

УДК 621.793.7:533.924

Єршов А.В.¹, Зеленіна О.А.², Спичак А.В.³

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОД ВПЛИВУ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ

Процес нанесення плазмового покриття супроводжується виникненням значних температурних градієнтів у покритті, що є причиною створення остаточних температурних напружень після охолодження виробу. Тому зменшення температурної нерівномірності в зоні нанесення покриття сприяє підвищенню якості покриття.

Вважаємо, що для розробки корисних рекомендацій слід дослідити механізми впливу швидкості переміщення плазмотрона на нерівномірність температурного поля в покритті і підкладці. Тому розробка моделі температурного поля залежно від швидкості переміщення плазмотрона і оцінка термічного напруження, яке виникає в покритті, є актуальною.

Процес нанесення плазмового покриття супроводжується переміщенням теплового поля в уже сформованому покритті і в тілі підкладки. При нанесенні покриття на поверхні підкладки відбувається переміщення зони нагріву. Для оцінки термічних напружень та можливості розтріскування плазмового покриття слід визначити температуру в зоні осадження покриття, враховуючи нестационарність процесу нагрівання поверхні. Розв'язання рівняння нестационарної теплопровідності в зоні осадження покриття при постійній густині теплового потоку має вигляд [1]:

$$t = \frac{q}{2\lambda\delta}(\delta - x)^2, \quad (1)$$

де t – температура середовища, q – густина поверхневого теплового потоку, λ – теплопровідність, $\delta = \sqrt{6\alpha\tau}$ – глибина зони нагріву металу, $\alpha = \lambda/\rho c$ – коефіцієнт температуропровідності, ρ – густина, c – теплоємність середовища, τ – час нагрівання.

Як правило, теплопровідність покриття значно нижча за теплопровідність підкладки. Тому різниця температур у підкладці при нанесенні перших шарів менша, ніж у покритті. Однак для коротких циліндричних деталей збільшення товщини покриття за відсутності осьового переміщення плазмотрона супроводжується більш інтенсивним зростанням температури підкладки, ніж для довгих деталей. Оскільки допустима температура покриття обмежена умовою розтріскування при термічних напруженнях, то виникає необхідність зниження градієнту температур у покритті.

Аналіз формули (1) показує, що для зниження температури в зоні нагріву слід зменшити час нагрівання поверхні, наприклад, за рахунок підвищення швидкості переміщення плазмотрона. При напilenні на

поверхню обертання час нагрівання окремої точки покриття визначиться відношенням діаметра плями нагріву D до швидкості переміщення плазмотрона відносно підкладки v або $\tau = D/v$.

Обчислимо глибину зони нагріву і порівняємо її з товщиною покриття. Беручи значення коефіцієнтів для хромонікелевого покриття ПРНХ15СР2 – $\lambda=10$ Вт/м·К, $\rho=8\cdot 10^3$ кг/м³, $c =420$ Дж/кг·К, знаходимо коефіцієнт температуропровідності $\alpha =3\cdot 10^{-6}$ м²/с. Глибина зони нагріву покриття залежно від швидкості плазмотрона має вигляд:

$$\delta = \sqrt{6\alpha D/v} = \delta_1 \sqrt{v_1/v}, \quad (2)$$

де δ_1 – товщина шару нагріву покриття при швидкості плазмотрона v_1 .

Наприклад, при $D=0,015$ м, $v=0,57$ м/с час нагрівання $\tau=D/v=0,026$ с, а $\delta=0,68\cdot 10^{-3}$ м, що можна порівняти з товщиною покриття. З формули видно, що температура покриття в зоні нагріву знижується при підвищенні швидкості переміщення плазмотрона.

Після виходу поверхні з зони нагріву плазмотрона покриття охолоджується за рахунок поширення температури в підкладці. Тому слід врахувати і температуру підкладки t_2 , яка в умовах експериментів підвищувалася до температури 120°C при безперервному нанесенні декількох шарів покриття без осьового переміщення плазмотрона:

$$t = \frac{q}{2\lambda} \sqrt{6\alpha D/v} + t_2, \text{ град} \quad (3)$$

При розрахунку температури плями нагріву отримаємо:

$$t = 2,6\cdot 10^{-4} q / \sqrt{v} + 120, \text{ град} \quad (4)$$

Таким чином, впливовим технологічним параметром є швидкість плазмотрона відносно підкладки, яка призводить до зменшення температури поверхні покриття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 .Урюков, Б.А. Экспериментальное исследование плазмотронов / Б.А. Урюков. – Новосибирск: Наука, 1977. – 392 с.