

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

**ІТТ** | ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ  
ТРАНСПОРТНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ



# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ



**ІТТ2024**

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 5-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

Харків 2024

5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 339 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирьма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет  
залізничного транспорту, 2024

**ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ  
ЛАЗЕРАМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ**

**SURFACE STRENGTHENING OF HIGH-PERFORMANCE STEEL  
BY LOW-POWER LASERS**

*к.т.н., доц. Н.О. Лалазарова<sup>1</sup>, к.т.н., доц. О.В. Афанасьєва<sup>2</sup>,  
к.т.н., доц. Г.Л. Комарова<sup>3</sup>, студент О.М. Івахненко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет радіоелектроніки (м. Харків)*

<sup>3</sup>*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) N.O. Lalazarova<sup>1</sup>, PhD (Tech.) O.V.  
Afanasieva<sup>2</sup>, PhD (Tech.) H.L. Komarova<sup>3</sup>, student O.M. Ivahnenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

<sup>2</sup>*Kharkiv National University of Radio Electronics (Kharkiv)*

<sup>3</sup>*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Термічне лазерне зміцнення, засноване на локальному нагріванні ділянки поверхні під впливом випромінювання та охолодження цієї ділянки з надкритичною швидкістю за рахунок тепловідведення у внутрішні шари металу, широко застосовується у промисловості [1].

Надійність та довговічність інструменту з швидкорізальної сталі в основному визначається його твердістю, яка залежить від хімічного складу та режимів термічної обробки. Тому метою даної роботи є розробка режимів лазерного гартування для швидкорізальної сталі, що забезпечують максимальну твердість.

Як матеріал досліджень була обрана інструментальна швидкорізальна сталь Р6М5 після стандартної термічної обробки – гартування та триразового відпуску. Шорсткість поверхні становила  $R_z=20$  мкм, що забезпечує поглинальну здатність 0,85...0,9, тому додаткові заходи щодо збільшення поглинальної здатності поверхні не робилися.

Поверхневе зміцнення проводили з використанням твердотілого YAG-лазера з ламповим накачуванням потужністю 5 Вт і довжиною хвилі випромінювання  $\lambda = 1,06$  мкм, що працює в імпульсному режимі [2]. Швидкість сканування становила 1-2 мм/с, частота проходження імпульсів 20 Гц, тривалість імпульсу 2 мс. Лазерне гартування виконували розфокусованим пучком з фокусом над поверхнею матеріалу, що обробляється. Ширина зміцненої доріжки оцінювалася на мікроскопі МБС-9 і становила 0,9 мм (режим 1) та 1,3 мм (режим 2).

Як параметр контролю зміцненого шару була обрана мікротвердість, яку вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні 100 г.

Дослідження поверхні сталі після лазерного гартування показало, що у всіх зразках присутні сліди плавлення. Спінювання та розтріскування металу

оброблених ділянок не спостерігалось. Це свідчить про нагрівання трохи вище за температуру ліквідус і гартування з рідкого стану. Результати досліджень мікротвердості наведено на рис. 1.

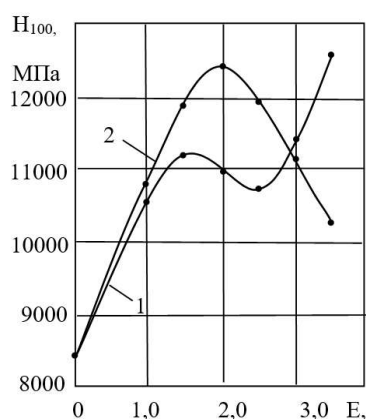


Рис. 1. Залежність мікротвердості від енергії в імпульсі:  
1 – режим 1, 2 – режим 2

Аналіз отриманих результатів показав, що лазерне термозміцнення швидкорізальної сталі дозволяє суттєво підвищити її твердість у порівнянні зі стандартною термічною обробкою. Можна припустити, що внаслідок малого часу впливу лазерного випромінювання на матеріал і великої швидкості відведення тепла дифузійні процеси, пов'язані з розчиненням карбідів при плавленні, не встигають завершитися в повному обсязі. Тому вторинні карбіди зберігаються, відбувається подальше подрібнення зерна, підвищення густини дислокацій, що призводить до зростання рівня внутрішніх напружень, і, як наслідок – підвищення твердості.

Дослідження показали, що обробка за допомогою більш розфокусованого пучка (режим 2) забезпечує дещо більші значення твердості, ніж отримані за режимом 1. Оптимальні значення енергії в імпульсі становлять 1,5...2,5 Дж.

Глибина загартованої зони для режиму 1 складає близько 150 мкм і 200 мкм для режиму 2, що є дуже хорошим результатом для імпульсної лазерної обробки.

В результаті проведених досліджень було показано, що твердість попередньо загартованої швидкорізальної сталі можна суттєво підвищити повторним гартуванням лазерами малої потужності, що працюють в імпульсному режимі. Отримані оптимальні значення енергії в імпульсі, що забезпечують максимальну твердість сталі.

[1] Головка Л. Ф. Новітні лазерні технології в поверхневій обробці матеріалів. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції "Актуальні проблеми теоретичної, експериментальної та прикладної фізики", АПТЕПФ 2012, 20-22 вересня 2012 р., м. Тернопіль. С. 114-118.

[2] Афанасьєва О. В., Лалазарова Н. О., Федоренко Є. П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів : монографія. Харків : ФОП Панов А. М., 2020. 100 с.