

УДК 621.723

В.Д. Кузнецов, д.т.н., проф.

П.В. Попович, інж.

Національний технічний університет України "КПІ"

ТЕПЛОВА ОБРОБКА МАТЕРІАЛУ МАГНІТОКЕРОВАНОЮ ДУГОЮ

Розроблено спосіб теплової обробки матеріалу при відновленні наплавленням деталей і конструкцій із середньовуглецевих сталей магнітокерованою дугою, що дозволяє уникнути тріщин.

Вступ. Значний обсяг деталей машин і конструкцій у машинобудуванні виготовляють із середньо- та високовуглецевих сталей, що експлуатуються в складних умовах і значно зношуються. При їх відновленні до початкових розмірів наплавленням на поверхні деталей виникають тріщини внаслідок утворення крихких загартованих структур.

Одним із заходів попередження тріщин є уповільнення охолодження термоциклованням. У роботі [1] термоцикловання здійснювали пульсаціями дуги, імпульсами струму від 132 А до 300 А, що супроводжувалось нерівномірним формуванням валика. У роботі [2] виконували зварювання дугою періодичної дії з чергуванням періодів імпульсу і паузи. Переміщення пальника виконувалось тільки в період імпульсу, що суттєво знижувало продуктивність процесу.

Кардинальним заходом їх уникнення є попередній підігрів, що уповільнює швидкість охолодження деталей і призводить до формування більш пластичних структур [3]. Але цей захід потребує додаткових матеріальних, енергетичних і трудових витрат.

Актуальним є розробка способу теплової обробки матеріалу, при якому додаткове тепло внесення здійснюється одночасно з процесом відновлення деталей наплавленням.

Метою роботи є розробка способу теплової обробки матеріалу, який уповільнює швидкості охолодження поверхонь деталей машин і конструкцій безпосередньо в процесі їх відновлення наплавленням.

Викладення основного матеріалу. Для зміни циклу охолодження була розроблена конструкція (рис. 1), що вміщує неплавку вугільну пластину 1 та електромагніт постійного струму. Неплавка вугільна пластинка 1 підключена до незалежного джерела живлення 4. Переміщенням дуги на вугільній пластині керують за допомогою П-подібного електромагніта 7, полюси якого розташовують між неплавною пластинкою на відстані L1 від основної дуги. Основна дуга 1 підключена до незалежного джерела живлення 6.

Відстань між полюсами електромагніта (L2) та між полюсом і пластинкою (L3) підбирають з урахуванням отримання повноцінного формування наплавленого валика 3. При взаємодії осьової складової струму вугільної пластини та поперечної складової магнітного поля за правилом лівої руки відбувається відхилення дуги по осі валика в напрямку процесу наплавлення.

Залежно від зміни полярності струму живлення електромагнітів відбувається зміна напрямку магнітного потоку і дуга переміщується по неплавкій пластині в той чи інший бік декілька циклів, тим самим вносячи додаткове тепло та уповільнюючи швидкість охолодження без втручання в основний процес наплавлення.

Наплавлення проводили на сталі 3 ГОСТ 1050-88 з використанням самозахисного порошкового дроту марки ПП-АН170 типу 80X20P3ТТУ 14-4-800-77 діаметром 2,5 мм, призначеного для відновлення наплавленням деталей, що працюють за умов абразивного та гідроабразивного зношування з помірними ударними навантаженнями і, який забезпечує твердість наплавленого металу HRC-58-67.

Режими наплавлення: струм основної дуги $I_{d1} = 350-360$ А; струм на неплавкій вугільній пластині $I_{d2} = 70$ А; напруга $U_{d} = 32-34$ В; швидкість наплавлення $V_H = 18$ м/год.

Для визначення умов стабільного переміщення вугільної дуги проводили вимірювання індукції на відстані між полюсами 18 мм. Було встановлено (рис. 2), що стабільне переміщення дуги на вугільній пластині в обидва боки спостерігається при струмі на електромагнітах 1 А (крива 2), при якому індукція в зоні горіння дуги складає 2,5 мТл. При силі струму 0,3 А і відповідно до індукції в зоні горіння дуги 0,5 мТл (крива 1) дуга не переміщується. При силі струму 3,7 А та індукції 8 мТл (крива 3) дуга переміщується до кінця вугільної пластини і зривається.

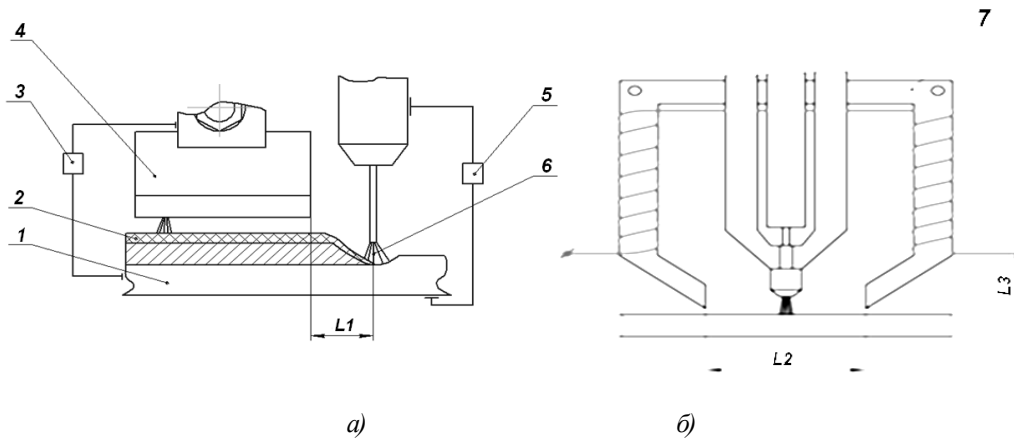


Рис. 1. Конструкція пристрою для переміщення дуги (а) і схема розташування електромагніта (б):

1 – вугільна пластина; 2 – основна дуга; 3 – наплавлений валик;
 4 – джерело живлення допоміжної дуги; 5 – основний метал (пластина для наплавлення);
 6 – джерело живлення допоміжної дуги; 7 – електромагніт постійного струму

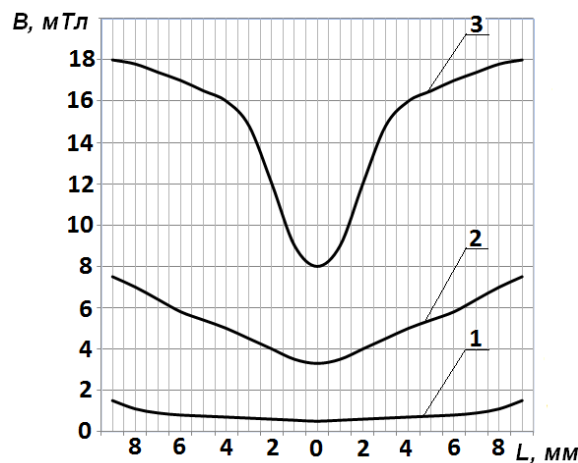


Рис. 2. Залежність індукції електромагнітного поля від відстані між полюсами та струму живлення електромагнітів: 1 – 0,3 А; 2 – 1 А; 3 – 3,7 А

Зміна відстані між основною дугою та неплавкою вугільною при незмінній швидкості наплавлення також дозволяє регулювати температурний інтервал теплової обробки і формувати в наплавленому металі перехідні структури мартенситного типу.

Температуру зварювальної ванни контролювали шляхом одночасного занурення в розплав на деякій відстані за дугою термопар [4]. Для дослідів використовували вольфрам-ренієву термопару ВР5/20. Дана термопара дає можливість довготривалих замірів температури до 2200 °С.

Електрорушійну силу термопар записували на комп'ютер за допомогою чотириканального аналого-цифрового перетворювача (ЦАП) марки WAD-AIK-BUS(USB).

У всіх дослідженнях спаї термопар занурювались у розплав на однаковій відстані від осі електрода при $x = 15$ мм, відповідаючому мінімальному віддаленню термопар від дуги, при якому досягається надійне її занурення без оплавлення. Глибина занурення спаїв у розплав складала $z = 5,0$ мм. Після занурення термопар залишались нерухомими, їх стабільне положення фіксувалось обмежувачем, змонтованому на спеціальному столі.

На рисунку 3 надано графіки термічних циклів для звичайних умов охолодження та в умовах теплової обробки матеріалу магнітокерованою дугою.

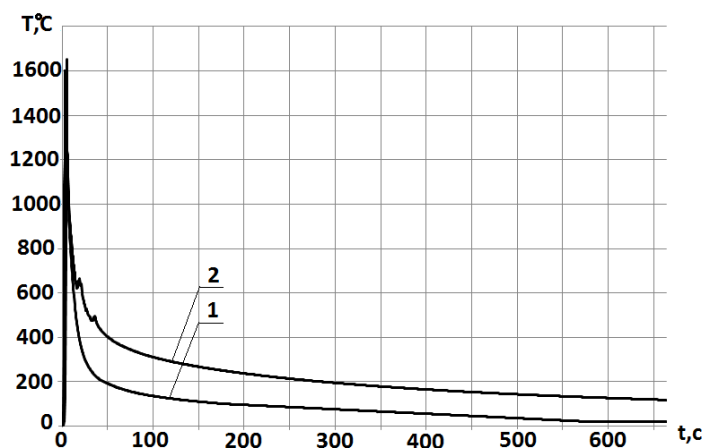
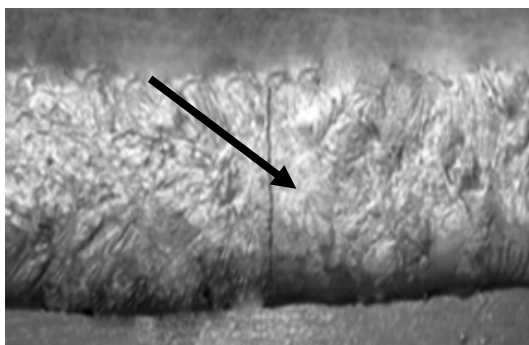


Рис. 3. Залежність зміни температури при напавленні від часу:
 1 – звичайні умови охолодження;
 2 – з тепловою обробкою матеріалу магнітокерованою дугою

За допомогою програми Mathcad були розраховані швидкості охолодження. Дані рисунка 3 свідчать про наявність температурних пульсацій в інтервалі температур 600–400 °C найменшої стійкості аустеніту. При цьому, швидкість охолодження при температурі розпаду переохолодженого аустеніту (550 °C) у звичайних умовах (крива 1) складає $V_{ох1} = 24,8$ °C/c, а в умовах теплової обробки матеріалу магнітокерованою дугою (крива 2) $V_{ох2} = 10,7$ °C/c.

Таким чином, для заданих умов напавлення швидкість охолодження зменшується більш ніж у 2 рази. Як наслідок, уповільнення швидкості охолодження у напавленому металі з тепловою обробкою матеріалу магнітокерованою дугою не спостерігалось холодних тріщин на відміну від звичайних умов напавлення (рис. 4, тріщина показана стрілкою).

Результати досліджень показали, що при відновленні напавленням деталей машин і конструкцій у машинобудуванні цілеспрямоване керування процесом розпаду аустеніту шляхом створення в напавленому шарі складного пульсуючого циклу охолодження дозволяє уникати виникнення тріщин і, таким чином, відмовитися від необхідності використання підігріву при напавленні.



а)



б)

Рис. 4. Зовнішній вигляд напавлених валиків:

а – звичайні умови напавлення; б – напавлення з тепловою обробкою матеріалу магнітокерованою дугою

Висновки:

1. Розроблено спосіб теплової обробки металу при відновленні деталей і конструкцій, який дозволяє регулювати стандартний термічний цикл (впливати на швидкість охолодження) без втручання в основний процес напавлення.

2. Теплова обробка матеріалу магнітокерованою дугою сприяє уникненню в напавленому металі тріщин і є альтернативою попередньому підігріву деталей перед відновленням.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Вагнер Ф.А. Термоциклирование при сварке вольфрамовым электродом / Ф.А. Вагнер // Сварочное производство. – 1980. – № 2. – С. 4–6.
2. Особенности тепловых процессов при сварке с термоциклированием / Д.А. Дудко, А.М. Савицкий, М.М. Савицкий, Е.М. Олейник // Автоматическая сварка. – 1998. – № 4. – С. 8–12.
3. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов / И.А. Рябцев. – К. : Екотехнологія, 2004. – 160 с.
4. Рижов Р.М. Магнітне керування якістю зварних з'єднань / Р.М. Рижов, В.Д. Кузнецов. – К. : Екотехнологія, 2010. – 288 с.

КУЗНЕЦОВ Валерій Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії поверхні Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– відновлення деталей машин наплавленням та нанесенням покриття.

Тел.: 440–68–24.

E-mail: kvd@wd.ntu.kpi.ua

ПОПОВИЧ Павло Валерійович – інженер кафедри інженерії поверхні Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– відновлення деталей машин наплавленням та нанесенням покриття.

Подано 11.11.2011

