

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ДИФУЗІЙНИХ ПОКРИТЬ, ОДЕРЖАНИХ ТИТАНОАЗОТУВАННЯМ

© Лизун О.Я., 1999

ДУ «Львівська політехніка», кафедра «Фізика металів і матеріалознавства»

У даній роботі описано вплив титанування на процеси наступного азотування. Досліджено вплив структури дифузійного титанованого шару на структуру та зношуваність сталей після титаноазотування, яке проводили послідовно.

Актуальність проблеми підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин, зокрема забезпечення триботехнічних властивостей для вуглецевих сталей, не викликає заперечень. Відомо, що її вирішують за рахунок застосування різних методів хіміко-термічної обробки. Найширше застосування мають газові методи: азотування та цементація, для яких розроблені технології насичення і запропоновані класи матеріалів, які ефективно застосовувати. Для азотування використовують сталі леговані нітридоутворюючими елементами, наприклад 38ХМЮА тощо. Зносостійкість нітридних покриттів викликана наявністю нітридних фаз, які мають підвищену твердість. На практиці азотуванню піддають леговані вуглецеві сталі та титанові сплави. На теперішній час існують розроблення про можливість створення зносостійких покриттів в результаті комплексних видів ХТО: титаноазотування [1-4]. Як відомо, титаноазотування можна здійснити як при одночасному насиченні титаном і азотом, так і в результаті послідовного насичення [4, 5].

У даній роботі розглянуто випадок послідовного насичення титаном і азотом вуглецевих сталей, зокрема вивчено можливість застосування "титанування з порошків" при створенні нітридних зносостійких покриттів на вуглецевих сталях.

Азотуванню піддавали вуглецеві сталі з покриттями різної структури: на основі твердого розчину титану в залізі, карбіду та інтерметалідів титану, які були отримані після титанування з порошкових сумішей, які відрізняються хімічним складом активатора [6-8].

Як видно з проведених досліджень, після азотування сталі з покриттям на основі твердого розчину титану у залізі, сформованого при титануванні з суміші низької активності (активатор NaF), у дифузійному покритті виділяються чотири зони (рис.1, 2).

Зокрема на сталі 20 після титаноазотування за вказаною технологією (рис.1) поверхнева зона складається в основному з Fe_2N (ξ -фаза) (див. таблицю), концентрація азоту в якій досягає 11 %, мікротвердість – 7000 МПа (I); під нею розташована зона твердого розчину титану та азоту у α -залізі (α_N -фаза) із значною кількістю фази Fe_4N (II), котра переходить у зону, яка складається в основному з фази Fe_4N (j) (III). Розміри

цих зон в сумі дорівнюють товщині дифузійного покриття, яке отримують після титанування. Далі розташована значна за розмірами зона голок Fe_4N у феритно-перлітній основі (IV), кількість яких зменшується по глибині від межі покриття-основа. Виявлені зони відрізняються металографічно та мікротвердістю (рис.1).

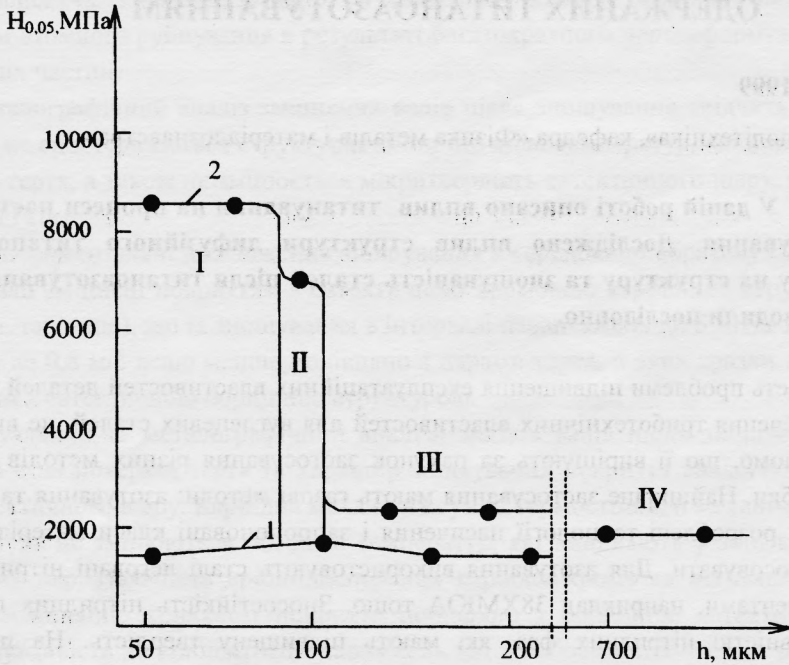


Рис.1. Мікротвердість дифузійних шарів на сталі 20 після титанування з активатором NaF (I); (2) – титанування з наступним азотуванням.

На сталі 45 після титанування з суміші: 75 % феротитану; 21 % Al_2O_3 ; 4 % NaF в поверхневому шарі (I) виявлена значна кількість фази нітриду титану TiN (рис.2), що приводить до збільшення твердості поверхнього шару до 14000 МПа), при цьому товщина ділянки підвищеної твердості зменшується вдвічі, порівняно з титаноазотованим шаром на сталі 20, що пояснюється зміною кількості титану та товщини дифузійних титанованих шарів залежно від вмісту вуглецю для сталі 20 і 45.

Таким чином, товщина титаноазотованого шару у 8-9 разів перевищує товщину титанованих шарів та у 1,5-2 рази перевищує товщину азотованого шару на спеціальних сталях для азотування (наприклад, на сталі 38ХМЮА за тих самих умов насичення товщина шару досягає 420 мкм).

Отже, азотування значно інтенсифікується при наявності покриттів, які складаються з твердого розчину заліза, легованого титаном, які отримані після титанування з порошкових сумішей низької активності, що може бути пояснено збільшенням розчинності азоту при наявності незначної кількості титану, що викликано значною нітридоутворюючою здатністю титану та незначною допустимою розчинністю азоту в залізі.

**Деякі характеристики покриття на сталях
після титанування та титаноазотування**

Сталь	Вид оброблення	Характеристики покриття		
		Фазовий склад, * параметри ґратки, (А°)	Загальна товщина покриття, мкм	Мікротвердість, МПа
20	Титанування в суміші з активатором NaF (1400 К, 6 год)	Тв. р-н Ti в $\alpha - Fe$	100	1500
	Титанування з наступним азотуванням (800 К, 24 год)	Fe_2N (a=2,756) (c=4,380) Fe_4N (a=3,798) $\alpha - Fe$ (a=2,863)	800	7000
45	Титанування в суміші з активатором NaF (1400 К, 6 год)	тв. р-н Ti в $\alpha - Fe$ (a=2,890)	50	1600
	Титанування з наступним азотуванням (800 К, 24 год)	Fe_2N (a=2,764) (c=4,411) Fe_4N (a=3,800) TiN (a=4,262)	450	15000
	Титанування в суміші з активатором $NH_4F HF$ (1400 К, 6 год)	$\alpha - Fe$ (a=2,897) TiC (a=4,324) $TiFe$ (a=2,989) $TiFe_2$ (a=4,769) (c=7,745)	150	3500
	Титанування з наступним азотуванням (800 К, 24 год)	Fe_2N (a=2,764) TiN (a=4,411) $\alpha - Fe$ (a=2,880)	250	8500

Примітка. * Фази подані в порядку зменшення їх кількості.

Отже, титаноазотування дає можливість застосування низьковуглецевих сталей замість легованих.

Встановлено, що проведення азотування карбідних покриттів на основі карбіду титану неефективно, оскільки товщина та мікротвердість, отриманих за результатом комплексного насичення покриттів, практично не змінюється, оскільки дифузія азоту через карбідний шар затруднена і лише незначна кількість азоту здатна розчинитися у карбідній фазі.

Проведені дослідження азотування сталей з багатофазними багатошаровими покриттями, які складаються з поверхневого шару інтерметалідів титану та карбіду титану і розміщеного під ним шару твердого розчину заліза, легованого титаном, сформованими при титануванні з активатором $NH_4 \cdot HF$ (рис.3), вказують на підвищення мікротвердості до 9000 МПа. Глибина проникнення азоту, в даному випадку, дорівнює товщині титанованого шару, що пояснюється впливом інтерметалідного шару на дифузію азоту (див. таблицю).

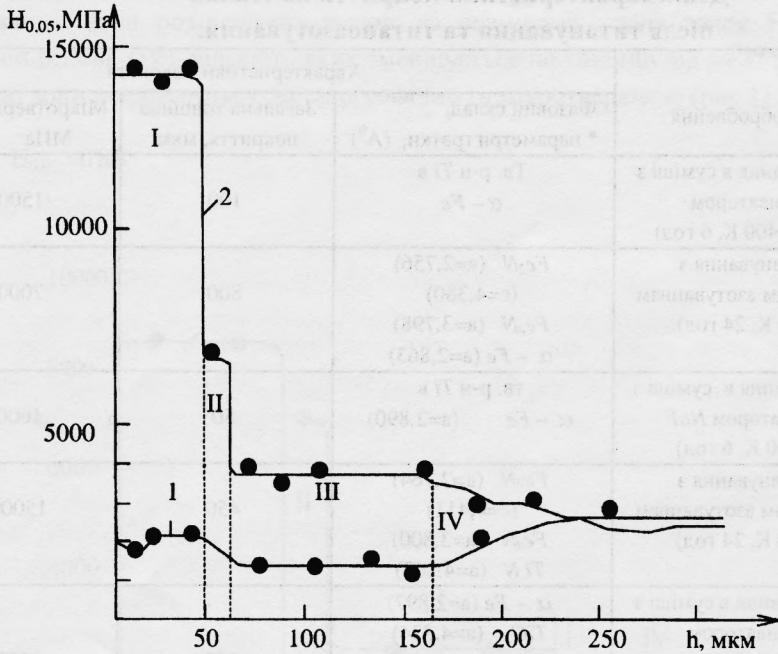


Рис.2. Мікротвердість дифузійних шарів на сталі 45 після титанування з активатором NaF – (1); (2) – титанування з наступним азотуванням.

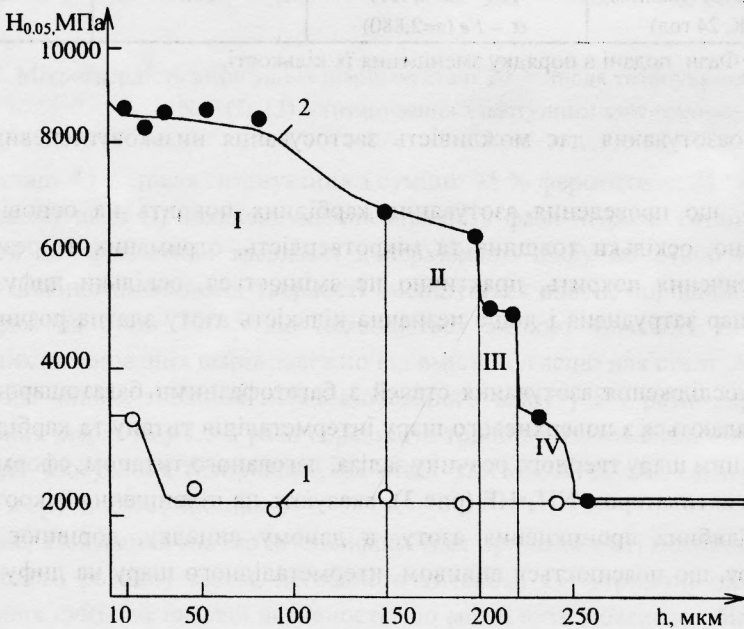


Рис.3. Мікротвердість дифузійних шарів на сталі 45 після титанування з активатором $\text{NH}_4 \cdot \text{HF}$ – (1); титанування з наступним азотуванням (800 K, 24 год) – (2).

Отже, найефективнішим способом створення нітридних покриттів при титануванні з порошкових сумішей є спосіб азотування низько- та середньовуглецевих сталей з покриттями, які складаються з твердого розчину титану в залізі, отриманих при титануванні із сумішей низької активності. Запропонований спосіб створення комплексних покриттів має ряд переваг перед відомими способами: збільшується товщина зони підвищеної мікротвердості та відсутні крихкі поверхневі шари.

Оскільки в умовах абразивного зношування найбільший ефект захисту досягається за рахунок товстих, пластичних, але порівняно твердих покриттів, тому для досліджень на зношування в цих умовах відібрані покриття, отримані в результаті титанування з суміші: 50 % феротитану, 45 % окису алюмінію, 5 % фтористого амонію кислого з наступним азотуванням в середовищі аміаку при температурі 800 К протягом 24 год. Ефективність застосування такого роду покриттів оцінювали на основі проведення порівняльних випробувань стійкості проти абразивного зношування у кварцевому піску при $P=1,1$ МПа на шляху тертя $S=3350$ м при швидкості $V=0,4$ м/с сталених (суцільні прямокутники), які піддавали різним видам ХТО – азотуванню (2) і титануванню з наступним азотуванням (3) в парі із зразками зі сталі 45 після гартування та низького відпуску (рис.4). Як еталонну використовували пару тертя із втулкою зі сталі 45 після гартування СВЧ (1) та відповідним вкладишем. З отриманих діаграм зношування (рис.4) можна зробити висновок, що хоча ефект підвищення зносостійкості титаноазотуванням значний, порівняно із гартуванням СВЧ, азотуванням, проте спостерігається найбільше зношування зразка-вкладиша (рис.4).

$\times 10^2, \text{ м г}$

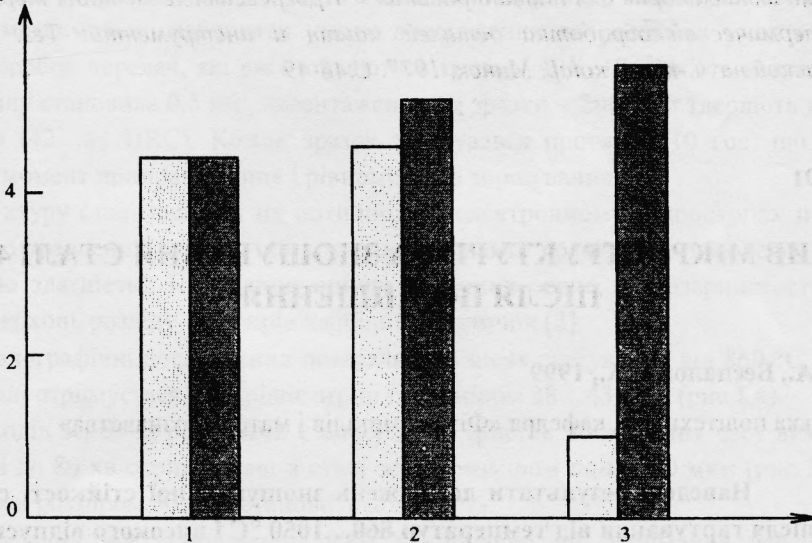


Рис.4. Діаграми зношування при абразивному зношуванні зразків-втулок зі сталі 45 (незаштриховані) після деяких видів зміцнення (1 – гартування СВЧ; 2 – азотування; 3 – титанування з наступним азотуванням), які працювали в парі зі зразками – вкладишами із сталі 45 після гартування та низького відпуску (заштриховані).

Тобто оптимальне зміцнення титануванням з наступним азотуванням можна досягти при правильному виборі відповідної пари тертя.

1. Яхнина В.Д., Андреева Л.И. *Некоторые особенности технологии титаноазотирования хромистых сталей, применяемых для изготовления прессформ. Рукопись деп. в ОНИИТЭХим. Черновцы, 1974. № 359/74. Научн. произв. объедин. «Пластик», М., 1974.*
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Тарлат Е.С. *Азотирование мало- и среднеуглеродистых сталей, поверхностно-легированных нитридо-образующими элементами // Физ.-хим. механика материалов. 1977. 13. № 5. С.57-60.*
3. Безручко В.П., Коротя А.С. *Износостойкость и хрупкость боридных, карбидных и нитридных покрытий // Технология и организация производства. 1978. № 1. С.49-51.*
4. Ковальчук Г.Н., Шаповалов В.П., Горбунов Н.С. *Применение титаноазотированных покрытий для повышения стойкости твердосплавного инструмента. В кн.: Защитные покрытия на металлах. К., 1976. Вып.10. С.107-108.*
5. Похмурский В.И., Голубец В.М., Козуб В.В. и др. *Сопротивление изнашиванию стали и чугуна диффузионно насыщенных хромом, ванадием, титаном и азотом // Проблемы трения и изнашивания. К., 1977. № 11. С.86-89.*
6. Похмурский В.И., Лизун О.Я. *Влияние состава реакционной смеси на формирование покрытий при титанировании железоуглеродистых сплавов. В кн.: Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Минск, 1981. С.299-300.*
7. Лизун О.Я. *Влияние активаторов на строение и свойства титановых покрытий. В кн.: Защитные покрытия на металлах. К., 1980. Вып.14. С.35-39.*
8. Ляхович Л.С., Протасевич В.Ф. *Исследование активаторов для титанирования // Прогрессивные методы термической и химико-термической обработки деталей машин и инструмента: Тез. докл. IV республиканской науч.-техн. конф. Минск, 1977. С.48-49*

УДК 621:891

ВПЛИВ МІКРОСТРУКТУРИ НА ЗНОШУВАННЯ СТАЛІ 40Х ПІСЛЯ ПОЛІПШЕННЯ

© Кузін О.А., Беспалов С.А., 1999

ДУ «Львівська політехніка», кафедра «Фізика металів і матеріалознавства»

Наведені результати досліджень зношувальної стійкості сталі 40Х після гартування від температур 860...1050 °С і високого відпуску. Показано, що вирішальний вплив на зношування має будова карбідної фази. Ріст зерна при збереженні однорідного розподілу зерен за розмірами менше впливає на інтенсивність зношування сталі, ніж розвиток різнозернистості.