

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ ТА НЕМЕТАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ

УДК 621.9.048

Є. В. Іващенко, канд. тех. наук., доц.

Н. В. Франчік, асп.

ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ЛАЗЕРНИМ ЛЕГУВАННЯМ ЗАЛІЗА КАРБІДОМ ТА НІТРИДОМ ТИТАНУ

Національний технічний університет України «КПІ»

e-mail: marchenko@kpm.kpi.ua

Досліджено особливості формування структури і властивостей поверхневого шару на залізі після лазерного легування обмазками TiC та TiN. Показано, що легування заліза обмазками TiC та TiN зумовлює насичення заліза вуглецем та азотом і утворення дисперсних виділень карбіду TiC. Виявлено, що за більшої густини потужності збільшується зона лазерної дії.

Вступ. Із розвитком сучасного виробництва ставляться нові вимоги до якості існуючих і створення нових покриттів, які б відповідали вимогам підвищення ресурсу та надійності роботи деталей машин, інструментів та елементів конструкцій в машинобудуванні [1].

Використання висококонцентрованих потоків, зокрема, лазерного випромінення, натеper є ефективним і актуальним методом поверхневого модифікування металів і сплавів [2].

Модифікування поверхні виробу нанесенням зносостійких покриттів – це один з найперспективніших методів удосконалення властивостей пар тертя зі сталей та сплавів.

Застосування технології лазерного легування дозволяє поєднувати не тільки процеси виплавки сплаву заданого складу безпосередньо на поверхні виробу, а також і наступне гартування з рідкого стану. Висока густина потужності енергії лазерного променя дає змогу не тільки значно підвищити продуктивність і технологічність процесу, але й отримати нові властивості покриттів. При цьому зростає їх мікротвердість, зносостійкість, корозійна стійкість тощо.

Постановка завдання. Метою цієї роботи було дослідження структури та мікротвердості зони лазерної дії (ЗЛД) на залізі при нанесенні обмазок на основі карбіду титану та нітриду титану.

Передбачалося, що застосування як обмазок карбіду титану і нітриду титану дозволить зменшити відбивну здатність поверхні зразків та додатково легувати ЗЛД титаном і фазами проникнення TiC та TiN , що збільшить твердість, зносостійкість і протяжність ЗЛД.

Методика і техніка експерименту. Дослідження результатів зміцнення поверхні проводили на залізі після лазерної обробки за режимами, які забезпечували розплавлення поверхні, з використанням імпульсного лазера «Квант-16» з активним елементом зі скла з неодимом, який працює в режимі вільної генерації. Довжина хвилі випромінювання $\lambda = 1,06$ мкм, тривалість – 8 мс, густина потужності імпульсу змінювалася фокусуванням променя в інтервалі $Wp = 6,5 \dots 8,3$ ГВт/м².

Лазерне легування виконували на зразках армо-заліза у вигляді шайб діаметром 8 і висотою 5 мм на повітрі. Перед обробкою лазерним променем на поверхню зразків наносили обмазку з порошків карбіду та нітриду титану (розмір частинок близько 1 мкм) з використанням органічної в'язучої речовини.

Залежно від густини потужності й товщини обмазки отримували зміцнені зони з різною структурою та мікротвердістю по перетину мікровани розплаву. В роботі використовували комплексну методику, яка включала мікроструктурний (на оптичному мікроскопі МИМ-10), мікродіюметричний (мікротвердомір ПМТ-3 за навантаження 50 г), рентгенофазовий (ДРОН-2.0 – $\lambda_{\text{K}\alpha}\text{-Fe}$) та електронно-мікроскопічний (на мікроскопах РЕМ-106И зі збільшенням 400-1000 разів та ПЕМ-125К зі збільшенням від 2000 до 250000) аналізи.

Результати роботи. Насичення заліза з використанням обмазки нітриду титану за густини потужності лазерного випромінювання $Wp = 6,5$ ГВт/м² привело до збільшення мікротвердості зони лазерної дії до 3,5 ГПа. У разі легування карбідом титану мікротвердість підвищувалася до 8,5 ГПа (рис. 1 а, крива 1). У структурі ЗЛД при легуванні карбідом титану

спостерігається рівномірна зона травлення з точковими темнотравленими виділеннями (рис. 1, б).

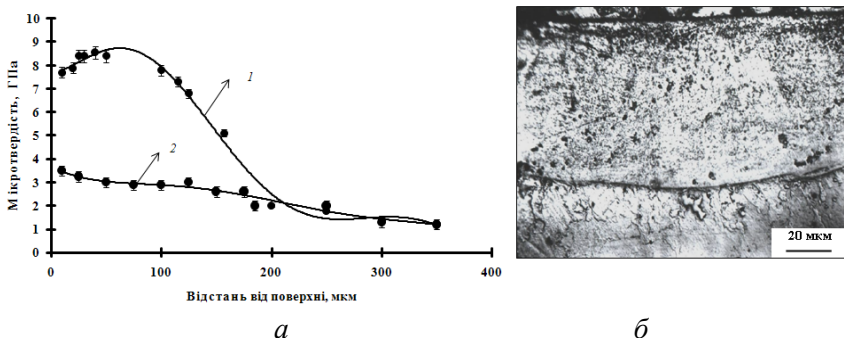


Рис. 1. Мікротвердість ЗЛД в залізі: 1 – обмазка TiC; 2 – обмазка TiN (а), мікроструктура заліза після лазерного легування обмазкою TiC(б); $W_p = 6,5 \text{ ГВт/м}^2$

Якщо густина потужності лазерного випромінення становить $W_p = 8,3 \text{ ГВт/м}^2$, спостерігався ефект значного збільшення протяжності ЗЛД до 700 мкм та одночасного зменшення мікротвердості легованої зони до 5 ГПа (обмазка TiC) та до 3 ГПа (обмазка TiN) (рис. 2, а, крива 1, 2).

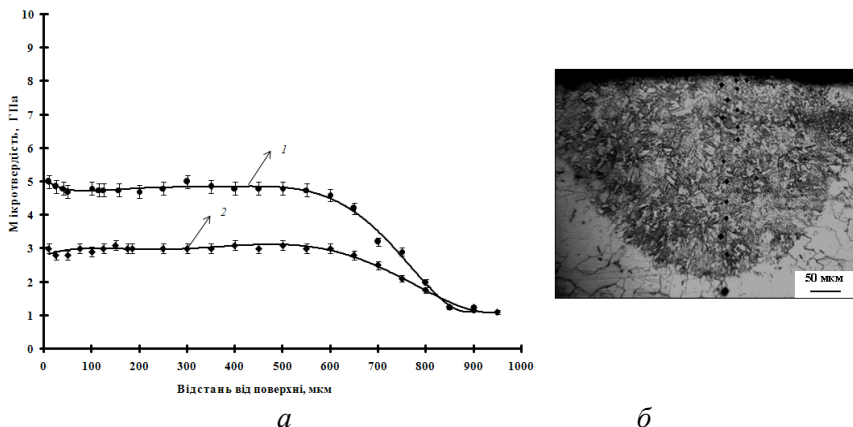


Рис. 2. Мікротвердість ЗЛД в залізі: 1 – обмазка TiC; 2 – обмазка TiN(а), мікроструктура заліза після лазерного легування обмазкою TiN(б), $W_p = 8,3 \text{ ГВт/м}^2$

Відносно велика протяжність ЗЛД обумовлена зокрема її темним кольором, що значно зменшує коефіцієнт відбиття і збільшує кількість поглиненої енергії лазерного випромінювання.

Мікроструктура зони лазерної дії, легованої нітридом титану за густин потужності випромінювання $Wp = 6,5 \text{ ГВт/м}^2$ та $Wp = 8,3 \text{ ГВт/м}^2$ має вигляд стовпчасто-дендритних зерен (рис. 2, б).

Під час легування карбідом титану рентгеноструктурний аналіз виявив наявність у ЗЛД α -фази заліза і невеликої кількості TiC (рис. 3). У процесі легування нітридом титану виявляються лінії α -фази заліза та слабкі лінії TiN.

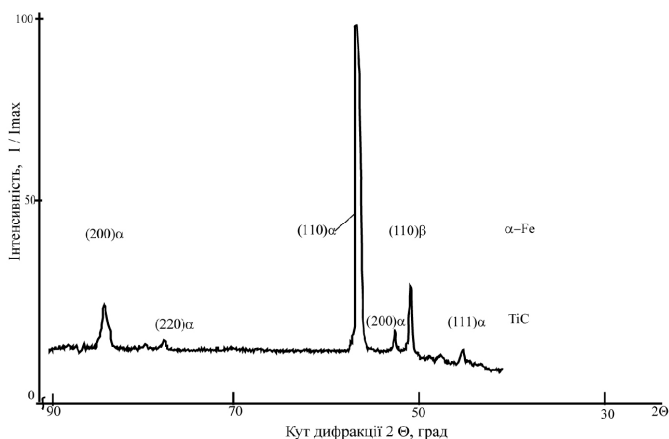


Рис. 3. Фрагмент дифрактограми ЗЛД заліза після легування обматкою TiC

Електронномікроскопічне дослідження зони лазерного впливу після легування карбідом TiC дозволило виявити досить високу густину дислокацій та створення ділянок з комірковою структурою (рис.4, б, в). Середній лінійний розмір комірок становить приблизно 500 нм. На скупченнях дислокацій спостерігалось виділення дисперсних частинок, імовірно, – карбіду титану. Такі експериментальні дані можуть свідчити про складний багатостадійний механізм процесу лазерного легування.

У межах зони спостерігалися ділянки з різною густиною дислокацій і різною кількістю виділених дрібнодисперсних частинок з середнім розміром приблизно 30 нм (рис. 4, а, в), розташованих окремими скупченнями.

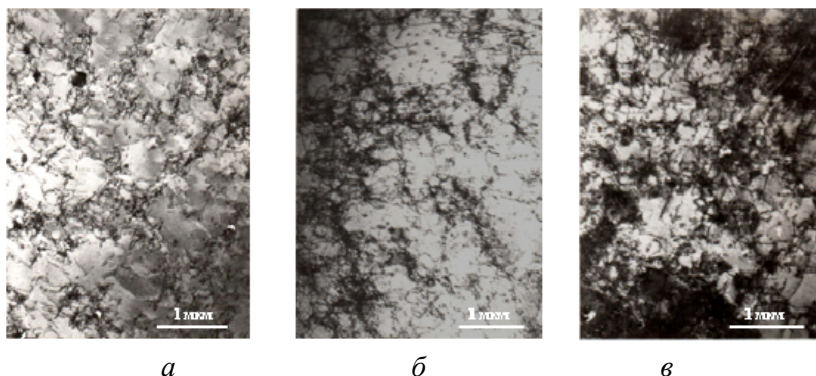


Рис. 4. Електронні мікрофотографії ЗЛД, залізо, обмазка TiC, $W_p=6,5 \text{ ГВт/м}^2$

Ці скупчення дрібнодисперсних частинок розташовуються на ділянках з підвищеною густиною дислокацій і мають розгалужену форму. Такий характер електронно-мікроскопічного зображення структури може свідчити про значну нерівномірність хімічного складу в ЗЛД. Більша кількість виділень відповідає ділянкам, на яких концентрація Ti та C більша, і навпаки. На певних ділянках ЗЛД поряд з дисперсними виділеннями виявляються частинки більшого розміру близько 150 нм. Ці частинки, ймовірно, є фрагментами нерозплавлених частинок обмазки.

Наявність дрібнодисперсних виділень карбіду TiC, частинок більшого розміру та підвищена густина дислокацій і зумовлюють високі значення мікротвердості ЗЛД. Крім того, фактором, який сприяє підвищенню мікротвердості, ймовірно, є збільшення розчинності вуглецю або азоту в α -твердому розчині заліза, легованого титаном у процесі лазерного оплавлення [3].

Можливий механізм зміцнення ЗЛД у процесі лазерної обробки з обмазок можна подати такими процесами: імпульс світла нагріває обмазку до високих температур (близьких до температури випаровування). Залежно від товщини обмазки може також відбуватися часткове розкладення насичувальної сполуки – карбіду та нітриду титану. Над поверхнею виникає «хмара» хімічної активної плазми. Одночасно відбувається нагрівання і випаровування металу. Взаємодія плазми з розплавленим металом призводить до насичення ЗЛД елементами проникнення – вуглецем

та азотом, а також титаном. За високих швидкостей нагрівання та охолодження в умовах високих градієнтів температури, які призводять до високих внутрішніх напружень, виникають та перерозподіляють дислокації на яких виділяються дисперсні частинки карбіду титана чи нітриду титана.

Дані, отримані на растровому електронному мікроскопі, дозволили дослідити будову ЗЛД заліза при легуванні обмазкою TiN.

На мікрофотографіях окремих фрагментів ЗЛД (рис. 5, *а*, *б*) виявляються ділянки з різним характером мікроструктури.

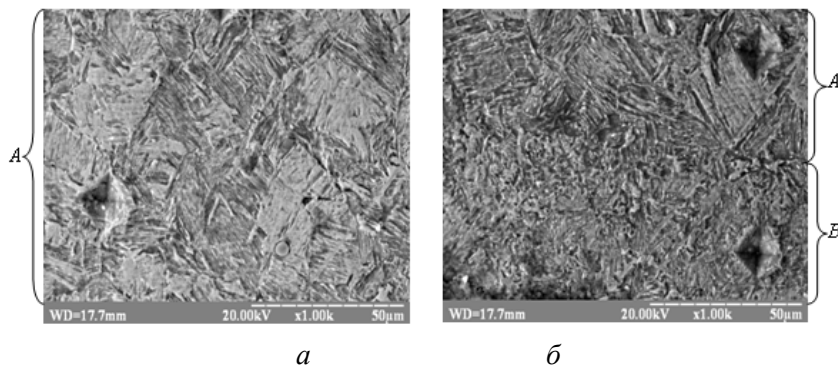


Рис. 5. Фотографії мікроструктури ЗЛД у вторинних електронах, залізо, обмазка TiN, $Wp = 8,3 \text{ ГВт/м}^2$

Поряд із структурою, яку можна характеризувати як дендритну (*A*) виявляється зерниста структура (*B*), що може свідчити про відмінні умови охолодження та різницю в хімічному складі ЗЛД.

Висновки.

За результатами дослідження лазерного легування карбідом та нітридом титану заліза методами мікроструктурного, мікродюрOMETричного, рентгенофазового та електронно-мікроскопічного виявлено особливості структури та властивостей зон лазерної дії.

Установлено, що легування обмазкою TiC збільшує мікротвердість поверхневого шару до 8,5 ГПа, а легування обмазкою TiN – до 3,5 ГПа. Виявлено, що збільшення густини

потужності призводить до більшої протяжності зони лазерної дії та зменшенню мікротвердості.

Електронно-мікроскопічне дослідження зони лазерного впливу після легування карбідом TiC дозволило виявити значне збільшення густини дислокацій та створення ділянок з комірковою структурою і виділення дисперсних частинок – карбіду титану.

Зона лазерної дії на залізі, отримана в результаті легування поверхні карбідними частинками, має високу зносостійкість і може бути запропонована для зміцнення поверхонь деталей, що працюють в умовах тертя.

Нині момент проводяться дослідження триботехнічних характеристик отриманих покриттів.

Список літератури

1. Григорьянц А. Г. Основы лазерного термоупрочнения сплавов. / А.Г. Григорьянц, А. Н.Сафонов. – М.: Высш. шк., 1988. – 159 с.
2. Упрочнение деталей лучом лазера / [Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Меркулов Г.В., Стрижак А.И.]. – К.: Техника, 1981. – 131 с.
3. Лахтин Ю.М. Азотирование стали. / Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

Иващенко Е.В., Франчик Н.В. Формирование износостойких покрытий лазерным легированием железа карбидом и нитридом титана// Проблемы тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С.214–220.

Исследованы особенности формирования структуры и свойств поверхностного слоя в железе после лазерного легирования обмазками TiC и TiN. Показано, что легирование железа обмазками TiC и TiN приводит к насыщению железа углеродом и азотом и образованием дисперсных выделений карбида TiC. Выявлено, что при большей плотности мощности увеличивается зона лазерного воздействия.

Рис. 5, список лит.: 3 наим.

Formation of wear resistance layers by laser alloying of iron with TiC and TiN

The features of structures formation and surfaces properties of the iron layer after laser alloying with plasters TiC and TiN were investigated. It is show that iron doping plaster TiC and TiN leads to saturation of iron, carbon and nitrogen discharge and formation of dispersed carbide TiC. It is found that at larger power density the area of the laser action increases.

Стаття надійшла до редакції 20.05.10