

Елнур Орудж огли Аббасов

Дослідження несучої здатності й фазового складу хромотитанового покриття

Азербайджанська державна морська академія, просп. З. Алієвої, 18, м. Баку, Аз 1000,
Азербайджан, e-mail: AbbasovElnur1980@mail.ru

Досліджено фазовий склад і несуча здатність хромотитанового покриття сталі 25Х5МА. Для порівняння взято деталі зі сталей ШХ-15 і 12ХН3А з нанесеними покриттями. Установлено відсутність у поверхневих шарах покриттів фаз Cr_{23}C_6 і Cr_7C_3 . Основною фазою шару є нітрид хрому Cr_2N текстурованої будови. Доведено, що порівняно з дифузійним покриттям, нанесення іонно-плазмових покриттів не забезпечує несучої здатності деталей при їхній малій товщині.

Ключові слова: хромотитанування, дифузійне покриття, фазовий склад, несуча здатність, карбіди, нітриди, фазовий аналіз, рентгеноспектральний аналіз.

Стаття постуила до редакції 23.01.2015 ; прийнята до друку 15.03.2015.

Вступ

Найпрактичнішим способом відновлення зношених поверхонь деталей паливних насосів, які працюють під високим тиском, є дифузійна металізація. Причому дифузійна металізація комплексним елементом може вважатися більш ефективною. Вища твердість і, в результаті, висока зносостійкість досягається на поверхні деталей при азотуванні, хромуванні й хромотитануванні. Але при азотуванні внаслідок малої товщини шару після механічної обробки товщина покриття різко зменшується й інколи навіть зникає. Тому найбільш раціональним способом може бути застосування первинного азотування з наступним хромотитануванням. Дослідження фазового складу й вантажопідйомності таких поверхонь становить безсумнівний інтерес [1-6].

I. Дослідження фазового складу

Результати рентгенографічного дослідження поверхонь після дифузійної металізації деталей, виготовлених зі сталі 25Х5МА, наведено в табл. 1. Видно, що на азотованій сталі 25Х5МА після хромування утворюється шар з карбонітридів складу Cr_2N , Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 . ϵ -фаза цього азотованого шару має характер карбонітриду.

1. Текстура по довжині лінії [1];
2. ϵ в шарі карбіди хрому в незначних кількостях;

3. Товщина шару нітриду титану значно менша товщини нітридних шарів після хромування й хромотитанування;
4. Зразки заздалегідь не були азотованими.

Хромотитанування сталі (зразок № 2) не змінює її фазового складу, але утворюються нітриди хрому (табл. 1). У шарі спостерігається дуже малий вміст хрому. Це підтверджується рентгенівським знімком, отриманим на приладі YPC-55.

На рис. 1 представлено рентгенограму зразка зі сталі 25Х5МА, підданого хромотитануванню протягом 4 годин сумішшю, що складається з: 50% (94 % Cr + 6 % Feti) + 5 % (95 % NH_4Cl + 5 % Naf) + 45 % Al_2O_3 (% по масі).

Основна фаза на поверхні зразка складається з Cr_2N . У цей час деякі лінії інтенсивності були відмінні від результатів картотеки ASTM. Найінтенсивнішою була лінія $d/n = 2,21$ А, хоча по картотеці має бути рівною $d/n = 2,12$ А.

Це пов'язано як умовами рентгенівської фотографії, так і з великою спрямованістю складової фази. У зразку № 3 перед хромотитануванням було знято азотований шар завтовшки 80 мкм. Тому в поверхневому шарі відсутні фази Cr_{23}C_6 і Cr_7C_3 . Основною складовою шару є нітрид хрому текстурованої будови.

Зі збільшенням кількості титану в суміші збільшується його кількість у покритті (зразок № 4). Після титанування азотованої сталі 25Х5МА основною складовою структури є нітрид титану TiN (зразок № 5).

Таблиця 1

Вплив виду металізації на склад фази й мікротвердість азотованої сталі марки 25X5MA

№ зразків	Метод дифузійної металізації після азотування	Режими		Товщина шару, відділеного від азотованого шару, мкм	Мікротвердість, H_{100} , МПа	Фазовий склад
		T, °C	t, год.			
1.	Хромування	1000	6	20	16500	Cr_2N , $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3
2.	Хромотитанування	980	4	20	16500	$Cr_2N^{1/}$, $Cr_{23}C_{62/}$, $Cr_7C_{32/}$
3.	Хромотитанування	980	4	80	16000	$Cr_2N^{1/}$
4.	Хромотитанування	980	6	60	15000	Cr_2N , TiN
5.	Титанування	1000	6	60	19500	$TiN^{3/}$
6.	Хромотитанування	1000	8	-	23000	$Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 , TiC
7.	Титанування	1000	8	-	32000	TiC , $TiCr_2$, $TiFe_2$

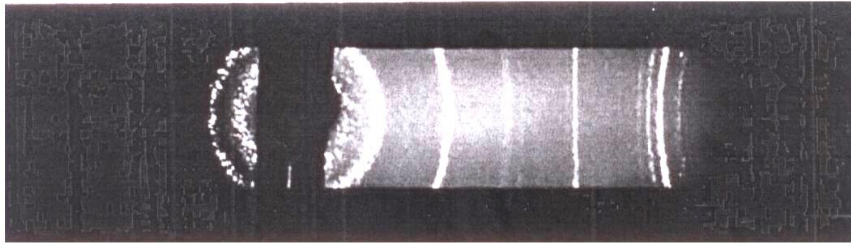


Рис. 1. Рентгенограма плунжера після хромотитанування.

На утворення фаз у покритті певну роль відіграє титан, який входить до складу насичуючої суміші. На основі результатів мікрорентгеноспектрального аналізу, проведеного на приладі «САМЕСА», було визначено розподіл хрому по всій глибині шару. Концентрація хрому в середньому становить 75 % (по масі). У дифузійному шарі покриття хром розподіляється по всій глибині порівняно нерівномірно у вигляді розташованих на відносно рівній відстані окремих дрібних включень. Максимальна концентрація титану 6,5 % (по масі) виявляється на поверхні покриття. Імовірно, що наявність титану в покритті призводить до деякого викривлення кривих на дифрактограмах.

Отже, металографічні, рентгеноструктурні й мікрорентгеноспектральні дослідження та результати хімічного аналізу кількості азоту в шарах після дифузійного хромування дозволяють описати наступний механізм утворення покриття. У результаті високого хімічного засобу титану до азоту й вуглецю на поверхні спочатку утворюються відносно стійкі карбіди й нітриди. Таким чином формується основа шару. У цей час спостерігається зменшення швидкості дифузії азоту на поверхні. Наступним розташовується шар, що представляє собою гомогенну суміш карбідів і нітридів, які насичують елементи і нітриди хрому текстурованої будови. Хром і титан, які поступають із насичуючої суміші, можна сказати, повністю використовують вільний і зв'язаний азот, який утворюється в шарі.

Такий механізм дифузії пояснює зменшення структурних включень «м'якого» азотованого фериту в комплексному шарі.

II. Дослідження несучої здатності покриття

Несуча здатність покриття досліджувалася на зразках, полірованих під кутом 6–8°. Паралельно була досліджена несуча здатність і покриття, отриманого іонно-плазмовим напилюванням на установці «Булат 3М».

Несуча здатність хромотитанованого покриття визначалася на твердомірі «ПІМТ-3» при заданому навантаженні методом вдавнення алмазної призми з кутом вершини 136°.

Вважаємо, що дифузійне покриття має достатню несучу здатність, тому що при знятті навантаження й індентора в ямках чотирикутника були відсутні тріщини, що свідчить про руйнування покриття. У той же час величина мікротвердості була в її межах для дослідженої поверхні. Результати досліджень наведено на рис. 2, а, з яких видно, що всі криві при критичній товщині шару ($K_{кр}$) мають характерний вигин. Зі збільшенням навантаження на індентор критична товщина шару зростає. Наприклад, при навантаженні 204,79 г покриття завтовшки 10 мкм починає гнутися.

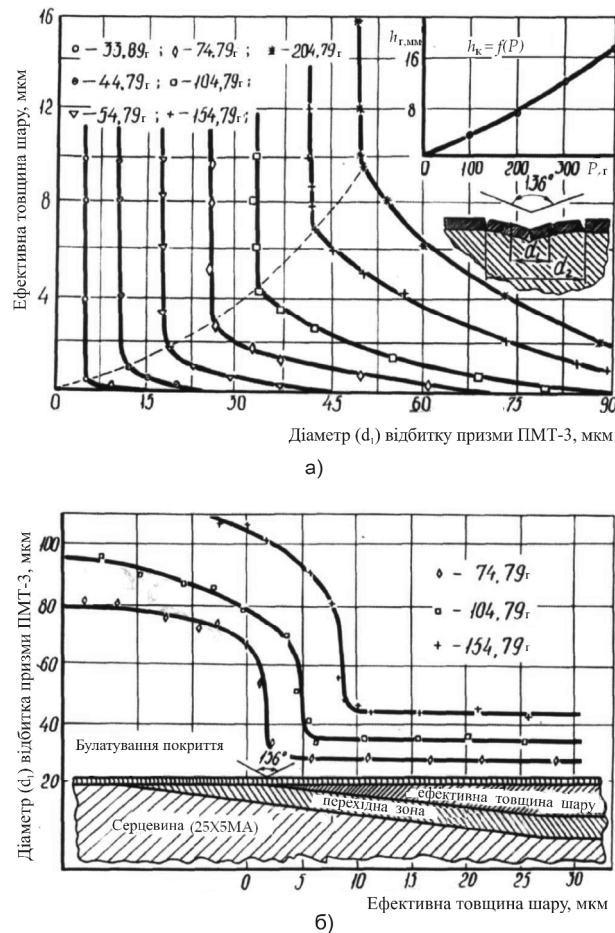


Рис. 2. Критична товщина покриттів: а) хромотитанованого; б) додатково зміцненого на установці «Булат-3М».

При товщині шару менше критичної й динамічному навантаженні на концентрований шар, що відповідає абразивному руйнуванню, – на місці поверхні, що контактує з абразивною поверхнею, можливе викривлення шару й поширення пошкоджень на більше її глибини.

На рис. 3 показані характерні вигину й руйнування хромотитанованого шару завтовшки 15 мкм під концентрованим ударним навантаженням.

Заслужують на увагу експерименти з оцінки несучої здатності іонно-плазмового (булатованого) покриття. Наприклад, нанесення на сталь ШХ-15, на азотовану сталь 25X5MA й на ціановану сталь 12Н3А булатованих покриттів завтовшки 0,6 - 1,5 мкм, що складаються переважно з титанових нітридів, при навантаженнях, які перевищують 50 г, не забезпечує несучої здатності, тому що в робочій камері установки «Булат 3М» твердість деталей із зазначених сталей різко знижується. Тому встановлене зубчасте кільце внаслідок низької твердості нижніх шарів швидко виходило з ладу [7]. Нанесення булатованого шару на плунжер з азотованої сталі не знижує вихідної твердості (61-63HRC), а тому булатоване покриття на азотованій сталі має більш високу несучу здатність.

Нанесений на поліровану під кутом хромотитановану поверхню шар булатованого покриття при прошиванні інденатором ПМТ-3 під

навантаженням показав результати, що наведені на рис. 2, б. У м'якій серцевині сталі марки 25X5MA несуча здатність низька й перебуває на рівні сталі, підданій хіміко-термічній обробці. З появою дифузійного шару, що має твердість, яка перевищує твердість серцевини, несуча здатність різко зростає й перебуває на рівні азотованої булатованої сталі. Дослідження показали, що при відсутності твердості нижніх шарів на необхідному рівні їх треба зміцнювати (наприклад, загартовуванням).

Замір дифузійного шару в середині довжини плунжерів і кільць показав, що товщина перебуває в межах 8 – 18 мкм.

Для об'єктивної оцінки вантажопідйомності покриття при абразивному зношуванні були проведені прискорені стендові випробування відновлених хромотитануванням плунжерних пар.

Висновки

1. Металографічне, рентгеноструктурне й мікрорентгено-спектральне дослідження дифузійного покриття, нанесеного на азотовану сталь 25X5MA, а також хімічний аналіз свідчать, що в результаті дифузійного насичення на поверхні формується шар на основі нітридів. При хромуванні на поверхні формується

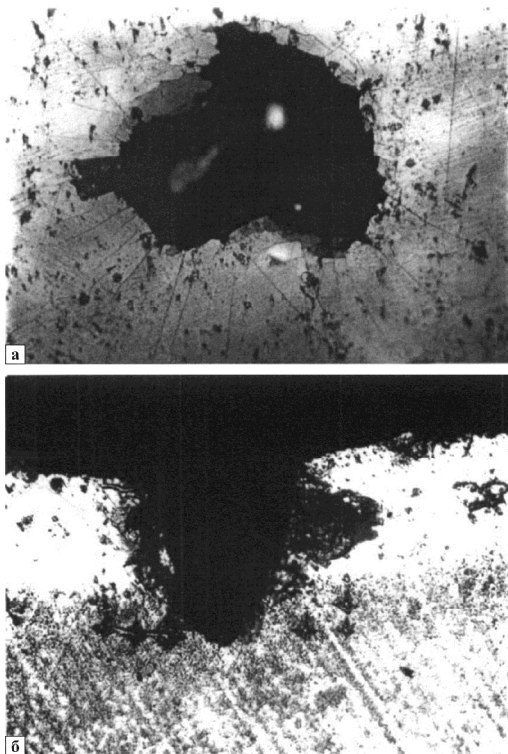


Рис. 3. Скривлення (а) і руйнування (б) хромотитанованого шару при динамічному навантаженні.

дифузійне покриття, що складається з трьох зон. Поверхнева зона складається переважно з нітрідів хрому (Cr_2N), малої кількості текстурованої будови, карбідів хрому Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 , нітриду титану TiN і дрібних включень азотованого фериту FeN . Мікротвердість зони становить 15700 – 16500 МПа. Вміст хрому у верхній зоні становить 75 %, титану – 6,5 % й азоту – 3,5 % (по масі). Проміжна зона складається з нітрідів заліза, дисперсно розташованих включень нітрідів і карбідів легуючих елементів. Мікротвердість зони – 7000 - 8000 МПа. У нижній зоні кількість азоту вкрай низька, її мікротвердість знижується до рівня твердості серцевини – 2500 МПа.

- Експериментальне дослідження несучої здатності дифузійного покриття, здійснене вдавненням алмазної призми, дозволило виявити, що при наявності м'якого підшару з підвищенням навантаження критична товщина покриття зростає, а з підвищенням твердості підшару вона різко зменшується.

Аббасов Елнур Орудж огли - старший викладач кафедри навігації.

- [1] В.З. Сергеев, Труды МИИСП. 59 (1984).
- [2] В.З. Сергеев, Восстановление плунжерных пар топливных насосов распределительного типа диффузионным эфмотитанированием, дис. канд. техн. наук (Ленинград, ЦНИИТЭИ, 1983).
- [3] В.Г. Хижняк, Ю.М. Помарин, А.И. Дегула, О.Д. Смиян, Современная электротехнология 2(91), 52 (2008).
- [4] А.И. Дегула, О.В. Ушкалова, Матеріали Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції «Сучасні технології в промисловому виробництві» (СумДУ, Суми, 2010), с. 184.
- [5] А.М. Долгих, Вестник Полоцкого гос. ун-та 8, 38 (2009).
- [6] С.К. Тойгамбаев, Актуальные проблемы современной науки 6, 260 (2010).
- [7] А.В. Смирнов, А.Д. Начинков, Э.Н. Бородаева, Защитные покрытия на металлах (Наукова думка, Київ, 1992).

E. O. oglu Abbasov

Analysis of Capacity and Phase Composition of Chromotitanizing Surface

*Azerbaijan State Marine Academy, Z. Aliyeva str., 18, AZ1000, Baku, Azerbaijan Republic,
e-mail: AbbasovElnur1980@mail.ru*

The article deals with the investigation of phase composition and capacity of chromotitanizing surface of steel of 25X5MA. Components made of steel with the coatings applied ШХ-15 and 12ХН3А were taken as comparison. Absence phase of coatings Cr_{23}C_6 and Cr_7C_3 on the surface layer was determined.

Main phase of the layer is textured structure of Nitride chrome Cr_2N . As compared with diffusion coatings applied Ion plasma coatings do not provide bearing capacity of components at their low thickness.

Keywords: chromotitanizing, diffusion coating, phase composition, capacity, carbides nitrides, X-ray phase analysis, X-ray analysis.