

2. Володимир Лебедев. Можливості покращення якості плазмового напилення при зміцненні та відновленні вузлів та деталей сільськогосподарської та іншої техніки / Володимир Лебедев, Сергій Лой, Володимир Спіхтаренко. // Технічні науки та технології. – 2022. – №1. – с. 92-100.

3. Антон Карпаченко. Наноструктурування кристалічних матеріалів та напилених покриттів передрекристиалізаційною термічною обробкою / Антон Карпаченко, Тетяна Макруха, Олександр Дубовий, Максим Бобров. // Технічні науки та технології. – 2022. – №3. – с.27-36

4. Дубовий О.М. Вплив передрекристиалізаційної термічної обробки на фізико – механічні властивості напилених покриттів та деформованих металів та сплавів / О.М. Дубовий, Н.Ю. Лебедева, Т.Н. Янковець. //Металознавство та обробка металів. – 2010. – №3. – с.7-11.

5. Лебедев В.О. Особливості формування (структурування) та властивості теплозахисних покриттів при плазмовому напиленні / Лебедев В.О., Дубовий О.М., Лой С.А. //Технічні науки та технології. – 2020. – №1. – с.39-48.

УДК 62-503.55

Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, valpaton@ukr.net

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН МЕТАЛУ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ-НАПЛАВЦІ З ІМПУЛЬСНИМИ АЛГОРИТМАМИ ВПЛИВУ

Важливими при зварюванні та наплавленні є дослідження напружено-деформованого стану виробу, який зазнає нагрівання та подальшого охолодження, що веде до його деформування та наявності залишкових напружень у зоні термічного впливу. Основна причина виникнення залишкових напружень - це ускладнене розширення і стиснення основного металу при його нагріванні під час наплавлення і подальшому охолодженні [1].

Існує достатньо велика кількість способів, техніко – технологічних рішень, де в тій чи іншій мірі вирішуються проблеми пов'язані з напружено-деформованим станом металу при виконанні зварювальних робіт чи робіт по наплавленню.

Спосіб, здатний при однаковій продуктивності наплавлення зменшити величину залишкових напружень, має перевагу над іншими. Як відомо, електродугове зварювання та наплавлення з використання імпульсної подачі електродного дроту характеризується строгою регульованою циклічністю за тривалістю горіння дуги, без втрат у продуктивності процесу, що впливає на кількість теплоти, що вноситься в основний метал і як наслідок, - на величину залишкових напружень.

Можна зазначити, що найбільш небезпечними при зварюванні плавленням є напруження, розтягу. При їх перевищенні в локальних обсягах більше величини σ_T напружено-деформований стан характеризується переходом з пружної зони до пружно-пластичної, де залежно від ступеня такого перевищення збільшується інтенсивність збільшення пластичної деформації. У макрооб'ємах зварних з'єднань про цей перехід свідчать напруження, що дорівнюють межі плинності даного матеріалу.

Для перевірки було проведено дослідження на режимі з параметрами $I = 220$ А, $U = 26$ В. Частота імпульсної подачі електродного дроту встановлювалася з значеннями 1, 20, 30, 40 Гц, шпаруватість 1, 3, 5 од.

Визначення залишкових напружень в елементах конструкцій проводилося на основі застосування електронної спекл-інтерферометрії та методу кінцевих елементів [2].

Наплавлення валиків проводилося електродним дротом 30ХГСА (для наплавлення) діаметром 1,2 мм.

Були виконані одношарові наплавлення на певних режимах для визначення залишкових напружень біля шва та біляшовної зони.

Наплавлення проводилось з застосуванням нового типу безредукторного механізму подачі з швидкодіючим вентильним електродвигуном та комп'ютеризованою системою керування та регулювання [3].

У якості джерела зварювального струму було вибрано джерело інверторного типу фірми КЕМРРУ з мінімальними значеннями пульсацій вихідної зварювальної напруги.

Ширина валиків наплавленого металу змінювалася в діапазоні 11,9-12,6 мм за закономірностями, властивими для вибраних режимів при застосуванні як звичайної, так і імпульсної подачі. Дані вивчення досліджень на відстані Y від центральної осі наплавлення використані для побудови відповідного графіка зміни залишкових напружень σ_{xx} при постійній та імпульсній подачі електродного дроту та представлені на рис. 1.

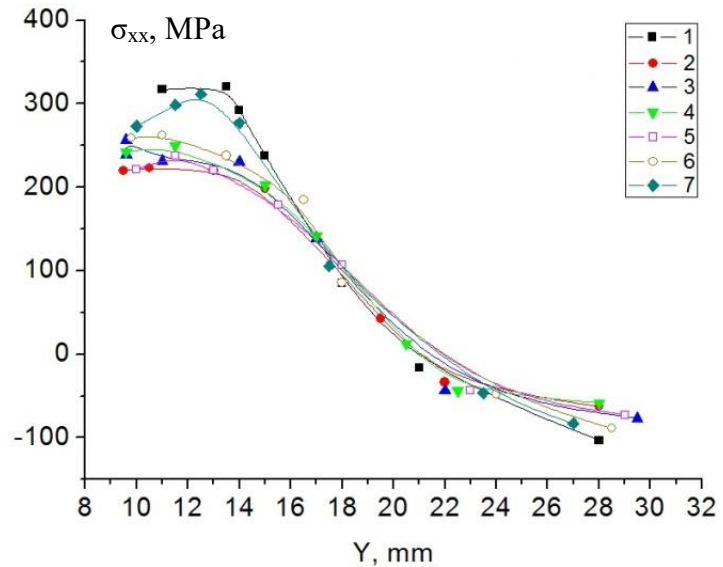


Рис. 1 – Графік зміни величини залишкових напружень σ_{xx} , при постійній (1) та імпульсній (2-7) подачі електродного дроту

Дослідження свідчать, що для плавної подачі електродного дроту у зоні термічного впливу при $Y \leq 15$ мм, на відміну від більшості режимів з імпульсною подачею, спостерігається перехід від

пружного напружено-деформованого стану до пружно-пластичного. У свою чергу, останнє за даними роботи [4] є більш несприятливим при зварюванні плавленням і може сприяти:

- повідкам (деформаціям) виробу, що наплавляється;
- втрата технологічної міцності через підвищений темп наростання пластичних деформацій.

Застосування імпульсної подачі електродного дроту на оптимально вибраних режимах ($f = 20$ Гц $S = 5$ од.) дозволяє знизити залишкові напруження до 220 МПа (\approx на 30 %), що вже достатньо надійно забезпечує збереження пружного напружено-деформованого стану в зоні термічного впливу після виконання наплавлення валика. Як показали результати досліджень, зменшення шпаруватості з 5 од. до 3 веде до деякого збільшення залишкових напружень в пружній зоні напружено-деформованого стану, що пояснюється збільшенням послідовним наближенням тепловмісту у виріб до постійної подачі електродного дроту. Також аналогічний ефект спостерігається й зі збільшенням частоти імпульсної подачі електродного дроту з 20 до 60 Гц.

Таким чином є очевидним, що імпульсна подача електродного дроту при зварюванні та наплавленні може забезпечити зменшенню залишкових напружень. Така дія спостерігається завдяки зміні тепловмісту в розплавлену ванну.

Можна додатково зазначити, що дослідження процесів електродугового наплавлення порошковим самозахисним дротом з модуляцією режимів також дають ефект в поліпшенні напружено-деформованого стану виробу.

Список посилань

1. Махненко В.И. Тепловые и деформационные процессы в шве и околошовной зоне при сварке/ В.И. Махненко. – К.: Наукова думка, 1983. – 56 с.

2. Лобанов Л.М. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л.М.Лобанов, В.А.Пивторак, В.В.Савицкий, Г.И.Ткачук // Автоматическая сварка. – 2006. – № 1. – С.10-13.

3. Лебедев В. А. Новые механизмы подачи электродной и присадочной проволоки / В.А.Лебедев, С.Ю.Максимов, В.Г.Пичак, В.В. Рымша, И.Н.Радимов, М.В.Гулый // Сварочное производство. – 2011. – № 5. – С. 35-39.

4. Рябцев И.А. Теория и практика наплавочных работ / И.А.Рябцев, И.К.Сенченков. – К.: Екотехнологія, 2013. – 400 с.

УДК 62-503.55

Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор

Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАН України, м. Київ, valpaton@ukr.net

ДЕЯКІ СПОСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПРОЦЕСІВ

Аддитивні технології це загальний спосіб виготовлення деталей, заснований на створенні фізичного об'єкта за певною моделлю з використанням пошарового внесення матеріалу (1). Цей спосіб є протилежним від віднімального (субтрактивного) способу механічної обробки та широковідомого формоутворювального виробництва з застосуванням кування, лиття, штампування.

Протягом останніх декількох десятиріч було запропоновано та реалізовано більш ніж 20 способів аддитивного створення вузлів та деталей в різних галузях промислового та інших виробництв.

Виготовлення складних габаритних металевих виробів з використанням традиційних технологій вимагає значних ресурсів при виробництві. Аддитивні технології дозволяють отримувати деталі різноманітної геометричної форми шляхом пошарового нанесення матеріалу на підкладку або елемент готового виробу, що значно скорочує витрати. Такі технології широко використовують при відновленні зношених поверхонь та при нанесенні зміцнюючих покриттів.

Способи реалізації аддитивних технологій можна укрупнено класифікувати за матеріалами які застосовані та технологіями їх нанесення.

Існуючі способи аддитивного виробництва базуються на технологіях плавлення різними способами з застосуванням різних джерел нагрівання вихідного матеріалу серед яких є процеси PBF, DED, DMD та інші.

Зазначимо, що є процеси, які використовують технології пошарового формування вузлів та деталей без плавлення матеріалу, що наноситься. До таких процесів належать спікання, пресування, листові ламінації, дифузійне нанесення матеріалу та деякі інші. Але всі вони зазвичай складні, трудомісткі і їх застосування дуже обмежено і тільки в специфічних областях з певними вимогами до характеристик.

Способи формування виробів пошаровою на плавкою є одними з поширених завдяки відносній простоті та і гнучкості процесу.

Як джерела нагрівання в аддитивних технологіях застосовуються електронний промінь, лазер, електричні та плазмові дуги. Променеві технології застосовуються в основному для побудови малогабаритних точних виробів та відрізняються низькою продуктивністю. Дугові технології орієнтовані на створення великогабаритних виробів із високою продуктивністю. При цьому знижується точність заготовок, що формуються, збільшуються припуски на подальшу механічну обробку.

Підкреслимо, що аргонодуговий, механізований в середовищі захисного газу суцільним та порошковим дротами, плазмовий та інші способи наплавлення достатньо широко застосовуються в аддитивному виробництві.