

УДК 621.81:621.791

Агєєва М. В., Дубинець Є. Ю., Ільяшенко С. О.

ПОРОШКОВІ ДРОТИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ РОЗГАРОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛУ, ЩО ПРАЦЮЄ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Матеріал деталей, що працюють під навантаженням при багаторазовому нагріванні і охолодженні, повинен мати високу розгаростійкість. При низькій розгаростійкості робоча поверхня швидко покривається сіткою тріщин, що проникають іноді на велику глибину і викликають втрату розмірів і навіть руйнування штампа і пресів.

Раніше експлуатаційні якості деталей, що працюють в умовах агресивних середовищ при підвищених температурах, прагнули поліпшити шляхом вибору марок чавуну або сталі. Завдяки наявності значної кількості (7–2 % об'ємної) графітної фази в структурі, чавуни мають ряд цінних властивостей, які обумовлюють їх застосування в цій області.

Проведені дослідження ерозійного руйнування сірого чавуну, який в даний час широко використовується як конструкційний матеріал для виготовлення скло-форм. Випробували сірий чавун в таких же умовах і на тому ж обладнанні, що і графітізовані сталі. Підвладна ерозійному руйнуванню поверхня чавуну показує, що проникнення процесу руйнування вглиб металу відбувається по графітових включеннях [1].

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості прес-форм для формування скляних виробів є плазма-МІГ процес [1]. Дослідження роботи прес-форм показало, що їхня робоча поверхня в процесі формування скляних виробів нагрівається до 750 °С, а в найбільш теплонапружених місцях температура доходить до 820–830 °С, що робить неможливим застосування газопорошкового наплавлення стандартними порошками системи Ni-Cr-B-Si і навіть Co-Cr-B-Si, термостійкість яких на 200–300 °С нижче [2]. У зв'язку з цим розроблені матеріали (порошкових дротів) для наплавлення прес-форм, що мають основу з чавуну.

Глибина проплавлення основного металу по осі наплавленого валика при плавленні дроту при плазма-МІГ процесі не перевищує 0,5 мм (при цьому, по периферії наплавленого валика проплавлення основного металу практично відсутнє, незважаючи на це несплавлення немає) [3]. Фактично процес наплавлення являє собою процес паяння-зварювання, що дозволяє отримати заданий склад наплавленого металу вже в першому шарі.

Метою роботи є проаналізувати відомі роботи по вибору оптимального матеріалу, стійкого до розгаростійкості (термоерозійного руйнування), призначеного для виготовлення деталей, що працюють при підвищених температурах.

Розроблено порошковий дріт для плазма-МІГ наплавлення чавунних і сталевих виробів, що працюють в умовах термоциклічних навантажень [3]. Встановлено оптимальні режими наплавлення, надано рекомендації щодо термообробки наплавленого сплаву з метою зняття внутрішніх напружень [3].

Для підвищення стійкості чавунних прес-форм важливою проблемою є ліквідація відбілення чавуну при наплавленні термостійкого робочого шару на їх поверхню, то в якості наплавленого металу доцільно застосовувати сплав Cu-Ni [3]. Розроблена нова система газотворюючих компонентів, що виділяє в процесі наплавлення BCl_3 , який також застосовується при пайці і забезпечує ефективне змочування припоєм основного металу [3].

Дослідження показали [1, 2, 4], що на стійкість сталей для гарячого штампування позитивно впливає введення в них незначного вмісту берилію (0,02–0,04 %). За основу наплавленого металу був прийнятий сплав 20H50Д35СР, що має одну з найбільших стійкостей до появи тріщин термічної втоми [1, 2, 4]. Показано, що легування цього металу берилієм (при одночасному виключенні з його складу бору і кремнію) різко підвищує його разгаростійкість. Максимальна разгаростійкість досягається при вмісті берилію в кількості 0,038 %. Подальше збільшення його змісту не приводить до підвищення разгаростійкості наплавленого металу. Берилій є вельми активним і токсичним (в стані порошку) металом, тому вводити його до складу шихти порошкового дроту необхідно у вигляді мідно-берилієвої лігатури, яка застосовується в промисловості для виробництва берилієвої бронзи. Оптимізований склад шихти порошкового дроту [3]: мідно-берилієва лігатура (з вмістом Be – 3 %) 0,2–0,25 %; ферроцерій 3,1–3,4 %; алюмокальцій 4,2–4,8 %; хлорна мідь (CuCl_2) 0,8–1,3 %; бура наплавлена 1,2–1,5 %; графіт 0,5–0,7 %; мідний порошок – до 100 %. Наплавлення показало, що спостерігалось гарне формування наплавленого валика, надійне сплавлення наплавленого металу з основним металом – сірим чавуном [3].

Відомо, що термохімічної ерозії є причиною виходу з ладу до 80 % чавунних деталей склоформуєчого інструменту. У зв'язку з цим звертають на себе увагу графітізовані сталі, в яких вміст графіту в 2–3 рази менше, ніж в чавунах [1].

Розроблений порошковий дріт, що забезпечує підвищення розгаростійкості наплавленого металу, зменшення глибини проплавлення і зменшення робочих струмів при плазмовому наплавленні комбінованим способом, що враховує всі особливості даного процесу [3]. Для виготовлення порошкового дроту застосовували стрічку з нікелю марки НП-2 з перетином $0,5 \times 15$ мм і порошкоподібної шихти, мас. %: Хром – 62,5; вольфрам – 15,637; бор – 0,063; алюміній – 10; титан – 11,8. Діаметр отриманого дроту становив 3 мм.

Переваги пропонованого до використання порошкового дроту полягає в тому, що він не містить дефіцитного вольфраму, дає більш високу розгаростійкість наплавленого металу, забезпечує мінімальну глибину проплавлення основного металу, має менший струм початку обертання дуги плавкого електроду, що дозволяє працювати на менших токах при плазмовому наплавленні комбінованим способом плавким і неплавким електродами. При вмісті компонентів більше або менше оптимального складу характеристики порошкового дроту погіршуються [3].

Введення до складу шихти порошкового дроту легкоплавкої суміші хлорної міді і хлористого калію дозволяє зменшити кількість неметалевих включень в наплавленому металі, підвищити термічну стійкість наплавлених прес-форм [3].

Проводилися дослідження з підвищення стійкості прес-форм шляхом зниження кількості неметалевих включень в наплавленому металі. Як неметалевої складової до складу осердя порошкового дроту вводилася суміш хлорної міді і хлористого калію в кількості 15 % від маси шихти. Оболонка порошкового дроту виготовлялася з нікелевого сплаву НТО. Введена суміш містила 78 % хлорної міді і мала температуру плавлення 460 К [3].

При прокалці порошкового дроту розплав хлорної міді і хлористого калію видаляє оксиди з поверхні частинок порошку осердя. Розплав хлорної міді і хлористого калію розчиняє метали, за винятком ніобію.

Авторами [5] запропонований порошковий дріт для наплавлення деталей, що працюють в умовах термомеханічного циклічного навантаження, що складається з маловуглецевої оболонки і порошкоподібної шихти, що містить графіт, марганець, кремній, хром, вольфрам, ванадій, молібден, титан, алюміній, нікель, залізо, і з метою підвищення разгаростійкості наплавленого металу, шихта містить додатково фероцерій, а марганець, хром, вольфрам, ванадій, молібден і титан введені у вигляді феросплавів при наступному співвідношенні

компонентів, мас. %: графіт 0,4–0,7; ферохром 15,8–19,6; феромолібден 8,1–10,3; феровольфрам 1,1–1,8; ферованадій 2,8–3,5; феросиліцій 1,3–2,1; феромарганець 1,3–2,7; феротитан 2,4–3,4; фероцерій 1,6–2,2; нікель 2,8–3,8; алюміній 0,9–1,2; решта залізо, причому коефіцієнт заповнення порошкового дроту.

Техніко-економічні переваги запропонованого порошкового дроту авторами роботи [5] полягає в тому, що її застосування дозволяє підвищити працездатність наплавлених деталей за рахунок підвищення розгаростійкості наплавленого металу, збільшити продуктивність обладнання, наприклад прокатного стану, шляхом зменшення позапланових перевалок, підвищити якість металу, що прокочується за рахунок відсутності відбитка тріщин на поверхні металу, що прокочується.

В роботі [6] технічний результат досліджень передбачає підвищення зварювально-технологічних властивостей порошкового дроту при багатопрохідному наплавленні, а саме підвищення стабільності горіння дуги, відсутність пір і розбризкування за рахунок комплексного шлакового захисту розплавленого металу як на стадії краплі, так і в зварювальній ванні, а також підвищення зносостійкості, термічної стійкості (розгаростійкості) і корозійної стійкості при зменшенні змісту дорогих легуючих елементів.

Порошковий дріт для наплавлення [6] складається з маловуглецевої оболонки і порошкоподібної шихти, що містить нікель, марганець, залізо, феросплави: хрому, молібдену, ванадію і титану, а також феросиліцій, відповідно до винаходу шихта додатково містить хром і фероніобій, а також газошлакоутворюючі компоненти: флюорит, польовий шпат і кріоліт при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: хром 12,0–14,0; флюорит 4,0–7,0; феромолібден 1,5–2,9; нікель 1,0–4,5; польовий шпат 2,0–4,0; ферохром 1,0–4,0; феротитан 0,3–3,0; марганець 0,7–1,6; ферованадій 0,2–1,0; кріоліт 0,5–0,7; фероніобій 0,16–0,56; феросиліцій 0,2–1,2; залізо 0,2–1,84, маловуглецева сталь оболонки – інше.

Тріщини термічної втоми визначаються втомним руйнуванням, що залежать від питомих контактних тисків металу на інструмент, швидкості ковзання, кількості циклів навантаження, кількості і градієнта теплостійкості, що викликають появу сітки розпапу, тому даний вид зносу також називають разгарним [7].

Досвід розробки зварювальних матеріалів для наплавлення сплавів з високою термічною стійкістю, зокрема, порошкових дротів, свідчить про доцільність використання систем легування типу С-Сг-В-Мо-В-Ті [8, 9]. Для застосування порошкових дротів, що забезпечують високу теплостійкість, зносостійкість, розгаростійкість в умовах корозійного середовища застосований самозахисний порошковий дріт марки ВЕЛТЕК-Н470С з системою легування С-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V-Nb, що забезпечує твердість наплавленого металу 40-45HRC [9]. Адаптована до флюсів АН20С, АН26П. Порошковий дріт ВЕЛТЕК-Н470С успішно застосовується для відновлення роликів МБЛЗ.

Теоретично доведено та експериментально підтверджено залежність між хімічним складом, фазовим і структурним станом і такими основними експлуатаційними властивостями, як твердість і розгаростійкість сплавів, що працюють в умовах гарячої обробки металів тиском. Розроблено математичну модель і побудовано рівняння регресії, яке описує її, що дозволило встановити характер впливу основних легуючих елементів, таких як вуглець, вольфрам і хром на розгаростійкість наплавленого металу [10]. На підставі отриманих експериментально-теоретичних даних, а так само після виконання оптимізаційних розрахунків за отриманою моделлю обраний наступний склад наплавленого металу, що задовольняє поставленим вимогам по розгаростійкості і твердості наплавленого шару: С = 0,35...0,40 %; Сг = 11,5...12,5 %; В = 3,5...4,0 %; Si = 0,27...0,34 %; Mn = 0,65...0,75 %; V = 0,17...0,25 %; Ti = 0,17...0,25 %.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що оптимальним наплавлювальним матеріалом для відновлення і зміцнення чавунних прес-форм є метал типу 20H50Д35СР, мікролегування якого берилієм (при одночасному виключенні з його складу бору і кремнію) призводить до різкого підвищення його розгаростійкості, при цьому максимальна її величина досягається при вмісті берилію в кількості 0,038 %, а при подальшому збільшенні вмісту берилію розгаростійкість наплавленого металу підвищується.

2. Показано, що для підвищення розгаростійкості слід використовувати наплавлювальний матеріал для плазма-МІГ наплавлення склоформ інструменту, виконаного зі сталі 20, що представляє собою порошок дріт, для виготовлення якого застосовували стрічку з нікелю марки НП-2 перетином $0,5 \times 15$ мм і порошкообразну шихту, що складається з (мас. %): хром – 62,5; вольфрам – 15,637; бор – 0,063; алюміній – 10; титан – 11,8.

3. Розгаростійкість наплавлених прес-форм підвищується введенням до складу шихти порошкового дроту легкоплавкої суміші хлорної міді і хлористого калію і дозволяє зменшити кількість неметалевих включень в наплавленому металі.

4. Розглянуті склади порошкових дротів, що підвищують розгаростійкість сплавів, які працюють в умовах гарячої обробки металів тиском.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чигарев В. В. Повышение стойкости наплавленного слоя к термоциклическим нагрузкам при плазма-МІГ наплавке / В. В. Чигарев, К. А. Кондрашов, Н. А. Макаренко // Вісник ПДТУ : зб.наук.праць. – Маріуполь. – 2000. – № 10. – С. 190–191.
2. Макаренко Н. А. Разработка наплавочного материала, стойкого к термоциклическим нагрузкам / Н. А. Макаренко // Зб. наук. праць Українського державного миколаївського технічного університету. – Миколаїв : УДМТУ. – 2003. – № 8(396). – С. 47–54.
3. Макаренко Н. А. Ремонт изготовление инструментов для горячей обработки материалов / Н. А. Макаренко // Вісник ДДМА : зб.наук.праць. – Краматорськ : ДДМА, 2016. – № 2 (38). – С. 160–165.
4. Гуревич С. М. Справочник по сварке цветных металлов / С. М. Гуревич. – М. : Машиностроение, 2004. – 238 с.
5. Патент № 1769481. МПК: В23К 35/368. Порошковая проволока для наплавки / Ветер В. В., Белкин Г. А. ; заявитель и патентообладатель Липецкий политехнический институт. – № 4839179/08 ; заявл. 14.06.1990 ; опубл. 30.08.1994.
6. Патент № 2294273. МПК В23К35/368. Порошковые проволоки для наплавки валков горячей прокатки / Березовский А. В., Степанов Б. В., Груздев А. Я., Краева Л. В., Назаров В. П., Балин А. Н. ; заявитель и патентообладатель ЗАО "Завод сварочных материалов". – № 2005106503А ; заявл. 09.03.2005 ; опубл. 27.02.2007.
7. Влияние высокотемпературного термоциклирования на наплавленный металл типа штамповых теплостойких сталей / [И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев, А. А. Бабынец и др.] // Автоматическая сварка. – 2012. – № 2. – С. 26–28.
8. Производство на ЗАО «НКМЗ» наплавленных изделий с применением порошковых проволок [Электронный ресурс] / С. Г. Красильников, К. П. Шаповалов, Ю. В. Окунев, В. А. Пантелеймонов, Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич // Научный Вестник ДГМА : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 1 (4Е). – С. 111–116. – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09KSGUSW.pdf.
9. Повышенная стойкость к разгару и шпообразованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://veldtec.ua/ru/vhodnaja_stranica.html.
10. Разработка состава порошковой проволоки для дуговой экономнолегированной наплавки сплава с высокой термической стойкостью / А. А. Кошечая, В. В. Чигарев, Д. А. Волков, А. Д. Кошевой // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3 (28). – С. 159–164.