

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД, БУДОВУ І ВЛАСТИВОСТІ АЗОТОВАНИХ ШАРІВ НА СТАЛЯХ У8, 40Х13, 0Х18Н10Т ТА 40Х

Національний технічний університет України «КПІ»

Розглянуто вибір оптимальних зносостійких конструкцій та склад дискретних покриттів, сформованих лазеро-хіміко-термічною обробкою. Показано, що якісний та кількісний характер змін в азотованому шарі визначається заздалегідь сформованим структурно-фазовим станом.

Вступ. Для підвищення працездатності поверхонь тертя сталей машин, приладів та інструменту широко використовуються різноманітні покриття та модифіковані шари. Особливо лазерні технології дали змогу в останні десятиріччя створити нові методи обробки поверхні, що різко змінюють будову і структурно-напружений стан поверхневих шарів, збільшують їх твердість, зносостійкість та деякі інші властивості.

Перспективним методом зміцнення підвищення довговічності деталей машин є створення зносостійких дискретних композиційних покриттів [1; 2]. Регулюючи геометрію, структуру і фізико-механічні властивості поверхневих шарів параметрами нагрівання та контурно-променевої схеми лазерного зміцнення можна керувати характеристиками покриттів.

Мета роботи – вибір оптимальних щодо зносостійкості конструкції та складу дискретних покриттів, сформованих лазеро-хіміко-термічною обробкою.

Методики дослідження. Лазерну дискретну обробку сталей У8, 0Х18Н10Т, 40Х13 та 40Х здійснювали на установці «ЛАТУС-31» за режимами: потужність випромінювання – 0,9–1,1 кВт, діаметр ділянки фокусування променя – 5 мм, швидкість пересування лазерного променя – 0,5; 0,8; 1,2; 1,4 м/хв.. При цьому температура поверхневого шару на сталі перевищувала A_{C3} , але була нижчою за температуру плавлення. Наступне азотування проводили в середовищі аміаку за температури 800 – 860 К. Час витримання – 10–20 год.

Дослідження структури, товщини, фазового складу, мікротвердості та вмісту азоту поверхневих шарів зразків проводили методами металографічного та рентгеноструктурного аналізу в $Fe_{K\alpha}$ випромінюванні, дюрOMETричного аналізу та газового аналізу з використанням відповідно металографічного мікроскопа «Neophot-21» з цифровою приставкою, ДРОН-3, ПМТ-3 та аналізатора фірми «Леко» ТМ-114.

Результати досліджень. Зміни морфології зеренної структури сталі У8 після лазерної обробки характеризуються інтенсивним подрібненням вихідної зеренної структури зі значним збільшенням протяжності границь зерен, зростає площа та активність їх поверхні, що сприяє дифузії атомів проникнення.

Аналіз отриманих даних показав, що залежно від технологічних параметрів лазерної обробки (швидкості пересування лазерного променя) змінюється фазовий склад, товщина і мікротвердість азотованого шару (табл. 1).

Мікротвердість з віддаленням від поверхні в глибину шару плавно знижується до рівня вихідної матриці. Ефективна глибина шару після обробки зі швидкістю переміщення променя лазера 0,8 м/хв становить приблизно 0,45 мм для сталі У8 та 0,1 мм для сталі 0Х18Н10Т (табл. 2).

Фазовим рентгеноструктурним станом показано, що без попередньої лазерної обробки в азотованому шарі переважає ϵ -фаза (гексагональний нітрид заліза Fe_3N), тоді як після лазерної обробки основу нітридного шару складає γ -фаза (кубічний нітрид заліза Fe_4N). Крім того спостерігається тенденція розширення інтерференційних ліній α -фази. Такі зміни структурного стану поверхні дозволяють не тільки зменшити кількість крихкої і пористої ϵ -фази, підвищити концентрацію азоту в α - і γ -фазах, але й суттєво прискорити дифузійні процеси порівняно з традиційними методами [1].

Також було проведено дослідження впливу тривалості часу азотування на зносостійкість дискретно оброблених лазером поверхонь сталі 40Х. З'ясовано, що зі збільшенням часу витримування процесу азотування від 1 до 10 год. Ці дані наведено у табл. 3.

Досліджено вплив поверхневої концентрації азоту зміцнених поверхонь на триботехнічні властивості. Максимальна зносостійкість спостерігається за концентрацій азоту в діапазоні (у масових частках) 6,0 – 8,5 % (див. рисунок).

Таблиця 1

Параметри поверхневих шарів на сталі У8

Вид обробки	Швидкість пересування лазерного променя V , м/хв	Товщина шару, мм	Поверх-нева мікротвердість, ГПа	Вміст азоту, %	Фазовий склад дифузійного шару
Азотування без лазерної обробки	-	0,115	3,5	0,071	α -Fe ₂ O ₃ ; γ -Fe ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃ ; FeC; Fe ₃ C; FeC; FeO; Fe ₃ N; Fe ₂ N; Fe ₄ N; ϵ -Fe
Азотування після лазерної обробки	0,5	0,632/0,461*	7,3	0,158	Fe ₃ O ₄ ; Fe ₂ O ₃ ; FeO; α -Fe ₂ O ₃ ; γ -Fe ₂ O ₃ ; FeO; Fe ₂ C; FeC; Fe ₂ N; Fe ₃ N; Fe ₄ N; α -Fe; ϵ -Fe
	0,85	0,580/0,200	8,7	0,150	
	1,2	0,192/0,190	7,3	0,143	FeO; α -Fe ₂ O ₃ ; γ -Fe ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃ ; FeC; Fe ₂ N; Fe ₃ C; Fe ₅ C ₂ ; α -Fe; ϵ -Fe
	1,4	0,124/0,120	7,0	0,143	
* в чисельнику – товщина обробленого лазером шару, в знаменнику – товщина азотованого шару					

Таблиця 2

Параметри азотованих шарів на сталях з попередньою лазерною обробкою

Матеріал	Товщина шару*, мм	Поверхнева мікротвердість, ГПа
У8	0,45	8,8
40Х13	0,21	3,7
0Х18Н10Т	0,10	12,0
* швидкість пересування лазерного променя 0,8 м/хв		

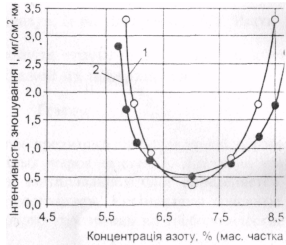
Це пояснюється тим, що поверхневі нітридні шари пар тертя складаються переважно з ϵ -фази (гексагонального карбонітриду $\text{Fe}_{2-3}(\text{NC})$), близької до нижньої межі розчинності азоту. Така структура ϵ -фази дозволяє виключити її крихкість та отримання в шарі крихкого нітриду Fe_2N (він більш пластичний, ніж гранецентрований нітрид Fe_4N). При цьому твердість зміцненого шару наближується до твердості γ -фази з одночасним зберіганням пластичності ϵ -фази, утворюючи таким чином, оптимальні структурні передумови для підвищення зносостійкості.

Таблиця 3

Триботехнічні характеристики дискретно обробленої сталі 40X

Обробка	Товщина азотованого шару		Зношування мг/см ² хкм
	На ділянках з лазерною обробкою	На ділянках без лазерної обробки	
Лазерна обробка + азотування 1 год	0,35	0,02	0,33
Лазерна обробка + азотування 5 год	0,39	0,06	0,38
Лазерна обробка + азотування 10 год	0,45	0,12	0,45
Азотування 10 год	-	0,12	0,80

Таким чином, з аналізу отриманих результатів випливає, що лазерна обробка поверхні робить значний внесок у процес наступного азотування. Якісний та кількісний характер змін в азотованому шарі визначається заздалегідь сформованим структурно-фазовим станом. Підвищена розчинність азоту в кристалічній ґратці сталі під час оброблення її поверхні променем лазера є наслідком утворення високої щільності легкорухомих дислокацій сильного диспергування вихідної зеренної структури та збільшення протяжності границь зерен. Установлено, що корегуванням структурно-фазового та хімічного складу трибоелементів можна керувати процесом формування вторинних структур для забезпечення підвищення зносостійкості матеріалу. Найбільшу зносостійкість мають дифузійні шари, що складаються з ϵ -фаз – нітридної (Fe_3N) та карбонітридної [$\text{Fe}_{2-3}(\text{N,C})$]. Все це свідчить про перспективу технологічного поєднання методів хіміко-термічної та лазерної обробок для розвитку інженерії поверхні.



Залежність інтенсивності зношування і коефіцієнта тертя від концентрації

Список літератури

1. *Юркова О.І., Білоцький О.В.* Структура дифузійних шарів, утворених на сталі Ст.3 при терті у газових середовищах // *Металознавство та обробка металів.* – 2004. – № 3. – С.32 – 37.

2. *Вплив попередньої пластичної деформації на процеси насичення сплавів на основі заліза азотом та вуглецем* // Л.Д. Демченко, С.І Сидоренко, В.Г.Тиняєв, Ю.П.Шейко та ін. // *Металлофізика и новейшие технологии.* – 2000. – 22. № 8. – С. 95 101.

3. *Пат. 19551 Україна, МПК (2006) С 23 С 8/02.* Спосіб комбінованої лазеро-хіміко- термічної обробки матеріалів / М.В.Кіндрачук, Н.В.Іщук, В.М.Писаренко, Л.Ф.Головко. – Заявл. 04.07.06., опубл. 15.12.06. Промислова власність – 2006. – №12. – 4с.

4. *Пат. 25412 Україна, МПК (2006) С 23 С 8/02.* Спосіб отримання зносостійких дискретних азотованих шарів / М.В.Кіндрачук, Н.В.Іщук, В.М.Писаренко, Л.Ф.Головко, М.С. Яхья – Заявл. 22.03.07, опубл. 10.08.07. Промислова власність – 2007. – № 12 – 4 с.

Ищук Н.В. Исследование особенностей влияния предварительной лазерной обработки на фазовый состав, строение и свойства азотированных шаров на сталях У8, 40Х13, 0Х18Н10Т и 40Х // *Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб.* – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друку», 2010. – Вип. 53. – С.221–225.

Рассмотрен выбор оптимальных износостойких конструкций на состав дискретных покрытий, сформированных лазеро-химико-термической обработкой. Показано, что качественный и количественный характер изменения в азотированном слое определяется предварительно сформированным структурно-фазовым состоянием.

Рис. 1, табл. 3, список лит.: 4 наим.

Investigation peculiarity influence preliminary laser processing on phase structure, construction and properties on steel nitrid's surface layers

Selection optimal wearproof construction on composition discrete coating formed laser chemical thermal processing were considered. It was shown that the strong changes of the steel structure inside of nitrided layers related to the phase and structure composition after laser treatment.

Стаття надійшла до редакції 04.06.10