

УДК 621.785.5:621.81

МЕХАНІЗМИ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ

Є. В. МАНЬКО, асп., В. М. ЧУМАК, асп.,
В. В. АУЛІН, д.т.н., проф., А. А. ТИХИЙ, к.т.н., доц.
Центральноукраїнський національний технічний університет
E-mail: AulinVV@gmail.com

Науково-технічний прогрес в галузі машинобудування великою мірою пов'язаний зі створенням нових конструкційних матеріалів з високим комплексом заданих експлуатаційних властивостей, і навіть з удосконаленням технологічних методів зміцнення. Успіхи сучасного матеріалознавства на межі століть призвели до створення широкого спектра матеріалів різного призначення, серед яких частка металевих матеріалів становить 60-65%. Рівень розвитку машинобудування, досягнутий до початку ХХІ століття, характеризується підвищеною інтенсивністю експлуатаційних режимів машин та устаткування, що супроводжується розробкою нових концепцій вибору матеріалів. Зміна та ускладнення умов експлуатації машин, вузлів та агрегатів вимагають постійного вдосконалення матеріалів та технологій їх виготовлення. До кінця ХХ століття намітилися тенденції, з одного боку, до зменшення частки металевих матеріалів за рахунок дедалі більш широкого використання полімерів, керамічних та композиційних матеріалів, з іншого боку, до створення металевих матеріалів з якісно новими високими та надвисокими властивостями отриманими комбінованими методами зміцнення.

Проблеми створення металевих матеріалів із заданими властивостями повинні вирішуватися на основі комплексного підходу, що поєднує принципи формування хімічного складу матеріалу та розробку технологічних процесів його зміцнювальної обробки як способу отримання заданої структури. Насьогодні серед технологій зміцнюючої обробки особливу роль відіграють фізико-хімічні способи формування поверхні матеріалу.

Одним з основних інноваційних підходів до створення матеріалів та зміцнювальних технологій для машинобудівної та транспортної галузей є проблема ресурсозбереження, яка вирішується в наступних напрямках:

- зниження вартості матеріалів шляхом обмеження застосування рідкісних і складних елементів та заміни дорогих компонентів більш дешевими;
- підвищення службових характеристик матеріалів з метою збільшення довговічності, надійності та терміну служби машин;
- підвищення показників конструктивної міцності матеріалів, що дозволяє досягти зниження маси та зменшення габаритів деталей машин та механізмів;
- зниження витрат на технологічні процеси обробки матеріалів шляхом удосконалення технологій у напрямку економії енергоресурсів та витратних

матеріалів, автоматизації та скорочення тривалості процесів, підвищення ефективності обробки.

У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка доступних, економічних та високоефективних технологій зміцнення конструкційних сталей для одержання заданих експлуатаційних властивостей у конкретних умовах експлуатації.

Науково обґрунтована розробка нових сплавів та технологій їх зміцнення передбачає широке використання досягнень сучасного фізичного металознавства, зокрема структурної теорії конструктивної міцності металів, що характеризує працездатність сплаву в умовах максимально наближених до реальних умов експлуатації виробу. Спираючись на теоретичні закономірності, металознавці-практики отримують можливість цілеспрямовано використовувати для створення матеріалів із заданими властивостями кількісні співвідношення між параметрами структури та властивостей матеріалу та перейти від суто емпіричного підходу до розробки сплавів та зміцнювальних технологій до розрахунку структурних характеристик та прогнозування комплексу властивостей.

В роботі розглядаються основні теоретичні закономірності, що пов'язують показники конструктивної міцності з параметрами структури матеріалів. В основі сучасних уявлень про зміцнення сплавів лежить дислокаційна теорія згідно з якою підвищення міцності металевих матеріалів є наслідок взаємодії дислокацій з перешкодами різного порядку: дислокаціями, елементами субструктури межами зерен, розчиненими атомами, дисперсними частинками. Розглянуто кількісні закономірності різних механізмів зміцнення дислокаційного, субструктурного, зернограничного, твердорозчинного, дисперсійного. На основі співвідношень цих механізмів запропоновано методика розрахунку показників зміцнення металів і сплавів, яка дозволяє прогнозувати механічні характеристики (межа плинності та твердості), залежно від структурного стану металу з урахуванням діючих зміцнювальних механізмів. Наведено приклади розрахунку з використанням запропонованої методики та зіставлення розрахункових характеристик з експериментальними дослідженнями.

В роботі розглянуто вплив параметрів структури на характеристики довговічності сплавів: опір крихкому та втомному руйнуванню, характеристики пластичності та в'язкості. Об'єктивну складність упорядкування строгих співвідношень між структурними характеристиками і параметрами зазначених властивостей становить відсутність однозначно інтерпретованих кількісних закономірностей. Відомо протиріччя між двома показниками конструктивної міцності, межею плинності, що характеризує опір пластичному деформуванню, і в'язкістю руйнування, що характеризує опір раптовому руйнуванню. Пропонується аналіз існуючих взаємозв'язків, що дозволяють оцінити вплив того чи іншого механізму зміцнення на показники конструктивної міцності і прийняти рішення про використання такого механізму зміцнення при якому було б мінімізовано негативний вплив структурних змін на в'язкість

руйнування та інші характеристики конструктивної міцності.

Розглянуто приклад конкретного комбінованого технологічного процесу, розробленого з урахуванням теоретичних закономірностей зміцнення. Технологія комбінованої обробки, що складається з лазерного легування поверхні сталей, із подальшим азотуванням, можливого забезпечення високого комплексу характеристик конструктивної міцності. Експериментальні результати досліджень включають дослідження структури та фазового складу поверхневого шару, у тому числі із застосуванням сучасних методів аналізу тонкої будови, та результати випробувань механічних властивостей зміцнених сталей. Ці приклади показують, що використання металофізичних теорій при розробці зміцнення дозволяє розробити ефективні технологічні процеси в залежності від конкретних цілей і завдань зміцнюючих комбінованих технологій.

В роботі проведено аналіз дислокаційної теорії різних механізмів зміцнення металевих деталей і робочих органів з виявлення їх специфіки та методів управління механічних характеристик, зносостійкості та надійності матеріалів деталей та робочих органів машин. Розглянуто основні теоретичні кількісні закономірності різних механізмів зміцнення. Запропоновано методику розрахунку показників зміцнення металів і сплавів, яка дозволяє прогнозувати механічні характеристики: межу плинності та твердості; залежність коефіцієнту тертя від залишкових напружень.

Побудовано моделі реалізації різних механізмів зміцнення матеріалів деталей та робочих органів машин на основі теоретичних експериментальних досліджень. Удосконалено методи прогнозування комплексу фізико-механічних та експлуатаційних властивостей матеріалів деталей та робочих органів машин в запропонованих інноваційних технологіях з комбінованим механізмом зміцнення. Розроблена методика та алгоритм розрахунку характеристик комплексом різних механізмів, вибору найбільш ефективної та її застосування для прогнозування властивостей міцності матеріалів деталей та робочих органів машин

З'ясовано інноваційні способи створення матеріалів деталей і робочих органів на основі різних механізмів зміцнення та отриманий комплекс їх властивостей. Розроблено комбіновані технологічні схеми інноваційних методів та технологій поверхневого зміцнення деталей та робочих органів машин з конструкційних сталей на основі комплексного лазерного легування. Обґрунтовано вибір технологічних параметрів комбінованого лазерного легування та з'ясовано технологічні особливості процесу легування та якість зміцненого шару від способу подачі матеріалу присадки в зону лазерної обробки. Проведені комплексні дослідження на утомлене руйнування зразків зміцнених лазерним легуванням і азотуванням. Розроблені рекомендації щодо оптимальних технологічних режимів комбінованої технології лазерного легування і азотування для різних груп деталей і робочих органів машин.

**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.