



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54853 (13) A

(51) 7 B23K31/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

1

2

(21) 2002043523

(22) 26 04 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. № 3, 2003 р.

(72) Щетинін Сергій Вікторович

(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ(57) Спосіб електромагнітного зварювання, при  
якому з'єднання крайок здійснюється за рахунок  
виникнення електромагнітних сил тяжіння внаслідок

доку пропущення по крайках постійного струму однакового напрямку, який відрізняється тим, що крайки, які стикаються, розташовуються на початку стику в щільному контакті під гострим кутом, величину якого вибирають у залежності від величини зварювального струму відповідно до виразу

$$\alpha = (2,5-3,0) \cdot 10^{-5} I, \text{ град,}$$

де  $I$  - величина зварювального струму, що протікає по крайках

Винахід відноситься до області зварювання і може бути використаний при зварюванні стикових з'єднань, виготовленні труб для нафто- і газопровідних магістралей, у нафтохімічному і важкому машинобудуванні.

Електродугове зварювання засноване на розплавленні електричною дугою крайок, що зварюються, і створенні зварного з'єднання за рахунок виникнення міжатомних сил зв'язків при зближенні атомів на міжатомну відстань за рахунок злиптя розплавленого електродного й основного металу. При розплавленні крайок, що зварюються, відбуваються структурні і фазові перетворення, виникають зварювальні напружки, утворюються дефекти в зварних швах і навкопшовній зоні. Тому для забезпечення якісного формування зварних швів необхідно виключати нагрівання і розплавлення крайок, що зварюються.

Всі існуючі способи створення міцного зварного з'єднання засновані на збільшенні електромагнітного тиску за рахунок підвищення величини зварювального струму.

Відомий спосіб контактного зварювання [1], при якому по контактуючим крайках пропускають струм. У місці контакту крайок електричний опір максимальний, внаслідок чого відповідно до закону Джоуля-Ленца виділяється тепло, і крайки нагріваються до пластичного стану. Після цього прикладається механічний тиск, і забезпечується зближення атомів на міжатомну відстань.

Однак застосування контактної зварювання обмежено конструктивними особливостями процесу.

Відомий узятий за прототип спосіб електромагнітного зварювання [2], при якому з'єднання крайок виробляється за рахунок виникнення електромагнітних сил притягнення внаслідок пропущення по крайках постійного струму однакового напрямку величиною

$$I \geq 2 \cdot 10^{10} S \delta, \text{ А,}$$

де  $S$  - величина зазору між стикуємими крайками не більш  $4 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$

$l$  - довжина стикуємих крайок, м,

$\delta$  - товщина металу, що зварюється, м.

Однак розташування стикуємих крайок паралельно в безпосередньому контакті по всій довжині значно зменшує електромагнітний тиск, внаслідок збільшення площі, підвищує величину струму, необхідного для створення міцного зварного з'єднання, енергоємність процесу і знижує якість зварювання. В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб електромагнітного зварювання, у якому використання нових умов здійснення дій дозволить за рахунок збільшення електромагнітного тиску знизити енергоємність процесу, підвищити продуктивність, механічні властивості і якість зварних з'єднань.

Поставлена задача зважується за рахунок того, що при електромагнітному зварюванні, при якому з'єднання крайок виробляється за рахунок виникнення електромагнітних сил притягнення внаслідок пропущення по крайках постійного струму однакового напрямку, відповідно винаходу стикуємі крайки розташовуються на початку стику в щільному контакті під гострим кутом, величину

(13) A  
(11) 54853  
(19) UA

якого вибирають у залежності від величини зварювального струму відповідно до вираження  $\alpha = (2,5 - 3,0) \cdot 10^{-5} \text{I}$ , град ,

де I - величина зварювального струму, що протікає по крайках

Розташування стикуємих крайок під гострим кутом у пропонованому співвідношенні зі струмом, що протікає по пластинах, забезпечує підвищення електромагнітного тиску і механічних властивостей зварних з'єднань. Це є результатом того, що при розташуванні крайок під кутом у щільному контакті силові лінії електромагнітного поля, прагнучи пройти по шляху найменшого магнітного опору, концентруються в місці контакту крайок, що приводить до різкого збільшення індукції у квадратичній залежності електромагнітного тиску, що стає більше зусилля пластичної деформації. Крім того, електромагнітний тиск різко зростає внаслідок зменшення площі крайок, що знаходяться в контакті в процесі зварювання. Під дією електромагнітного тиску в місці контакту атоми зближаються на міжатомну відстань, унаслідок чого виникають міжатомні сили зв'язку. При цьому зменшується відстань між прилеглими атомами. Зі зменшенням відстані електромагнітні сили притягання зростають і на прилеглий ділянку стику також виникають міжатомні сили зв'язку. Цьому сприяє нерівномірне значення індукції в зазорі стику. Відповідно до максимуму індукції на початку зближаються на міжатомну відстань крайки на нижній поверхні. Потім, у міру зближення крайок відбувається контакт в області середини і верхньої поверхні металу. При цьому в кожен момент часу забезпечується максимальний електромагнітний тиск. Окисні плівки видавлюються і виводяться на поверхню, підготовляючи наступну область для електромагнітної взаємодії. Процес повторюється, і як би відбувається ланцюгова реакція. Місце електромагнітного зварювання переміщається по стикуємих крайках, поки не забезпечується одержання якісного зварного з'єднання всіх стикуємих крайок. У процесі переміщення місця зварювання по стикуємих крайках забезпечується створення міцного зварного з'єднання, у тому числі різнорідних металів з мінімальними, структурними і фазовими перетвореннями, а також мінімальними зварювальними деформаціями. Можливість з'єднання металів під дією електромагнітних сил притягання підтверджується електромагнітною природою сил міжатомної взаємодії.

Пропонований винахід заснований на ефективному способі впливу на якість зварних з'єднань за рахунок зміни електромагнітних сил і електромагнітного тиску зварювального струму шляхом розташування стикуємих крайок під гострим кутом. Отже, даний спосіб виявляє свої особливості - збільшення електромагнітних сил і електромагніт-

ного тиску тільки за певних умов, а саме, при розташуванні стикуємих крайок під гострим кутом у залежності від зварювального струму, що тече по стикуємих крайках  $\alpha = (2,5 - 3,0) \cdot 10^{-5} \text{I}$ , град. Виходить, ці умови є істотними. А розташування стикуємих крайок під гострим кутом у заявленій закономірності від зварювального струму, забезпечує збільшення електромагнітного тиску, зниження енергоємності процесу, підвищення продуктивності, механічних властивостей і якості зварних з'єднань.

При розташуванні стикуємих крайок під кутом величиною менше  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{I}$  електромагнітне поле розподіляється в зазорі стику рівномірно по всій довжині стикуємих крайок. Силові лінії не концентруються в місці контакту стикуємих крайок, тому електромагнітний тиск знижується, що приводить до порушення якості зварних з'єднань.

При розташуванні стикуємих крайок під кутом величиною більш  $3,0 \cdot 10^{-5} \text{I}$  зростає електромагнітний опір у зазорі стику і зменшується магнітний потік, що приводить до зниження індукції електромагнітного поля. У квадратичній залежності від індукції зменшується електромагнітний тиск, що приводить до порушення якості зварних з'єднань. Крім того, при збільшенні кута між стикуємих крайками збільшується необхідна величина зварювального струму, витрата електроенергії й енергоємність процесу.

Спосіб одностороннього зварювання пояснюється фігурою, де представлена схема здійснення способу. До пластин, що зварюються, підводяться токопводи. Стикуємі крайки в щільному контакті на початку розташовуються під гострим кутом (див. фіг.) у заявленій залежності від величини зварювального струму.

$\alpha = (2,5 - 3,0) \cdot 10^{-5} \text{I}$ , град ,

де I - величина зварювального струму, що протікає по крайках, А.

По стикуємих крайках пропускається постійний зварювальний струм однакового напрямку, і здійснюється процес електромагнітного зварювання.

Приклад. Вироблялося електромагнітне зварювання встик пластин розміром  $2,5 \times 100 \times 1000 \text{ мм}$  зі сталі 09Г2С, розташованих у щільному контакті під різним кутом між стикуємих крайками. Як джерело живлення використовували випрямляч для контактного зварювання МТВ-8002-1. Величину гострого кута між стикуємих крайками регулювали в межах  $0,3 - 3,0$  градуса. Результати проведених досліджень впливу величини кута між стикуємих крайками на енергоємність процесу, продуктивність, механічні властивості і якість зварних з'єднань представлені в таблиці.

Таблиця

Спосіб	Тимчасовий опір, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість $\text{кДж/м}^2$	Продуктивність, с	Потужність, кВт
Відомий Пат. 1706814	480	30	140	60,0	250,0
Пропонований. Величина кута між стикуємих крайками $\alpha = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{I} (0,7^\circ)$	490	31	150	30,0	200

Спосіб	Тимчасовий опір, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість кДж/м <sup>2</sup>	Продуктивність, с	Потужність, кВт
$\alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} I(0,4^\circ)$	500	32	160	30,0	200
$\alpha = 2,5 \cdot 10^{-5} I(0,5^\circ)$	520	33	170	30,0	200
$\alpha = 3,0 \cdot 10^{-5} I(0,6^\circ)$	520	33	170	30,0	200

У результаті проведених досліджень встановлено, що розташування стикуємих крайок на початку стику у щільному контакті під гострим кутом у залежності від величини зварювального струму зі співвідношенням  $\alpha = (2,5 - 3,0) \cdot 10^{-5} I$ , град., є оптимальним. Використання пропонованого способу в порівнянні з існуючими забезпечує наступні переваги:

концентрацію силових ліній електромагнітного поля в місці контакту крайок, що зварюються,

підвищення індукції й у квадратичній залежності електромагнітного тиску притягання, під дією якого забезпечується зближення атомів на між-атомну відстань,

якісне формування і поліпшення механічних властивостей зварних з'єднань,

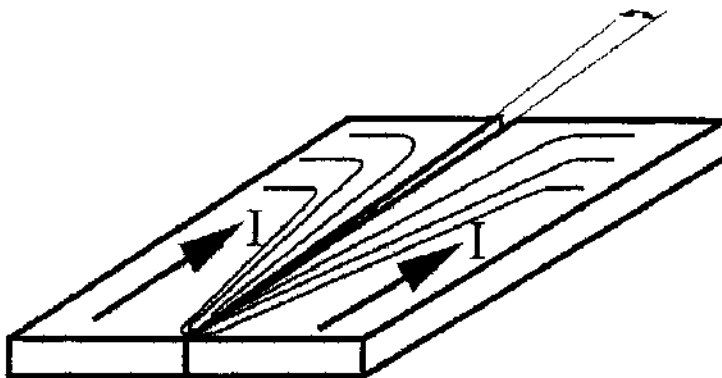
зниження витрати електроенергії й енергоємності процесу, підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкості процесу електромагнітного зварювання.

Упровадження пропонованого способу при зварюванні штрипсів у процесі виготовлення труб малого діаметра дозволяє забезпечити якісне формування зварних швів, зниження енергоємності процесу і собівартості, зменшення кількості відбракованих труб і збільшення виходу придатного

Література

- 1 Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов - М. Высшая школа, 1967 - 508с
- 2 Пат. 1706814 РФ, МКИ В 23 К 31/02 Способ сварки / В.И. Щетинина, С.В. Щетинин

$$\alpha = (2,5 - 3,0) 10^{-5} I$$



Фіг.