



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **47368** (13) **U**
(51) МПК (2009)
B23K 20/14МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ**

1

2

(21) u200909042

(22) 31.08.2009

(24) 25.01.2010

(46) 25.01.2010, Бюл.№ 2, 2010 р.

(72) КОВАЛЬ МИКОЛАЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ІВАНОВ
ЮРІЙ ФЕДОРОВИЧ, КВАСНИЦЬКИЙ ВІКТОР ВЯ-
ЧЕСЛАВОВИЧ, КВАСНИЦЬКИЙ ВЯЧЕСЛАВ ФЕ-
ДОРОВИЧ, МАРКАШОВА ЛЮДМИЛА ІВАНІВНА,
МАТВІЄНКО МАКСИМ ВАЛЕНТИНОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

(57) 1. Спосіб дифузійного зварювання металів, що включає нагрівання з'єднуваних деталей до температури зварювання, їх стиснення і витримку при заданих умовах, який **відрізняється** тим, що з'єднані поверхні попередньо обробляють високострумовим імпульсним електронним пучком.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що щільність потужності електронного пучка вибирають з урахуванням властивостей з'єднуваних матеріалів та бажаної глибини модифікування.

Корисна модель належить до галузі зварювання матеріалів, зокрема до технології виготовлення конструкцій з нероз'ємними з'єднаннями тиском, а саме дифузійним зварюванням металів, і може знайти застосування в машинобудівній, авіакосмічній, приладобудівній галузях тощо.

Відомо про спосіб підготовки заготовок для дифузійного зварювання різнорідних металів, при якому контактуючі поверхні, на яких зроблені виступи та западини, що чергуються, встановлені з кутовим зміщенням вершин виступів відносно один одного. [Патент РФ №2243872 Заготовка для дифузійної сварки разнородных металлов. Гордо В.П., Елкин В.Н., МПК B23K20/14, опубл. 10.01.2005 Бюл. №1]. Вказаний спосіб не забезпечує високу якість зварювання по всій поверхні внаслідок складності забезпечення рівномірності пластичної деформації.

Відомо про спосіб дифузійного зварювання, при якому у процесі підготовки деталей, що зварюються, на поверхні однієї з деталей, що з'єднуються, створюють стискаючі однорідні внутрішні напруження, а на поверхні іншої деталі, що з'єднується, створюють однакові розтягуючі внутрішні напруження [А.с. СССР №1260145, Спосіб сварки разнородных материалов. П.К. Янышев, МПК B23K20/14, опубл. 30.09.1986. Бюл. №36]. В цьому способі дифузійного зварювання внаслідок ускладнення процесу механічної підготовки поверхонь, що з'єднуються, не забезпечується гарантована висока якість зварювання по всій поверхні.

Найбільш близьким за технічною сутністю є

спосіб дифузійного зварювання виробів, що мають полку та стінку, при якому на одній із з'єднуваних поверхонь роблять зону вільної деформації у вигляді макровиступів, а на іншій роблять виступ, нагрівають елементи, що з'єднуються, електронним променем малої потужності, здійснюють додатковий нагрів виступу до температури зварювання, підвищуючи потужність електронного променя, додають стискувальне зусилля, при якому макровиступи вдавлюються на 1,0-1,5 їх висоти у виступ, знижують стискувальне зусилля і здійснюють ізотермічну витримку [Патент РФ №2164462. Спосіб дифузійної сварки двух элементов. И.И. Столяров, В.А. Рогожин, МПК B23K20/14, опубл. 27.03.2001]. Вказаний спосіб не забезпечує високу якість зварювання внаслідок складності забезпечення необхідного рівня стискувального зусилля по всій з'єднуваній поверхні, призводить до значних зварювальних деформацій, ускладнено процес механічної підготовки поверхонь, що з'єднуються, має вузьке коло можливого використання способу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу дифузійного зварювання матеріалів, у якому нова сукупність дій дозволила забезпечити високу якість зварювання за рахунок підготовки поверхні на рівні полірування, утворення нано- та субмікрокристалізаційної структури у зоні з'єднання та інтенсифікації термодетормічних процесів.

Вирішується задача тим, що у способі дифузійного зварювання металів, який включає в себе

(13) **U**
(11) **47368**
(19) **UA**

нагрів з'єднаних деталей до температури зварювання, їх стиснення і витримку при заданих умовах зварювання, згідно з пропозицією попередньо з'єднані поверхні обробляють високострумовим імпульсним електронним пучком.

Електронний пучок має щільність енергії від 10 Дж/см^2 до 35 Дж/см^2 та тривалість імпульсу від 50 мкс до 150 мкс залежно від властивостей з'єднаних матеріалів та від бажаної глибини модифікування. При обробці поверхні електронним пучком за рахунок гальмування в приповерхневому шарі високошвидкісних електронів, що мають високу кінетичну енергію, інтенсивний розігрів тонкого поверхневого шару (аж до температури плавлення і кипіння) за рахунок перетворення більшої частки кінетичної енергії електронів в теплову. Внаслідок надвисоких швидкостей нагрівання та охолодження відбувається подрібнення зерен матеріалу приповерхневого шару з утворенням субмікрокристалічної нерівноважної структури з високою щільністю дефектів, насамперед дислокацій, та збільшення сумарної площі границь зерен. Глибину модифікованого шару, що напряму залежить від стану початкової поверхні і режимів обробки, можливо змінювати від декількох мікрметрів до 20 мкм . Внаслідок опромінення поверхні висококонцентрованим імпульсним електронним пучком в поверхневих шарах формується напружений стан та нерівноважна нано- і субмікрокристалічна структура, що сприяє інтенсифікації розвитку пластичних деформацій та інтенсифікації дифузійного зварювання, що в свою чергу сприяє підвищенню якості зварного з'єднання.

Для пояснення суті способу наведені такі малюнки:

Фіг.1 - вигляд поверхні армо-заліза після обробки високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 100$);

Фіг.2 - косий шліф мікроструктури поверхневого шару армо-заліза після обробки поверхонь високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 320$);

Фіг.3 - вигляд поверхні сталі 12X18H10T після обробки високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 100$);

Фіг.4 - мікроструктура зварного з'єднання армо-заліза і сталі 12X18H10T після обробки обох поверхонь високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 400$);

Фіг.5 - мікроструктура зварного з'єднання армо-заліза і сталі 12X18H10T, виготовленого за технологією аналогу ($\times 400$);

Фіг.6 - вигляд поверхні сплаву ЧС-88 після обробки високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 250$);

Фіг.7 - мікроструктура зварного з'єднання сплаву ЧС-88 після обробки обох поверхонь високострумовим імпульсним електронним пучком ($\times 400$);

Фіг.8 - мікроструктура зварного з'єднання сплаву ЧС-88, виготовленого за технологією аналогу ($\times 400$);

Здійснення способу дифузійного зварювання показано на наступних прикладах.

Приклад перший.

Проводили дифузійне зварювання деталі, виготовленої з армо-заліза і деталі зі сталі 12X18H10T. Поверхні з'єднаних матеріалів після обробки на токарному верстаті обробляли високострумовим імпульсним електронним пучком за режимами: $E_s = 20 \text{ Дж/см}^2$, $\tau = 100 \text{ мкс}$, кількість імпульсів $n = 5$. Це забезпечило чистоту поверхні не гіршу ніж полірування ($R_z = 0,3 \text{ мкм}$) та субмікрокристалічну структуру. Вигляд обробленої поверхні армо-заліза показано на Фіг.1, а косий шліф мікроструктури поверхневого шару армо-заліза на Фіг.2. Вигляд обробленої поверхні сталі 12X18H10T показано на Фіг.3. Деталі встановлювали в зварювальну камеру установки дифузійного зварювання і після досягнення вакууму 10^{-2} Па нагрівали до температури $T_1 = 1050^\circ \text{C}$ і стискували постійним зусиллям, яке забезпечує тиск $P_{зв} = 15,0 \text{ МПа}$. При даній температурі витримували деталі протягом 720 с , після чого охолоджували у вакуумній камері. Механічні випробування зварних з'єднань показали стабільні результати по міцності (не менші міцності армо-заліза). Границя міцності при розтягуванні складала не менше $\sigma_b = 390 \text{ МПа}$. Руйнування відбувалося по армо-залізу. Вивчення мікроструктури (Фіг.4) показало, що в зоні з'єднання утворюються загальні зерна. Це говорить про високу якість з'єднання. Для порівняння здійснювали зварювання за схемою прототипу при наступних параметрах: температура $T = 1050^\circ \text{C}$, стискувальне зусилля, що забезпечує тиск $P_{зв} = 15-20,0 \text{ МПа}$, час зварювання $t = 720-900 \text{ с}$. Механічні випробування зварних з'єднань показали, що границя міцності при розтягуванні складала $\sigma_b = 230 \dots 310 \text{ МПа}$. Руйнування відбувалося по зварному шву. Вивчення мікроструктури (Фіг.5) показало, що по стику проходить чітко орієнтована межа, по якій і відбувається руйнування. Зіставлення об'ємних доль загальних зерен на межі розділу в з'єднанні оброблених поверхонь високострумовим імпульсним електронним пучком збільшується більш ніж на півтора порядки в порівнянні із з'єднанням полірованих поверхонь.

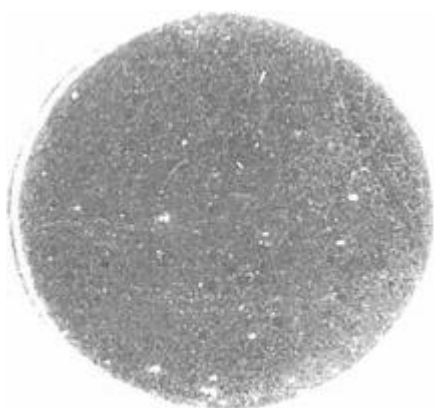
Приклад другий.

Проводили дифузійне зварювання деталі, виготовленої зі сплаву ЧС-88. З'єднані поверхні обробляли високострумовим імпульсним електронним пучком за режимом $E_s = 25 \text{ Дж/см}^2$, $\tau = 100 \text{ мкс}$, кількість імпульсів $n = 5$. Вигляд обробленої поверхні ЧС-88 показано на Фіг.6. Деталі встановлювали в зварювальну камеру установки дифузійного зварювання і після досягнення вакууму 10^{-2} Па нагрівали до температури $T_1 = 1150^\circ \text{C}$ і стискували постійним зусиллям, яке забезпечує тиск $P_{зв} = 25,0 \text{ МПа}$. При даній температурі витримували деталі протягом 720 с , після чого охолоджували у вакуумній камері. Механічні випробування зварних з'єднань показали стабільні результати по міцності. Границя міцності при розтягуванні була на рівні основного металу ($\sigma_b = 820 \dots 880 \text{ МПа}$). Вивчення мікроструктури (Фіг.7) показало високу якість з'єднання, оскільки в зоні стику відбувається рекристалізація з утворенням спільних зерен. Для порівняння здійснювали зварювання за схемою прототипу при наступних параметрах: температура $T = 1150^\circ \text{C}$, стискувальне зусилля, що забезпе-

чує тиск $P_{зв}=25,0\text{МПа}$, час зварювання $t=720\text{с}$. Механічні випробування зварних з'єднань показали, що границя міцності при розтягуванні складала $\sigma_B=670\dots700\text{МПа}$. Руйнування відбувалося по стику. Вивчення мікроструктури (Фіг.8) показало чітко орієнтовану межу зерен по стику, що і призводить до руйнування з'єднання по стику.

Використання корисної моделі в порівнянні з відомим способом дозволяє підвищити якість з'єд-

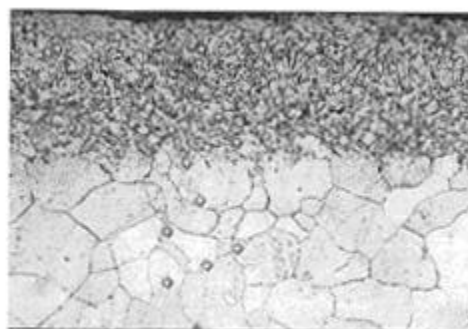
нань за рахунок інтенсифікації процесу дифузійного зварювання, забезпечення міцності зварного з'єднання на рівні основного або менш міцного металу, зниження величини зварювальних деформацій шляхом зосередження деформацій в зоні контакту. При цьому відсутня необхідність у застосуванні додаткового устаткування у процесі зварювання, а також можливо з'єднувати деталі різноманітної форми.



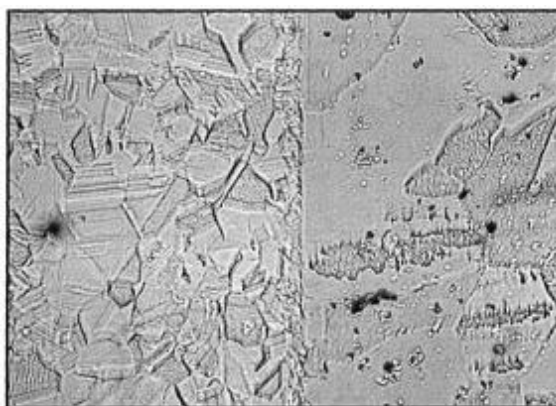
Фіг. 1



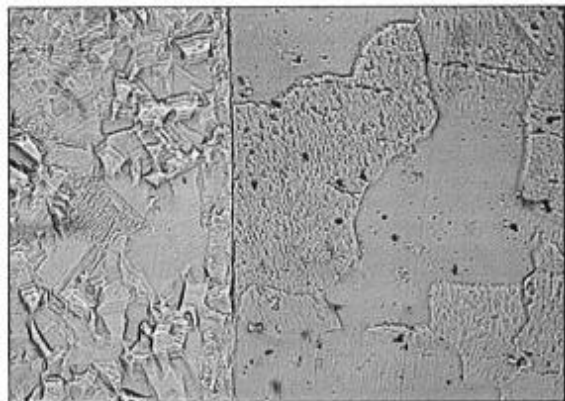
Фіг. 3



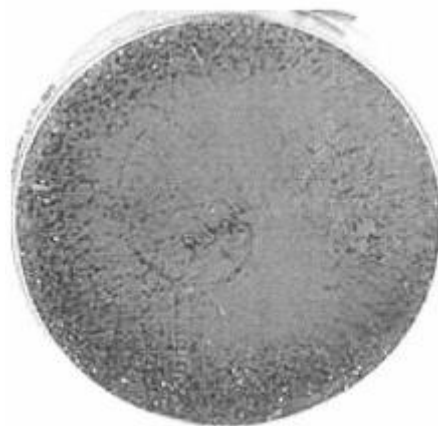
Фіг. 2



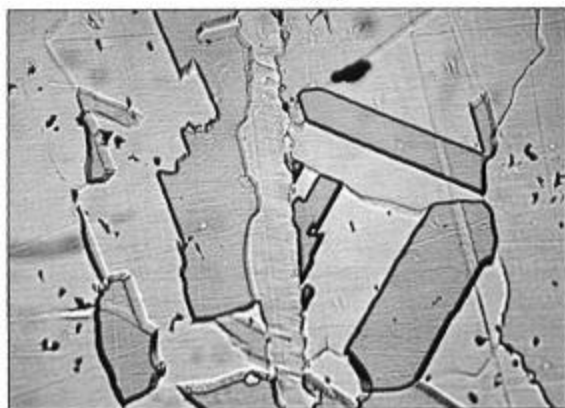
Фіг. 4



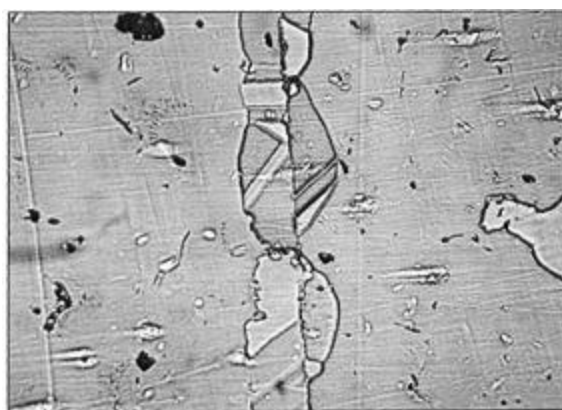
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8