



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53564 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B23K 31/12  
B23K 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ

1

(21) u201004427  
(22) 16.04.2010  
(24) 11.10.2010  
(46) 11.10.2010, Бюл.№ 19, 2010 р.  
(72) БЕЛІНСЬКИЙ ВАДИМ АНАТОЛІЙОВИЧ, ГУЛІДА ВОЛОДИМИР ПАНТЕЛІЙОВИЧ, ГУЛІДА ЯРОСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

2

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "НОВОКРАМАТОРСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД"  
(57) Спосіб дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання, при якому випробуваний зразок піддають впливу зовнішніх сил, який відрізняється тим, що зразок одночасно піддають впливу стискувального і розтягуючого зусилля.

Корисна модель відноситься до галузі зварювання, а саме до методів дослідження властивостей зварного з'єднання в навколошовній зоні і металі шва в умовах електрошлакового зварювання (ЕШЗ).

Відомий спосіб дослідження властивостей зварного з'єднання при ЕШЗ, при якому зону шва виробу в процесі зварювання піддають впливу зовнішніх сил у поперечному напрямку [див. опис винаходу до авторського свідоцтва СРСР № 421910, В23К31/00, 1974 р.].

При проведенні досліджень в зварюваному виробі виконують наскрізні пази, перпендикулярні лінії шва. У ці пази встановлюють стандартні зразки врівень із кромками, що стикаються під зварювання. У процесі зварювання виробу, в міру заповнення проміжку між зварюваними кромками металевою ванною, зразки піддають впливу зовнішніх розтягуючих сил. Це дозволяє значно зменшити необхідну величину зовнішніх сил за рахунок прикладання їх до зразків, встановлених з умови їх вільного переміщення уздовж пазів під впливом зовнішніх сил при випробуваннях.

Однак використання цього способу для дослідження властивостей зварних з'єднань із застосуванням зразків зазначеної конструкції характеризується обмеженою областю використання, а також значними витратами металу і високою трудомісткістю механічної обробки.

Найбільш близьким за сукупністю суттєвих ознак є спосіб дослідження властивостей зварного з'єднання, переважно при ЕШЗ, в якому випробуваний зразок у процесі зварювання піддають впливу зовнішніх розтягуючих сил, спрямованих поперек осі шва і прикладаємих до зварюваних кромок вище рівня металевої ванни [див. опис

винаходу до авторського свідоцтва СРСР № 285747, В23К31/00, 1970 р.].

У процесі зварювання зразка частину шва, що закристалізовалась, надрізають у нижній його частині газовою різкою до місця, де метал ще не охолов і має значну пластичність. Потім зразок піддають впливу зовнішніх розтягуючих сил у поперечному напрямку.

Зазначений спосіб дозволяє зменшити необхідну для проведення випробувань величину зовнішніх сил, а також витрати металу і трудомісткість механічної обробки при проведенні досліджень.

Заявлений і відомий способи досліджень мають наступні подібні ознаки: спосіб дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання, при якому випробуваний зразок піддають впливу зовнішніх сил.

За сукупністю суттєвих ознак спосіб дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання є найбільш близьким аналогом (прототипом).

Недоліком даного способу дослідження є недостатня достовірність оцінки властивостей електрошлакового зварного з'єднання через обмежену область його застосування, тому як він призначений тільки для оцінки схильності металу шва до утворення гарячих тріщин.

Однак на практиці при оцінці технологічної зварюваності сталей виявляється вкрай важливим мати дані про стійкість проти утворення тріщин-надривів в навколошовній зоні основного металу. Так при промисловому освоєнні ЕШЗ великих виробів відповідального призначення з високоміцних хромонікельмолібденових сталей проявилась схильність до утворення навколошовних тріщин-надривів, наявність яких в зварному з'єднанні

(13) U  
(11) 53564  
(19) UA

вкрай небажана [див. Л.П. Ерегин, А.Е. Малай. Условия образования околошовных трещин-надрывов при электрошлаковой сварке хромоникельмолибденовых сталей. - Сварочное производство. - 1978 г. - №10. - с. 26-27].

При ЕШЗ метал шва, що кристалізується, зазнає деформації осідання й утворює жорстке з'єднання. У той же час в результаті нагрівання ще не заварених кромок відбувається їх поворот відносно рівня металевої ванни і наступний згин. При цьому максимальне значення згинального моменту створюється в ділянках навколошовної зони у лінії стоплення на рівні металевої ванни, викликаючи позовжню розтягувальну напругу, яка сприяє утворенню тріщин-надривів.

Відомі способи досліджень не дозволяють виконати оцінку стійкості металу наколошовної зони електрошлакового зварного з'єднання проти утворення такого виду дефектів, що викликають небезпеку крихких руйнувань. Це ускладнює дослідження причин їх утворення та розробку заходів щодо запобігання появи.

У зв'язку з цим актуальною є розробка способу досліджень, що дозволяє оцінити ступінь технологічної зварюваності сталей і, в тому числі їх схильність до утворення тріщин-надривів в навколошовній зоні в умовах проведення процесів ЕШЗ.

В основу корисної моделі покладено завдання - створити спосіб досліджень властивостей електрошлакового зварного з'єднання, що забезпечує високу достовірність оцінки технологічної зварюваності сталей за рахунок технічного результату, що полягає у забезпеченні виникнення розтягуючих напружень в досліджуваній зоні.

Для досягнення цього технічного результату при реалізації способу дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання випробуваний зразок піддають впливу зовнішніх сил - зразок одночасно піддають впливу стискуючого і розтягуючого зусилля.

При реалізації цього способу використовуються зразки малих розмірів, що навантажуються в процесі зварювання зовнішніми зусиллями, які прикладають за заданою схемою. Схема навантаження зразка імітує відтворення умов, аналогічних умовам термодеструкційного циклу, при якому в реальних великих виробках при ЕШЗ проявляється схильність до утворення навколошовних тріщин-надривів.

Між відмітними ознаками корисної моделі технічним результатом, що досягається, є причинно-наслідковий зв'язок.

Виконання в процесі зварювання навантаження зразка з одночасним впливом на зразок стискуючого і розтягуючого зусилля створює в досліджуваній зоні згинальний момент, в результаті якого розвиваються розтягуючі напруги, що викликають схильність до утворення дефектів (навколошовних тріщин-надривів і гарячих тріщин у металі шва), тобто в зразку відтворюються умови аналогічні тим, які виникають при ЕШЗ реальних виробів.

Цей спосіб дозволяє одночасно оцінювати схильність досліджуваних матеріалів до утворення тріщин-надривів в навколошовній зоні і кристалі-

заційних (гарячих) тріщин у металі шва, тобто має універсальний характер випробувань.

Суть корисної моделі більш повно пояснюється за допомогою графічних матеріалів, де на фіг. зображена схема дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання.

Заявлена корисна модель промислово застосовна - вона впроваджена на Новокраматорському машинобудівному заводі (НKMЗ) при дослідженнях і розробці технологічних процесів виготовлення унікальних великих зварних з'єднань із застосуванням електрошлакового зварювання.

Спосіб дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання здійснюється в наступній послідовності виконання операцій:

- збирають зразок із двох заготовок 1 і 2: заготовку 1 з маловуглецевої сталі закріплюють нерухомо, а заготовку 2 з досліджуваної марки сталі пристиковують до заготовки 1 зі збиральним проміжком;

- до нижньої частини стику прикріплюють мідний водоохолоджуваний «карман»-кокіль 3;

- встановлюють упор для створення стискуючого зусилля Q і механізм для створення розтягуючого навантаження N;

- в зону початку зварювання подають електродний дріт 4, розводять електрошлаковий процес з наведенням металевої 5 і шлакової 6 ванн і утворенням шва 7;

- діють на верхню частину зразка розтягуючим навантаженням N вище рівня шлакової ванни, забезпечуючи виникнення стискуючого зусилля Q на рівні металевої ванни для створення напруги в досліджуваній ділянці навколошовної зони;

- після переміщення на задану величину верхньої частини заготовки 2 виконують її фіксацію в цьому положенні;

- продовжують процес зварювання протягом заданого проміжку часу для виходу з району досліджень навколошовної зони;

- припиняють процес зварювання на час (10-15 с), необхідний для затвердіння металевої ванни 5;

- відновлюють зварювання з одночасним впливом розтягуючим навантаженням N, переміщуючи верхню частину заготовки 2 на задану відстань для створення розтягуючих напружень в металі шва, що кристалізується;

- припиняють зварювання з припиненням впливу розтягуючим навантаженням N;

- після охолодження зразка зі зварного з'єднання вирізають позовжній темплет, виготовляють макрошліф і зовнішнім оглядом виявляють наявність у навколошовній зоні тріщин-надривів і кристалізаційних тріщин в металі шва.

У виробничих умовах ЗАТ "НKMЗ" були проведені експериментальні дослідження властивостей зварних з'єднань. Вихідні дані:

- випробовуваний виріб № 1 - дослідний зразок, що складається із заготовок розмірами 80x80x180 мм з маловуглецевої сталі Ст3 і досліджуваної сталі 20ХНМФА;

- випробовуваний виріб № 2 - дослідний зразок, що складається із заготовок розмірами 80x80x180 мм з маловуглецевої сталі Ст3 і досліджуваної сталі 16Г1НМА;

- електродний матеріал - зварювальний дріт Св-08Г1НМА  $\varnothing$  3 мм;
- флюс АН-8;
- режим зварювання: швидкість подачі зварювального дроту - 220 м/г, напруга зварювання -  $40 \div 42$  В;
- швидкість розтягування (деформації) - 30 мм/хв.

Дослідження властивостей зварюваних з'єднань виконували шляхом проведення ряду дослідів наступним чином.

Зразок зібрали з двох заготовок 1 і 2. Заготовку 1 закріпили нерухомо, а заготовку 2 із досліджуваної марки сталі 20ХНМФА пристикували до заготовки 1 зі збиральним проміжком 30 мм.

Для початку процесу зварювання до нижньої частини стику прикріпили водоохолоджуваний мідний «карман»-кокіль 3. На відстані  $h = 50$  мм від нижніх кромок зразка до заготовки 2 встановили упор для створення стискуючого зусилля  $Q$ . Зазначену відстань було обрано з умови встановлення квазістаціонарного температурного поля в зразку (вирівнювання балансу підведення та відведення тепла) в момент підходу рівня металевої ванни до лінії упору.

В процесі зварювання при підході рівня металевої ванни 5 до рівня упору включили механізм для створення розтягуючого навантаження  $N$ , прикладаємого вище рівня шлакової ванни 6 до верхньої частини заготовки 2, одночасно впливаючи на заготовку 2 стискуючим зусиллям  $Q$ .

В результаті цього в ділянці навколошовної зони у лінії стоплення на рівні металевої ванни створювалися умови навантаженого стану - розтягуюча напруга уздовж лінії стоплення, що викликає схильність до появи тріщин-надривів.

Величину переміщення заготовки при прикладанні навантаження  $N$  вибирали для кожного випробування індивідуально. Змінюючи величину переміщення регулювали параметри напруги і деформації й, відповідно, умови для утворення дефектів у досліджуваній зоні.

Після переміщення на задану величину верхньої частини заготовки 2 відключили механізм розтягнення і продовжили процес зварювання ще протягом 1-1,5 хвилини для виходу із зони випробування навколошовної ділянки. Потім зварювання припинили на час (10-15 с), необхідний для затвердіння металевої ванни 5, але без втрати електропровідності шлаковою ванною 6 для подальшого відновлення електрошлакового процесу.

Після паузи відновили зварювання з одночасним включенням розтягуючого навантаження  $N$  й переміщенням заготовки на задану величину, забезпечуючи виникнення розтягуючих напружень в металі шва, що кристалізується.

Потім припинили зварювання з одночасним відключенням розтягуючого навантаження, а після охолодження зразка виготовили поздовжній макротемплет. При цьому з метою багаторазового

використання заготовки 1 в подальших дослідях виконали її відділення від заготовки 2 стрічкопилною відрізкою.

В результаті зовнішнього огляду протруєної макроструктури визначили наявність тріщин-надривів в досліджуваній ділянці навколошовної зони і гарячих тріщин в металі шва. При відсутності тріщин у відповідній ділянці величину переміщення в наступному досліді збільшували, а за наявності - зменшували.

Таким чином визначили критичну величину деформації - максимальну величину переміщення, при якій ще не утворюються тріщини - що є кількісним критерієм оцінки схильності зварного з'єднання до утворення навколошовних тріщин-надривів і гарячих тріщин у металі шва.

Потім провели низку дослідів для випробування зразка зі сталі 16Г1НМА, що має аналогічні значення механічних властивостей.

Аналіз результатів показав, що у вказаних зварних з'єднань значення критичних величин деформації при оцінці схильності до утворення навколошовних тріщин-надривів і гарячих тріщин у металі шва становлять відповідно 2,8 і 3,6 мм для сталі 20ХНМФА і 3,4 і 4,0 мм для сталі 16Г1НМА. З цього випливає, що при рівності механічних властивостей сталь 16Г1НМА має більш високу технологічну зварюваність ніж сталь 20ХНМФА.

Хронометраж часу проведення дослідів показав, що на збирання і зварювання зразка, виготовлення макрошліфа й зовнішній огляд макроструктури потрібно 2,5-3 г. Це показує, що запропонований спосіб характеризується оперативністю циклу випробувань.

Використання малогабаритних зразків з можливістю багаторазового застосування нерухомої частини зразка характеризується низькою трудомісткістю й незначною витратою металу.

На прикладі реалізації способу досліджень показано ефективність використання його на практиці при виборі оптимальних марок високоміцних сталей, а також розробці нових марок, що характеризуються високою стійкістю проти утворення тріщин для виготовлення відповідальних виробів різного призначення.

Спосіб дозволяє на малих зразках комплексно визначати технологічну зварюваність сталей (стійкість навколошовної зони і металу шва до утворення тріщин) за рахунок відтворення в процесі випробувань напруженого стану аналогічного тому, який створюється при термодеоформаційному циклі в реальних умовах ЕШЗ виробів і викликає схильність до появи зазначених дефектів.

Таким чином, заявлений спосіб дослідження властивостей електрошлакового зварного з'єднання забезпечує виникнення розтягуючих напружень в досліджуваній зоні й дозволяє підвищити достовірність оцінки технологічної зварюваності сталей в умовах електрошлакового зварювання, а також знизити витрати на проведення досліджень.

