

Вплив покриття TiN на насичення титаном та алюмінієм сталі 12X18H10T

В. Г. Хижняк, доктор технічних наук, професор

М. В. Аршук

Т. В. Лоскутова, кандидат технічних наук

І. І. Білик, кандидат технічних наук

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Показано можливість отримання на поверхні сталі 12X18H10T комплексних покриттів за участю нітриду титану, нанесеного методом фізичного осадження з газової фази та наступним дифузійним титаноалітуванням. Визначено фазовий та хімічний склади покриттів. Встановлено бар'єрні властивості шару нітриду титану TiN, який при наступному титаноалітуванні зменшує дифузійне проникнення в сталь титану і алюмінію, а елементів основи – заліза, хрому та нікелю в покриття.

Ефективним методом підвищення працездатності матеріалів є хіміко-термічна обробка, а саме насичення поверхневих шарів титаном та алюмінієм для отримання зносостійких, жаростійких та корозійностійких покриттів [1, 2].

Захисні властивості покриттів в значній мірі залежать від їх фазового, хімічного складу та структури. Дослідження по нанесенню покриттів на сталь 12X18H10T мають обмежений характер. В роботі вирішувались задачі: нанесення на сталь 12X18H10T комплексних титаноалітованих покриттів, дослідження їх будови та властивостей. Відомо, що жаростійкість і зносостійкість покриттів визначається присутністю в структурі покриття бар'єрного шару, який гальмує дифузійний перерозподіл елементів між покриттям і основою, між покриттям і зовнішнім середовищем [1, 2].

В роботах [3 – 5] було показано, що на попередньо азотованих сталях та твердих сплавах після дифузійного титанування та титаноалітування формуються комплексні покриття, які складаються з шарів карбиду титану TiC, нітриду титану TiN та інтерметаліду. Композиція шарів «TiC – TiN» виконує роль бар'єру, який гальмує дифузійне проникнення елементів основи – заліза, вуглецю, кобальту, вольфраму в покриття, а насичуючих елементів – титану та алюмінію – в основу. Таким чином, на поверхні формується дифузійний шар зі значним вмістом титану та алюмінію. При цьому основну функцію бар'єру виконує шар з нітриду титану TiN. Цілком можливо формування комплексного покриття з бар'єрним шаром нітриду титану TiN шляхом поєднання методу PVD (фізичне осадження з газової фази), який дозволяє наносити нітрид титану TiN з наступною дифузійною металізацією. Можна передбачити, що такі покриття на сталі 12X18H10T будуть поєднувати високу мікротвердість та зносостійкість з достатньо високою жаро- та корозійною стійкістю.

На першому етапі комплексного насичення сталі на поверхню зразків наносили методом PVD шар нітриду титану TiN. Після цього проводили дифузійну металізацію титаном та алюмінієм. Час наплення нітриду титану становив 20 хв, температура підігріву перед напленням була 560 – 600 °С. Під час наплення температура

Термічна та хіміко-термічна обробка

знижується до 200 – 300 °С. Тиск реакційного газу становив $2,5 \cdot 10^{-2}$ Па; опірна напруга 150 В; струм дуги 100 А.

Дифузійну металізацію титаном та алюмінієм проводили при температурі 1050 °С протягом 2 годин в порошкових сумішах контактним методом в контейнері з плавким затвором за умов зниженого тиску. В якості вихідних реагентів використовували суміш порошоків наступного складу: 50 % Ti + 10 % Al + 36 % Al₂O₃ + 4 % NH₄Cl.

Структуру і хімічний склад покриттів визначали на скануючому електронному мікроскопі CamScan 4D в режимі вторинних і пружно-відбитих електронів, а також системою енергодисперсійного рентгеноспектрального мікроаналізатора INCA – 200 Energy. Рентгеноструктурний аналіз проводили на установці ДРОН-3М. Мікротвердість тонких покриттів вимірювали на косих шліфах з використанням приладу ПМТ-3.

Результати рентгеноструктурного та мікроструктурного аналізів отриманих покриттів наведені в таблиці.

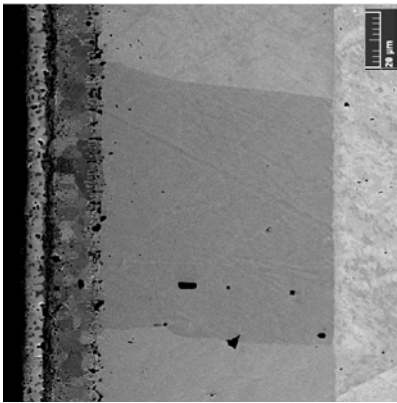
Фазовий склад та властивості покриттів на сталі 12X18H10T

Вид обробки: Т °С, час	Фазовий склад	Параметр кристалічної гратки, нм	Товщина покриття, мкм	Мікротвердість, ГПа
TiN (PVD)	TiN	a = 0,4249	5,5 – 6,0	21,0
	Fe – γ	a = 0,3587	основа	1,5 – 1,8
Титаноалітування* 1050, 3	Ti ₄ Fe ₂ O	a = 1,1332	39,0 – 42,0	5,5 – 6,0
	FeTi	a = 0,2946		
	TiC	a = 0,4323	0,5 – 1,0	35,0
	Fe – α (Ti,Al)	a = 0,2871	70,0 – 80,0	3,5 – 2,0
Титаноалітування після нанесення TiN (PVD)* 1050, 3	Ti ₄ Fe ₂ O	a = 1,1384	5,0 – 7,0	6,0 – 6,5
	Ti(Fe,Ni,Al) ₂	a = 0,4825		
		c = 0,7840		
	TiN	a = 0,4248	5,0	23,0

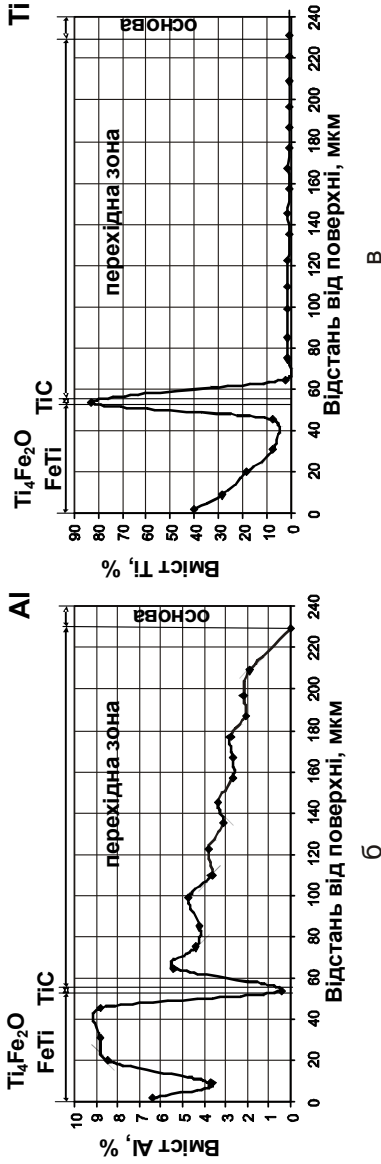
* На поверхні присутні сліди Al₂O₃

Показано, що методом PVD на сталі 12X18H10T були отримані покриття з нітриду титану TiN з періодом кристалічної гартки a = 0,4267 нм. Більше значення періоду гратки TiN в покритті у порівнянні з періодом гратки монолітного стехіометричного нітриду титану TiN (a = 0,4159 нм) зумовлене скоріше за все легуванням нітриду титану TiN вуглецем, джерелом якого є реакційний простір. В покритті в незначній кількості присутній α-Ti. Мікроструктурним методом показано, що товщина нітридного шару TiN становить 4,5 – 5,5 мкм. Металографічним методом покриття виявляється у вигляді світлої жовто-золотавої смуги, що відповідає нітриду титану TiN, близького до стехіометричного.

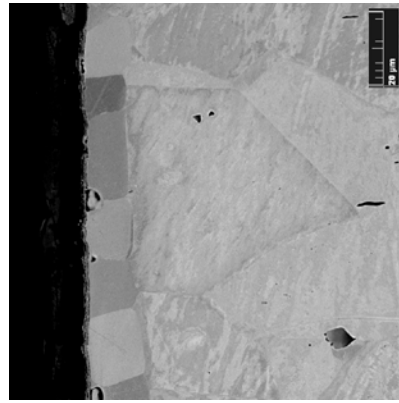
Після титаноалітування сталі з покриттям нітриду титану TiN формується комплексне покриття за участю інтерметалідів та нітриду титану TiN. Період кристалічної гратки нітриду титану TiN, як видно з аналізу отриманих даних, змінився в незначній мірі і становить після титаноалітування a = 0,4248 нм. Зміни періоду кристалічної гратки зумовлено розчиненням невеликої кількості заліза основи, вміст якого в нітриді титану TiN не перевищує 0,2 – 0,4 % (тут і далі – мас. частка).



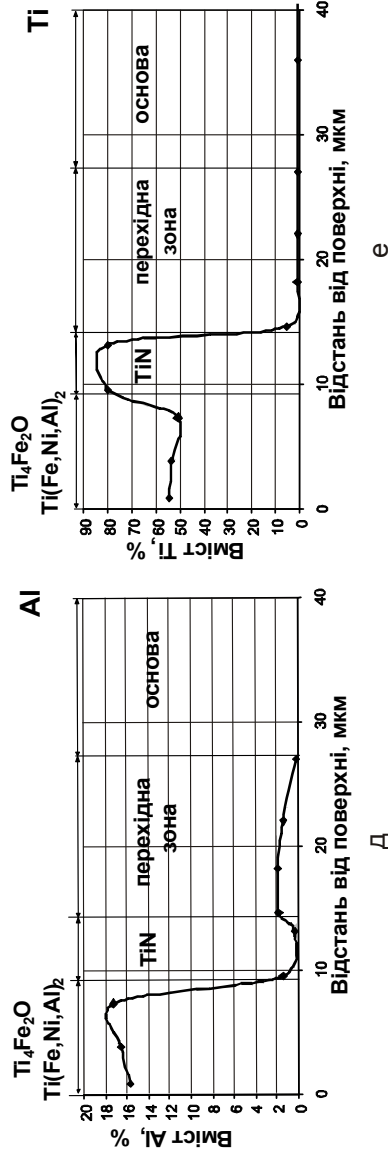
а



б



г



д

Мікроструктура сталі 12Х18Н10Т (електронне зображення) після титаноалютування (а), після нанесення TiN(PVD) з наступним титаноалютуванням (г) та розподіл елементів за товщиною покриття: б, в – титаноалютування, д, е – титаноалютування сталі з покриттям TiN.

У відповідності до результатів мікрорентгеноспектрального аналізу (рисунок) в покриттях «TiN(PVD) з наступним титаноалітуванням» на зовнішній стороні дифузійної зони, встановлено присутність титану – 50,0 – 55,0 %, заліза 11,0 – 12,0 %, нікелю 8,0 – 11,0 %, хрому 1,0 %. Концентрація алюмінію в основі безпосередньо за границею розділу не перевищує 0,4 %.

В титаноалітованих покриттях вміст нікелю, хрому та заліза на зовнішній стороні дифузійної зони становить відповідно 2,5 – 19,0, 4,0 – 12,0, 42,1 – 55,5 %. Глибина проникнення алюмінію в основу сталі 12X18H10T за прийнятих умов насичення досягає 80,0 мкм. Разом з тим концентрація алюмінію в покриттях «TiN(PVD)-титаноалітування» становить 16,0 – 17,8 %, що майже у два рази більше, ніж в титаноалітованих.

Зони твердого розчину алюмінію та титану в основі під шаром нітриду титану металографічним методом не було виявлено.

В той же час за результатами мікрорентгеноспектрального аналізу концентрація алюмінію в основі поблизу границі розділу з шаром нітриду титану TiN становила 1,8 %, а глибина проникнення не переважала 10,0 – 12,5 мкм.

Можна вважати, що шар нітриду титану TiN відіграє роль бар'єру на шляху дифузії алюмінію до основи, а нікелю, хрому, заліза до поверхні. За даними дюрOMETричного аналізу максимальну мікротвердість встановлено в шарі нітриду титану TiN – 20,0 – 23,0 ГПа. Мікротвердість зони сполук Ti_4Fe_2O , $Ti(Fe,Ni,Al)_2$ становить 5,0 – 7,0 ГПа. Зона інтерметалідів товщиною 6,0 – 8,0 мкм виявляється у вигляді смуги світлого, світло-сірого кольору, яка не травиться навіть «царською горілкою». Шар нітриду титану TiN, який розташований в комплексному покритті під зоною інтерметалідів залишається світлим жовто-золотавого кольору товщиною 4,5 – 5,5 мкм.

Таким чином, визначено фазовий склад комплексних покриттів за участю титану та алюмінію. Мікрорентгеноспектральним аналізом було показано розподіл елементів по площині шліфа. На границі розділу «нітрид титану-основа» в покриттях «TiN(PVD)-титаноалітування» спостерігається різке зменшення концентрації титану та алюмінію, а заліза, хрому і нікелю навпаки, збільшуються до вмісту в основі.

Встановлено бар'єрні властивості шару TiN(PVD), який при наступному титаноалітуванні сталі 12X18H10T зменшує дифузійне проникнення в основу титану та алюмінію, а елементів основи (залізо, хром, нікель) в покриття.

Отримані в роботі покриття за участю титану та алюмінію за своїм складом, структурою, властивостями можуть бути використані на сталі в якості захисних шарів, що попереджують корозійне руйнування основного металу, забезпечують високу зносостійкість та жаростійкість.

Література

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. / Справ. Борисенко Г.В., Васильев Л.А., Ворошнин Л.Г. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
2. Коломыцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.
3. Хижняк В.Г., Аршук М.В., Лесечко Д.В. Титаноалітування технічного заліза в закритому реакційному просторі в середовищі хлору. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 4 – С. 92 – 96.
4. Хижняк В.Г., Курило Н.А., Летвицька І.В. Азототитанування сталей і твердих сплавів. / / Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – № 6. – С. 83 – 88.
5. Аршук М.В., Курило Н.А., Хижняк В.Г. Комплексні покриття за участю титану й алюмінію на сталі ШХ15. // Проблеми тертя та зношування. – 2009. – № 51. – С. 123 – 131.

Одержано 09.03.11

В. Г. Хижняк, М. В. Аршук, Т. В. Лоскутова, И. И. Бильк

Влияние покрытия TiN на насыщение титаном и алюминием стали 12X18H10T

Резюме

Показана возможность получения на поверхности стали 12X18H10T комплексных покрытий с участием нитрида титана, нанесенного методом физического осаждения из газовой фазы и последующим диффузионным титаноалитированием. Определены фазовый и химический составы покрытий. Установлены барьерные свойства слоя нитрида титана TiN, который при последующем титаноалитировании уменьшает диффузное проникновение в основу титана и алюминия, а элементов основы железа, хрома и никеля в покрытие.

V. G. Khyzhnyak, M. V. Arshuk, T. V. Loskutova, I. I. Bilyk

Influence of TiN coating on titanium and aluminum saturation of 12X18H10T steel

Summary

The possibility of obtaining surface 12X18H10T steel complex coating with titanium nitride applied by physical vapor deposition and subsequent diffusion aluminizing by titanium. The phase chemical compositions of coatings are determined. The barrier layer of titanium nitride TiN, which then aluminizing by titanium reduces diffuse penetration of titanium and aluminum elements on iron, chromium and nickel in the coating.

УДК 621.785

*Дифузійне насичення сплаву ВТ6 азотом,
вуглецем, киснем*

М. М. Бобіна, кандидат технічних наук
І. Я. Смокович, О. М. Соловар
Т. В. Лоскутова, кандидат технічних наук

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Розглянуто можливість отримання нітридних, оксикарбонітридних та оксидних покриттів на титановому сплаві ВТ6 електронно-променевим азотуванням та цементациєю. Насичення проводили за умови зниженого тиску при температурах 850 – 1050 °С впродовж 2 – 10 годин. Визначено фазовий та хімічний склад отриманих покриттів, їх товщина та мікротвердість.

Проблема підвищення механічних властивостей та робоздатності конструкційних титанових сплавів на цей час є однією з найактуальніших проблем авіа- та моторобудування. Особливо важливе питання збереження високої пластичності та ударної в'язкості та одночасне підвищення міцності, зносостійкості та стійкості проти