

Формування структури захисних покриттів на сталях залежно від режиму дифузійного насичення

М. В. Кіндрачук, доктор технічних наук, професор

В. Я. Лобурак*

І. Я. Петрик*, кандидат технічних наук

Національний авіаційний університет, Київ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

Розглянуто формування структури захисних дифузійних покриттів з метою підвищення їх зносостійкості на сталях 12X18H10T і 0X17 при різних температурних режимах одержання та двокомпонентного насичення. Показано, що будова структури дифузійного шару, а отже і зносостійкість, залежать, в першу чергу, від хімічного складу сталі та насичуючих елементів. Насичення з одного джерела чи послідовно двома елементами суттєво не впливають на зношування покриття.

Нанесення захисних покриттів на сталі з метою надання їм підвищених експлуатаційних властивостей є актуальним, ефективним та перспективним і здійснюється різними технологічними засобами (хімічне чи електрохімічне осадження на поверхню деталі, іонна імплантація тощо) залежно від вимог до їх властивостей та умов експлуатації виробу. При цьому економиться дороговартісний сплав, який забезпечує стійкість виробу в умовах агресивних середовищ, підвищених температур і зношування через тертя до допустимих розмірів. На зношування при терті особливого значення набуває структура захисного покриття, в який включення твердої фази (карбіди, нітриди, бориди і металіди) забезпечують зносостійкість поверхонь тертя.

Одним із поширених методів створення на поверхні деталі захисного покриття є дифузійне насичення різними елементами. Доступним і ефективним способом дифузійного насичення є обробка деталей в порошкових сумішах, які набули промислового застосування і не потребують складного устаткування. Це – цементация, азотування, хромування, алітування тощо, що себе виправдовує особливо при несерійному виробництві деталей та елементів конструкцій. А тому інтерес до формування захисних покриттів методом дифузійного насичення не спадає і потребує більш глибокого вивчення механізмів формування таких покриттів залежно від впливу зовнішніх факторів, таких як температура процесу, швидкість нагрівання і охолодження та додаткова термообробка. Отже, є доцільним дослідження структуроутворення захисних дифузійних шарів залежно від режиму їх одержання при пічному нагріванні з порошкових сумішей.

Дифузійному насиченню піддавали леговані сталі 12X18H10T і 0X17 при різних режимах насичення в стандартних робочих сумішах шляхом однокомпонентного чи двокомпонентного насичення з одного джерела або послідовно. Зразки циліндричної

Термічна і хіміко-термічна обробка

форми виготовляли з катаної сталі діаметром 10 – 20 мм різних марок. Основу насичуючої суміші складали (% по масі): порошок (чи сума порошоків) насичуючого елемента – 30 – 50; порошок заліза марки ПЖ1МЗ – 10 – 15; хлористий амоній – 1 – 2; оксид алюмінію – решта.

Температурний режим відповідав 800, 900, 1000, 1100 °С при ізотермічній витримці та 850 – 950 °С при термоциклуванні. Тривалість насичення варіювали від десятка хвилин до кількох годин. Це давало можливість окремо встановлювати оптимальні режими дифузійного насичення для кожного насичуючого елемента чи їх комплексу.

На рис. 1 і 2 наведено мікроструктури дифузійних шарів на сталях після послідовного і сумісного насичення різними елементами. До загальної характеристики слід віднести їх гетерогенність, різку границю з основою та радіальність формування. В окремих випадках – шаруватість при послідовному насиченні різними елементами.

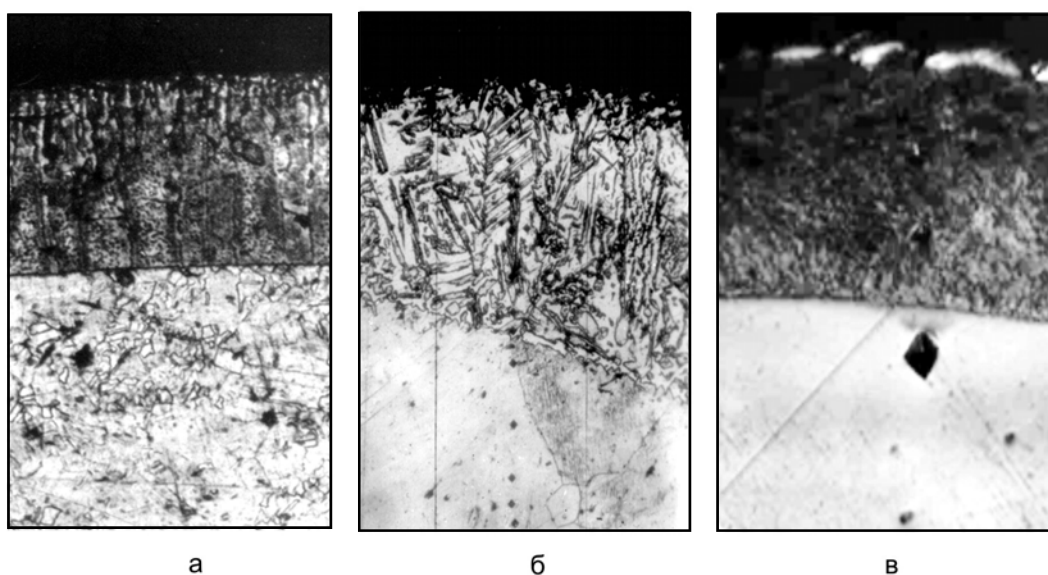


Рис. 1. Мікроструктура сталі після насичення з одного джерела. а – 12X18H10T, ізотермічна витримка при 1050 °С протягом 2 годин (насичення хромом, титаном), б – 12X18H10T, ізотермічна витримка при 1000 °С протягом 2 годин (насичення титаном, алюмінієм), в – 0X17, режим термоциклування при 850 – 950 °С (насичення титаном, алюмінієм). х 300.

Після попереднього хромування сталі 0X17 з наступним алітуванням (рис. 2 б) формується алітований шар на тлі високохромистого сплаву. Приповерхневі зони відзначаються підвищеною мікротвердістю відносно основи сталі. Дещо інша структурна картина формується на цій сталі після попереднього хромування з наступним силіціюванням (рис. 2 а). Тут характерним є формування кулясної структури в зоні дифузійного шару. Поверхнева зона є крихкою і відколюється. На рис. 1 б показана мікроструктура на сталі 12X18H10T після насичення з одного джерела титаном і алюмінієм. Рентгеноструктурним та мікрорентгеноспектральним аналізом встановлено, що дифузійний шар включає фази Fe_2Ti , Ti_4Fe_2O , TiC та $Fe_3(Ti, Al)$, які забезпечують мікротвердість в межах 3 – 6 ГПа в залежності від температури і часу дифузійного насичення. Структура є дрібногольчастою з витягнутими зернами в глибину зразка.

На рис. 2 наведено фотографії мікроструктур дифузійних шарів при послідовному насиченні сталей двома елементами, отриманих за різних температурних режимів. На сталі 0X17 (рис. 2 б) одночасне насичення хромом і титаном формує

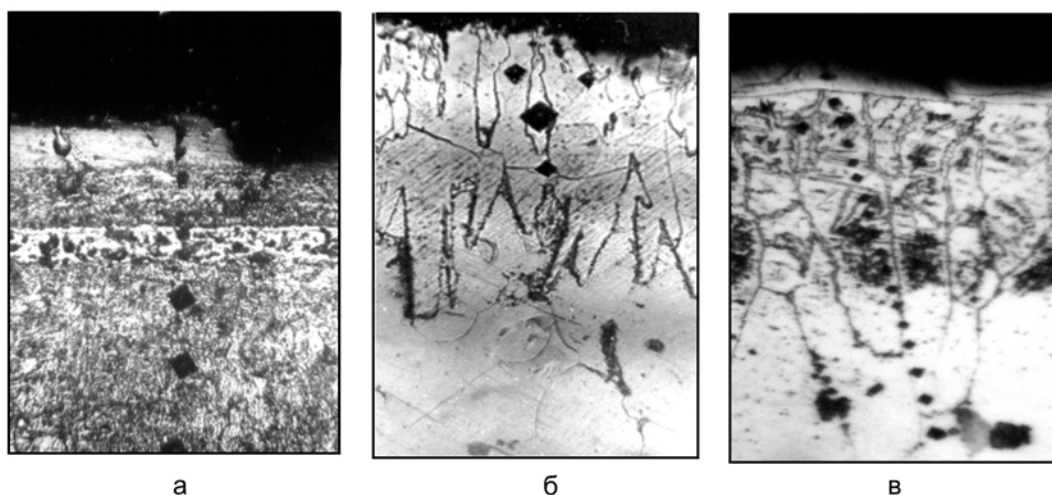


Рис. 2. Мікроструктура сталі після послідовного насичення. а – 0Х17, ізотермічна витримка при 1000 °С протягом 2 годин насичення кожним елементом (насичення хромом, кремнієм), б – 0Х17, ізотермічна витримка при 950 °С протягом 2 годин насичення кожним елементом (насичення хромом, титаном), в – 12Х18Н10Т, ізотермічна витримка при 1000 °С протягом 2 годин насичення кожним елементом (насичення хромом, алюмінієм). x 300.

грубозернисту структуру, яка нагадує боридні шари на залізі і складається, як показали дослідження, із зерен твердого розчину хрому в залізі та зерен інтерметалідної фази типу $TiFe_2$ з розчиненими в ній атомами хрому, що потребує подальшого дослідження.

На сталі 12Х18Н10Т після титанохромування структура покриття (рис. 1 а) голчаста і нагадує евтектоїдну та більш дрібнозернисту порівняно зі структурою на сталі 0Х17. Фазовий склад структури не досліджували, але вимірювання мікротвердості дає підставу зробити висновок, що в структурі відсутні інтерметаліди типу $TiFe$, які забезпечували б підвищену її твердість. Характерна структура формується на сталі 0Х17 (рис. 1 в) при хромотитануванні в режимі термоцикування 850 – 950 °С протягом шести годин. В цьому випадку характерним є різка границя дифузійного шару, що пояснюється рівномірним просуванням фронту дифузії, рух якого забезпечується циклічністю нагрівання та охолодження [1], і відповідно формується різка границя дифузійної зони.

Вплив структури на зношування металів при граничному терті досліджували багато експериментаторів [2 – 5]. Зернистість і природа фаз (тверді розчини, хімічні чи електронні сполуки) та їх розташування в зоні тертя є визначальним в оцінці характеру зношування поверхонь тертя, а тому структурне забезпечення захисних покриттів є досить суттєвим і потребує цілеспрямованого дослідження.

На рис. 3 показана залежність зношування зразків сталей від режиму термодифузійного насичення при навантаженні 10 Н і швидкості ковзання 2,2 м/с, отриманої на машині типу Шкода-Савіна при базі випробувань до 4000 м.

Як видно із графіка, найменше зношування при терті забезпечує покриття на сталі 12Х18Н10Т, отримане після дифузійного насичення хромом і титаном з одного джерела. Структура такого шару показана на рис. 1 а. Найменшу стійкість проти зношування має дифузійний шар, отриманий на сталі 0Х17 після послідовного насичення хромом і кремнієм. Це пояснюється високою крихкістю, яка призводить до інтенсивного викришування фаз з поверхні тертя (рис. 2 а). Очевидно, достатньо високий показник зношування також пов'язаний з крихкістю поверхневого шару,

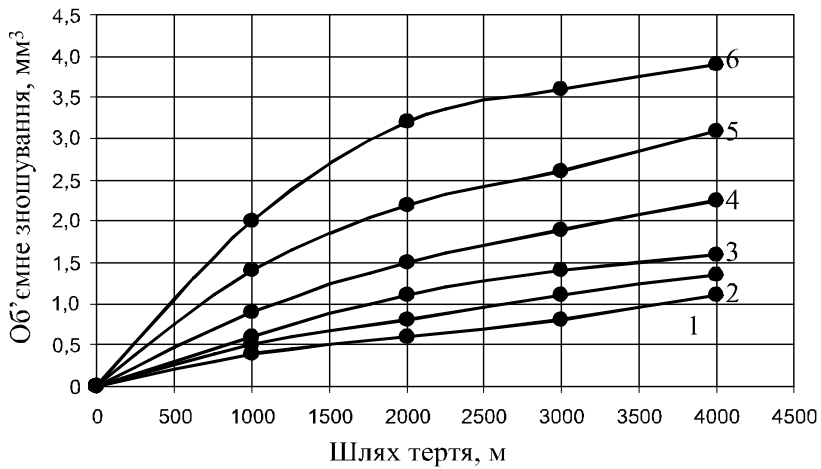


Рис. 3. Залежність величини зношування захисних покриттів від режиму дифузійного насичення. 1 – 12X18H10T, насичення хромом, титаном (рис. 1 а); 2 – 12X18H10T, режим термоциклування, насичення титаном, алюмінієм (рис. 1 б); 3 – 0X17, насичення хромом, титаном (рис. 1,а); 4 – 12X18H10T, насичення хромом, алюмінієм (рис. 2 в); 5 – 0X17, насичення хромом, алюмінієм (рис. 2 б); 6 – 0X17, насичення хромом, кремнієм (рис. 2 а).

отриманого послідовним насиченням сталі 12X18H10T титаном і алюмінієм (рис. 1 б), хоча і володіє достатньо високою твердістю.

Таким чином встановлено, що на сталі 12X18H10T формується більш дрібнозерниста пошарова структура, що забезпечує вищу зносостійкість. На сталі 0X17 структури при насиченні тими ж елементами характеризуються грубозернистістю з витягнутими зернами та значно нижчою зносостійкістю. Насичення з одного джерела чи послідовно двома елементами суттєво не впливає на зношування покриття при сухому терті.

Література

1. Мельник П.И. Диффузионное насыщение железа и твердофазные превращения в сплавах. – М.: Металлургия, 1993. – 129 с.
2. Костецкий Б.И., Колисниченко Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. – Киев: Техника, 1969. – 215 с.
3. Соколов О.Д. Оцінка зносостійкості та надійності хромованих покриттів для розробки технології їх нанесення на деталі вузла тертя. // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2003. – № 2. – С. 130 – 135.
4. Маннапова О.В., Соколов О.Д. Вплив структури і твердості на зношування покриттів. // Проблеми тертя та зношування. – Київ: НАУ, 2011. – Вип. 56. – С. 182 – 189.
5. Хижняк В.Г., Аршук М.В., Костенко О.Д. Зносостійкість хромоалітованої сталі 12X18H10T в умовах тертя ковзання без змащування. // Проблеми тертя та зношування. – Київ: НАУ, 2011. – Вип. 56. – С. 196 – 205.

Одержано 17.01.12

М. В. Киндрачук, В. Я. Лобурак, И. Я. Петрык

Формирование структуры защитных покрытий на сталях в зависимости от режима диффузионного насыщения

Резюме

Рассмотрено формирование структуры защитных диффузионных покрытий с целью повышения их износостойкости на стали 12ХН18Н10Т и 0Х17 при различных температурных режимах получения и двухкомпонентного насыщения. Показано, что структура диффузионного слоя, а, следовательно, и износостойкость, зависят, в первую очередь, от химического состава стали и насыщающих элементов. Насыщение из одного источника или последовательно двумя элементами существенно не влияют на износ покрытия.

M. V. Kindrachuk, V. Ya. Loburak, I. Ya. Petryk

Structure formation of protective coatings on steels depending on the mode of diffusion saturation

Summary

The structure formation of protective diffusion coatings is considered to improve their wear resistance of steels 12ХН18Н10Т and 0Х17 at different temperature regimes and two-component saturation. It is shown that the structure of the diffusion layer, and thus, wear resistance, depend primarily on the chemical composition of steel and saturating elements. Saturation from one source or sequentially by two elements does not significantly affect the wear of the coating.

Шановні колеги!

**Тривас передплата на науково-технічний журнал
«Металознавство та обробка металів» на 2012 р.**

Для регулярного одержання журналу потрібно перерахувати вартість заказаних номерів на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України. Вартість одного номера журналу – 30 грн., передплата на рік – 120 грн. з урахуванням ПДВ.

**Розрахунковий рахунок для передплатників,
спонсорів і рекламодавців:**

банк УДКСУ в м. Києві, р/р 31252272210215, МФО 820019.

Отримувач – ФТІМС НАН України, ЗКПО 05417153,

з посиланням на журнал “МОМ”.

Копію документа передплати та відомості про передплатника
просимо надсилати до редакції,
вказавши номер і дату платіжного документа.