

УДК 621.01.002

Стецько А.Є.

Українська академія друкарства, м. Львів

РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХІМІЧНИМ ОСАДЖЕННЯМ І ДИФУЗІЙНИМ ХРОМУВАННЯМ

Незважаючи на велику різноманітність методів ХТО сталей та сплавів, більшість існуючих технологій спрямовані на створення твердих і крихких дифузійних покриттів на фізичній поверхні виробів. Порівняльний же аналіз зносостійких дифузійних шарів показує, що твердість покриття не є основним фактором, який зумовлює працездатність пари тертя при жорстких режимах зношення. Для поверхневих шарів, покритих твердими фазами типу боридів, нітридів і т.п., дуже важко забезпечити високу працездатність через присутність великої кількості дефектів, що викликають значну концентрацію напруг [1-3]. Додатковим негативним фактором є наявність підповерхневої знеуглецьованої зони, котра може призвести до продавлювання дифузійного шару.

Для підвищення ж працездатності матеріалу пар тертя перспективним є створення композитних матеріалів на базі отриманих фаз, що рівномірно розподілені в пластичній матриці [4].

Метою даної роботи є: розробка методу зміцнення поверхонь, що забезпечує потрібні якісні характеристики деталей машин та інструментів.

Застосування комплексного методу зміцнення вуглецевої сталі [5-10], який полягає в дифузійному хромуванні (Хр) поверхні виробів з попередньо нанесеним хімічним покриттям (ХП) для утворення на поверхні зовнішньої композитної зони дає можливість створити такі композиційні матеріали та суттєво підвищити працездатність пар тертя. Це підтверджують досліди дифузійного хромування з наступним Ni-Co-P покриттям за рецептурою 2, проведені на сталях 20 і 45.

Після комплексної обробки (ХП + Хр) за прийнятими режимами для всіх зразків реалізувався ефект рідкометалевої фази внаслідок поступового розплавлення нікелькобальтфосфорного покриття. Наявність рідкої фази корінним чином прискорює дифузійні процеси, тобто насичення хромом. У результаті комплексної обробки було отримано дифузійні шари наступної будови: зовнішня композитна зона 1, яка складається із карбідної колонії (карбіди хрому Cr_7C_3) та твердого розчину хрому в α -залізі; гомогенна зона 2 (твердий розчин хрому в α -залізі); проміжна евтектоїдна зона 3; знеуглецьована зона 4, яка поступово переходить у серцевину.

Для отримання більш розвинутої структури було нанесено зміцнювальні покриття з п'яти різних рецептур на сталях 15, 20 і 45 при різних режимах хромування. Зміни компонентів у цих рецептурах, їхня кількість дозволила обрати оптимальні склади розчинів для конкретних хімічних покриттів.

Дифузійне хромування проводилося газовим способом у порошковій суміші з 60% ферохрому, 33% оксиду алюмінію та 7% хлористого амонію. Процес проводиться при температурі 1050°C на протязі декількох годин. Після насичення реторту охолоджують з піччю до кімнатної температури.

На сталі 15 після хімічного покриття проводилося дифузійне хромування з ізотермічною витримкою 1 год. при 800°C та 9 год. дифузійного насичення утворилися у первинній зоні твердого розчину нитковидні мікрозерна витягнутої форми, що створюють між собою мережу.

Отже, подальше хромування сталі 15 є неефективним, оскільки не може формуватися зовнішня композитна зона через брак вуглецю для розбудови колонії карбідів хрому.

Подальші дослідження були зосереджені на сталях 20 і 45 із застосуванням ізотермічної витримки при дифузійному хромуванні.

При проведенні комплексної обробки на сталі 20 (хімічне покриття з наступним 6-годинним дифузійним хромуванням та годинною витримкою при 800°C гомогенна зона відсутня. Замість неї сформоване карбідне покриття високої шорсткості товщиною 30–35 мкм

(рис. 1). При проведенні комплексної обробки на тій же сталі, але без ізотермічної витримки, гомогенна зона є відсутня.

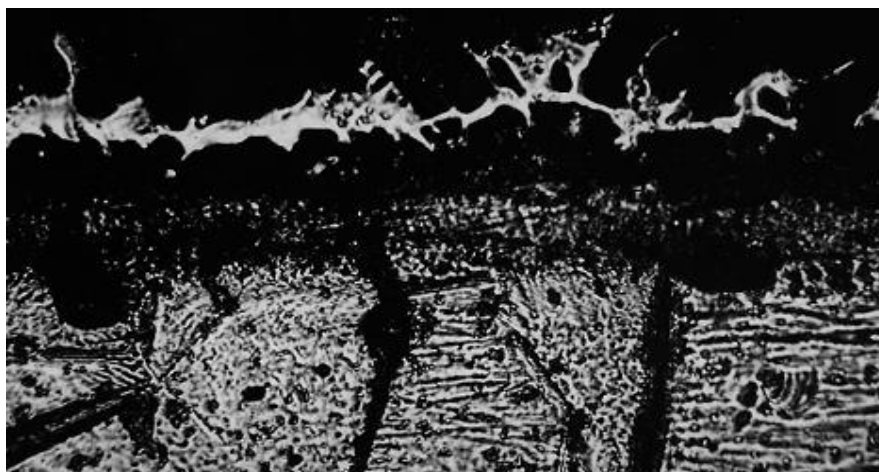


Рис. 1. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 20.
Режими: $T = 1050^{\circ}\text{C}$; загальна витримка $\tau = 6$ год.
Збільшення $600^{\times}$

Висока шорсткість та розвинутість карбідної зони, в цих випадках, свідчить про певний вплив ефекту рідкометалевої фази. Але покриття в останньому випадку, де суцільне карбідне покриття знаходиться над знеуглецьованою зоною, не рекомендуються для практичного застосування в парах тертя, оскільки пластична знеуглецьована зона значної товщини не може витримувати значних контактних навантажень.



Рис. 2. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 з попереднім Ni–Co–P покриттям за рецептурою №2. Режими: $T=1050^{\circ}\text{C}$, витримка $\tau=7$ год. (ізотермічна витримка $\tau=1$ год. при $T=800^{\circ}\text{C}$). Збільшення $600^{\times}$

При здійсненні хромування на сталі 45 (після хімічного покриття) ізотермічна витримка проводилася при $T=800^{\circ}\text{C}$ на протязі 1 години. Загальний час дифузійного насичення хромом – 7 год. У результаті ми отримали дифузійні шари з яскраво вираженою зовнішньою композитною зоною (рис. 2). Для композитної зони характерна розвинута колонія карбідів, яка має мережоподібну структуру. Співвідношення фаз, а саме твердої (карбіди хрому) і м'якої (твердий розчин хрому в α -залізі) становить, приблизно, 1:1 в об'ємному співвідношенні.

Товщина зовнішньої композитної зони становить близько 130 мкм, зони твердого розчину хрому в α -залізі – 20 мкм, евтектоїдної зони 3 – 35 мкм і знеуглецьованої зони 4 – 180–190 мкм. Завдяки більшій присутності вуглецю товщина зони 4 суттєво скоротилася, що в подальшому сприятливо вплине на трибологічні характеристики покриття в цілому. Відповідно, мікротвердість становитиме: зони 1–12 ГПа, зони 2 – 4,5 ГПа, зони 3 – 4 ГПа, зони 5 – 1.4-1.6 за феритною складовою.

Дослідження показали, що саме рецептура нікелькобальтфосфорного покриття впливає на морфологію та розвинутість карбідної колонії в зовнішній композитній зоні. Застосовуючи при хімічному покритті певну рецептуру, отримано після дифузійного хромування відповідну будову комплексного покриття. З п'яти запропонованих рецептур нікелькобальтфосфорного покриття перспективними для подальших досліджень виявилися рецептури №2, №3, №4, як такі, що позитивно впливають на процеси структуроутворення композитної зони.

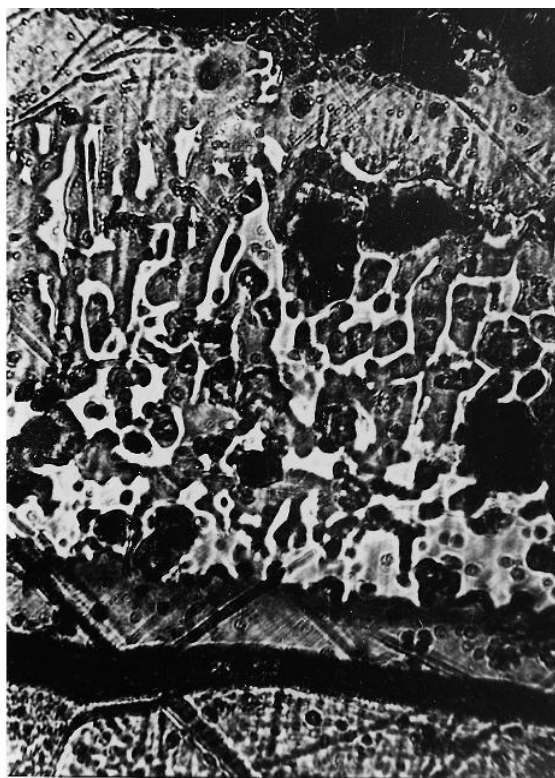


Рис. 3. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 з попереднім Ni–Co–P покриттям за рецептурою №3. Режими: $T=1050^{\circ}\text{C}$, витримка $\tau=7$ год. (ізотермічна витримка $\tau=1$ год. при $T=800^{\circ}\text{C}$). Збільшення $600\times$

Зроблені спроби вияснити вплив фосфору, який надходить до поверхні при хімічному покритті зразка на будову зміцненого шару після дифузійного хромування. Так для рецептури №3 (рис.3) хімічного покриття характерна збільшена кількість гіпофосфіту натрію. Це призвело до утворення дифузійного шару із найбільшою товщиною (250 мкм), порівняно з іншими покриттями, із більш потужною і розвинутою карбідною складовою при основі композитної зони (на границі із зоною 2). Також при фізичній поверхні композитної зони сформувався прошарок гомогенної зони твердого розчину, що позитивно вплине на процес приробки деталі. Напевно роль фосфору при комплексній обробці полягає в активізації ефекту рідкометалевої фази під час дифузійного хромування, завдяки чому й отримано такий розвинутий дифузійний шар. При зменшенні вмісту гіпофосфіту натрію (рецептура №4) зміцнений шар має вже меншу товщину.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Наявність хімічного покриття Ni–Co–P дозволяє реалізуватись явищу рідкометалевої фази, що призводить до різкої активізації дифузії хрому; в результаті на першому етапі утворюється первинна зона твердого розчину Cr в α -Fe.

2. Ізотермічна витримка $\tau = 1$ год. при $T = 700-800^{\circ}\text{C}$ дозволяє скорочувати основний час хромування на 2 год, а також розширити первинну зону твердого розчину (до 250 – 280 мкм), що надалі призведе до формування потужної композитної зони.

3. Наявність в ХП фосфору є основною причиною утворення композитної структури. Фосфор відіграє декілька ролей:

3.1. Імовірно, наявність потрібної легкоплавкої евтектики в системі Ni-Co-P породжує явище рідкометалевої фази.

3.2. Імовірно, що саме фосфор сприяє утворенню каналів переважаючої концентрації хрому, які в подальшому трансформуються у видимі мікрозерна карбідів хрому. Цілком можливо, що конфігурація цих каналів закладається уже під час ізотермічної витримки.

4. При введенні в технологічний процес хромування етапу ізотермічної витримки слід використовувати високовуглецеві сталі, як вихідний матеріал, бо, по-перше, велика кількість вуглецю дозволяє отримувати розвинуті карбідні колонії, по-друге, зводиться до мінімуму негативне явище утворення знеуглецьованих підповерхневих зон.

5. Наявність фосфору у покритті різко покращить трибологічні якості останнього, що вже було зауважено при дослідженні на зношування базового покриття (відомо, що ряд мастил, які працюють в умовах високих температур (вище 200°C), містять фосфор, як одну з хімічно-активних присадок).

Список використаних джерел

1. Лобурак В.Я., Лук'янюк М.В. Підвищення експлуатаційних характеристик осаджених покриттів на сталі 12X18H10T 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. 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.
4. Работоспособность сборных резцов с композиционным покрытием многогранных пластин. / Ю.М. Плещачевский, М.И. Михайлов, З.Я. Шабакаева // Трение и износ. – Том 25, №5; Сентябрь-октябрь 2004, – С.519-522.
5. Andrew E. Stetsko (2016). Composite Coatings Are Formed by Complex Methods. Universal Journal of Materials Science, 4, 75–81. doi: 10.13189/ujms.2016.040401.
6. Патент № 115374 Україна, C23C 10/26 (2006.01), C23C 22/40 (2006.01), C23C 22/05 (2006.01). Спосіб осадження кобальту та вольфраму / Стецько Андрій Євгенович (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства, вул. Підголоско, 19, м.Львів, 79020 (UA). – № a2016 01019; – заявл. 08.02.2016; опубл. 25.10.2017, бюл. № 20/2017.
7. Патент № 115383 Україна, C23C 10/26 (2006.01), C23C 22/60 (2006.01). Спосіб осадження кобальту та вольфраму на поверхні деталей / Стецько Андрій Євгенович (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства, вул. Підголоско, 19, м.Львів, 79020 (UA). – № a2016 03825; – заявл. 11.04.2016; опубл. 25.10.2017, бюл. № 20/2017.
8. Патент № 115487 Україна, C23C 22/06 (2006.01), C23C 10/24 (2006.01). Спосіб нанесення кобальту на поверхні деталей / Стецько Андрій Євгенович (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства, вул. Підголоско, 19, м.Львів, 79020 (UA). – № a2016 01659; – заявл. 22.02.2016; опубл. 10.11.2017, бюл. № 21/2017.
9. Патент № 115722 Україна, C23C 10/18 (2006.01), C23C 10/58 (2006.01), C23C 22/60 (2006.01). Спосіб отримання зміцненого зносостійкого покриття на залізовуглецевих сплавах комплексною обробкою / Стецько Андрій Євгенович (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства, вул. Підголоско, 19, м.Львів, 79020 (UA). – № a2016 06404; – заявл. 13.06.2016; опубл. 11.12.2017, бюл. № 23/2017.
10. Патент № 124311 Україна, C23C 22/63 (2006.01). Спосіб нанесення кобальту на поверхні деталей / Стецько Андрій Євгенович (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства, вул. Підголоско, 19, м.Львів, 79020 (UA). – № a2016 05207; – заявл. 13.05.2016; опубл. 10.04.2018, бюл. № 7/2018.