

УДК 621.785

В. Г. ХИЖНЯК¹, Р. Г. МНАЦАКАНОВ², І. А. ГУМЕНЮК², Я. В. БОГАЧ²¹Національний технічний університет України «КПІ», Київ²Національний авіаційний університет, Київ

ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОАЛІТОВАНОЇ СТАЛІ 12Х18Н10Т В УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Розглянуто структуру, фазовий та хімічний склади, мікротвердість поверхневих зон сталі 12Х18Н10Т після хромоалітування. Показано, що зносостійкість сталі 12Х18Н10Т в умовах тертя ковзання без змащування з захисним покриттям зростає в 1,5 – 2,6 разів в порівнянні з вихідною

Ключові слова: сталь 12Х18Н10Т, хромоалітування, тертя ковзання, зносостійкість

Вступ. Корозійностійкі сталі аустенітного класу, характеризуються достатньо високою корозійною стійкістю, але мають низьку зносостійкість, погану припрацьовуваність, а в процесі тертя утворюють задири та заїдання.

В результаті хіміко-термічної обробки відбувається зміна хімічного складу та структури поверхневого шару, що суттєво впливає на експлуатаційні характеристики зміцненої сталі. Поверхневий шар набуває нових властивостей, іноді втрачаючи деякі властивості базової сталі [1].

Дослідження поверхневого насичення сталей і сплавів показали, що більш ефективним є одночасне легування поверхневого шару кількома елементами як з технологічної точки зору, так і щодо підвищення їх властивостей.

Постановка задачі. Оскільки від ряду деталей обладнання хімічної, будівельної, харчової та інших галузей промисловості вимагається одночасно висока жаростійкість і зносостійкість, була поставлена задача провести дослідження сталі 12Х18Н10Т на зносостійкість після дифузійного однокомпонентного хромування та комплексного хромоалітування з одного джерела, а також послідовним насиченням [1].

Нове покоління покриттів повинно мати значну твердість і жаростійкість не нижчу за 800°C [2 - 4]. Кількість матеріалів з високою твердістю та необхідними властивостями обмежена. Аморфний карбід бору з твердістю 50,0 ГПа досить крихкий і інтенсивно окислюється вже при температурі 460°C. Кубічний нітрид бору, полікристалічні алмазні плівки теж мають високу твердість, але метастабільні і досить легко окислюються. Доцільність використання багатокомпонентних покриттів за участю наноструктурних та аморфних матеріалів потребує подальшого підтвердження промисловими випробуваннями [4; 5].

Очевидно, що можливість отримання тих чи інших композицій покриття – основа з необхідними складом, структурою, властивостями обмежена в першу чергу технологічними особливостями методів.

Методика досліджень. Насичення сталі 12Х18Н10Т відбувається наступним чином. Хромоалітували при температурі 1050 °С на протязі 3 год в порошкових сумішах контактним методом в контейнері з плавким затвором за умов зниженого тиску. В якості вихідних реагентів використовували суміш порошків наступного складу: 46%Cr+10%Al+4%NH₄Cl+40%Al₂O₃.

Зразки з покриттями були досліджені сучасними методами фізичного матеріалознавства: рентгеноструктурним, мікрорентгено-спектральним, мікроструктурним, дюрOMETричним.

Експериментальні результати та їх обговорення. На рис. 1 показана мікроструктура дифузійного шару на сталі 12X18H10T після хромоалітування при насиченні з одного джерела-суміші. Як видно з мікроструктури дифузійний шар має гетерофазну і пошарову будову з різкою границею поділу між покриттям і основою. Дифузійний шар добре травиться в стандартному 3%-ному розчині азотної кислоти. Аналогічні мікроструктури формуються при дифузійному насиченні іншими елементами та їх комплексами.

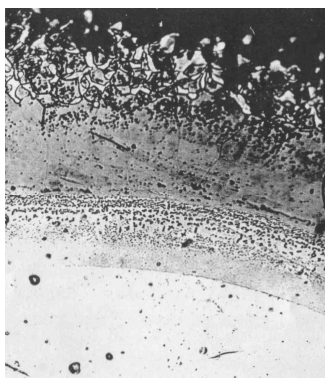


Рис.1. Мікроструктура хромоалітованого шару на сталі 12X18H10T $\times 300$

Встановлено, що після хромоалітування вихідної сталі 12X18H10T на поверхні зразків утворюються багатокомпонентні покриття за участю оксиду алюмінію Al_2O_3 , інтерметалідних впорядкованих сполук зі структурою CsCl – $Al(Fe, Cr)$, $Al(Fe, Ni)$ та твердого розчину $Fe_a(Al, Cr, Ni)$ (табл. 1). На зовнішній стороні дифузійної зони розташовані шари фаз $Al(Fe, Cr)$ та $Al(Fe, Ni)$, на внутрішній зона твердого розчину $Fe_a(Al, Cr, Ni)$ (табл.1).

Таблиця 1

Фазовий склад та властивості покриттів на сталі 12X18H10T

Вид обробки. $t, ^\circ C; t, \text{ год}$	Фазовий склад поверхні	Хімічний склад, % мас				Параметри кристалічної ґратки, нм	Товщина покриття, мкм	Мікротвердість, ГПа
		Al	Cr	Ni	Fe			
Хромоалітування $1050^\circ C; 3 \text{ год}$	$Al(Fe, Cr)$	18,3	29,8	2,6	42,1	$a = 0,2901$	25,0	5,8-6,2
	$Al(Fe, Ni)$	21,8	17,8	10,1	47,2	$a = 0,2897$	27,0	5,6-5,2
	$Fe_a(Al, Cr, Ni)$	8,3	21,8	6,9	60,8	$a = 0,2931$	110,5	4,6-2,0

Можливість існування інтерметалідів за участю насичуючих елементів та елементів основи типу Al(Fe, Cr), Al(Fe, Ni) з близькими періодами кристалічної ґратки, з упорядкованою структурою типу CsCl показано в роботах [6; 7]. Правильність інтерпретації результатів рентгеноструктурного аналізу щодо фазового складу покриттів підтверджена характером розподілу елементів за товщиною покриття, результатами металографічних і дюрOMETричних досліджень.

За даними дюрOMETричного аналізу мікротвердість сполук Al(Fe, Cr) та Al(Fe, Ni) знаходиться на рівні 5,0–6,8 ГПа. Випробовування на зносостійкість в умовах тертя ковзання без змащування сталі 12X18H10T з покриттям та без покриття виконували на машині тертя при МТ-68 по схемі вал-вкладка при навантаженні $P = 0,5\text{--}1,5$ МПа та швидкості ковзання $V=5$ м/с. В якості матеріалу контртіла використовували сталь 65Г, загартовану та відпущену на твердість HRC 51-52. Величину зносу оцінювали за відношенням зміни розмірів зразка до шляху ковзання.

На поверхні тертя вихідної сталі 12X18H10T та сталі після хромоалітування спостерігаються окремі лінії абразивного мікрорізання по напрямку тертя. Можна вважати, що в якості абразиву виступають окремі тверді частки покриття або контртіла. Відомо [8; 9], що знос при терті ковзання складається з кількох процесів. Для металів та сполук за їх участю до цих процесів можна віднести: пластичну деформацію та руйнування, адгезію та перенос матеріалу; різання абразивом тощо.

Поверхня контртіла зі сталі 65Г після випробування на знос сталі 12X18H10T з покриттям виявилася світла, гладка, риски рівномірні за глибиною. Слідів адгезійного схоплення, налипання на поверхні контртіла не виявлено, що свідчить про високі захисні властивості покриттів на сталі 12X18H10T.

Аналіз отриманих результатів показав, підвищення зносостійкості сталі 12X18H10T з комплексним покриттям, яке формується після хромоалітування (рис.1). Зносостійкість сталі 12X18H10T з таким покриттям зростає в 1,5–2,6 разів у порівнянні із вихідною.

Висока зносостійкість отриманих покриттів на сталі 12X18H10T зумовлена значною мікротвердістю, жаростійкістю та високою адгезією з основою.

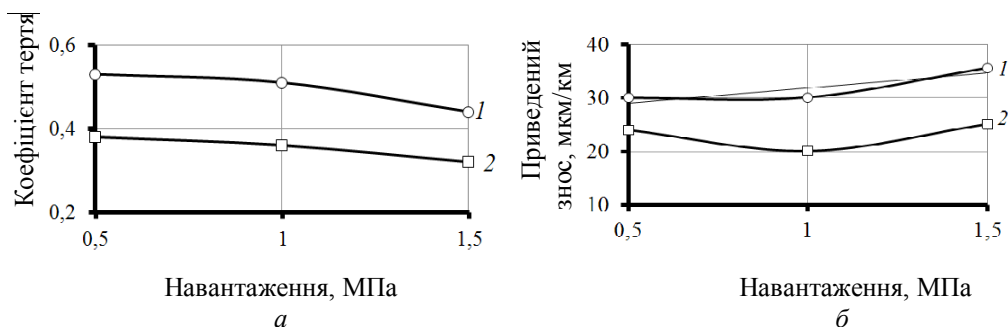


Рис. 1. Залежність коефіцієнта тертя (а) та приведенного зносу (б) від навантаження сталі 12X18H10T (1), сталі 12X18H10T після хромоалітування (2) швидкість ковзання 5 м/с; ○ – вихідний; □ – хромоалітування

Аналіз мікроструктури та хімічного складу лунки зношування та матеріалу покриття поблизу неї дозволив виділити зони, які розрізняються особливостями будови (рис. 2, табл. 2). Це зона А – матеріал основи, світла, зі слідами різання, направленими вздовж руху контртіла, та незначною кількістю включень темного кольору неправи-

льної форми, та зона Б – деформоване та частково зруйноване покриття, гетерогенна, складається із часток різного кольору та розміру.

Мікрорентгеноспектральним аналізом показано, що сполуки №1 в зоні А та №5 в зоні Б скоріше за все відповідають оксиду алюмінію Al_2O_3 . Джерелом оксиду може бути шар Al_2O_3 , отриманий при хромоалітуванні, або окислений в процесі тертя алюміній. Окремі сполуки зруйнованого покриття відповідають його складовим – $Al(Fe, Ni)$ та $Al(Fe, Cr)$, отриманим після ХТО.

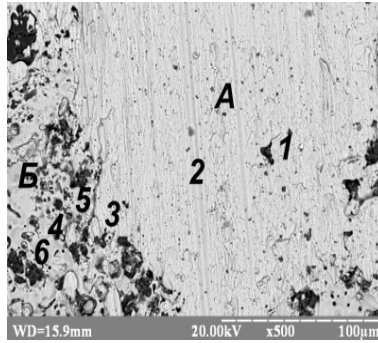


Рис. 2. Мікроструктура поверхні тертя хромоалітованої сталі 12X18H10T.
Навантаження 0,5 МПа; швидкість ковзання 5 м/с

Таблиця 2

**Розподіл хімічних елементів на поверхні тертя
хромоалітованої сталі 12X18H10T**

Зона	№ спектру	Вміст елементів, %, мас.					
		Al	Cr	Fe	Ni	Ti	O
А	1(Al_2O_3)	44,3	4,1	5,4	0,2	-	46,0
	2(основа)	0,3	18,1	73,8	7,6	0,2	-
	3(тв. розчин)	4,5	18,5	69,6	6,3	1,1	-
Б	4 $Al(Fe, Cr)$	14,9	53,4	27,4	4,2	0,1	-
	5(Al_2O_3)	44,8	3,5	3,8	0,1	-	47,8
	6 $Al(Fe, Ni)$	26,4	10	27,6	35,9	0,1	-

Можна вважати, що процес зношування композиції «сталі 12X18H10T – покриття» контролюється структурою та властивостями покриття, матеріал якого присутній не тільки на поверхні, але й у вигляді окремих включень в основі, структурою та властивостями матеріалу основи (сталі 12X18H10T), а також адгезією покриття і основи.

Висновки:

1. В роботі показано можливість нанесення на поверхню сталі 12X18H10T комплексного покриття, отриманого шляхом хромоалітування сталі.
2. Зносостійкість сталі 12X18H10T з покриттям в умовах тертя ковзання без змащування зростає в порівнянні з вихідною у 1,5–2,6 разів.

Список літератури

1. Похмурский В.И. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий/ В.Б.Далисов, В.М. Голубец. – К.: Наук. думка. 1980.– 188с.
2. Bhat D.G. Coatings for Cutting Tools / D.G.Bhat, R.T.Woerner / Journal of Metals. V. 38, 1986.P.68-69.
3. Besmann T.M. Interface science of thermal barrier coatings. I.Mater. Sci, 2009, № 44 – P. 1661–1663.

4. Veprek S. Reiprich S. A concept for the design of novel superhard coatings / S. Veprek, S.Reiprich. Thin Solid Films, 1995, 268. – P.64 –71.
5. Шпак А.П. Механічні властивості покриттів на основі титану / О.І.Наконечна, Ю.А.Куницький, О.В. Соболев. – К.: ІМФ НАНУ, 2005.– 80с.
6. Omari I.A. Structural and Moessbauer Spectroscopic Studies of $\text{Fe}_{0.7-x}\text{Cr}_x\text{Al}_{0.3}$ Alloys. I. Magn. Mater. 225, 2001.– P.346 – 350.
7. Paufler P., X-ray Singl crystal Difrakction Investigation on $\text{Ni}_{1-x}\text{Al}_{1-x}$. Faber I., Zahn G. Acta Crystollogr. A52, C319, 1996.–P.324 – 329.
8. Кіндрачук М.В., Трибологія / М.В.Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І.Пашечко, Є.В.Корбут. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2009.– 392с.
9. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах/ Б.И.Костецкий. – Киев.: Техника. 1970. – 395с.

Стаття надійшла до редакції 23.09.2016

V. G. KHIZHNYAK, R. G. MNATSAKANOV, I. A. HUMENIUK, Ia. V. BOGACH

WEAR OF STEEL CHROMOSALUMINIZED 12X18N10T IN FRICTION SLIDING UNLUBRICATED

The structure, phase and chemical composition, microhardness of the surface bands are 12X18N10T after chromoaluminizing chromoaluminizing. It is shown that the wear resistance stali 12X18N10T in sliding friction without lubrication with protective coatings increases by 1.5–5.6 times compared with the original.

Key words: steel 12C-18CR-9NI-TI (type 316); chromoaluminizing; sliding friction; wear resistance.

Хижняк Віктор Гаврилович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри металознавства та термічної обробки Національного технічного університету Україна «КПІ», м. Київ, Україна.

Мнацаканов Рудольф Георгійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 68 75, E-mail: mnatsakanov@bk.ru.

Гуменюк Ігор Анатолійович – здобувач кафедри машинознавства Національного авіаційного університету, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058.

Богач Яна В'ячеславівна – студентка Національного авіаційного університету, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058.