

*В. Г. Хижняк, д-р. техн. наук, проф.,
Т. В. Лоскутова, канд. техн. наук, старш. викл.,
А. І. Дегула, асп.,
Н. А. Курило, асп.*

КОМПЛЕКСНІ ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ СПОЛУК ТИТАНУ ТА ХРОМУ

Національний технічний університет України «КПІ», DegA81@bigmir.net,
Kurilo_Nadezhda@meta.ua

Вивчено будову та деякі властивості захисних покриттів за участю титану та хрому на сталях У8А та Х12М і твердому сплаві ВК8. Установлено фазовий та структурний склади отриманих одно- та двокомпонентних покриттів. Визначено мікротвердість карбідних шарів і коефіцієнт збільшення стійкості при поздовжньому різанні.

Сутність проблеми. В інструментальній промисловості широкого застосування набули інструментальні, швидкорізальні сталі та тверді сплави.

Карбідні покриття, нанесені на їх поверхню, суттєво підвищують надійність та довговічність інструменту. Відомо, що найбільш високий комплекс властивостей можна досягнути формуванням багат шарових покриттів, у процесі експлуатації яких кожний шар або фазова складова виконують свої функції.

Незважаючи на значне нагромадження експериментального матеріалу з багатокомпонентних дифузійних покриттів [1], механізм їх формування та склад вивчено недостатньо, а отримані дані часто мають суперечливий характер. Склад отриманих покриттів значною мірою залежить від способу нанесення та його температурно-часових умов.

Способи отримання захисних покриттів можна поділити на дві групи – фізичні та хімічні. До останніх відносяться методи хіміко-термічної обробки, що вирізняються простотою технологічного обладнання та високою якістю покриттів.

Мета. Актуальність розроблення нових технологічних методів одержання комплексних багат шарових карбідних і карбоніт-

ридних покриттів на сталях та твердих сплавах очевидна. Покриття за участю хрому, титану, вуглецю та азоту, отримані методами хіміко-термічної обробки дозволяють підвищити експлуатаційні характеристики інструменту.

Метою роботи є модифікування поверхневих шарів сталей карбідами та нітридами тугоплавких перехідних металів IV–VI груп періодичної системи [2] та дослідження їх фазового складу, структури і властивостей. Результати роботи дозволять коректно підійти до вибору раціонального типу покриття для конкретних умов експлуатації.

Методика і техніка експерименту. Експеримент включав три процеси дифузійної металізації, два з яких однокомпонентні (хромування і титанування) і один комплексний послідовний двокомпонентний (хромотитанування). Як об'єкти дослідження були вибрані сталі У8А та Х12М і твердий сплав ВК8.

Титанування, хромування та хромотитанування проводили в умовах зниженого тиску за температури 1050 °С протягом 4 год. Як вихідний реагент використовували порошки титану та хрому відповідно. Для утворення атомарних хлоридів титану в реакційний простір вводили чотирихлористий вуглець [3].

Послідовне хромотитанування проводили в одному технологічному циклі. Після хромування в реакційний простір за допомогою магнітного затвору вводили порошок титану.

Фазовий склад покриттів визначали на рентгенівському дифрактометрі ДРОН 2.0 в мідному монохроматизованому випромінюванні, металографічні дослідження проводили на мікроскопі «Neophot 21», мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ-3.

Експериментальні результати та їх обговорення. За результатами рентгеноструктурного аналізу основними фазами покриттів при хромуванні сталей є карбіди хрому Cr_7C_3 та Cr_{23}C_6 , при титануванні – карбід титану TiC , а при хромотитануванні утворюється комплекс фаз, який складається з карбіду хрому Cr_7C_3 та карбіду титану TiC .

Металографічним аналізом встановлено, що з насиченням сталей хромом утворюється двошарове покриття Cr_{23}C_6 – Cr_7C_3 , період ґраток яких становить $a = 1,06679$ – $a = 0,69832$ нм; $b = 1,21845$ нм, $c = 0,45179$ нм відповідно. Причому безпосередньо до основи при-

микає шар Cr_7C_3 . У структурі хромованих зразків, протравлених реактивом Муракамі, наявна чітка межа розділу між карбідами. Товщина шарів майже однакова і коливається в межах 6,0–9,0 мкм. Відповідно до літературних даних у Cr_{23}C_6 складна гранецентрична ґратка з 116 атомами в елементарній комірці [4]. Фаза Cr_7C_3 має гексагональну структуру.

У результаті титанування сталей У8А та Х12М утворюється одношарове покриття карбіду титану TiC з періодами ґратки 0,4340 нм та 0,4332 нм відповідно. Рентгеноструктурним аналізом поверхні титанованого твердого сплаву встановлено наявність карбіду титану TiC з періодом ґратки 0,4322 нм.

Товщина шару TiC на сталі У8А становить 18,4 мкм, на сталі Х12М – 8 мкм, а на твердому сплаві ВК8 – 4 мкм.

При хромотитануванні сталі У8А безпосередньо до основи примикає шар карбіду хрому Cr_7C_3 товщиною 8,0 мкм, період ґратки якого становить $a = 0,69840$ нм, $b = 1,21844$ нм, $c = 0,45198$ нм. Шар TiC з параметрами ґратки 0,4316 нм і товщиною 7,0 мкм розташований із зовні.

Узагальнені результати металографічних та рентгеноструктурних досліджень наведено в табл. 1.

Аналіз отриманих даних показав, що шар карбіду титану TiC з максимальною мікротвердістю утворюється на сталі У8А–36,0 ГПа. Мікротвердість шарів карбідів хрому на декілька порядків нижча і становить 17,5 ГПа на сталі У8А.

Зміна мікротвердості в двошарових покриттях $\text{TiC} - \text{Cr}_7\text{C}_3$ порівняно з одношаровими TiC та $\text{Cr}_{23}\text{C}_6 - \text{Cr}_7\text{C}_3$ від поверхні до основи більш плавна.

Таким чином, можна вважати, що саме ця перевага багатокомпонентних покриттів порівняно з однокомпонентними буде позитивно впливати на стійкість покриттів в умовах контактної взаємодії.

Стійкісні випробування багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин з механічним кріпленням після титанування та хромотитанування наведено в табл. 2.

Коефіцієнт збільшення стійкості вираховували як відношення часу стійкості пластин з покриттями до часу стійкості без покриттів. За період випробувань вибирали час до утворення лунки зносу по заданій поверхні 0,7 мм.

Таблиця 1

Характеристика покриттів на основі тугоплавких сполук хрому і титану

Вид обробки	Матеріал	Фазовий склад	Період кристалічної ґратки, нм	Товщина, мкм	Мікротвердість, ГПа
Хромування	ВК8	$C_{\Gamma_{23}}C_6$	$a = 1,0639$	7,0	17,0
	У8А	$C_{\Gamma_{23}}C_6$	$a = 1,0667$	7,0	17,5
		Cr_7C_3	$a = 0,6983$ $b = 1,2184$ $c = 0,4517$	9,0	16,0
		$C_{\Gamma_{23}}C_6$	$a = 1,0668$	6,0	17,0
	Х12М	Cr_7C_3	$a = 0,6983$ $b = 1,2185$ $c = 0,4517$	6,0	16,0
Титанування	ВК8	TiC	$a = 0,4322$	4,0	35,5
	У8А	TiC	$a = 0,4340$	18,4	36,0
	Х12М	TiC	$a = 0,4332$	8,0	34,0
Хромотитанування	ВК8	TiC	$a = 0,4318$	3,0	36,0
		$C_{\Gamma_{23}}C_6$	$a = 1,0638$	4,5	17,0
	У8А	TiC	$a = 0,4316$	7,0	35,5
		Cr_7C_3	$a = 0,6984$ $b = 1,2184$ $c = 0,4316$	8,0	16,5
		TiC	$a = 0,4314$	6,5	35,0
	Х12М	Cr_7C_3	$a = 0,6984$ $b = 1,2184$ $c = 0,4316$	7,0	16,0

Таблиця 2

Вплив захисних покриттів на стійкість різальних пластин з ВК8 при точінні

Вид ХТО	Оброблюваний матеріал	Режим різання			Коефіцієнт збільшення стійкості
		Швидкість V , м/с	Подача S , мм/об	Глибина t , мм	
Титанування	06Х28МДТ	8,0	1,277	1,5	4,5
	40Х13	2,5	0,434	1,0	2,0
	Мідь М1	3,30	0,045	1,0	1,5
Хромотитанування	06Х28МДТ	8,0	1,277	1,5	5,0
	40Х13	2,5	0,434	1,0	2,5
	Мідь М1	3,30	0,045	1,0	2,5

Висновки

У роботі досліджено фазовий та структурний склад зносостійких захисних покриттів на основі перехідних металів IV–VI груп періодичної системи. Установлено, що при титануванні на поверхні формується шар TiC, а при хромуванні – шар карбідів хрому. Показано перевагу багатокомпонентного покриття над однокомпонентним у зв'язку з більш поступовим збільшенням мікротвердості по товщині шару, що, в свою чергу, призводить до зниження градієнта напруг.

Визначено коефіцієнт збільшення стійкості твердосплавних пластин в умовах поздовжнього різання.

Підтверджено доцільність проведення робіт досліджуваному напрямі з подальшим коригуванням технологічних параметрів і складу вихідних реагентів.

Список літератури

1. *Ляхович Л.С.* Многокомпонентные диффузионные покрытия. – Минск: Наука и техника. 1974. – 346 с.
2. *Тот Л.* Карбиды и нитриды переходных металлов. – М.: Мир. 1974. – 296 с.
3. *Лоскутов В.Ф., Хижняк В.Г., Куніцкий Ю.А., Киндрачук М.В.* Диффузионные карбидные покрытия. – К: Техніка, 1991. – 168 с.
4. *Тугоплавкие карбиды / Э. Стормс.* Пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1970. – 304 с.