

ПРОЦЕС ЗМІЦНЕННЯ ОПОРНИХ ВАЛКІВ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ

У природі всі процеси мимоволі протікають у бік мінімуму енергії – струм тече від більшого потенціалу до меншого, газ рухається від більшого тиску до меншого, тепло поширюється від більшої температури до меншої, елементи дифундують від більшої концентрації до меншої, дуга відхиляється у бік меншого магнітного поля.

Згідно з принципом мінімуму Штеєнбека, дуга прагне горіти при мінімальній напрузі. Згідно з квантовою теорією магнітного поля, будь-яка система, за допомогою випромінювання або будь-якого іншого способу, завжди приходить у стан з низьким рівнем енергії або основний стан, з власним значенням енергії, що дорівнює E_0 . [10], що підтверджує закон мінімуму енергії.

Ключові слова: високошвидкісне наплавлення на низькій погонній енергії, енергозберігаючий процес, зварювальні напруги, мікроструктура, тріщиностійкість, опорний валок.

Постановка проблеми. Опорні валки, які запобігають прогину та поломці робочих валків, працюють в умовах високих питомих тисків, тому наплавлення опорних валків не проводиться, особливо бандажованих опорних валків, які виготовляються шляхом нагрівання бандажа та надягання на вісь з натягом. В результаті, в бандажі виникають власні напруження, які, підсумовуючи зварювальні, призводять до різкого зростання напруг і поломок бандажу. Тому розробка способу наплавлення бандажованих опорних валків та енергозбереження є важливою науково-технічною проблемою.

Ефективним способом підвищення тріщиностійкості та зносостійкості є енергозберігаючий процес високошвидкісного наплавлення на низькій погонній енергії, вплив якого на властивості наплавленого металу досліджено недостатньо [1–8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальновідомо, що при зменшенні погонної енергії внаслідок збільшення швидкості охолодження підвищується ймовірність утворення холодних тріщин.

Проте, М.М. Прохоров [1] зазначає, що значне зниження погонної енергії зварювання та відповідне збільшення швидкості охолодження можуть призвести до зниження ймовірності утворення холодних тріщин.

В результаті тепловкладання в процесі наплавлення метал піддається впливу термодформаційного циклу, який визначає мікроспотворення кристалічних ґрат, мікронапруги, щільність дислокацій, зварювальні напруги та тріщиностійкість. Мікронапруги призводять до інтенсивного утворення та зростання тріщин [1,2], механізм зародження яких пов'язують із дислокаціями [9].

Мета досліджень. Вивчення механізму підвищення тріщиностійкості наплавленого металу та розробка енергозберігаючого процесу високошвидкісного наплавлення на низькій погонній енергії опорних валків.

Основний матеріал дослідження. Внаслідок високих питомих тисків зміцнення та відновлення опорних валків не виробляється, так як при наплавленні на високій погонній енергії в зоні термічного впливу утворюються холодні тріщини, що призводить до відшаровування наплавленого металу. Це встановлено при наплавленні опорних валків стрічковим електродом, коли дуга рухається торцем електрода в поперечному напрямку, зменшується тепловложення в бічні кромки ванни, що призводить до утворення підрізів, які є

Машинобудування і зварювальне виробництво

концентраторами напруг, і обмежують швидкість наплавлення. Наплавлення проводиться з низькою швидкістю 15 м/год на високій погонній енергії.

В результаті підвищуються мікроспотворення кристалічних ґрат, мікронапруги, щільність дислокацій, зварювальні напруги, утворюється крупнозерниста мікроструктура та тріщини.

Як встановлено, при наплавленні бандажованих опорних валків на високій погонній енергії, внаслідок збільшення тепловкладення та зварювальних напруг бандаж зламався, частина бандажу вилетіла з високою швидкістю, як при вибуху.

На підставі експериментальних даних електродугового наплавлення бандажованих опорних валків встановлена нова закономірність - зі зменшенням погонної енергії тріщиностійкість наплавленого металу підвищується.

При цьому, найбільш ефективно зменшувати погонну енергію за рахунок збільшення швидкості наплавлення, так як при підвищенні швидкості зварювання зростає швидкість нагріву та охолодження, внаслідок чого зростає дисперсність мікроструктури, тріщиностійкість наплавленого металу та навколошовної зони, що є наслідком збільшення кількості центрів кристалізації, які, розташовуючись перед фронтом зростаючих стовпчастих кристалітів, пригнічують їхнє подальше зростання. В результаті збільшення швидкості нагріву, зерна аустеніту не встигають вирости та стійкість аустеніту знижується.

При охолодженні розпад нестійкого дрібнозернистого аустеніту відбувається у верхньому субкритичному інтервалі температур, з утворенням сорбіту та перліту, що запобігає утворенню тріщин. В результаті мінімальних мікроспотворень кристалічних ґрат, мікронапруг, щільності дислокацій, зварювальних напруг і дрібнодисперсної, однорідної структури підвищується тріщиностійкість.

Пінч-ефект забезпечує концентрацію дуги та тепловкладення, здійснення процесу електродугового зварювання та енергозбереження. Для дослідження пінч-ефекту розроблено методику дослідження впливу діаметра дуги на магнітне поле зварювального струму, яка полягає в наступному: по прутку, діаметр якого змінюється по довжині), пропускається струм величиною 2100 А і вимірюються індукції магнітного поля тесламетром ЕМ 4305 ,при діаметрах (4, 8, 12, 16)·10⁻³ м, характерних для зварювальної дуги; як датчик тесламетра використовується ЕРС Холла, похибка вимірювання $\pm 2,5$ %; як джерело живлення використовується випрямляч ВМГ 5000.

В результаті встановлено, що із зменшенням діаметра дуги індукція магнітного поля зростає, відповідно до закону Біо-Савара, згідно з яким індукція прямо пропорційна величині струму I і обернено пропорційна відстані від струму r , $B = \mu_0 I / 2\pi r$, Т. На осі дуги індукція дорівнює нулю, при наближенні до поверхні зростає і досягає максимального значення на поверхні дуги. При зменшенні діаметра, з 0,016 м до 0,004 м, максимальне значення індукції магнітного поля дуги збільшилося з 0,06 до 0,2 Т, внаслідок сталості магнітного потоку $\Phi = BS$, Вб.

При віддаленні поверхні дуги індукція магнітного поля зменшується. При переході від однієї до іншої поверхні дуги, індукція змінює напрямок на протилежний. Експериментальні дані добре узгоджуються з розрахунковими, що підтверджує можливість використання розрахункових значень визначення індукції магнітного поля дуги.

Пропорційно індукції, зі зменшенням діаметра електричної зварювальної дуги зростає електромагнітна сила $F_{EM} = IBL_d$, з 0,25 Н до 0,84 Н та в квадратичній залежності $P_{EM} = B^2 / 2\mu$ [11] підвищився магнітний тиск, з 1,4 кПа до 15,9 кПа, яке спрямоване до осі, визначає пінч-ефект та діаметр дуги.

З встановлених закономірностей доведено електромагнітна природа скорочення діаметра дуги. Високошвидкісне наплавлення на низькій погонній енергії, за рахунок

Машинобудування і зварювальне виробництво

охолодження дуги, призводить до зменшення діаметра дуги. Незначне скорочення діаметра дуги, внаслідок охолодження та зменшення електропровідності зовнішніх шарів, призводить до збільшення індукції. У квадратичній залежності підвищується магнітний тиск і пінч-ефект, що призводить до подальшого скорочення діаметра дуги, зростання індукції, магнітного тиску та пінч-ефекту. Процес повторюється, пінч ефект діє як ланцюгова реакція, до повного обриву дуги.

Мінімум енергії в нанопроцесах є результатом концентрації енергії на площі діаметром 10^{-9} м, що дозволяє здійснювати процеси з мінімумом енергії та забезпечувати максимум якості. Тому високошвидкісне наплавлення – нанопроцес, який забезпечує максимум якості.

Зварювальний струм протікає феромагнітним дротом, який посилює магнітне поле, що підтверджено під час проведення експериментів, згідно з розробленою методикою. Для вимірювання індукції на поверхні феромагнітного прутка розроблена модель з профрезерованою канавкою, яка дозволяє наблизити щуп тесламетра до поверхні прутка.

Як встановлено (рис.1), під дією феромагнітної маси індукція магнітного поля збільшилася в 3 рази та зростає: для діаметрів 0,016 м – з 0,06 Т до 0,2 Т; 0,012 м - з 0,08 Т до 0,24 Т; 0,008 м – з 0,1 Т до 0,3 Т, внаслідок суперпозиції магнітних полів струму та мікрострумів феромагнетика та концентрації силових ліній у феромагнетичі. Закономірність для феромагнетика залишається такою ж. Зі зменшенням діаметра феромагнетика індукція магнітного поля зростає.

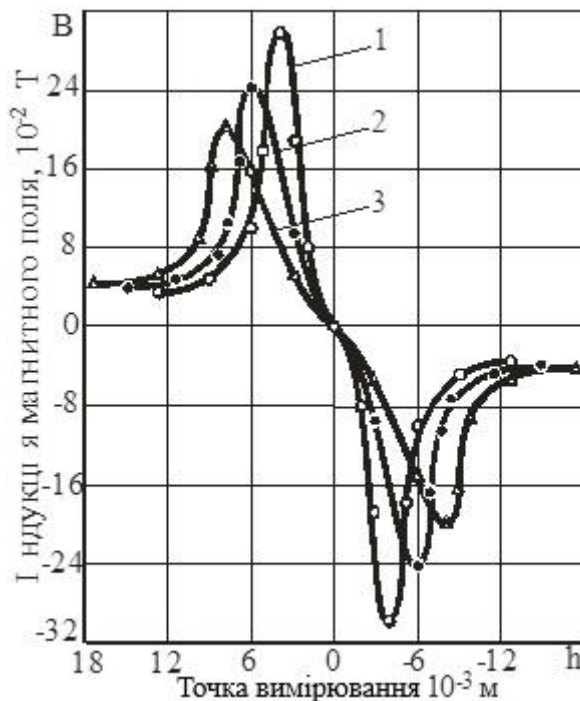


Рисунок 1 – Закономірність впливу діаметру феромагнітного прутка на індукцію магнітного поля

де, 1– діаметр 8×10^{-3} м: 2 – діаметр 12×10^{-3} м: діаметр 16×10^{-3} м

Пропорційно індукції збільшилася електромагнітна сила, для діаметрів: 0,016 м - з 0,25 Н до 0,84 Н; 0,012 м - з 0,34 Н до 1Н; 0,008 м - з 0,42 Н до 1,26 Н. У квадратичній залежності зріс магнітний тиск, для діаметрів: 0,016 м – з 1,4 кПа до 15 кПа; 0,012 м - з 2,55 кПа до 22,9 кПа; 0,008 м - з 4 кПа до 35,8 кПа.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Під дією магнітного поля зварювального струму дуга рухається торцем електрода, що встановлено при швидкісній кінозйомці збудження дуги на стрічковому електроді. Кінограма процесу підтверджує концентрацію дуги під дією пінч-ефекту.

Зі збільшенням швидкості зварювання та зменшенням погонної енергії q_{II}/V , внаслідок підвищення швидкості нагрівання та охолодження зростає швидкість кристалізації $V_{KP} = \text{Cosa}V_{зв}$, зерна не встигають вирости, подрібнюється мікроструктура та підвищується тріщиностійкість наплавленого металу.

Одночасно, з подрібненням мікроструктури при високошвидкісному наплавленні на низькій погонній енергії, внаслідок зменшення тепловкладання, знижуються зварювальні напруги.

Високошвидкісне наплавлення на низькій погонній енергії значно впливає на рух дуги, термічні цикли та швидкість кристалізації, яка з підвищенням швидкості зварювання зростає.

З експериментальних даних встановлено, що зниження енергії забезпечує підвищення якості. Зі зменшенням меж коливань параметрів режиму стабільність процесу якості наплавленого металу підвищуються (рис.2).

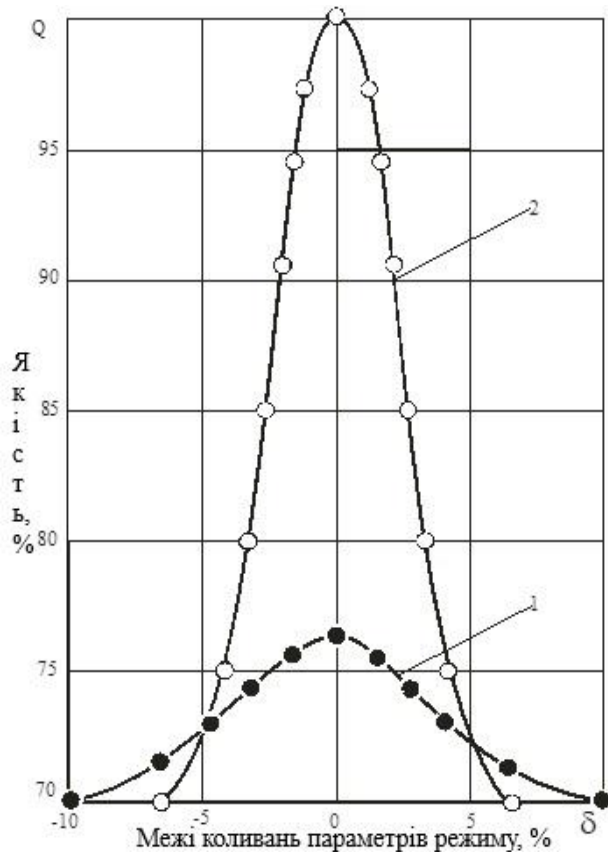


Рисунок 2 – Вплив меж коливань параметрів режиму на якість

Зі збільшенням вмісту вуглецю мінімальна погонна енергія, що забезпечує підвищення тріщиностійкості, знижується, енергозбереження підвищується.

Встановлені закономірності підтвержені при високошвидкісному наплавленні опорних валків на низькій погонній енергії, коли внаслідок зниження тепловкладання, зварювальних напруг та подрібнення мікроструктури бандаж не зламався.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Додатковим підтвердженням є те, що при наплавленні робочих валків стану 1700, з товщиною наплавленого шару 0,04 м на бік, наплавлений метал відшарувався по лінії сплавлення з основним металом, внаслідок підсумовування та збільшення зварювальних напруг, згідно з принципом суперпозиції. На підставі експериментальних даних електродугового наплавлення робочих валків станів гарячої прокатки товщина наплавленого шару на радіус не повинна перевищувати 0,025 м. При цьому, товщина одного наплавленого шару не повинна перевищувати 0,005 м на радіус.

На підставі встановлених закономірностей розроблено енергозберігаючий процес високошвидкісного наплавлення на низькій погонній енергії бандажованих опорних валків, який забезпечує зниження зварювальних напруг, подрібнення мікроструктури, підвищення тріщиностійкості, зносостійкості та відсутність поломок бандажів.

ВИСНОВКИ

1. Експериментальним шляхом встановлено нову закономірність – зі зменшенням погонної енергії тріщиностійкість наплавленого металу підвищується. Для підвищення тріщиностійкості зі збільшенням вмісту вуглецю необхідно знижувати погонну енергію

3. Розрахунково-експериментальним шляхом встановлено, що пінч-ефект діє як ланцюгова реакція, при якій, внаслідок стиснення під дією власного магнітного поля, зменшується діаметр дуги, що призводить до збільшення індукції, у квадратичній залежності магнітного тиску та подальшого скорочення довжини дуги. Процес повторюється до обриву дуги. Концентрація дуги під дією пінч-ефекту, підвищує ефективність тепловкладання, що забезпечує процес зварювання та енергозбереження.

4. Розроблено енергозберігаючий процес високошвидкісного наплавлення на низькій погонній енергії опорних валків, який забезпечує зниження зварювальних напруг, подрібнення мікроструктури, підвищення тріщиностійкості та відсутність поломок бандажів.

Список використаних джерел:

1. Прохоров Н.М. Фізичні процеси у металі при зварюванні. - М.: Металургія, 1976. - 600 с.
2. Шоршоров М.Х., Белов В.В. Фазові перетворення та зміни властивостей сталі при зварюванні. - М.: Наука, 1982. - 228 с.
3. Рябцев І.А. Наплавлення деталей машин та механізмів. - Київ: Екотехнологія, 2004. - 160 с.
4. Тилкін М.А. Підвищення довговічності деталей металургійного устаткування. - М.: Металургія, 1985. - 347 с.
5. Савицький А.М., Савицький М.М. Вплив швидкості зварювання і тривалості періодичного охолодження на формування структури зварних з'єднань сталей, що гартуються при дуговому зварюванні з термоцикліруванням / А.М.Савицький, М.М. Савицький, Д.П.Новікова // Автоматична зварювання. - 2004. - №8. - С.41 -45.
6. Шинко І.М., Школяренко Г.Д. Наплавлення деталей електродними стрічками у чорній металургії / І.М. Шинко, Г.Д. Школяренко, Г.А. Позднєєв // Чорна металургія.-1988, 18, (1070). - С.8-22
7. Мусіяченко В.Ф. Міходуй Л.І., Поздняков В.Д. Опірність утворенню холодних тріщин таврових сполук високоміцної сталі при однопрохідному зварюванні в захисному газі / В.Ф. Мусіяченко, Л.І. Міходуй, В.Д. Поздняков // Зварювальне виробництво. - 1990. - №2. - С.13 - 15.

Машинобудування і зварювальне виробництво

8. Мялін М.І., Сагалевич В.М. Вплив термодформаційного циклу на технологічну міцність при наплавленні бронзи на сірій чавун/ М.І. Мялін, В.М. Сагалевич, В.Н.Туригін та ін. // Зварювальне виробництво. - 1988. - №3. - С.10 - 11.

9. Фінкель В.М. Фізика руйнування. - М.: Металургія, 1980. - 376 с.

10. Уайт Р.М. Квантова теорія магнетизму. - М.: Світ, 1980. - 306с.

11. Абрамович Г.П. Прикладна газова динаміка - М.: Наука, 1979. - 824с.

Volenko I.V.

THE PROCESS OF STRENGTHENING SUPPORT ROLLS BY THE FUSION METHOD

In nature, all processes involuntarily flow towards the energy minimum – current flows from higher to lower potential, gas moves from higher to lower pressure, heat spreads from higher to lower temperature, elements diffuse from higher to lower concentration, the arc deviates towards lower magnetic field.

According to the Steinbeck minimum principle, the arc tends to burn at minimum voltage. According to the quantum theory of the magnetic field, any system, with the help of radiation or any other method, always enters a state with a low energy level or the ground state, with its own energy value equal to E_0 . [10], which confirms the law minimum energy

Keywords: *high speed surfacing with low heat input, energy-saving process, welding stresses, microstructure reduction, cracking resistance, supporting roll.*

Стаття надійшла 18.11.2023 р.

УДК 621.179.92

doi.org/10.31498/2522-9990262023294100

Захарова І.В.

АНАЛІЗ СКЛАДУ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ЗАДЛЯ ОТРИМАННЯ ПІДВИЩЕНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛІЗАЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПУЛЬСУЮЧОГО РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯ

Основним напрямом при розробці складів шихти порошкових дротів в даний час є застосування порошоків карбідів, нітридів, а також порошоків, що використовуються для газополум'яного, плазмового та детонаційного наплення. Очікуваний ефект тут завжди досягається через активне окислення і розпад деяких компонентів шихти. При цьому залишається доволі висока вартість матеріалу та відносно низька міцність зчеплення покриття з основою. В представленій роботі розглянуто рішення задачі ресурсозбереження за рахунок створених порошкових дротів, що складаються з маловуглецевої оболонки і наповнювача з недефіцитних, широко поширених порошоків металів і феросплавів та пульсуючої подачі розпилювального потоку повітря, що забезпечують отримання високозносостійких покриттів з підвищеною міцністю зчеплення, а також твердих, міцних оксидів в нанесеному покритті.

Дана робота представляє дослідження складів порошкових дротів, проведено аналіз отриманих покриттів і рекомендовано складу порошоків які дозволять отримати високу якість нанесеного покриття з застосуванням пульсуючого потоку повітря.