

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ НІОБІЄМ ТА АЗОТОМ НА СТРУКТУРУ ТА ЗМІНУ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРОЗІЙНОТРИВКИХ СТАЛЕЙ

З.А. Дурягіна, Г.В. Лазько, Х.Б. Василів*

*Національний університет “Львівська політехніка”,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка
НАН України, вул. Наукова, 5, м. Львів, 79601*

Анотація. Досліджено вплив лазерного легування ніобієм та азотом з обмазки на основі рідкого скла на особливості структуроутворення поверхневих шарів сталей 12X18H10T та 20X13 (ЭП 823). Показано, що лазерне легування дало змогу формувати поверхневі шари з підвищеними значеннями мікротвердості та зносотривкості.

Ключові слова: сталь, поверхневий шар, лазерне легування, зносотривкість

Вступ

Для розвитку приладобудування, машинобудування, газопереробної промисловості, атомної та теплової енергетики актуальним завданням сьогодення є створення на поверхні конструкційних матеріалів поверхневих шарів, які здатні тривалий час надійно працювати за умов тертя та зношування при одночасній дії робочих середовищ. Адже внаслідок зношування в процесі тертя, ерозії та кавітації виходять з ладу близько 85–90 % деталей машин та механізмів цих галузей промисловості, а витрати на їхнє відновлення та ремонт у декілька разів перевищують вартість готових виробів [1]. Тому інструментом для підвищення довговічності означених виробів ми вибрали один із найперспективніших методів інженерії поверхні – лазерне легування.

Мета роботи полягає у вивченні характеру структуроутворення у поверхневих шарах сталей 12X18H10T та 20X13 (ЭП 823) під час лазерного легування, ідентифікації їх фазового складу та властивостей.

1. Матеріали і методика досліджень

Об'єктом дослідження вибрано поверхневі шари корозійнотривких сталей 12X18H10T та 20X13 (ЭП 823), сформованих після лазерного легування ніобієм та азотом. Поверхневе лазерне легування здійснювали на CO₂-лазері безперервної дії фірми “TRUMF” потужністю 6–6,2 кВт, довжиною хвилі випромінювання 10,6 мкм при швидкості сканування променя за поверхнею 1990 мм/хв. Обробка здійснювалась при 100 % продувці азотом, що і дало змогу додатково використовувати атоми азоту як легувальний елемент. Перед опроміненням на поверхню досліджуваних сталей тонким шаром (завтовшки 15–20 мкм) наносили попередньо приготовану легувальну обмазку (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла).

Дослідження зміни структури та фазового складу поверхневих шарів після лазерного легування оцінювали на оптичному мікроскопі “Neofot–21” з приставкою для вимірювання мікротвердості та скануючому електронному мікроскопі EVO 40XVP із системою мікроаналізу INCA Energy 350. Трибохарактеристики сформованих поверхневих шарів досліджено на пальчиковій машині тертя за умов зворотно-поступального руху без змащування [2]. Зміну параметрів мікрорельєфу поверхні оцінювали, використовуючи програму Roughness Plot Analyzer [3].

2. Результати досліджень

Лазерне легування досліджуваних сталей дало змогу сформувати на їх поверхні багатшарові поверхневі шари товщиною близько 250–320 мкм із градієнтною структурою та підвищеними властивостями.

Зокрема, лазерне легування сталі 20X13 (ЭП 823) з обмаски (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла) дає можливість синтезувати поверхневий шар з будовою високолегованого α -твердого розчину та вкрапленнями рівномірно розташованих вторинних фаз, ідентифікованих як карбіди Cr_7C_3 , NbC, NbC_{0.5}, нітриди SiN₄, NbN, Cr₂N та оксинітриди, наприклад, Cr(ON). Це пояснює підвищення мікротвердості у поверхневих шарах, інтегральні значення якої досягають 6–7 ГПа (рис. 1, I, б).

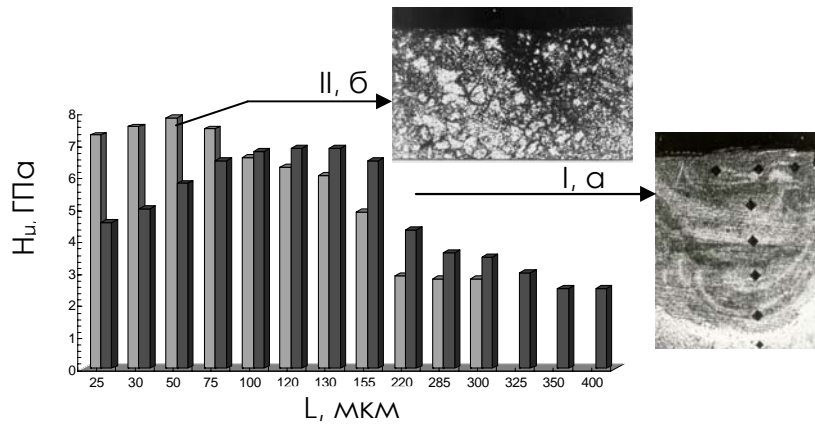


Рис. 1. Характер зміни мікротвердості поверхневих шарів після лазерного легування з обмаски (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла) сталей: 20X13 (ЭП 823) – (I): а – мікроструктура x 500 та 12X18H10T – (II); б – мікроструктура x 500

Випробування на зношування досліджуваної сталі після лазерного легування з обмаски (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла) показали, що сформовані поверхні шари володіють високою зносотривкістю порівняно з вихідним станом. Зокрема, випробування тертям за умов зворотно-поступального руху без змащування (контртіло – сталь 45) показали, що лазерне легування сталі 20X13 з обмаски 3 сприяє підвищенню зносотривкості поверхневих шарів у 5–6 разів за контактного тиску 0,29 МПа і у 2 рази за контактного тиску 0,42 МПа.

Аналіз характеру зміни топографії лазерно легованої поверхні сталі 20X13 (ЭП 823) після фрикційної взаємодії свідчить про її істотні зміни (див. таблицю), – зменшується висота і глибина мікрорівнів (параметри Ra, Rz, Rmax, Rp зменшуються в середньому в 3 рази), на 15–20 % зростають відстані між їх вершинами S і середні радіуси кривизни r. Це свідчить про вигладження поверхні, зменшення кількості мікрозаглибин та їх глибини.

Параметри профілограм поверхонь тертя досліджуваних сталей після лазерного легування з обмаски (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла), мкм

Сталь 20X13(ЭП 823)		Сталь 12X18H10T	
Вихідний стан (після лазерного легування)	Після тертя	Вихідний стан (після лазерного легування)	Після тертя
Ra=4,43	Ra=1,1	Ra=9,12	Ra=1,19
Rz=9,38	Rz=3,13	Rz=24,76	Rz=4,19
Radius=1330,0	Radius=2633,9	Radius=1526,4	Radius=7908,6
Rmax=20,89	Rmax=10,55	Rmax=40,40	Rmax=7,80
Rq=5,21	Rq=1,38	Rq=9,89	Rq=1,41
Rp=10,83	Rp=2,53	Rp=11,89	Rp=4,66
Kp=0,48	Kp=0,52	Kp=0,71	Kp=0,40
TM=0,6097	TM=0,41	TM=0,50	TM=0,46
S=52,40	S=63,63	S=46,94	S=51,74

Аналогічно до сталі 20Х13 (ЭП 823) лазерне легування сталі 12Х18Н10Т дало змогу формувати поверхневі шари з регульованою структурою, фазовим складом та підвищеними значеннями мікротвердості. Зокрема, після лазерного легування з обмазки (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла) поверхня сталі 12Х18Н10Т складається з двох шарів (рис. 1, П, б). Зовнішній, товщиною близько 20 мкм характеризується зернистою будовою коміркового типу, а внутрішній, товщиною до 300 мкм, являє собою механічну суміш зерен високолегованого γ -твердого розчину з дисперсними включеннями карбідних (Cr_7C_3 , TiC , $\text{NbC}_{0.5}$, Cr_4C) та нітридних (SiN_4 , TiN) фаз. Інтегральне значення мікротвердості цих шарів досягає 7–8 ГПа (рис. 1, П).

Випробування на зношування досліджуваної сталі після лазерного легування з обмазки (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла) показали підвищення зносотривкості синтезованих поверхневих шарів за контактного тиску 0,29 МПа у 16 разів, за контактного тиску 0,42 МПа у 2–3 рази та у 7–8 разів за контактного тиску 0,78 МПа відповідно. Аналіз зміни параметрів мікрорельєфу поверхні досліджуваної сталі свідчить про його істотні зміни. Внаслідок припрацювання елементів пари тертя відбувається вигладжування мікровиступів, на що вказує зменшення лінійних характеристик профілю опорної кривої (R_a , R_z , R_{max} , R_q , R_p) у 5–6 разів, збільшується на 10 % середня відстань між піками виступів (S) та у 5 разів середній радіус мікровиступів (див. таблицю).

Висновки

За результатами виконаних досліджень можна зробити висновок, що підвищення зносотривкості поверхні виробів із досліджуваних за умов тертя можливе за рахунок формування лазерним легуванням покриттів із обмазки (80 % дисперсного порошку Nb + 20 % рідкого скла). Підвищення трибологічних характеристик і мікротвердості синтезованих поверхневих шарів відбувається в результаті цілеспрямованого формування фазового складу, що містить нітридні, карбідні та оксинітридні фази.

Література

1. Триботехническое материаловедение и триботехнология [Электронный ресурс]: Учебн. пособие [для студ. высш. учеб. зав.] / Н.Е. Денисова, В.А. Шорин, Н.Н. Гонтарь, Н.И. Волчихина, Н.С. Шорина. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2006. – Adobe Acrobat 7.0 Document, 3,62 Mb. – Системні вимоги: Windows XP; MS Word 2003. – Назва з титул. екрана.
2. Пат. України на корисну модель № 32128. Пристрій для визначення трибоелектрохімічних характеристик металів в умовах корозійного впливу електролітів / В.В. Широков, О.В. Широков, Є.М. Рудковський, Х.Б. Василів. – Заявка № u2007 12589 від 13.11.2007.
3. Комп'ютерний обробіток профілограм фрикційних поверхонь / [В.В. Широков, Л.А. Арендар, Ю.І. Ковальчик та ін.] // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2005. – № 1. – С. 93–96.

INFLUENCE OF LASER ALLOYING BY NIOBIUM AND NITROGEN ON STRUCTURE AND CHANGE OF PROPERTIES OF STAINLESS STEEL

Z.A. Duriagina, H.V. Lazko, Ch.B. Vasylyv*

*Lviv Polytechnic National University,
12, Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine*

**Karpenko Physico-Mechanical Institute of NASU,
5, Naukova Str., 79601, Lviv, Ukraine*

Abstract. *The influence of the laser alloying by niobium and nitrogen from mixtures on the basis of liquid glass on the feature of gelation of superficial layers of steels 12X18H10T and 20X13 (ЭП 823) are analysed. It is rotined that the laser alloying allowed to form superficial layers with the enhanceable values of microhardness and wear resistance.*

Keywords: *steel, superficial layer, laser alloying, wear resistance*