

УДК 621.793.7: 533.924

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

¹ д-р техн. наук, проф. НУ “Запорізька політехніка”

² ст. лаборант НУ “Запорізька політехніка”

³ студ. гр. ІФ-319 НУ “Запорізька політехніка”

ДЕФОРМАЦІЯ ЗРАЗКА ПІСЛЯ НАНЕСЕННЯ ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ

Підвищена температура плазмового покриття у процесі його формування у порівнянні з температурою основи призводить до значних температурних деформацій і виникнення залишкових напруг у ньому, які деформують основу. Завданням дослідження є встановлення закономірності між деформацією зразка і залишковим напруженням у покритті. Використано модель позацентрового стиснення основи під дією результуючої сили у покритті. У розрахунковій моделі прийнято, що залишкове напруження лінійно зростає по товщині шару хромонікелевого покриття, а інтегральна сила F у покритті дорівнює

$$F = \frac{\sigma_{\text{мп}} b h}{2}, \quad (1)$$

де $\sigma_{\text{мп}}$ – максимальне залишкове напруження у покритті; b – ширина прямокутного зразка; h – товщина покриття.

Плече дії сили, відносно центру перетину основи, дорівнює сумі половини товщини основи і координати результуючої сили стиснення. Момент сили стиснення зразка щодо центральної осі основи визначиться формулою

$$M = F\left(\frac{H}{2} + \frac{2h}{3}\right) = \frac{\sigma_{mn}bh}{2}\left(\frac{H}{2} + \frac{2h}{3}\right), \quad (2)$$

де H – товщина основи.

Диференціальне рівняння пружної лінії вигину основи має вигляд

$$\frac{d^2 Y}{dx^2} = \frac{M}{EI}, \quad (3)$$

де Y – координата поперечної деформації (прогину) основи; x – поздовжня координата; E – модуль пружності основи, $I = bH^3/12$ – момент інерції основи.

Величину прогину основи, як відхилення від початкової прямолінійності, можна визначити подвійним інтегруванням (3) при наступних граничних умовах:

$$\begin{aligned} x = 0 : Y = 0, \quad \frac{dY}{dx} &= 0, \\ x = L : Y &= Y_m \end{aligned} \quad (4)$$

де L – довжина підкладки, Y_m – максимальний прогин підкладки під дією моменту сили позacentрового стиснення підкладки, який визначиться після інтегрування (3) у вигляді:

$$Y_m = \frac{M}{EI} \frac{L^2}{2}. \quad (5)$$

Максимальне напруження у покритті, визначене з (1), (2), (5):

$$\sigma_{mn} = \frac{4EIY_m}{L^2bh\left(\frac{H}{2} + \frac{2h}{3}\right)}. \quad (6)$$

Величина прогину визначалася як відхилення від прямолінійності зразка. Один кінець зразка разом з плоскою пластиною встановлюється в затиск. При цьому пластина розташовувалася зверху. На пластині встановлювався індикатор годинникового типу, який можна було переміщувати вздовж поверхні. При переміщенні його було виміряно розподіл прогину по довжині 3-х зразків. Результати вимірювань розподілу прогинів і їх середні значення Y_{cp} та максимальні напруження у покритті, визначені за формулою (6), наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Деформація зразка та залишкове напруження у покритті

№ зразка	$x, 10^{-2}, \text{м}$	1	2	3	4	4,5	$\sigma_{\text{МП}}, \text{МПа}$
1	$Y, 10^{-5}, \text{м}$	4	14	29	52	70	89,5
2	$Y, 10^{-5}, \text{м}$	4	16	32	55	71	90,8
3	$Y, 10^{-5}, \text{м}$	4	15	34	53	68	87,2
	$Y_{\text{ср}}$	4	15	31,7	53,3	69,7	
	$Y=k L^2$	3,4	13,9	31	54,5	70	

У нижньому рядку табл. 1 наведено розрахунок параболічної залежності прогину від довжини зразка, яка узгоджується з результатами вимірювань.

Висновки

1 Розроблено метод визначення максимального залишкового напруження у покритті в залежності від згинальної деформації зразка.

2 Експериментально встановлено, що розподіл деформації основи уздовж зразка підпорядковується параболічній залежності.