

УДК 533.924.620.18

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

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

Спіхтаренко В.В., доцент,

Херсонський ННІ Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова,
vladimir.kherson11@gmail.com

ВРАХУВАННЯ ТЕРМІЧНОГО ЦИКЛУ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ

Інтенсифікація роботи машин змушує шукати та впроваджувати все більш ефективні та прогресивні технології відновлення та зміцнення деталей. У цьому відбувається розширення сфери застосування напилення сплавами що самофлюсуються. Найчастіше напилення проводиться плазмовим способом з супутнім одночасним оплавленням, так як цей процес найбільш продуктивний і дозволяє за певних умов отримати досить високі показники міцності зчеплення напиленого шару з підкладкою. При цьому покриття виходять досить густими з мінімальними включеннями. Важлива можливість процесу отримувати покриття на тонколистових деталях із мінімізацією або навіть виключенням деформацій виробу

Отримати покриття, виконане плазмовим напиленням з високими механічними властивостями без утворення наступних холодних тріщин, що ведуть до необхідності їх виправлення, можна при правильному виборі режиму процесу з урахуванням термічного циклу.

В даний час для розрахунку режимів плазмового напилення сплавами що самофлюсуються з одночасним оплавленням відсутні ефективні методики розрахунку основних параметрів процесу.

Зазвичай при виборі режимів напилення використовують таблиці в яких позначені параметри напилення залежно від напилюваного матеріалу (фізико-хімічні властивості), грануляції використовуваного порошку, від використання плазмоутворюючого газу, дистанції напилення та енергетичні характеристики. При аналізі цих параметрів можна побачити, що вони часто не співпадають один з одним. Вони не враховують матеріал підкладки, зокрема вміст вуглецю.

Можна зазначити, що початковий вибір параметрів при плазмовому напиленні виробляють на підставі табличних даних, а остаточний - у процесі експериментів або за результатами розрахунків термічного циклу напилення плазмового на конкретну сталь.

Оскільки середньовуглецеві сталі мають велику схильність до утворення холодних тріщин після напилення з оплавленням, то сам процес повинен проходити з підвищеною погонною енергією і, як правило, з попереднім підігрівом (для сталі 40X температура підігріву $T_{\text{під}} = 250-300^{\circ}\text{C}$). Це необхідно для зниження швидкості охолодження зони термічного впливу..

При плазмовому напиленні з одночасним оплавленням на середньовуглецеві низьколеговані сталі необхідно підібрати такий термічний цикл, який задовольняв би необхідним вимогам, що забезпечує якісне з'єднання нанесеного покриття з поверхнею..

Якщо напилення проводиться самофлюсуючим сплавом на основі Ni-Cr-B-Si (ПГ 10Н-01) з одночасним оплавленням (нагрів до 950°C) нанесений шар забезпечує твердість HRC 55-62, але це гарантує від появи таких дефектів як холодних тріщин.

У Херсонському навчально-науковому інституті Національного університету кораблебудування імені запропоновано використовувати розрахункові методи вибору основних параметрів плазмового напилення з висновками, що дозволяють оцінити очікувану структуру за допомогою діаграми термокінетичного перетворення аустеніту.

Для прикладу наведемо розрахунки циклів напilenня за параметрами, представленими в табл. 1. Розрахунки виконувались у відповідності до відомих робіт, наприклад [1].

Таблиця 1 – Основні параметри процесу

Режими напilenня	Струм I, А	Напруга U, В	Ефективна потужність, Вт
1	300	60	7200
2	400	65	10400
3 з підігрівом	400	65	10400

Результати визначення температури циклу напilenня представлені в табл. 2

Таблиця 2 – Параметри циклів напilenня

t, сек	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	100	200
Режим 1 T, °C	20	21	102	532	811	923	950	936	906	868	828	790	515	379	301	250	141	82
Режим 2 T, °C	20	21	109	547	821	927	950	934	901	862	822	782	508	373	296	247	139	81
Режим 3 T, °C	250	250	267	484	716	854	922	947	948	937	919	898	700	585	515	469	367	311

Для режиму 1 миттєва швидкість охолодження становитиме: $\omega_{охл} = 29,4^{\circ}\text{C}/\text{с}$

Ця велика швидкість охолодження велика, метал підкладки має мартенситну структуру. Велика можливість утворення холодних тріщин. Підкладка має у своєму складі близько 93% мартенситу. Твердість близько 552 HV.

Для зниження миттєвої швидкості охолодження можна збільшити погонну енергію напilenня за рахунок збільшення струму та напруги.

Режим 2. миттєва швидкість охолодження $\omega_{охл} = 20,35^{\circ}\text{C}/\text{с}$

При накладенні кривої охолодження на діаграму термодинамічного перетворення аустеніту [2] можна визначити, що за даних параметрів режиму не можна гарантувати якість напilenня, оскільки швидкість охолодження досить велика. У підкладці близько 85% мартенситу.

При режимі 3 ефективна теплова потужність режиму залишається такою, як і на режимі 2, але напilenня ведеться з попереднім підігрівом колінчастого валу. Для сталі 40X рекомендується температура попереднього підігріву $T_{під} = 250^{\circ}\text{C}$. Миттєва швидкість охолодження $\omega_{охл} = 6,52^{\circ}\text{C}/\text{с}$. У цьому випадку отримуємо прийнятну швидкість охолодження мартенситу близько 35%. Утворення гартувальних структур не відбувається. Отже, відсутня можливість утворення холодних тріщин. Режим 3 вважатиметься оптимальним для розглянутого процесу напilenня.

Результати роботи апробовані під час відновлення плазмовим напilenням колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання.

Список посилань

1. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин – М. Госиздат научно-технической литературы. 1951. – 296 с.
2. Попов А.А. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита / А.А. Попов, Л.Е. Попова – Москва, 1991. – 500 с.