

УДК 621.793.536

## ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ НАПЛАВКИ

**М. І. ДЕНИСЕНКО** канд. техн. наук , доцент  
*ВСП «Немішайвський фаховий коледж НУБіП України»*

**О. С. ДЕВ'ЯТКО** канд. техн. наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: [mdenisenko317@gmail.com](mailto:mdenisenko317@gmail.com)

**Постановка проблеми.** В теперішній час все більше використання у різних галузях промисловості знаходить лазерне наплавлення покриттів [1,2,3].

Локальне зміцнення деталі за допомогою лазерного променя дозволяє ефективно вирішувати низку виробничих завдань, забезпечуючи переваги у порівнянні з традиційними технологіями за критерієм «ціна – якість».

### **Основні матеріали дослідження.**

Лазерний промінь як технологічний інструмент, завдяки своїм унікальним характеристикам, насамперед всього високої інтенсивності і монохроматичності, можливості досягнення високих значень потужності та щільності потоку енергії, відрізняється від відомих технологічних засобів зміцнення поверхонь.

Лазерне зміцнення ножів і молотків (матеріали сталь 45, 65Г) для подрібнення комбікормів, лапи культиваторів (грунтообробна техніка) здійснювали на установці «Квант-16», і на газовому лазері CO<sub>2</sub> «Лотос-31». Глибина зміцнення складала 0,5...0,6 мм. Першими установками для поверхневої обробки матеріалів використовувались лазери імпульсної дії.

Протягом багатьох років  $\text{CO}_2$  - лазер безперервної дії є самим потужним серед коли-небудь розроблених промислових лазерів.

Протягом багатьох років  $\text{CO}_2$  - лазер безперервної дії є самим потужним серед коли-небудь розроблених промислових лазерів. Суть методу лазерного наплавлення полягає у тому, що під плавлена лазером поверхня переміщується з присадним матеріалом. При цьому, наплавленому шару за рахунок складу присадного матеріалу і високої швидкості охолодження, надаються потрібні фізико-механічні властивості (рисунк 1). Вміст вуглецю впливає на твердість лазерного зміцнення сталей. Так при зміцненні сталі 65Г твердість поверхневих шарів становить 61...67 HRC за режимів опромінення вказаних вище для газового лазера. Також встановлено, що геометричні параметри поперечного перерізу валиків зі самофлюсуючих сплавів на основі заліза залежать від режимів лазерного наплавлення.

Йому надається перевага у процесах зварювання, різання, термозміцнення. Потужність безперервних  $\text{CO}_2$  - лазерів може досягати сотні кіловат, що дозволяє значно підвищити продуктивність обробки. У цих лазерах, у якості активного середовища використовували суміш газів  $\text{CO}_2$ , He,  $\text{N}_2$ .

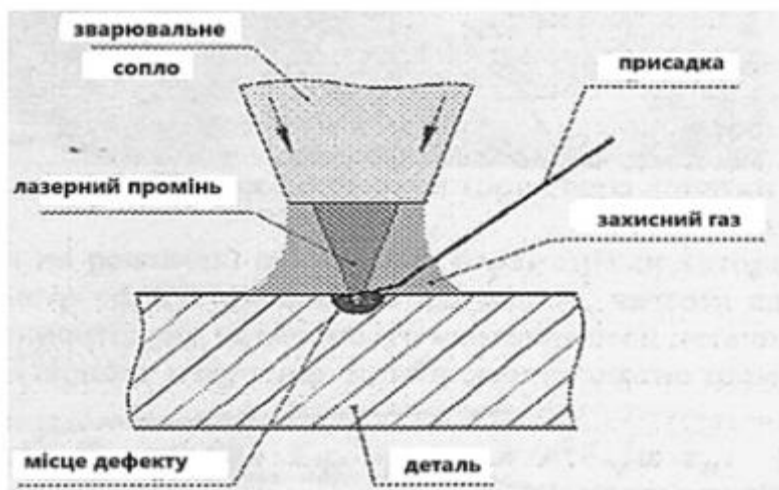


Рисунок 1. Функціональна схема процесу лазерного наплавлення

Довжина хвилі генеруючого випромінювання – 10,6 мкм. Вони здатні працювати у імпульсному та безперервному режимах, мають високу просторову когерентність і промисловий ККД, що дорівнює приблизно 10-15%. Лазери легкі у керуванні та безпечні за дотримання правил експлуатації. Також для оплавлення композиційних покриттів при розробці технології зміцнення треба використовувати лазерні установки безперервної дії ЛГН – 702 потужністю 800 Вт і Комета – 2, потужністю 1200 Вт.

**Результати та висновки.** У сучасному лазерному технологічному обладнанні по обробці матеріалів, в основному на сьогодні використовуються потужні газові і волоконні лазери, успішно, замість лазерів Nd – YAG. Використання лазерного випромінювання, як локального висококонцентрованого джерела інфрачервоного кольору відкриває широкі можливості при модифікуванні структури та властивостей поверхневих шарів

металевих матеріалів. Крім локальності, перевагами лазерної обробки являється можливість безперервного управління процесом: глибина нагрівання зменшується зі зростанням інтенсивності лазерного випромінювання, тому що при цьому відбувається більше швидке нагрівання поверхні тертя, за малої щільності потоку і тривалого часу зовнішнього опромінення, утворюється значна термодифузія в основний метал, а утворений температурний градієнт, недостатній для швидкого охолодження поверхневого шару, котре необхідне для отримання твердої структури.

Лазерна обробка являється одним з методів отримання покриттів, що підвищують їх міцність зчеплення з основою, з мінімальним об'ємним розігріванням деталі та високою локальністю процесу зміцнення. На сьогодні створено лазерні комплекси декількох модифікацій з багатоканальними випромінювачами [1,2,3]. Якість випромінювання зв'язане з просторовим розподіленням інтенсивності випромінювання у плямі та її геометрії.

Параметри рельєфу після лазерного наплавлення вимірювали і оцінювали за допомогою оптичної мікроскопії. Для контролю розплаву в роботі прямолінійний рух пучка було замінено рухом за кривою, що назвали **трохоїдою**.

Для даної кривої є два параметри: циклічна частота і ширина кривої. На рисунку 2 показана схема і траєкторія руху лазерного променя.

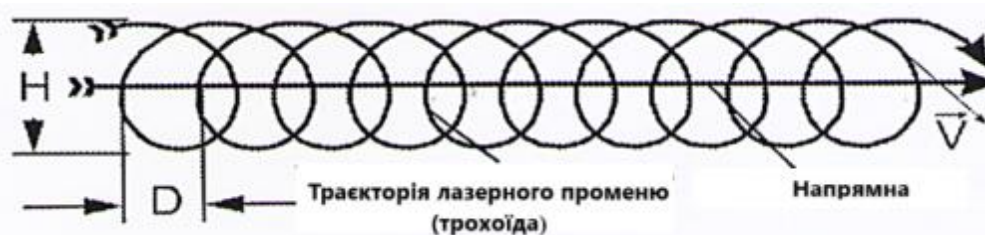


Рисунок 2 – Схема з параметрами і траєкторією руху лазерного променя, де  $D$  – відстань між петлями трохоїди,  $H$  – ширина (висота) трохоїди,  $V$  – швидкість переміщення променя на поверхні (швидкість сканування).

Проводячи аналогію з електродуговим наплавленням, напрямна крива – це крива, що показує траєкторію зварювального шва. Створення рельєфу на поверхні металевих виробів, що мають форму канавок або кратерів, можливо покращити і інші властивості поверхні, у тому числі трибологічні властивості поверхні сталі. Було виявлено. Що рух лазерного променя по поверхні сталевого виробу вздовж трохоїди призводить до утворення лінійного рельєфу – канавки, котра складається з заглиблення і бічного валику зі переплавленої сталі.

За розробленими технологіями на спеціалізованих лазерних комплексах, за останні роки вже зміцнили декілька тисяч деталей для підприємств різних галузей. Зміцнені деталі можуть бути різної складності з розмірами від десятків міліметрів до двох метрів і більше, масою від сотень грамів до двох тон. Лазерне гартування і наплавлення призводить до підвищення твердості, дисперсності структури та зростанню зносостійкості у 2-6 разів.

### **Висновки.**

Лазерне наплавлення порошкових матеріалів забезпечує отримання нижче розташованого шару високого ступеню однорідності і якості без значного термічного впливу поверхні тертя.

Після лазерного наплавлення можливо утворення випуклого лінійного рельєфу різної геометрії.

### **Список використаних джерел**

1. J.W. Elmer, P.W.Hochanadel, K. Lachenberg, C.Caristan, and T. Webber High Electron, Beam and Laser Beam Welding ASM Handbook, Volume 6A, Welding Fundamentals and Processes, T. Siewert, S. Babu, and V. Acoff, editors.
2. Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О.Г.Девойно [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – 280 с.
3. Огов В.И., Афанасьева Л.Е., Новоселова М.В. Особенности формирования структуры и микрогеометрии поверхности лазерных наплавок с использованием многоканального CO<sub>2</sub> -лазера // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. №11. С.19-22.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
118-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)***

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

***20-21 лютого 2025 року  
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF  
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE  
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



## ***PROCEEDINGS***

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated  
to the 118th anniversary of the birth of  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Vice President of the UAAS  
KRAMAROV  
Volodymyr Savovych  
(1906-1987)*

**«KRAMAROV'S READINGS»**

*February 20-21, 2025  
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;  
**Тонха О. Л.** – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Ружило З. В.** – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Мельник В. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**  
**Автухов А. К.** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;  
**Адамчук В. В.** – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;  
**Альмейда А.** – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);  
**Аулін В. В.** – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;  
**Арак М.** – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);  
**Банний О. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;  
**Бєлоєв Х.** – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);  
**Борак К. В.** – заступник директора ЖАТФК;  
**Братішко В. В.** – декан МТФ НУБіП України;  
**Будяй О. В.** – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;  
**Булгаков В. М.** – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;  
**Василенко М. О.** – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;  
**Васильковський О. М.** – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;  
**Войтюк Д. Г.** – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;  
**Герук С. М.** – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;  
**Джеонг Ілля** – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);  
**Домейка Р.** – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);  
**Захарчук О. В.** – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;  
**Іванишин В. В.** – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;  
**Ковалишин С. Й.** – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;  
**Коренко М.** – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

**Тін Ю Чен** - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

**Фіндура П.** – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

**Шарибура А. О.** – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

**Яковенко І. А.** – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.