

## ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМПЛЕКСНИМ МЕТОДОМ

*Розроблено новий комплексний метод виготовлення та зміцнення робочих поверхонь деталей пар тертя. Комплексний метод зміцнення поверхонь деталей машин складається із хімічного осадження і дифузійного Cr-Ti. Формується композитна будова зміцненого шару значних товщини і твердості, що забезпечує високу зносостійкість деталей, що зміцнені даним методом.*

*Ключові слова: робоча поверхня, пари тертя, зміцнення, хімічне осадження, хіміко-термічна обробка, дифузійний шар.*

*The paper presents a new complex method of production and strengthening of working surfaces of friction pairs. Complex method of strengthening the details surfaces consists of chemical vapor deposition and diffusion Cr-Ti. The composite structure of a hardened layer of considerable thickness and hardness has been formed, which provides high durability of the parts reinforced by this method.*

*Keywords: working surface, friction pairs, strengthening, chemical deposition, chemical-thermal processing, diffusion layer.*

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Хіміко-термічна обробка (ХТО) є ефективним методом впливу на робочі поверхні деталей машин. Після її проведення на експлуатаційних поверхнях отримують дифузійні шари високої якості, які далі переходять в основний матеріал, що є позитивним з точки зору міцності та стійкості. Також, способи хіміко-термічної обробки є технологічними, машинобудівні та сервісні підприємства мають підготованих спеціалістів, досвід застосування та наявне обладнання.

Дифузійні карбідні покриття є ефективним засобом захисту металів і сплавів від корозійного впливу агресивних середовищ. Перспективним є використання комплексних карбідних покриттів, які при суміщенні позитивних властивостей однокомпонентних покриттів повинні мати більш високі захисні властивості.

Попри це, використання ХТО обмежується фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу.

---

<sup>12</sup>Українська академія друкарства

## 2. МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Розробити такий метод зміцнення, що забезпечує потрібні якісні характеристики деталей машин та інструментів.

## 3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У літературі зустрічаються поєднання декількох способів ХТО, які можуть виконуватися як по чергово, так і одночасно. Такий підхід до застосування способів ХТО, а також виду та режимів обробки дозволяє отримувати зміцнені поверхневі шари потрібних характеристик.

Для швидкозношувальних деталей машин перспективним є поєднання двох чи більше способів ХТО, як методів хіміко-термічної обробки [1, 2]. Така комплексна обробка в поєднанні з визначеними режимами дозволяє отримувати зміцнені поверхневі дифузійні шари значної твердості і невисокої крихкості, які добре працюватимуть в жорстких експлуатаційних умовах [3].

Використання ж кількох методів технологічного впливу на оброблювальну поверхню дозволяє обрати оптимальні режими для забезпечення переваг вищезначених методів.

У літературі [4, 5] зустрічаються поєднання декількох способів ХТО, які можуть виконуватися як по чергово, так і одночасно. Такий підхід до застосування способів ХТО, а також виду та режимів обробки дозволяє отримувати зміцнені поверхневі шари потрібних характеристик.

Дослідники, що застосовували зміцнення деталей машин та інструментів методами хіміко-термічної обробки насиченням поверхневих шарів двома та більше компонентами відзначають такі позитивні властивості, що їх набувають об'єкти зміцнення [2-5].

Більшість вчених вказують на набуття одночасних властивостей високої твердості та пластичності, що є недосяжним при однокомпонентному дифузійному насиченні.

Особливо цінним (перспективним) способом ХТО є сумісне дифузійне насичення поверхні хромом та титаном, що дозволить отримувати зміцнені шари як високої твердості, так і корозійностійкі.

Проводяться дослідження [6] з нанесення двокомпонентних покриттів (хрому та титану) і додатково однокомпонентним (хромом) способом ХТО. Автори, провівши дослідження зразків, покритих карбідами хрому і титану ( $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{TiC}$ ) загальною товщиною 12 – 18 мкм, дійшли таких висновків. Покриття, які складаються із карбідів стехіометричного складу  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  мають підвищену крихкість.

Одночасне дифузійне насичення поверхонь сталей хромом і титаном супроводжуються утворенням у покритті поряд з карбідами хрому карбідів титану, що забезпечує значне підвищення твердості карбідного шару. А збільшення, як вказують автори, об'єму в поверхневому шарі покриття зміцнювальної фази TiC призводить до зниження гранично допустимого робочого тиску на зразок, і, відповідно, зносостійкості. Найбільшу зносостійкість у досліджених авторами умовах мають покриття на основі карбіду хрому стехіометричного складу Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>.

Для покриття базових граней з метою підвищення зносостійкості складаних різців застосовують композитні матеріали на основі епоксиполіефірних смол [7]. Завдяки такому виду поверхневої обробки площа дотику в пластин з покриттям у 1,4–1,6 рази більша, ніж у пластин без покриття. У результаті цього зносостійкість складаних різців з композитним покриттям збільшилася в 1,3-1,4 рази в порівнянні із різцями, що випускаються серійно.

Враховуючи вищенаведені дослідження, для забезпечення пластичності перед процесом ХТО слід провести хімічне нікелькобальтфосфорне осадження, що забезпечить присутність у зміцненому поверхневому шарі нікелю, який одночасно підвищує і міцність і пластичність, а наявність фосфору виступатиме як твердорозчинний зміцнювач, конкурентноздатний щодо марганцю та кремнію. Також, хімічне осадження суттєво впливає на морфологію отриманих зміцнених шарів, перш за все дозволяє добитися їхньої композитної будови значної товщини. Така комплексна зміцнювальна обробка є оптимальною для деталей, що працюють у важких умовах тертя в агресивних середовищах, для забезпечення їхнього максимального ресурсу.

Запропонований комплексний метод зміцнення застосували для заготовок, виготовлених із середньовуглецевої сталі 45. Метод включає в себе такі етапи:

- попередня механічна обробка заготовки;
- підготовка до хімічного покриття;
- нанесення хімічного покриття (з декількох рецептур);
- підготовка до хіміко-термічної обробки;
- ізотермічна витримка (1 год. при 800°C);
- проведення хіміко-термічної обробки (7 год. при 1100°C);
- очищення заготовки;
- кінцева механічна обробка заготовки;
- контрольна операція.

Хімічне осадження проводилося у водяних розчинах із густиною завантаження 4 л/дм<sup>2</sup>, що є вищим за промислове, але дозволило скоротити час осадження із 120 до 60 хвилин, при температурі осадження 80-95°C та підтримуваного рН середовища розчину на рівні 9–10.

Дифузійне хромотитанування проводилося в ретортах із плавким затвором протягом 7 годин в порошкових насичувальних сумішах, мас. %: ферохром – 40, феротитан – 20, оксид алюмінію – 33, хлористий амоній – 7. Під час нагрівання при досягненні температури 800°C здійснювалася півгодинна ізотермічна витримка.

У результаті такої обробки, на поверхнях зміцнювальних заготовок сформувалися зміцнені дифузійні шари (рис. 1), що включають в себе декілька зон:

- зона 1 – карбідів титану, товщиною біля 10 мкм та мікротвердістю біля 30 ГПа (рис. 2);

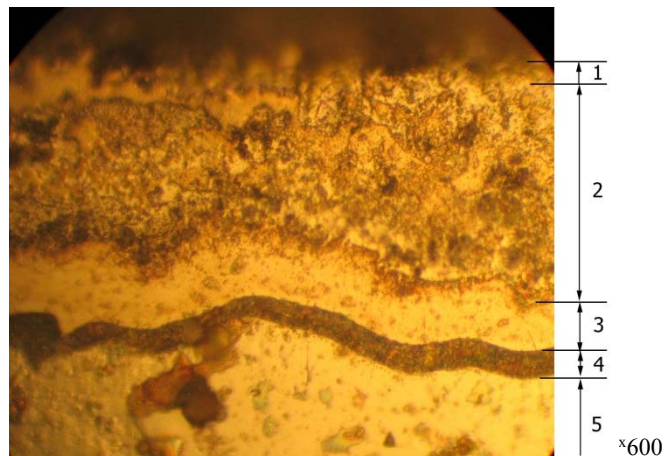


Рис. 1. Зміцнений дифузійний шар на сталі 45, отриманий комплексним методом хімічної обробки та дифузійного хромотитанування

- зона 2 – карбідів хрому і карбідів титану в твердому розчині хрому і титану в  $\alpha$ -залізі товщиною до 140 мкм та мікротвердістю не менше 20 ГПа;
- зона 3 – твердого розчину хрому і титану в  $\alpha$ -залізі;
- зона 4 – евтектоїдна;
- зона 5 – знеуглецьована.

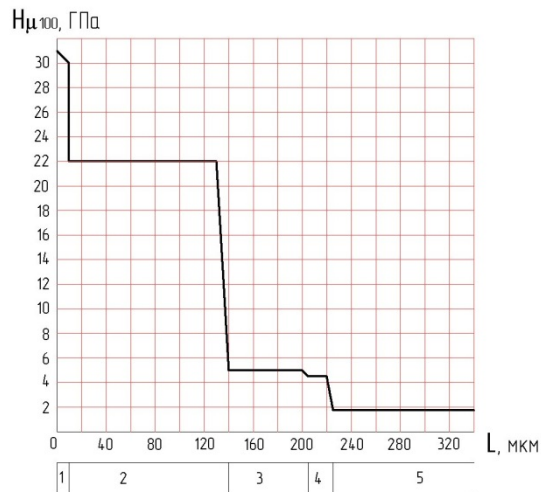


Рис. 2. Мікротвердість зміцненого дифузійного шару на сталі 45, отриманого комплексним методом хімічної обробки та дифузійного хромотитанування

Загальна товщина дифузійного шару становить не менше 200 мкм. Зносостійкими є зона 1 карбідів титану і зона 2 карбідів хрому і карбідів титану в твердому розчині хрому і титану в  $\alpha$ -залізі. Композитна будова зони 2, а також її велика товщина та значна усереднена мікротвердість забезпечує високу зносостійкість деталей, зміцнених даним методом.

#### 4. ВИСНОВКИ

Застосування досліджуваних у роботі методів хіміко-термічної обробки: дифузійних хромування і титанування має великий потенціал та перспективи для вдосконалення та розвитку. Такий вид поверхневого зміцнення дозволяє формувати на спряжених швидкозношувальних поверхнях деталей машин дифузійні шари, які отримають підвищений ресурс. Застосування попереднього хімічного покриття перед проведенням ХТО значно розширює можливості з отримання різноманітних дифузійних покриттів із потрібними фізико-механічними характеристиками для виконання визначених завдань, які визначаються службовим призначенням деталей машин.

1. Лобурак В.Я., Лук'янюк М.В. Підвищення експлуатаційних характеристик осаджених покриттів на сталі 12Х18Н10Т методом

термодифузійної обробки. / Лобурак В.Я., Лук'янюк М.В. // Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2012, № 3. – С. 48-51. 2. Т.В. Лоскутова, В.Г. Хижняк, І.С. Погребова, М.М. Бобіна, А.І. Дегула. Жаростійкість карбідних покриттів, отриманих при послідовному насиченні сталі У8А хромом та титаном. / Т.В. Лоскутова, В.Г. Хижняк, І.С. Погребова, М.М. Бобіна, А.І. Дегула // Наукові вісті НТТУ «КПІ», №6, 2009. – НТТУ «КПІ», Київ, – 2009. – С.93-97. 3. Хижняк В.Г. Будова та зносостійкість покриттів за участю титану та хрому на твердих сплавах ВК8 та Т15К6 / В.Г. Хижняк, А.І. Дегула, М.В. Карпець // Проблеми тертя та зношування: науково-технічний збірник. - №48. – Київ, – 2007. – С. 169-174. 4. Bartsch K., Leonhardt A., Worf E., Schonherr, Preparation, composition and some properties of codeposited TiB<sub>2</sub>-TiC<sub>x</sub>-coatings. Journal of Materials Science. 1991, N26. P.4318-4322. 5. Хижняк В.Г. Комплексні зносостійкі покриття на основі тугоплавких сполук титану та хрому / В.Г. Хижняк, А.І. Дегула, Т.В. Лоскутова, Н.А. Курило // Проблеми тертя та зношування. – Київ. – 2008. - №49, Том 2. - С. 66-70. 6. Юрков И.И.. Износостойкость в условиях трения скольжения сталей, подвергнутых дифузионному насыщению хромом и титаном. / И.И.Юрков, Н.В.Степанова. // Трение и износ. №6., 1988. 7. Работоспособность сборных резцов с композиционным покрытием многогранных пластин. / Ю.М. Плескачевский, М.И. Михайлов, З.Я. Шабакеева // Трение и износ. – Том 25, №5; Сентябрь-октябрь 2004, – С.519-522.