

З.А. Дурягина, Б.П. Бахматюк, Н.В. Щербовских

**Влияние лазерного легирования на коррозионную стойкость
поверхностных слоёв стали 12X17T в модельных средах**

Резюме

Исследовано стойкость к электрохимической коррозии поверхностных слоёв стали феррито-мартенситного класса 12X17T в исходном состоянии и после образования структурных барьеров лазерным легированием ниобием. Показано, что после создания защитных барьерных слоев увеличивается коррозионная стойкость стали до 4,5 – 7,0 раз.

Z.A. Duriagina, B.P. Bakhmatuk, N.V. Shcherbovskykh

**The influence of laser alloying on the corrosive resistance of the
12X17T steel surface layers in the modelling environments**

Summary

The resistance to electrochemical corrosion of the ferrite-martensite 12X17T steel layers of surface in the original state and after formation of laser alloying layers of structural barriers of niobium was studied. It was shown an increasing in 4,5 – 7,0 times the corrosive resistance of the 12X17T steel after formation of laser alloying protective layers.

УДК 669.162.275:621.71.9

*Вплив лазерної обробки поверхні на
структуру і зносостійкість хромистого
чавуну*

В.А. Локтіонов-Ремізовський, кандидат технічних наук

В.П. Гаврилук, член-кореспондент НАН України

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Досліджено формування структури і властивостей лазерного шару на поверхні хромистого чавуну. Встановлено шарувату будову лазерного шару і визначені зміни структурних параметрів по його товщині. Встановлено екстремальний характер функцій твердості і інтенсивності абразивного зношування чавуну.

Підвищення зносостійкості ливарних сплавів застосуванням комплексного легування і термічної обробки має певні обмеження, обумовлені дефіцитом і вартістю легуючих елементів, проблемою вторинного використання (переплаву) деталей, а також особливостями технології термічної обробки, які не завжди можна реалізувати у виробництві. В умовах зростаючого дефіциту легуючих елементів і з урахуванням того, що руйнуванню при зношуванні піддається лише незначний поверхневий шар деталі недоцільно витрачати легуючі елементи для легування сплаву у всьому об'ємі деталі. Більш доцільно використовувати їх для створення заданого рівня зносостійкості лише на робочій поверхні.

Застосування технологічних прийомів (формування литої заготовки деталі в біметалічному виконанні), що забезпечують локальне легування робочої поверхні деталі, яка зношується, збільшує трудомісткість її виготовлення, ускладнює систему контролю якості наплавленого шару і якість його з'єднання з основою.

З урахуванням вище вказаного підвищення зносостійкості деталей зміцненням їх робочої поверхні зовнішньою енергетичною дією є достатньо актуальною. Ґрунтуючись на принципі структурної чутливості зносостійкості сплавів і публікаціях [1 – 5] про підвищення зносостійкості деталей після обробки їх робочих поверхонь, проведено дослідження впливу обробки лазерним променем на структуру і інтенсивність зношування хромистого чавуну з евтектичною структурою. Поставлено також задачу визначення зміни рівня зносостійкості та твердості лазерного шару за його товщиною на поверхні зразка з чавуну у порівнянні з чавуном у литому стані.

Вибір складу чавуну провели, ґрунтуючись на раніше проведених дослідженнях концентраційної залежності зносостійкості сплавів з гетерогенною структурою (сплавів евтектичних систем) від ступеня евтектичності структури [6 – 8]. Хімічний склад чавуну наступний (% мас. частка): С – 2,15, Сг – 21,23, Мо – 0,35, Мп – 1,8, V – 1,76, В – 0,22. Відношення хрому до вуглецю в чавуні практично дорівнює 10. В литому стані структура чавуну евтектична із ступенем евтектичності 1,0 і складається з аустеніту та гексагонального карбїду Me_7C_3 .

Зразки для дослідження мали розміри 10x10x25 мм. Обробку торцевої поверхні зразків лазерним променем проводили на установці "Квант-10" в імпульсному режимі з потужністю до 15 КДж/мм². Випробування на зношування проводили на машині тертя ЛКИ-3 по абразивному паперу марки 55С4133 (ГОСТ 3647–80) при лінійній швидкості переміщення абразиву щодо поверхні зразка 0,6 м/с і тиску 1,1 МПа. В процесі випробувань визначали втрату маси зразка у часі з перерахунком на швидкість лінійного зношування (інтенсивність зношування). Зробивши припущення, що питома вага матеріалу в оплавленому шарі практично дорівнює питомій вазі чавуну в литому стані, визначили зміну інтенсивності зношування матеріалу по глибині шару, обробленого лазером. Вимірювання маси зразка проводили з точністю $\pm 0,00005$ г. Методика випробувань забезпечувала можливість багатократного зняття та постановки зразка на машину в процесі зношування з проміжним зважуванням і без порушення відносного положення площини зношеної поверхні зразка і площини абразиву на столі машини тертя. Щоб уникнути зниження абразивної здатності абразивного паперу, після кожного зважування і подальшій постановці зразка на машину застосовували свіжий абразивний папір.

Товщина оплавленого шару після обробки поверхні зразка лазерним променем склала не більше 250 мкм (рис. 1). В оплавленому шарі сформовані тріщини орієнтовані нормально до поверхні зразка. Тріщини гальмуються на межі оплавленого шару і

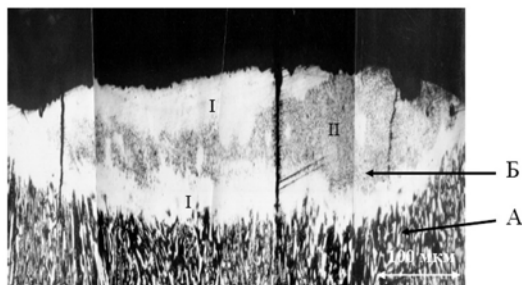


Рис. 1. Лазерний шар на поверхні зразка хромистого чавуну. А – лита структура чавуну, Б – оплавлений шар. I – «білі» шари, II – «сірий» шар.

початкової структури. Вид тріщин клиноподібний, що розширюється до поверхні. Такий вид тріщин свідчить про високий рівень розтягуючих напружень в лазерному шарі після кристалізації і охолодження.

Оплавлений шар після лазерної обробки має багатшарову будову. В приповерхневому шарі і в шарі, що прилягає до основного матеріалу, структура надзвичайно дисперсна. Ці два шари можна охарактеризувати терміном

«білі шари». Між «білими шарами» розташований шар, який умовно можна позначити як «сірий шар». По характеру будови «білих» і «сірого» шарів можна стверджувати, що кристалізація оплавленого шару після лазерної обробки проходить за рахунок тепловіддачі випромінюванням і за рахунок теплопередачі на металеву основу. Симетрія «білих» шарів показує, що швидкість кристалізації приповерхневого шару за рахунок тепловіддачі випромінюванням і швидкість кристалізації шару, прилеглого до металевої основи, за рахунок теплопередачі на металеву основу, практично рівні. Об'єм розплаву між «білими шарами» кристалізується в другу чергу. В межах «сірого шару» є окремі утворення сферичної форми з відтінком, подібним структурі “білого шару” (рис. 2 а). По всьому перетину оплавленого шару межі зерен не виявлені. Слід зазначити певну аномалію структурної будови периферійної ділянки лазерного шару. Якщо вважати, що «сірий шар» кристалізується після «білого шару», то наявність «сірого шару» на периферійній зоні, де кристалізація проходить в першу чергу, не має пояснення (рис. 2 б).

В структурі «сірого шару» спостерігаються виділення другої фази з частково округлою формою (рис. 3 а). Поперечний перетин фази, що виділилась, не перевищує $1 \cdot 10^{-6}$ м. Кількість фази, яка виділилась, досягає 40 % за площею, що відповідає кількості карбідної фази в литій структурі чавуну. В «білих шарах» друга фаза присутня у вигляді дисперсних глобулярних утворень (рис. 3 б – г). Розмір фази не перевищує $5 \cdot 10^{-8}$ м. Інші деталі структури не виявлено.

Крива зміни інтенсивності зношування по глибині шару характеризується трьома ділянками (рис. 4). В приповерхневій зоні на глибині до 60 мкм рівень інтенсивності зношування постійний і складає 6,5 мкм/хв. На глибині від 60 мкм до 180 мкм інтенсивність зношування знижується до рівня 0,6 мкм/хв. На глибині шару більше $17 \cdot 10^{-6}$ мм інтенсивність зношування збільшується до рівня, відповідного рівню інтенсивності зношування чавуну в литому стані 4,0 мкм/хв.

Крива зміни мікротвердості по глибині шару характеризується трьома ділянками (рис. 4). В приповерхневій зоні на глибині до 60 мкм рівень мікротвердості постійний і дорівнює 830 МПа. На глибині від 60 мкм до 200 мкм мікротвердість знижується до рівня 510 МПа. На глибині шару більше 200 мкм мікротвердість збільшується до рівня, відповідного рівню мікротвердості чавуну в литому стані 640 МПа. Мікротвердість карбиду в литій структурі чавуну складає 1630 МПа, а мікротвердість аустеніту 400 МПа.

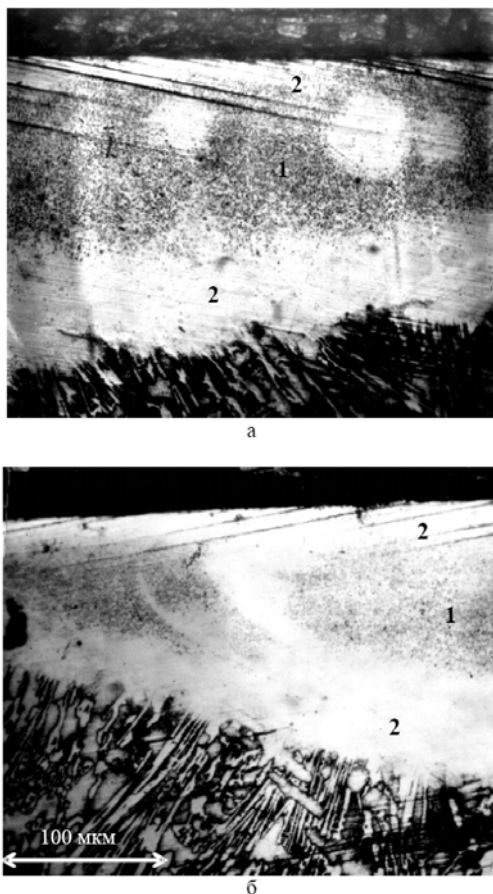


Рис. 2. Структури лазерного шару. а – центральна частина лазерної доріжки; б – периферійна частина лазерної доріжки. 1 – «сірий» шар, 2 – «білі» шари.

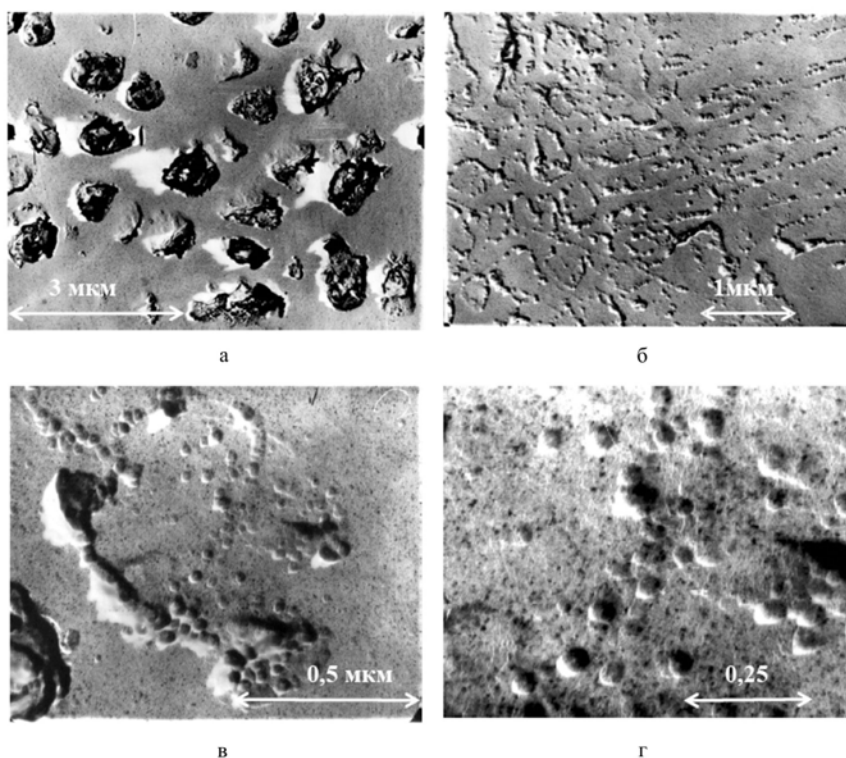


Рис. 3. Елементи структури лазерного шару. а – структура “сірого” шару, б – г – структура “білого” шару.

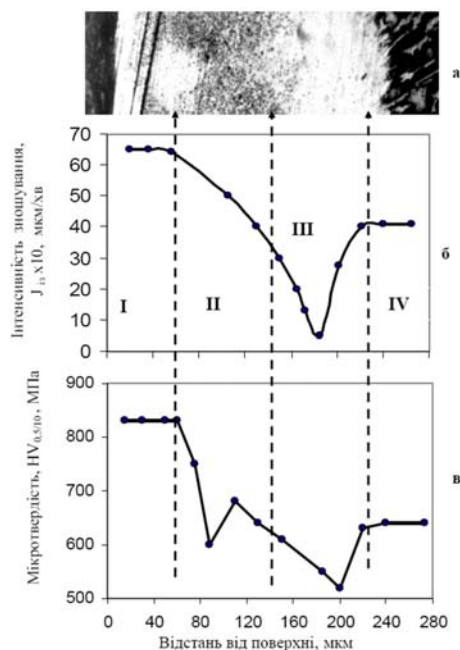


Рис. 4. Структура і властивості сплаву по глибині оплавленого шару. а – мікροструктура оплавленого шару, б – інтенсивність зношування матеріалу шару по глибині, в – мікротвердість матеріалу шару по глибині. I – “білий” шар зовнішній, II – “сірий” шар, III – “білий” шар внутрішній, IV – лита структура чавуну.

Висновки Встановлено тризонну будову структури лазерного шару, товщина кожної з трьох зон дорівнює 70 – 80 мкм, а твердість та інтенсивність зношування змінюється по глибині шару за екстремальними залежностями. При цьому перегини на кривих інтенсивності зношування і твердості відповідають межах структурних зон в лазерному шарі.

Після лазерної обробки зносостійкість поверхні чавуну збільшується майже в вісім разів.

Література

1. Миркин Л.И. Физические основы обработки материалов лучами лазера. – М.: МГУ, 1974. – 383 с.
2. Рикалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.И. Лазерная обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.
3. Щур Е.А., Войнов С.С., Клещева И.И. Повышение конструктивной прочности сталей при лазерной закалке // *МиТОМ*. – 1982. – № 5. – С. 36 – 38.
4. Ayers J.D., Schaefer K.J., KoleqW P.A. Laser Processing Technique for Improving Weat Resistance of Metals. // *J. Metals*. – 1981. – 33, № 8. – P. 19 – 23.
5. Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Меркулов Г.В. // Упрочнение деталей лучем лазера. – Киев: Техника, 1981. – 131 с.
6. Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. – М.: Машиностроение, 1972. – 112 с.
7. Тихонович В.И., Локтионов В.А. Диаграммы состав-износостойкость гетерогенных сплавов // *Диаграммы состояния в материаловедении*. – Киев: ИПМ АН УССР, 1980. – С. 67 – 71.
8. Локтионов В.А., Тихонович В.И. Применение закона Курнакова при исследовании износостойких характеристик сплавов. // *Тез. докладов IV Всесоюзного совещания “Диаграммы состояния металлических систем”*. – М.: Наука, 1982. – С. 150 – 151.

Одержано 12.08.09

В.А. Локтионов-Ремизовский, В.П. Гаврилюк

Влияние лазерной обработки поверхности на структуру и износостойкость хромистого чугуна

Резюме

Исследовано формирование структуры и свойств лазерного слоя на поверхности хромистого чугуна. Установлено слоистое строение лазерного слоя и определены изменения структурных параметров по толщине лазерного слоя. Установлен экстремальный характер функций твердости и интенсивности абразивного изнашивания чугуна.

V.A. Loktionov-Remizovskiy, V.P. Gavriluyk

Influence of laser treatment of surface on a structure and wearproof of chromic cast-iron

Summary

Formation of structure and properties of laser layer on the surface of chromic cast-iron is explored. The layer structure of laser layer is found and the changes of structural parameters over the thickness of laser layer are defined. The extreme character of functions of hardness and intensity of wear of cast-iron over the depth of laser layer is established at the abrasive wear.