

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНИХ ПОЛІВ ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ЇХ СТРУКТУРУ ТА ТВЕРДІСТЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження впливу термічних полів процесу наплавлення покриттів на їх структуру та твердість. Дослідження показало, що кількість валиків, що наносяться на деталь при формуванні покриття шляхом наплавлення, значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.

Ключові слова: структура, термічні поля, наплавлення.

Abstract

The influence of thermal fields of the coating process on their structure and hardness is investigated. The study showed that the number of rolls applied to a part when forming a coating by surfacing, significantly affects the temperature distribution in the workpiece, micro-, macrostructure and hardness of the coating.

Keywords: structure, thermal fields, surfacing.

Вступ

Одним із факторів, що виникає в процесі відновлення та значно впливає на структуроутворення нанесеного покриття, є температурне поле, яке формується під дією теплової дії електричної дуги і розповсюджується по всьому об'єму матеріалу деталі [1-5]. Температури та їх перепади досягають величин, що можуть викликати фазові перетворення у метали. Під впливом нерівномірного розповсюдження тепла по об'єму деталі структура та твердість нанесеного покриття буде формуватися за різними механізмами, що детермінуються структурними перетвореннями.

Результати дослідження

З метою дослідження впливу кількості наплавлених валиків на структуру і твердість покриття було виготовлено сталеві зразки з розмірами, що показані на рис.1.

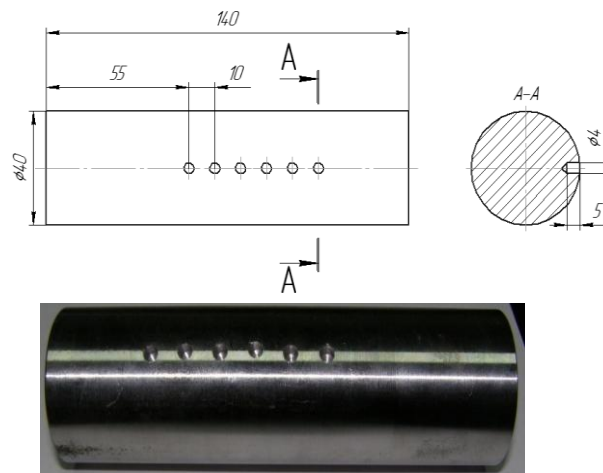


Рисунок 1 – Зразки для проведення досліджень

На фізико-механічні характеристики та структуру нанесеного покриття значно впливає температурне поле, що формується під час та після наплавлення. Проте найбільш значні фазові зміни відбуваються на ділянках температурного поля, які розташовані в зоні плавлення та поблизу неї.

Практичне визначення температури ділянки деталі, що наближена до зони плавлення є складною, а в деяких випадках неможливо задачею. В такому випадку доцільним є моделювання температурних процесів, що супроводжують наплавлення функціональних покриттів методом кінцево-елементного аналізу з використанням спеціалізованого програмного забезпечення на ПК.

Визначальним для певних структурних перетворень під час нагрівання і охолодження сплавів є досягнення температур критичних точок діаграм сплавів. З врахуванням цього, до результатів моделювання висуваються досить високі вимоги, щодо відповідності реальним значенням. Саме тому, під час досліджень, було приділено значну увагу доведенню адекватності результатів моделювання.

Адекватність результатів моделювання підтверджувалась шляхом співставлення результатів моделювання температурних полів деталі та практичного вимірювання температурного поля в деталі на ділянках, що суміжні із зоною плавлення (нанесення покриття). До того ж вимірювання проводилось як під час наплавлення так і після нього, на протязі тривалого часу, що відповідало часу охолодження зразку.

Нанесення функціональних покриттів та дослідження їх структуроутворення проводилось шляхом електродугового наплавлення в середовищі захисних газів на зразки (див. рис.1) виготовлені із прокату у стані поставки сталі Ст.3 та сталі 40X.

Внаслідок досягнення різних температур на сформованих валках під час наплавлення їх певної кількості та відповідною зміною швидкості їх охолодження відбувається формування покриття із різними структурами та її варіаціями вздовж покриття для окремих випадків.

Покриття, що формується при наплавленні одного валика найбільше відповідає характеристикам зварного шва. Мікроструктура такого покриття відповідає мікроструктурі залишкового аустеніту на мартенситній основі, що є результатом порівняно швидкого його охолодження.

Якщо при формуванні покриття нанести декілька валків (2-5), то середня температура деталі підвищується із більшою швидкістю. При цьому внаслідок накопичення значної кількості теплоти в матеріалі деталі зменшується швидкість охолодження покриття. Ми отримуємо покриття із мікроструктурою, аналогічною мікроструктурі сталі після термічної операції відпуск. В даному випадку прослідковується мікроструктура трооститу відпуску.

При нанесенні значної кількості валків середня температура зразка швидко збільшується і є відносно високою.

Звичайно, через 3-х кулачковий патрон у верстат завдяки поверхневому теплообміну із зразка відходить тепло, але швидкість охолодження всеодно є низькою. Тому після повної кристалізації нанесеного покриття утворюється мікроструктура, що складається з рівномірно розташованих зерен фериту і перліту.

Мікроаналіз показав, що в перехідній зоні відсутні характерні для зварювальних процесів дефекти, а саме пори, тріщини, непровар, і т.д. При нанесенні покриття наплавлений метал рівномірно перемішується з основним металом. Тому використовувати наплавлення дротом Нп-30ХГСА у середовищі захисних газів для утворення якісного покриття є доцільним. Для сталі 3 і 40X мікроструктури основи і перехідної зони відрізняються. Це зумовлено різним хімічним складом цих сталей. Якщо розглядати нанесене покриття біля перехідної зони, а саме на відстані ≈ 1 мм, то можна побачити вплив матеріалу основи на структуру металу в перехідній зоні. Відповідно, менша кількість вуглецю в сталі Ст. 3 спричиняє утворення більшої кількості феритних зерен, ніж при наплавленні на сталь 40X.

При розгляді мікроструктури нанесеного покриття, розташованого на відстані більш ніж 1,5 мм, то вони співпадають і відповідають мікроструктурі нанесеного покриття електродним дротом Нп-30ХГСА незалежно від матеріалу основи. Причому, чим більша віддаль від перехідної зони – тим більша схожість.

Дані діюрометричного аналізу показали, що твердість покриття по поверхні в осьовому напрямку від початку наплавлення є нерівномірною (рис. 2). Наприклад, при вимірюванні твердості покриття першого зразка чітко спостерігається така залежність – твердість більша на ділянках, що

наплавлені впершу та в останню мить, а віддаляючись від цих точок, твердість покриття поступово зменшується.

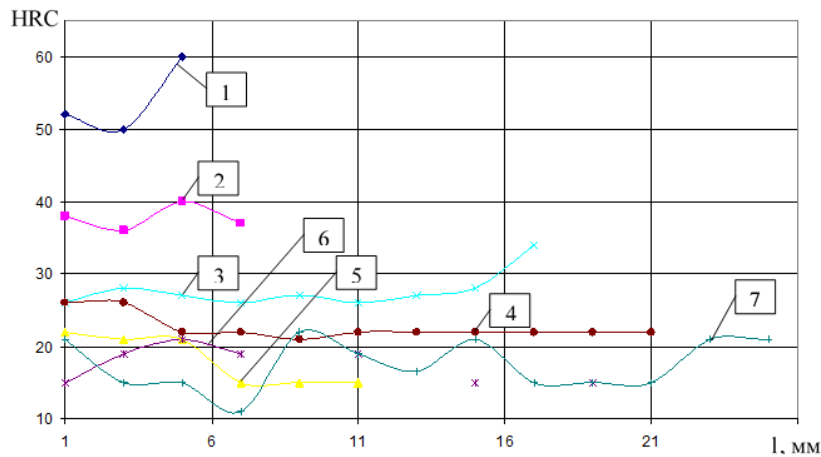


Рисунок 2 – Зміна твердості по довжині нанесеного покриття (позиції на рисунку відповідають порядковому номеру зразка): 1 – 1-ий зразок, 2 – 2-ий зразок, 3 – 3-ій зразок, 4 – 4-ий зразок, 5 – 5-ий зразок, 6 – 6-ий зразок, 7 – 7-ий зразок

Це пояснюється тим, що наплавлені спершу та в останню мить ділянки покриття мають більшу швидкість охолодження, розплавлений метал швидко кристалізується, утворюючи дрібнозернисту структуру металу і це забезпечує порівняно високу твердість. А оскільки із віддаленням від граничних ділянок покриття швидкість охолодження зменшується, метал кристалізується повільніше, розмір зерна збільшується, а твердість, відповідно, зменшується.

При вимірюванні твердості покриття, що складається з двох і більше валків, ми не завжди потрапляли в точки з однаковими характеристиками (тобто інколи індентор потрапляв в зону сплавлення двох валиків, інколи індентор потрапляв в центр валика), але інтегральна твердість покриття знаходиться в відповідних межах.

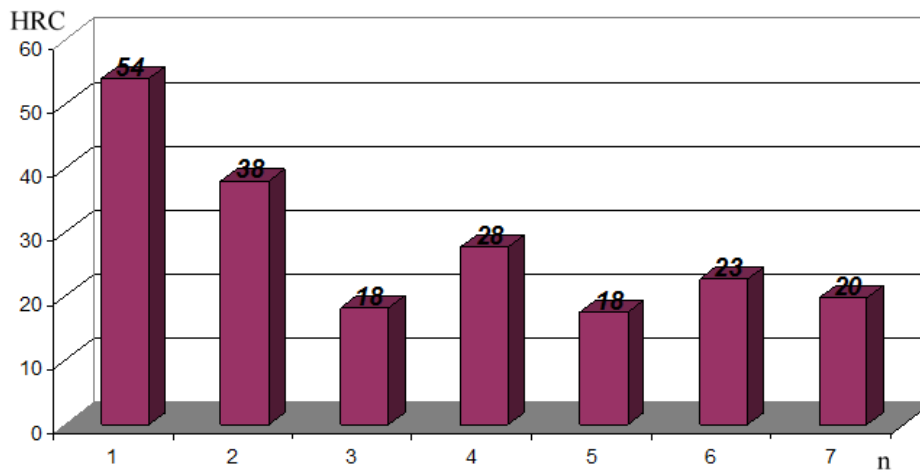


Рисунок 3 – Гістограма зміни інтегральної твердості покриття в залежності від кількості наплавлених валків

Гістограма інтегральної твердості зображена на рисунку 3. Якщо порівняти залежність, отриману по екстремумах з гістограми і залежність зміни механічних властивостей від температури відпуску (рис. 2), то можна зауважити їх кореляцію.

Висновки

1. Проведене дослідження показало, що кількість валків, що наносяться на деталь при формуванні покриття шляхом наплавлення, значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.
2. Твердість покриття, що формується накладанням двох і більше валиків, є нерівномірною по всій довжині покриття, але змінюється в невеликих межах (до 5-10 %).
3. Для підвищення твердості покриття, яке формується послідовним накладанням двох і більше валиків, необхідно вводити додаткове охолодження деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Махненко В.И. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров / В.И. Махненко, Т.Г. Кравцов. — Киев: Наукова думка, 1976. — 160 с.
2. Касаткин В.С. Напряжения и деформации при сварке. / В.С. Касаткин, В.М. Прохоренко, И.М. Чертов. — К.: Вища шк. — Гловное изд-во. — 1987. — 246 с.
3. Шаблій О.М. Математичне моделювання виникнення залишкових напружень, деформацій та переміщень при індукційному наплавленні тонких сталевих дисків / О. М. Шаблій, М. С. Михайлишин, В. М. Михайлишин, Ч. В. Пулька // Вісник Тернопол. держ. техн. ун-ту ім. Івана Пулюя. — 1998. — №3 (4) — С. 5—12.
4. Сварные строительные конструкции: В 3т. [Под ред. Лобанова Л.М.]. — Киев: Наук. думка, 1993. — Т. 1. Основы проектирования конструкций . — 1993. — 416 с.
5. Сварка в машиностроении: справочник. В 4-х т. [Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др.] — М.: Машиностроение, 1979. — Т. 3. Под ред. В.А. Винокурова. — 1979. — 567 с.

Шенфельд Валерій Йосипович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

Наумов Вадим Вікторович – магістрант групи 13в-19м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

Shenfeld Valery Y. – candidate. Sc., assistant professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: leravntu@gmail.com

Naumov Vadum V. – master of group 1ZV-19m, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leravntu@gmail.com