

**Клімова А.Г., Кагляк О.Д., Головка Л.Ф.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

## **ТЕРМОЦИКЛУВАННЯ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ НА СТАЛІ 40ХН2МА ІМПУЛЬСНИМ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ**

Використання плазмових покриттів має на меті підвищення зносостійкості, однак, слабким місцем покриттів, в тому числі і плазмових, є межа розділу основа-покриття. Тому існує необхідність розроблення способів посилення дифузійних процесів між матеріалом основи та покриттям. Для досягнення цієї мети, пропонується використання лазерної циклічної обробки.

Лазерне термоциклування покриттів спрямоване на підвищення адгезійної міцності а також може покращувати рівномірність розподілу хімічних елементів в покритті та зниження пористості в ньому.

Експериментальні дослідження проводилися на імпульсному твердотільному YAG:Nd лазері ALM-300 ALPHALASER GmbH: довжина хвилі випромінювання  $\lambda = 1,06$  мкм, тривалість імпульсу  $\tau = 5 \dots 20$  мс, енергія в імпульсі  $E_i = 90$  Дж, частота імпульсів – до 100 Гц, з можливістю варіювання форми імпульсів. Термоциклуванню піддавалися зразки із сталі 40ХН2МА, з нанесеним плазмовим покриттям ХТН ( $12X18H10T+TiB_2+CrB_2$ ), режими обробки представлені в табл. 1.

Режим обробки підбирався таким, щоб температура покриття під час обробки не перевищувала  $0,75 \cdot T_{пл}$ . При даній температурі активізуються процеси дифузії на границі покриття-основа.

З масиву оброблених зразків, слід виділити зразок з товщиною плазмового покриття 50-60 мкм при 4-х проходах (швидкість переміщення, 20 мм/с; тривалість імпульсу, 5 мс; частота імпульсів, 20 Гц; енергія в імпульсі, 8,95 Дж, середня потужність, 179 Вт) та зразок з такими ж умовами обробки але з покриттям товщиною 100 мкм. За таких умов спостерігається перерозподіл легувальних елементів між покриттям та основою. Однак, в першому випадку спостерігалася нестабільність покриття по товщині, на відміну від другого випадку, де товщина була рівномірною.

Таблиця 1 – Умови і результати опромінення зразків сталі 40ХН2МА з плазмовим покриттям ХТН імпульсним лазерним випромінюванням

Товщина покриття, мкм	n проходів	Швидкість переміщення мм/с	Тривалість імпульсу мс	Частота імпульсів Гц	Енергія в імпульсі Дж	Середня потужність Вт	Ширина ЗТВ	Глибина ЗТВ
50-60	1	20	5	20	8,95	179	2,07	0,19
	2	20	5	20	8,95	179	2,34	0,22
	3	20	5	20	8,95	179	2,47	0,24
	4	20	5	20	8,95	179	2,45	0,32
60-70	1	20	5	20	8,95	179	1,9	0,21
	2	20	5	20	8,95	179	2,1	0,25
	3	20	5	20	8,95	179	2,2	0,25
	4	20	5	20	8,95	179	2,7	0,27
80-90	1	15	5	20	8,95	179	2,33	0,21
	2	15	5	20	8,95	179	2,46	0,22
	3	15	5	20	8,95	179	2,58	0,22
	4	15	5	20	8,95	179	2,8	0,25
100	1	15	20	20	12,48	249,6	2,1	0,27
	2	15	20	20	12,48	249,6	2,2	0,30
	3	15	20	20	12,48	249,6	2,28	0,32
	4	15	20	20	12,48	249,6	2,30	0,35

В обох випадках утворювався перехідний шар, при чому, спостерігався перехід Ti та Ni із сталі в покриття, натомість Cr рухався із покриття в сталь. Формування такого перерозподілу легуючих елементів сприяє суттєвому підвищенню міцності зчеплення плазмового покриття з основою.

Дослідження характеристик покриття, за допомогою штифтового методу, показало, що міцність зчеплення покриття з основою зростає з 14-18 МПа до 80-110 МПа. В той же час, мікротвердість дещо знижується з 1150-1200 МПа до 1050-1100 МПа, що є відносно невеликим значенням. Слід зазначити що знижується, також, і пористість покриття з 10-12% до 7-8%, що однозначно є позитивним фактором стосовно міцності покриття.

Зразки з плазмовим покриттям різної товщини оброблялися по паралельним доріжкам без перекриття. На кожній доріжці була різна кількість проходів, від 1 до 4 (рис. 1).

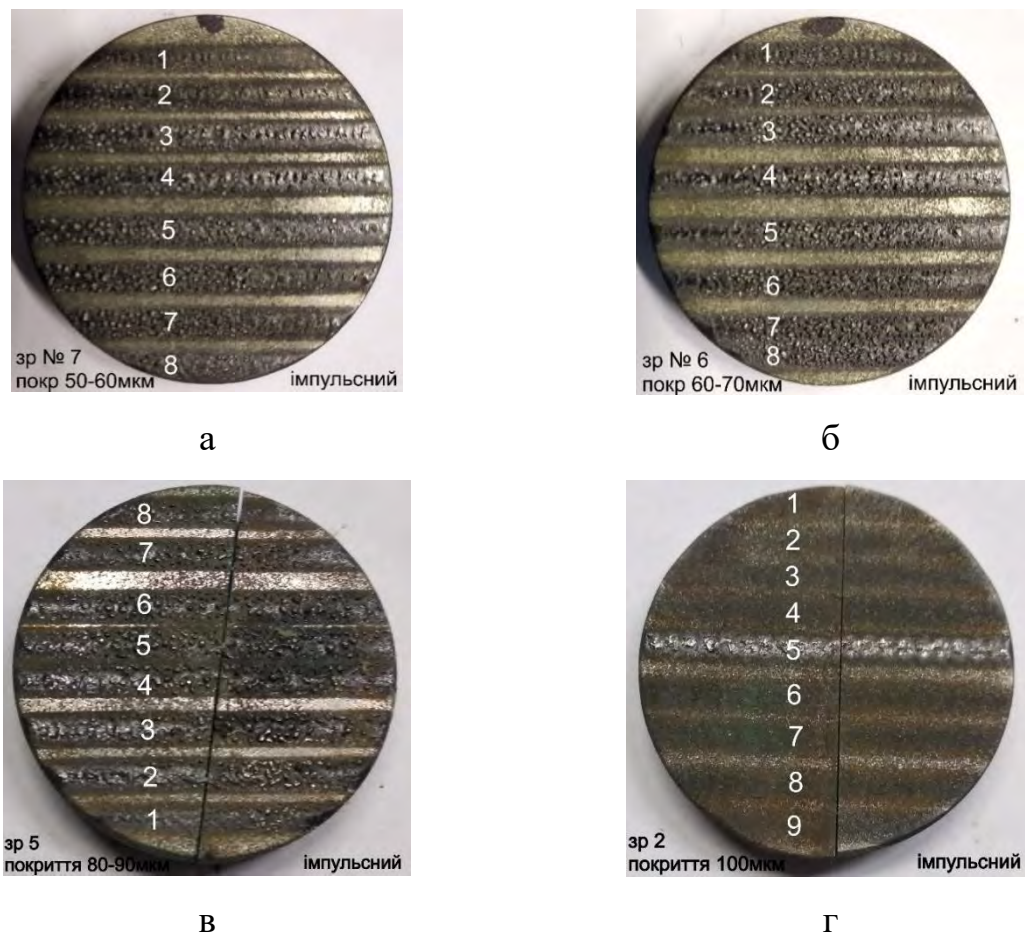


Рис. 1. Оброблені зразки (сталі 40ХН2МА з плазмовим покриттям ХТН (12Х18Н10Т+TiB<sub>2</sub>+CrB<sub>2</sub>)) після лазерної термоциклічної обробки імпульсним випромінюванням: а – покриття 50-60 мкм; б – покриття 60-70 мкм; в – покриття 80-90 мкм; г – покриття 100 мкм

Отже, підсумовуючи, можна сказати, що лазерне термоциклування плазмових покриттів типу ХТН на виробках зі сталі 40ХН2МА, дозволяє сформувати перехідний шар із взаємною дифузією елементів з покриття в основу та з основи в покриття. Внаслідок цього вдається досягти підвищення міцності зчеплення покриття з основою в 4-5 раз (з 14-18 МПа до 80-110 МПа) та знизити пористість покриття.