



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81583 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
B23K 20/14МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

1

2

(21) а200612253

(22) 21.11.2006

(24) 10.01.2008

(72) КВАСНИЦЬКИЙ ВІКТОР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ,  
UA, МАТВІЄНКО МАКСИМ ВАЛЕНТИНОВИЧ, UA,  
ЕРМОЛАЄВ ГЕННАДІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA,  
КВАСНИЦЬКИЙ В'ЯЧЕСЛАВ ФЕДОРОВИЧ, UA,  
БУГАСЬКО БОРИС ВАСИЛЬОВИЧ, UA,  
ВОЛОШИН ВАЛЕРІЙ ЮРІЙОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА  
МАКАРОВА, UA(56) SU 998058, 23.02.1983  
SU 1260145 A1, 30.09.1986RU 2167749 C2, 10.04.2001  
RU 2164462 C2, 10.04.2001(57) Спосіб дифузійного зварювання матеріалів,  
що включає в себе нагрів з'єднуваних деталей до  
температури зварювання, їх стиснення і витримку  
при заданих умовах, який відрізняється тим, що в  
процесі зварювання створюють циклічне зниження  
та підвищення температури.1. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що  
кількість циклічних знижень та підвищень  
температури, а також кількісний розмір циклування  
вибирають в залежності від механічних  
властивостей з'єднуваних матеріалів при  
температурі зварювання та від чистоти підготовки  
з'єднуваних поверхонь.

2.

Винахід відноситься до зварювання, зокрема до технології виготовлення конструкцій з нероз'ємними з'єднаннями тиском, а саме дифузійним зварюванням металів і сплавів, і може знайти застосування в машинобудівній, авіакосмічній, приладобудівній галузях тощо.

Відомо про спосіб дифузійного зварювання, при якому в процесі зварювання одночасно зі стисканням на деталі, що зварюються, передають механічні коливання [А. с. СССР №998058, Спосіб диффузионной сварки, О.Н. Крюков, В.И. Беляков]. Цей спосіб дифузійного зварювання потребує застосування додаткового устаткування для створення механічних коливань.

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]. В цьому способі дифузійного зварювання ускладнено процес механічної підготовки поверхонь, що з'єднуються.

Найбільш близьким по технічній сутності є спосіб дифузійного зварювання виробів, що мають полку та стінку, при якому стискувальне зусилля додають перпендикулярно до поверхні

контакту матеріалів, нагрівають елементи, що з'єднуються, до температури зварювання і здійснюють ізотермічну витримку, а в процесі пластичної деформації поверхонь, що зварюються, зміщують один з елементів на величину пластичної деформації [Патент РФ № 2167749 Спосіб диффузионной сварки двух элементов, И.И. Столяров, СВ. Цыпков]. Вказаний спосіб не забезпечує високу якість зварювання, внаслідок складності забезпечення рівномірного тиску по всій з'єднуваній поверхні, призводить до значних зварювальних деформацій, внаслідок неможливості зосередити деформації в зоні контакту, має вузьке коло можливого використання способу, потребує застосування додаткового устаткування для зміщення однієї з деталей.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити спосіб дифузійного зварювання матеріалів, у якому нова сукупність дій дозволила забезпечити інтенсифікацію термодеомаційних процесів у зоні з'єднання, завдяки чому підвищується якість зварювання.

Вирішується задача тим, що у способі дифузійного зварювання матеріалів, який включає в себе нагрів з'єднуваних деталей до температури зварювання, їх стиснення і витримку при заданих умовах зварювання, згідно з пропозицією створюють циклічне зниження та

(13) C2

(11) 81583

(19) UA

підвищення температури. Кількість циклічних знижень та підвищень температури, а також кількісний розмір циклування обирають в залежності від механічних властивостей з'єднуваних матеріалів при температурі зварювання та від чистоти підготовки з'єднуваних поверхонь.

При нагріванні стиснутих деталей, виготовлених з матеріалів, які мають різні теплові коефіцієнти лінійного розширення (ТКЛР), на поверхні контакту деталі з більшим ТКЛР виникають стискаючі напруження, а на поверхні контакту деталі з меншим ТКЛР виникають розтягуючі напруження. При охолодженні цих деталей, на поверхні контакту деталі з більшим ТКЛР виникають розтягуючі напруження, а на поверхні контакту деталі з меншим ТКЛР виникають стискаючі напруження. При досягненні цими напруженнями величини границі текучості матеріалу, як при нагріванні так і при охолодженні, виникає зм'яття існуючих мікронерівностей з'єднуваних поверхонь, внаслідок чого збільшується фактична площа контакту деталей. Завдяки збільшенню

фактичної площі контакту процеси дифузії йдуть з більшою інтенсивністю, що забезпечує отримання високоякісного, бездефектного зварного з'єднання.

Для пояснення суті способу наведені такі рисунки:

фігура 1 - схема з'єднання деталей при зварюванні армко-заліза (1) зі сталлю 12Х18Н9Т (2);

фігура 2 - залежність температури від часу при зварюванні армко-заліза зі сталлю 12Х18Н9Т;

фігура 3 - мікроструктура зварного з'єднання армко-заліза і сталі 12Х18Н9Т (х250);

фігура 4 - схема з'єднання деталей при зварюванні міді М1 (1) з армко-залізом (2);

фігура 5 - залежність температури від часу при зварюванні міді М1 і армко-заліза;

фігура 6 - мікроструктура зварного з'єднання міді М1 і армко-заліза (х250).

Здійснення способу дифузійного зварювання показано на наступному прикладі. Проводили дифузійне зварювання деталі, виготовленої з армко-заліза (1) і деталі (2) зі сталі 12Х18Н9Т (фіг.1). Деталі встановлювали в зварювальну камеру установки дифузійного зварювання і після досягнення вакууму  $10^{-4}$  мм.рт.ст. нагрівали до температури  $T_1=1000^{\circ}\text{C}$  і стискували постійним зусиллям, яке забезпечує тиск  $P_{зв}=15,0\text{МПа}$ . Потім знижували температуру до  $T_2=800^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю  $2^{\circ}\text{C}/\text{с}$ . По досягненні  $T_2$  підвищували температуру з тією ж швидкістю до  $T_1$  і так три цикли (фіг.2). В останньому циклі нагрівали деталі до температури  $T_3 = 1050^{\circ}\text{C}$ . При даній температурі витримували деталі протягом 600 с, після чого охолоджували у вакуумній камері. Механічні випробування зварних з'єднань показали стабільні результати по міцності (не менші міцності армко-заліза). Границя міцності при розтягуванні складала не менше  $\sigma_b=390\text{МПа}$ . Руйнування відбувалося по армко-залізу. Вивчення мікроструктури показало

високу якість з'єднання (фіг.3). Для порівняння здійснювали зварювання за схемою прототипу при наступних параметрах: температура  $T=1050^{\circ}\text{C}$ , стискувальне зусилля, що забезпечує тиск  $P_{зв}=20,0\text{МПа}$ , час зварювання  $t=900\text{с}$ . Механічні випробування зварних з'єднань показали, що границя міцності при

розтягуванні складала  $\sigma_b = 230 \dots 310\text{МПа}$ . Руйнування відбувалося по зварному шву.

Проводили дифузійне зварювання деталі, виготовленої з міді М1 (1) і деталі (2) з армко-заліза (фіг.4). Деталі встановлювали в зварювальну камеру установки дифузійного зварювання і після досягнення вакууму  $10^{-4}$  мм.рт.ст. нагрівали до температури  $T_1=900^{\circ}\text{C}$  і стискували постійним зусиллям, яке забезпечує тиск  $P_{зв}=8,0\text{МПа}$ . Потім знижували температуру до  $T_2=500^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю  $2^{\circ}\text{C}/\text{с}$ . По досягненні  $T_2$  підвищували температуру з тією ж швидкістю до  $T_1$  і так три цикли (фіг.5). В останньому циклі нагрівали деталі до температури  $T_3 = 950^{\circ}\text{C}$ . При даній температурі витримували деталі протягом 700с, після чого охолоджували у вакуумній камері. Механічні випробування зварних з'єднань показали стабільні результати по міцності (не менші міцності міді М1). Границя міцності при

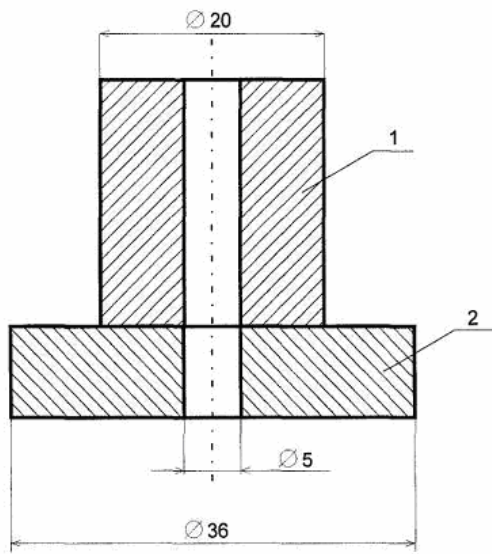
розтягуванні складала не менше  $\sigma_b = 240\text{МПа}$ . Руйнування відбувалося по міді М1. Вивчення мікроструктури показало високу якість з'єднання (фіг.6). Для порівняння здійснювали зварювання за схемою прототипу при наступних параметрах: температура  $T=1000^{\circ}\text{C}$ , стискувальне зусилля, що забезпечує тиск  $P_{зв}= 10,0\text{МПа}$ , час зварювання  $t=1000\text{с}$ . Механічні випробування зварних з'єднань показали, що границя міцності при розтягуванні складала  $\sigma_b = 110 \dots 180\text{МПа}$ . Руйнування відбувалося по зварному шву.

Використання винаходу в порівнянні з відомим способом дозволяє інтенсифікувати процес дифузійного зварювання, підвищити міцність зварного з'єднання на 5...15%, знизити величину зварювальних деформацій шляхом зосередження деформацій в зоні контакту, вибірково знизити один з параметрів зварювання (температуру, тиск, час) і підвищити якість зварювання. При цьому відсутня необхідність у застосуванні додаткового устаткування, а також можливо з'єднувати деталі різноманітної форми.

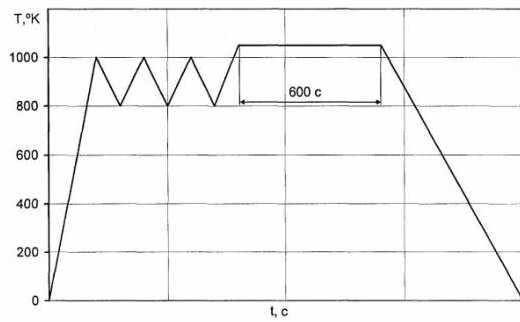
5

81583

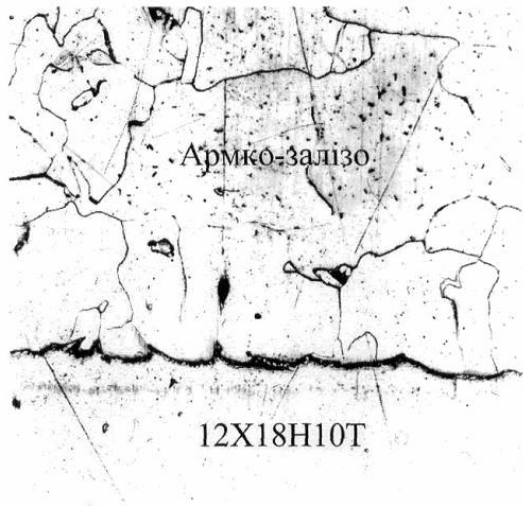
6



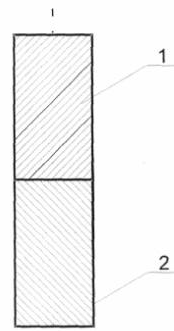
Фиг. 1



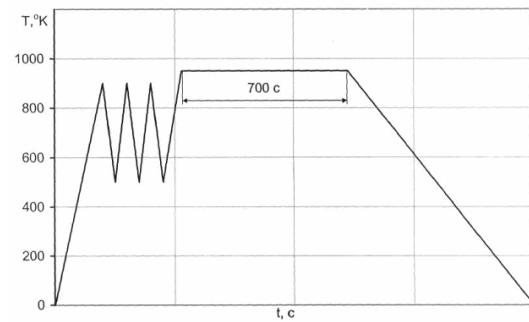
Фиг. 2



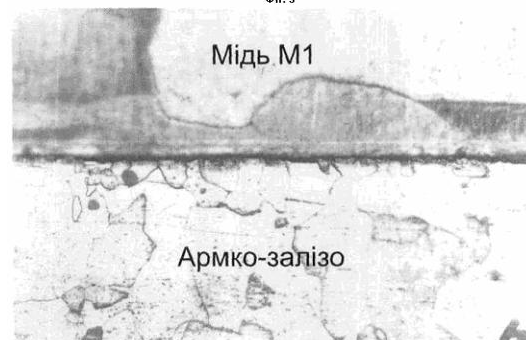
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6