

5. Когда появилась гривня – о монетах Киевской Руси и валюта современной Украины – нумизмат на Радио НВ / NV. Режим доступа: <https://nv.ua/ukraine/events/kogda-poyavilas-grivnya-o-monetah-kievskoy-rusi-i-valyute-sovremennoy-ukrainy-numizmat-na-radio-nv-50180740.html>. (дата звернення: 28.02.2023).

6. Змеевик Владимира Мономаха – Исторические записки – Live Journal. Режим доступа: <https://nickfilin.livejournal.com/50416.html>. (дата звернення: 17.03.2023).

7. Svoboda.fm: «Чернігівська гривня» Володимира Мономаха. Режим доступа: <http://svoboda.fm/culture/literature/180369.html>. (дата звернення: 17.03.2023).

8. Монетна гривня / Магазин металошукачів "Шукаємо Клад". Режим доступа: <https://tut-klad.com.ua/monetnaya-grivna.html?lang=uk>. (дата звернення: 17.03.2023).

Дьяченко Ю.Г., Федоров М.М.

(ДДМА, м. Краматорськ)

**ВПЛИВ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ
ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ ПІСЛЯ ДИФУЗІЙНОЇ
МЕТАЛІЗАЦІЇ**

E-mail: dyachenko.yurij.1978@gmail.com, fyodorov@ukr.net

Відомо, що хромуванню можна піддавати готові вироби, а також напівфабрикати (сляби) із заліза, вуглецевих, спеціальних сталей та сплавів на основі різних металів. Найдоцільніше застосувати дифузійне хромування для різальних інструментів з вуглецевих сталей. Завдяки високим властивостям, які набувають хромовані сталі, в деяких випадках можна виготовляти відповідальні деталі не з дорогих високолегованих спеціальних сплавів, а з вуглецевих сталей, піддаючи їх дифузійному хромуванню [1]. Проте необхідно вибрати оптимальний склад сталі, просте і дешеве середовище, технологію термообробки з

мінімальними енерговитратами. Тому метою цієї роботи є визначення впливу гартування та низькотемпературного відпуску на властивості поверхневого шару і особливості зміцнення основного металу на вуглецевій сталі з різним вмістом вуглецю, після дифузійної металізації.

Для дослідження вказаної залежності зразки із сталей 10, 45, У8, У13 піддавали дифузійному хромуванню в порошковій суміші, що складається з: 50% FeCr, 48% Al₂O₃ і 2% NH₄Cl при температурі 1000 °С з витримкою 5 годин. Після дифузійного хромування зразки нагрівали до 880 °С з витримкою 0,5 години, а потім гартували в мінеральній олії. Загартовані зразки піддавали низькому відпуску при 200 °С, 2 години, з подальшим охолодженням на повітрі.

Дослідження показали, що мікротвердість хромованого шару залежить від вмісту вуглецю в сталі. Підвищення вмісту вуглецю в сталі, веде до збільшення мікротвердості шару. У середині зразків із сталей 10 і 45 безпосередньо біля шару карбідів не спостерігається зниження мікротвердості, пов'язане зі зневуглецюванням металу, як це зазначено в літературі [2]. Навпаки, спостерігається деяке перевищення мікротвердості в порівнянні з мікротвердістю серцевини металу.

Мікротвердість шару основного металу, прилеглого до дифузійного карбідного шару, після гартування значно вище мікротвердості в порівнянні із станом, безпосередньо після хромування (табл. 1). Така закономірність, безумовно, пов'язана з тим, що після хромування біля шару карбиду в структурі містилося більше вуглецю, ніж в основному металі, що дозволило цій структурі прийняти часткове або повне зміцнення після гартування. Ця частина досліджень показує, що навіть в низьковуглецевій сталі можна отримати в результаті хромування з подальшим гартуванням і низькотемпературним відпуском зміцнений шар достатньої товщини. Для інших сталей зміцнений шар має велику товщину, достатню для збереження високої стійкості шару проти сколов і змінання, що частіше має місце при недостатній твердості підшару.

Отримані результати дозволяють припустити наступний механізм формування структури поверхневого шару при дифузійному хромуванні. У

початковий момент атоми хрому, адсорбуючись на поверхні сталі, взаємодіють з атомами вуглецю металу, утворюючи карбіди.

Таблиця 1 – Показники мікротвердості вуглецевих сталей 10, 45, У8 і У13 після дифузійної металізації

Марка сталі, навантаження	Відстань від поверхні, мм										
	0,01	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Сталь 10, Н ₁₀₀ , МПа	10400	1730	1340	1300	1210	1150	1110	1160	1130	1130	1240
Сталь 45, Н ₁₀₀ , МПа	10600	8830	4880	4520	3370	3190	3140	3090	2990	3140	3090
Сталь У8, Н ₁₀₀ , МПа	15300	10500	8500	8500	8240	9330	7410	8240	8830	8900	8980
Сталь У13, Н ₁₀₀ , МПа	20060	8240	8240	7860	7720	8500	8450	8450	8500	8480	8480
Глибина шару: сталь 10: загальна – 0,04 мм, карбідного – 0,02 мм; сталь 45: загальна – 0,1 мм, карбідного – 0,02 мм; сталь У8: загальна – 0,04 мм, карбідного – 0,02 мм; сталь У13: карбідного – 0,02 мм.											

Відхід атомів вуглецю з прилеглої до карбідів частини металу прискорює дифузію вуглецю з глибинних шарів. Нові атоми вуглецю легко дифундують через шар карбідів, що утворилися, і виходять на протилежну поверхню карбідного шару, де взаємодіють з атомами хрому, що поступають з порошкової суміші, утворюючи нову порцію карбідів, які осідають вже на наявному шарі карбідів.

Необхідно також відмітити, що в дослідженні було виявлено вплив гартування на будову дифузійного шару карбідів. У сталі 10 шар зберігався

суцільним, а в інших досліджених сталях місцями він розірваний. Це вказує на те, що збільшення об'єму металу в результаті гартування стали 10 було меншим чим в інших сталях, і тому не викликало руйнування суцільного шару карбідів.

Термічна обробка дифузійного шару, який утворюється в процесі дифузійного хромування на вуглецевих сталях 45, У8 і У13 трохи знижує твердість карбідного шару, і не перешкоджає гартуванню серцевини металу, що є сприятливим для покриттів, в порошкових сумішах яких є присутнім хром.

Література:

1. Заблоцкий В. К., Дьяченко Ю. Г. Влияние диффузионного хромирования на твердость и микроструктуру режущей кромки инструмента из углеродистых сталей. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Краматорск, – 2005. – №17. – С. 241-245.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 422 с.

**Єфіменко М.Ю.¹, Цисар М.О.², Ключков І.М.², Мотруніч С.І.², Бабак А.М.¹,
Головенько Я.Б.¹**

**(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського; ²ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ)
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ
ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Ti-6Al-4V ВИГОТОВЛЕНОГО ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ
ВИБІРКОВОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕННЯ (ВЛП)**

E-mail: maks.efimenko.9925@gmail.com

Технологія вибіркового лазерного плавлення (ВЛП) передбачає декілька етапів: (1) одночасний підйом і спуск платформ подачі порошку та робочої із сталеву змінною пластиною; (2) формування шару порошку товщиною 50 мкм за рахунок переносу його часток в робочу зону гнучким гумовим лезом; (3) формування двовимірної шару згідно тривимірної моделі лазерним плавленням [1]. Після чого операції повторюються з першої по третю до виконання повного друку за сформованої програмою. Схематично принцип роботи Concept laser M2