

УДК 621. 723

Кузнецов В. Д., Попович П. В.

СТРУКТУРА НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ В УМОВАХ ОБРОБКИ ВАЛИКІВ ТЕПЛОМ МАГНІТОКЕРОВАНОЇ ДУГИ

Відомо, що при наплавленні композицій, схильних до загортуння завжди використовується попередній підігрів. При відсутності попереднього підігріву утворюються гартівні структури і холодні тріщини.

Дія попереднього підігріву пов'язано зі зниженням швидкостей охолодження в температурному інтервалі мартенситного перетворення та створенням умов для самовідпуску, а також із зміною температурної області початку і кінця розпаду аустеніту, в якій можливе формування структур з більш високими показниками пластичності і в'язкості металу при досягненні високих міцнісних характеристиках.

Зазначені особливості зміни термічного циклу досягаються при імпульсно-дуговому зварюванні і наплавленні за рахунок ініціювання в зварному з'єднанні специфічного пульсуючого термічного циклу при безперервному переміщенні дуги або при переміщенні зварювального пальника тільки в період імпульсу струму [1].

Мета цієї роботи полягала у вивченні структурних змін в умовах регульованого термічного циклу охолодження безпосередньо при стаціонарному процесі наплавлення на заданих режимах.

Для досягнення поставленої мети був розроблений процес наплавлення [2, 3], який забезпечує зміну швидкості охолодження валика додатковим контрольованим термоциклованням.

Зміна для заданих умов наплавлення характерного стаціонарного циклу охолодження досягалася шляхом циклічної обробки поверхні валика теплом магнітокерованої дуги. При цьому додаткова циклічна обробка поверхні магнітокерованою дугою відповідала області температур критичного інтервалу найменшої стійкості аустеніту.

Реалізацію даної схеми наплавлення здійснювали на стандартному зварювальному обладнанні з додатковою електромагнітною системою (рис. 1), яка конструктивно сполучається з корпусом головки на заданій відстані від мундштука. Між полюсами П-подібного електромагніту – 8 (рис. 1, б) розташована вугільна пластина – 5 (рис. 1, а), розміри якої за протяжністю відповідали температурному інтервалу початку і кінця розпаду аустеніту. При збудженні дуги – 3 між вугільною пластиною і швом – 2 частота і напрямок її переміщення в поперечному магнітному полі в межах пластини задавався частотою зміни полярності живлення електромагніту. Відстань між полюсами електромагніту (L2) і між полюсом і пластиною (L3) визначали з урахуванням отримання якісного наплавленого валика. При цьому наплавлення виконували на рекомендованих для даних матеріалів режимах.

Ефективність процесу досліджували на середньовуглецевій сталі (сталь 45) з використанням матеріалів, що забезпечують отримання мартенситної структури як найбільш схильної до крихкого руйнування. З цією метою використовували самозахисний порошковий дріт ПП-АН 140 (50X8CPT) діаметром 2 мм. Наплавлення виконували на режимах: струм основної дуги $I_d = 260\text{--}280$ А; напруга основної дуги $U_d = 30$ В, швидкість наплавлення $V_n = 18$ м/г.

Дослідження виконували також при наплавленні на сталь 3 композиції високохромистого чавуну, при якій навіть в умовах високотемпературного підігріву не завжди вдається уникнути появи мікротріщин. З цією метою використовували самозахисний порошковий дріт ПП-АН 170 типу 80X20P3T ТУ 14-4-800-77 діаметром 2,5 мм. Режими наплавлення: струм основної дуги $I_d = 360\text{--}380$ А; напруга основної дуги $U_d = 36\text{--}38$ В, швидкість наплавлення $V_n = 18$ м/г. Експерименти проводили для звичайних умов наплавлення і в умовах термоцикловання магнітокерованою дугою.

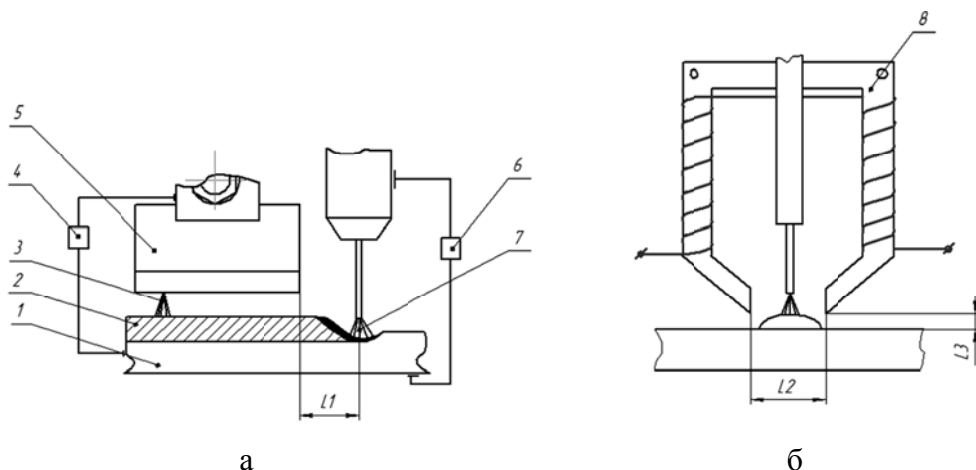


Рис. 1. Схема розміщення пристрою для магнітного керування дугою (а) і розташування електромагніту (б):

1 – основний метал; 2 – шов (валик); 3 – додаткова дуга; 4 – джерело живлення додаткової дуги; 5 – вугільна пластина; 6 – джерело живлення основної дуги; 7 – основна дуга; 8 – електромагніт постійного струму

Термічний цикл охолодження записували методом занурення в розплав зварювальної ванни спаю вольфрамо-ренієвої термопари [4], електрорушійну силу якої фіксували на комп'ютер за допомогою чотирьох каналного аналого-цифрового перетворювача (АЦП) марки WAD-AIK-BUS (USB).

На рис. 2 наведено характерні криві термічних циклів для звичайних умов охолодження і в умовах обробки поверхні валиків теплом додаткової магнітокерованої дуги.

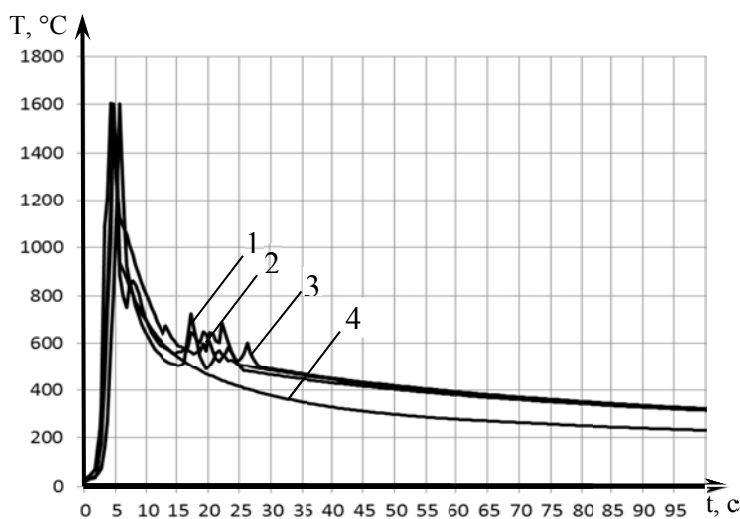


Рис. 2. Термічні цикли охолодження при різних струмах додаткової магнітокерованою дугою:

1 – $I_d = 110$ А, час реверсування $t_p = 1$ с; 2 – $I_d = 120$ А, час реверсування дуги $t_p = 0,7$ с; 3 – $I_d = 130$ А, час реверсування $t_p = 0,4$ с; 4 – звичайні умови охолодження

Дані рис. 2 свідчать про наявність нерегулярних температурних піків на кривих охолодження в умовах обробки валиків теплом магнітокерованої дуги. Амплітудні і частотні значення температурних відхилень залежать від погонної енергії дуги і частоти змін полярності магнітного поля. Основна частота появи пульсацій відповідає температурному інтервалу 700–500 °С. У деяких випадках верхній інтервал пульсацій досягає 850 °С (крива 3, рис. 2). Амплітудні значення температурних піків на кривих охолодження в середньому змінюються до 100 °С.

Такий характер змін термічного циклу супроводжується зменшенням швидкостей охолодження в інтервалі температур найменшій стійкості переохолодженого аустеніту. Так, для звичайних умов наплавлення швидкість охолодження при температурі 550 °C становить $V_{ох} = 9,32$ °C/c, а при додатковій обробці валика (шва) теплом магнітокерованої дуги може знижуватися від до $V_{ох} = 2,07$ °C/c.

Зниження швидкості охолодження при температурах розпаду аустеніту в умовах термоциклювання майже в 5 разів приводить до структурних змін в наплавленому металі. Ці зміни характеризуються меншими за розмірами виділеннями безструктурного мартенситу (рис. 3, б) по відношенню до вихідних умов (рис. 3, а). Зменшення розмірів мартенситних зерен може бути результатом часткового проходження процесу вторинної рекристалізації в умовах уповільненого охолодження і характерного при цьому для зварювання та наплавлення термомодеформаційного циклу. За результатами металографічних досліджень на растровому мікроскопі при збільшенні 2500 було також встановлено, що голчастий характер мартенситної матриці в умовах термоциклювання менш виражений, при цьому карбідні виділення по границях мартенситних зерен не мають виду замкнутих утворень (рис. 3, г).

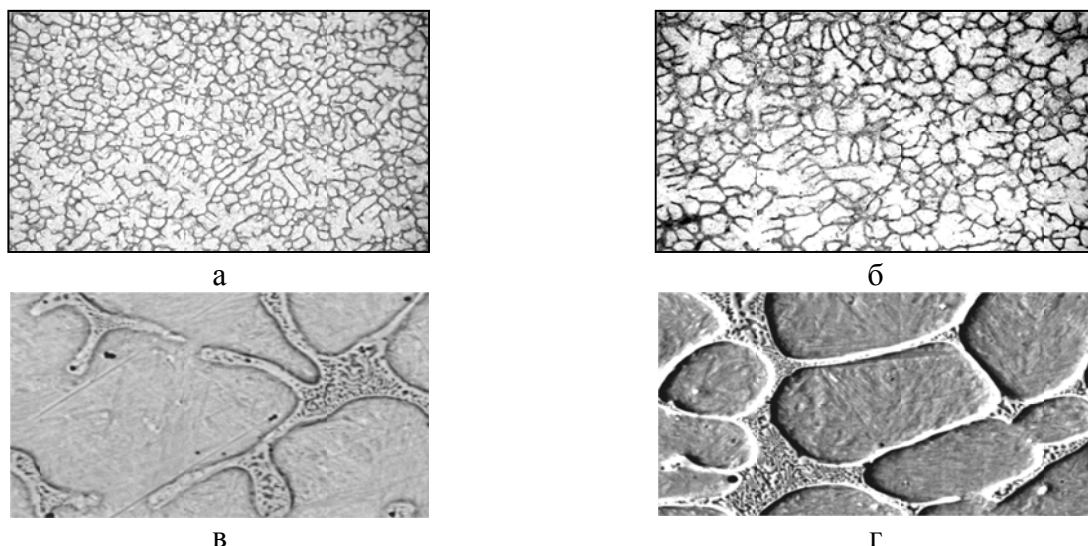


Рис. 3. Структура наплавленого валика в звичайних умовах (а, $\times 400$) і (в, $\times 2500$) і з термоциклюванням при струмі магнітокерованої дуги 130А, (б, $\times 400$) і (г, $\times 2500$)

Такий характер структурних змін повинен супроводжуватися зміною твердості мартенситної матриці. Дійсно, проведені вимірювання твердості зразків на приладі фірми LECO М-400 при навантаженні 100 г, показали, що середньостатистичні значення твердості вихідного зразка відповідають $HV = 727$, в умовах термоциклювання значення знижуються до $HV = 623$.

Структурні зміни також виявляються і при наплавленні композиції високохромистого чавуну. У дослідях при встановлених режимах наплавлення за результатами обробки термограм швидкість охолодження в критичному інтервалі розпаду аустеніту в звичайних умовах складала $V_{ох} = 24$ °C/c, в умовах термоциклювання знижувалася до $V_{ох} = 5,15$ °C/c. При цьому твердість при звичайних умовах складала $HV = 390$, а при термоциклюванні 130 А – $HV = 319$.

Металографічні дослідження показали, що для звичайних умов наплавлення характерним є поява тріщин у лінії сплавлення з боку шва (рис. 4, б), де формується перехідний шар, що має аустенітно-мартенситну структуру з чітко вираженими голками. При цьому структура наплавленого валика (рис. 4, а) характеризується вираженою спрямованістю дендритів і структурних складових (легованого аустеніту, карбідів, карбоборидів, евтектики розеткового типу).

В умовах термоциклювання тріщини були відсутні і формується більш дезорієнтована структура (рис. 4, в, г) з меншими розмірами дендритів, карбідної і карбоборидної фаз, що також підтверджується даними кількісного металографічного аналізу. Так, зміст карбідів при наплавленні в звичайних умовах складає: 0,55 % розмірах 1–4,1 мкм, при наплавленні з термоциклювання при струмі дуги 100 А – 0,57 % розміром 1 – 3,9 мкм і при наплавленні з термоциклювання при струмі 130 А – 0,42 % розміром 1–2,95 мкм.

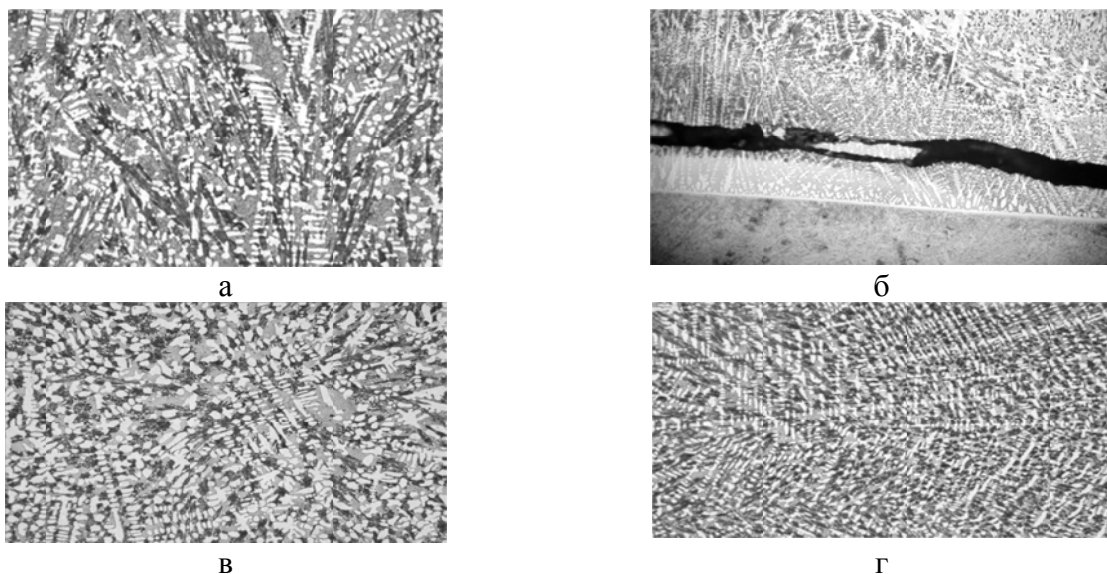


Рис. 4. Структура наплавленого валика в звичайних умовах (а, б,) і з термоциклюванням при струмі 100 А (в) і 130 А (г), $\times 400$

Виявлені структурні зміни мають позитивно позначитися на зносостійкості високохромистих чавунних композицій. Цей факт був підтверджений результатами випробувань на установці тертя ЛКИ-3. За даними досліджень встановлено, що інтенсивність зносу високохромистого чавуну при наплавленні в звичайних умовах майже в 2 рази більше в порівнянні з наплавленням в умовах термоциклювання. Це пояснюється збільшенням кількості та дезорієтацією більш дрібних за розмірами карбідної і карбоборидної фази у випадку обробки валика теплом додаткової магнітокерованою дуги.

ВИСНОВКИ

Позитивні структурні зміни у наплавленому металі внаслідок дії тепла додаткової магнітокерованої дуги дозволяють рекомендувати запропоновану технологічну схему при наплавленні композицій, схильних до загартування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савицький А. М. Вплив швидкості зварювання і тривалості періодичного охолодження на формування структури зварних з'єднань гартуються сталей при дуговому зварюванні з термоциклювання / А. М. Савицький, М. М. Савицький, Д. П. Новикова // *Автомат. зварювання*. – 2004. – № . – С. 41–45.
2. Пат. № 64347 Україна, МПК (2011) В23К 9/16. Спосіб наплавлення деталей із важкозварювальних сталей / Кузнєцов В. Д., Пащенко В. М., Попович П. В. – № u201102824 ; заявл. 14.04.2011 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
3. Пат. № 67189 Україна, МПК (2011) В23К 9/16. Пристрій для підігріву валиків магнітокерованими дугами / Кузнєцов В. Д., Пащенко В. М., Попович П. В. – № u201107593 ; заявл. 16.06.2011 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.
4. Черниш В. П. Зміна температурного стану зварювальної ванни при електромагнітному перемішуванні / В. П. Черниш, В. Д. Кузнєцов, Є. В. Турик // *Автомат. зварювання*. – 1976. – № 7. – С. 5–8.

Стаття надійшла до редакції 23.09.2012 р.