cdot 75 \quad Mo^2 - 4758510000 \cdot Co^2,$

де

$V_{\text{нагріву}}$ – швидкість нагріву, К/с,

C, Cr, W, Mo, V, Co – процентний вміст елементів в сталях та сплавах, %, -1551349, 4113706 і т.д. – емпіричні коефіцієнти, які враховують вплив елементів на швидкість нагріву, К/с

Винахід відноситься до технології машинобудівництва і може бути використаний при обробці металу лазерним променем, зокрема при лазерній обробці виробів з інструментальних та теплостійких сталей та сплавів

Відоме паралельне лазерне зварювання, згідно якому лазерний промінь подається до місця зіткнення кромок смуги і перетворюється повністю в енергію розплаву, не утворюючи при цьому викидаєму лазером плазми. Легуючі елементи зварюємої сталі під час процесу не оплавляються, і зона шва представляє собою гомогенну структуру, яка після відповідної термічної обробки не відрізняється від основної заготовки. (Науково-технічний симпозиум Хеш АГ м. Москва 12-13 грудня 1988 року, стор. 35-39). У вказаній технології не конкретизуються режими нагріву, зокрема швидкість нагріву

Найбільш близьким по технічній суті до заявляемого способу є спосіб лазерної обробки деталей з жароміцних матеріалів, при якому здійснюють нагрів деталей, дозовану подачу порошкового матеріалу, переміщення деталей відносно лазер-

ного випромінювання та її охолодження. В зазначеному способі нагрів деталі здійснюють під час всього циклу обробки до 700-800 °С (Патент Російської Федерації №2058871, В 23 К 26/00 Бюл. №12 1996)

В відомому способі обробки деталей з жароміцних матеріалів нагрів деталей ведеться без врахування впливу основних легуючих елементів на швидкість нагріву, а також те, що температура нагріву виробу являється недостатньою для здійснення процесу паралельного лазерного зварювання

В основу винаходу поставлена задача поліпшення способу обробки виробів з інструментальних та теплостійких сталей та сплавів шляхом підвищення температури нагріву до 900-1000 °С і встановлення швидкості нагріву, яка враховує хімічний склад оброблюємих сталей та сплавів, що приводить до одержання нового технічного результату, а саме, виключення недогріву або перегріву металу в зоні зварювання, при цьому легуючі елементи будуть рівномірно розподілені в об'ємі зварюємого металу, а також ефекту трансформаци-

(13) C2

(11) 52766

(19) UA

літного плавлення, при якому отримується рівномірна структура в цілому і рівномірний розподіл легуючих елементів в структурі за рахунок того, що плавлення здійснюється не по зернограничній евтектиці, а по всьому об'єму (безвідносно до границь зерен). Все це в кінцевому результаті дає змогу отримати більш високі механічні властивості в зоні зварного з'єднання, повністю виключити виникнення тріщин, збільшити ресурс роботи виробів та розширити область впровадження лазерної технології до виробництва більш відповідальних деталей.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі лазерної обробки тонкостінних виробів з інструментальних та теплостійких сталей та сплавів, при якому здійснюється нагрів виробу на протязі усього циклу обробки, переміщення їх відносно лазерного випромінювання та їх охолодження, нагрів ведеться до 900-1000°C зі швидкістю нагріву (V нагріву), визначеною з співвідношення

$$V \text{ нагріву} = -1551349 + 4113706 C - 763893 Cr + 3026247 W -$$

$$-3523088 Mo - 1956628 V + 131285200 Co + 2340955 C \cdot Cr -$$

$$-390876 C \cdot W + 3883989 C Mo + 2689981 C - V - 130915400 C \times$$

$$\times Co + 8819685 Cr \cdot W - 947513 Cr \cdot Mo + 3177897 Cr \cdot V -$$

$$-7686324 Cr \cdot Co + 3461478 W \cdot Mo + 1254883 W \cdot V -$$

$$9394034 W \cdot Co + 1565127 Mo \cdot V - 2427376 Mo \cdot Co -$$

$$-3517368 C^2 + 9130125 Cr^2 + 1134555 W^2 + 128975 Mo^2 -$$

$$-4758510000 Co^2$$

де C, Cr, W, Mo, V, Co - процентний вміст елементів в сталях та сплавах, %

-1551349, 4113760 і т.д. - емпіричні коефіцієнти, які враховують вплив елементів на швидкість нагріву, К/с

Отримана розрахункова формула дає змогу точно визначити швидкість нагріву, необхідну і достатню для досягнення ефекту транскристалітного плавлення для інструментальних та теплостійких сталей та сплавів в залежності від вмісту легуючих елементів. В формулі враховані найбільш типові легуючі елементи для інструментальних та теплостійких сталей та сплавів, які мають найбільший вплив на швидкість нагріву. Формула визначена не із відомих співвідношень

$$V \text{ нагріву} = -1551349 + 4113706 C - 763893 Cr + 3026247 W -$$

$$-3523088 Mo - 1956628 V + 131285200 Co + 2340955 C \cdot Cr -$$

$$-390876 C \cdot W + 3883989 C Mo + 2689981 C - V - 130915400 C \times$$

$$\times Co + 8819685 Cr \cdot W - 947513 Cr \cdot Mo + 3177897 Cr \cdot V -$$

$$-7686324 Cr \cdot Co + 3461478 W \cdot Mo + 1254883 W \cdot V -$$

$$-9394034 W \cdot Co + 1565127 Mo \cdot V - 2427376 Mo \cdot Co -$$

$$-3517368 C^2 + 9130125 Cr^2 + 1134555 W^2 + 128975 Mo^2 -$$

$$-4758510000 Co^2$$

де C, Cr, W, Mo, V, Co - процентний вміст елементів в сталях та сплавах, %

-1551349, 4113760 і т.д. - емпіричні коефіцієнти, які враховують вплив елементів на швидкість нагріву, К/с

Ознакою, загальною для заявляемого способу і прототипу, є нагрів виробів на протязі всього циклу, переміщення їх відносно лазерного випромінювання та їх охолодження

Відмінними ознаками являються температура нагріву до 900 - 1000°C і швидкість нагріву (V нагріву), яка визначається із співвідношення

$$V \text{ нагріву} = -1551349 + 4113706 C - 763893 Cr + 3026247 W -$$

$$-3523088 Mo - 1956628 V + 131285200 Co + 2340955 C \cdot Cr -$$

$$-390876 C \cdot W + 3883989 C Mo + 2689981 C - V - 130915400 C \times$$

$$\times Co + 8819685 Cr \cdot W - 947513 Cr \cdot Mo + 3177897 Cr \cdot V -$$

$$-7686324 Cr \cdot Co + 3461478 W \cdot Mo + 1254883 W \cdot V -$$

$$-9394034 W \cdot Co + 1565127 Mo \cdot V - 2427376 Mo \cdot Co -$$

$$-3517368 C^2 + 9130125 Cr^2 + 1134555 W^2 + 128975 Mo^2 -$$

$$-4758510000 Co^2$$

де C, Cr, W, Mo, V, Co - процентний вміст елементів в

сталях та сплавах, %

-1551349, 4113760 і т.д. - емпіричні коефіцієнти, які враховують вплив елементів на швидкість нагріву, К/с. Слід відзначити, що винахід відноситься до сталей та сплавів, притерплюють при твердінні перитектичне перетворення

По маючимся у автора та заявника відомостям, пропонуєма сукупність ознак, характеризуючих сутність винаходу не відома із рівня техніки. Отже, винахід відповідає критерію "новизна".

Приклад. Для обробки поверхні була вибрана сталь Р6АМ5 у вигляді шліфованих стержнів діаметром 8мм. Обробка здійснювалася при допомозі газового лазера потужністю 1 кВт з системою сканування променя, його фокусування та поляризації фірми "Хеш АГ".

При оптимальному значенні погонної енергії обробки, яка забезпечувала обчислену по пропонуємі формулі швидкість нагріву, на поверхні стержнів спостерігався безструктурний прошарок товщиною до 5мкм підвищеної твердості (до 73 HRC), який представляв собою продукти кристалізації рідкої фази, яка утворюється в результаті транскристалітного плавлення металооснови.

При збільшенні погонної енергії зварювання спостерігалися виражені відмаштеттові структури, а також випаровування і порушення геометричних розмірів металооснови.

При більш низьких швидкостях нагріву здійснювалося зернограничне оплавлення сталі зі зміною її геометричних розмірів та окрихчення поверхні за рахунок утворення великих спеціальних карбідів в процесі твердіння.

Швидкість нагріву визначалась розрахунковим шляхом, виходячи з погонної енергії зварювання енергетичного впливу, по результатам експериме-

нтальних досліджень конічних зразків на установці зверхшвидкого нагріву прямим пропусканням току, яка споряджена безінерційним електронним ав-

томатичним пірометром

Параметри експериментів заявленого способу та прототипу подаються в таблиці

Таблиця

Параметри експериментів заявленого способу та прототипу

Режим та результати обробки	Прототип (патент РФ №2058871)	Заявлений спосіб
Потужність Випромінювання, кВт	1 5	1
Частота сканування Променя, Гц	250	250
Фокусна відстань, мм	10	10
Розмір променя, мм × мм	3,5 × 1,5	3,5 × 1,5
Направлення лазерного променя	Перпендикулярно	Паралельно
Температура нагріву, °C	700 - 800°C	900 - 1000°C
Швидкість нагріву, K/c		По запропонованій формулі
Можливість недогріву чи перегріву	Данні відсутні	Можливість недогріву чи перегріву металу не допускається
Механічні характеристики шву	Данні відсутні	$\sigma_b = 810 \text{ МПа}$ $\delta = 14\%$

Приклад практичного застосування Формули для обчислення швидкості нагріву

1 Сталь Р6М5

Вміст легуючих елементів в даній сталі хрому - 3,8 %, вольфраму - 5,5%, молібдену - 5,0%, ванадію - 2,3% Вміст вуглецю - 0,82%

Під час експериментів було отримане наступне значення швидкості нагріву, необхідної та достатньої, для досягнення ефекту предсолидусного плавлення 90562K/c

Підраховане значення даної величини при допомозі заявленої формули склало 90462,42K/c

Порівняння вищезазначених величин дає можливість зробити висновок про те, що заявлена формула дозволяє отримати достатньо точне значення необхідної швидкості нагріву для досягнення ефекту предсолидусного плавлення

Приклад розрахунку

$V_{\text{нагріву}} = -1551349 + 4113706 \cdot 0,82 - 76389 \cdot 3,8 + 302624 \cdot 7 \cdot 5,5 -$

$- 35230,88 \cdot 5,0 - 1956628 \cdot 2,3 + 131285200 \cdot 0,0 + 234095,5 \cdot 0,82 \cdot 3,8 -$

$- 390876 \cdot 0,82 \cdot 5,5 + 3883,989 \cdot 0,82 \cdot 5,0 + 268998,1 \cdot 0,82 \cdot 2,3 -$

$- 130915400 \cdot 0,82 \cdot 0 + 88196,85 \cdot 3,8 \cdot 5,5 - 94751,3 \cdot 3,8 \cdot 5,0 +$

$+ 317789,7 \cdot 3,8 \cdot 2,3 - 7686324 \cdot 3,8 \cdot 0 + 3461,478 \cdot 5,5 \cdot 5,0 +$

$+ 125488,3 \cdot 5,5 \cdot 2,3 - 939403,4 \cdot 5,5 \cdot 0 + 156512,7 \cdot 5,0 \cdot 2,3 -$

$- 2427376 \cdot 5,0 \cdot 0 - 3517368 \cdot 0,6724 + 9130125 \cdot 14,44 +$

$+ 11345,55 \cdot 30,25 + 1289,75 \cdot 25 - 758510000 \cdot 0 = 90462,42K/c$

2 Сталь Р6М5К5

Вміст легуючих елементів в сталі хрому - 3,8%, вольфраму - 5,7%, молібдену - 4,8%, ванадію - 1,7%, кобальту - 4,7% Вміст вуглецю - 0,84%

Експериментальна швидкість нагріву, необхідна і достатня, для досягнення ефекту предсолидусного плавлення 159065 K/c

Обчислене за допомогою заявленої формули значення швидкості нагріву 159069,6 K/c

Приклад розрахунку

$V_{\text{нагріву}} = -1551349 + 4113706 \cdot 0,84 - 76389 \cdot 3,8 + 302624 \cdot 7 \cdot 5,7 -$

$- 35230,88 \cdot 4,8 - 1956628 \cdot 1,7 + 131285200 \cdot 4,7 + 234095,5 \cdot 0,84 \cdot 3,8 -$

$- 390876 \cdot 0,84 \cdot 5,7 + 3883,989 \cdot 0,84 \cdot 4,8 + 268998,1 \cdot 0,84 \cdot 1,7 -$

$- 130915400 \cdot 0,84 \cdot 4,7 + 88196,85 \cdot 3,8 \cdot 5,7 - 94751,3 \cdot 3,8 \cdot 4,8 +$

$+ 317789,7 \cdot 3,8 \cdot 1,7 - 7686324 \cdot 3,8 \cdot 4,7 + 3461,478 \cdot 5,7 \cdot 4,8 +$

$+ 125488,3 \cdot 5,7 \cdot 1,7 - 939403,4 \cdot 5,7 \cdot 4,7 + 156512,7 \cdot 4,8 \cdot 1,7 -$

$- 2427376 \cdot 4,8 \cdot 4,7 - 3517368 \cdot 0,7056 + 9130125 \cdot 14,44 +$

$+ 11345,55 \cdot 32,49 + 1289,75 \cdot 23,04 - 4758510000 \cdot 22,09 = 159069,6K/c$

Сутність винаходу, що заявляється, не слід

явним чином з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, які характеризують відоме рішення не забезпечує досягнення нових якостей і тільки наявність перерахованих відмінних ознак дає змогу отримати нові якості, новий, більш високий технічний результат. Таким чином, запропонований матеріал відповідає критерію "винахідницький рівень".

Заявлений спосіб забезпечує одержання більш високого технічного результату і призначається перш за все для лазерної обробки тонкостінних виробів з теплостійких та інструментальних сплавів та сталей.

Експериментальні дослідження, які проведені на дослідному устаткуванні лабораторії дослідження сталей та сплавів кафедри металознавства Національної металургійної академії України дозволяють зробити висновок про можливість широкого застосування в промислових умовах. Отже, спосіб, який заявляється відповідає критерію "промислова придатність".

