

**В. Каплун**

Професор, д-р техн. наук

**Н. Машовець**

Ст. наук. співр., канд. техн. наук

Хмельницький національний  
університет,  
м. Хмельницький

**В. Яковлєв**

Канд. техн. наук,  
Волочиський машинобудівний  
завод ВАТ «Мотор Січ»,  
м. Волочиськ

УДК 621.891

## ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНУ І ЙОГО СПЛАВІВ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ АЗОТУВАННЯМ У ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ

*Наведені результати експериментальних досліджень зносостійкості технічно чистого титану VT1-0 і титанових сплавів VT6 і VT8 після низькотемпературного азотування в тліючому розряді при випробуваннях у різних середовищах і при різних тисках на поверхні тертя. Рекомендовані оптимальні технологічні режими зміцнення поверхні азотуванням у тліючому розряді.*

**азотування в тліючому розряді, титан VT1-0, титанові сплави, зносостійкість, інтенсивність зношування, мікротвердість, фазовий склад**

Титан і його сплави знаходять широке застосування в техніці, медицині в зв'язку з цінними властивостями: високою міцністю і корозійною стійкістю, малою питомою вагою, біологічною сумісністю з організмом людини тощо. Разом з цим, титан і його сплави мають низьку зносостійкість поверхні, що вимагає її модифікації з метою підвищення трибологічних властивостей. Дослідження багатьох авторів [1–7] показують, що модифікація поверхневих шарів титану і його сплавів із застосуванням пластичного деформування, хіміко-термічної обробки, лазерного і електроіскрового легування дозволяють значно підвищити їхні експлуатаційні властивості, зокрема: збільшити багаточислову витривалість при згині лопаток компресора [1, 4]; зменшити інтенсивність зношування при терті ковзання в різних середовищах [2, 5 – 7] та при фретингу [3] тощо. Особливо ефективною є модифікація поверхні титанових сплавів у протезах суглобів при терті пари «метал-метал» і «метал-полімер» [8, 9] методами азотування. Проте, існуючі дослідження модифікації поверхні титану і титанових сплавів методом

азотування присвячені вивченню трибологічних властивостей пар тертя після високотемпературного (700 – 1000 °C) азотування. При цих температурах відбуваються мікроструктурні перетворення в матеріалі і значно зменшуються характеристики міцності і пластичності основи [10]. При високотемпературному азотуванні в тліючому розряді досягається висока твердість поверхні титанових сплавів – до 2 000 МПа, але при цьому різко зменшується пластичність азотованих шарів і на 30% зменшується межа міцності при розтягу матеріалу [10]. Наявність водню в насичуючому середовищі значно підвищує крихкість шару.

Альтернативою високотемпературному азотуванню титану і його сплавів є низькотемпературне (до 700 °C) азотування в тліючому розряді в безводневих насичуючих середовищах. При такій технології зберігаються вихідні механічні характеристики титану і його сплавів, виключається воднева крихкість металу, на поверхні відсутня крихка фаза  $\delta$ -TiN і утворюється пластичний азотований шар, що має в своєму складі в різному співвідношенні фази TiN, Ti<sub>2</sub>N Ti<sub>6</sub>(N) в залежності від режимів азотування [2].

Нами проводились порівняльні дослідження трибологічних властивостей титану і його сплавів у різних умовах тертя (при сухому терті, в середовищі мастила і хімічно-активному середовищі) після різних режимів азотування в тліючому розряді в безводневих насичуючих середовищах з метою вивчення впливу на процес зношування, твердості, фазового складу, величини питомого навантаження на поверхні тертя та визначення оптимальних режимів азотування, що забезпечують мінімальну інтенсивність зношування.

**Методика досліджень.** Досліджувались трибологічні властивості зразків з титану VT1-0 і сплавів VT6 і VT8 до і після азотування в тліючому розряді в безводневому середовищі (суміші азоту з аргоном в різних співвідношеннях) при низьких температурах (до 700°C) за різними технологічними режимами зміцнення поверхні. З метою зменшення кількості експериментів і одержання математичних залежностей властивостей азотованого шару і його трибологічних характеристик від технологічних параметрів процесу азотування застосовувалось математичне планування експериментів другого порядку [12] зі зміною трьох факторів технологічного процесу азотування в таких межах: температури  $T$  – від 540 °C до 680 °C; тиску в вакуумній камері  $P$  – від 240 до 400 Па; вмісту аргону в суміші з азотом – Ar в об'ємних % від 25 до 95%; і сталому часі дифузійного насичення  $\tau=6$  годин.

Зразки зі сплаву VT8 досліджувались при сухому терті на модернізованій універсальній машині тертя УМТ – 2168 з безперервним записом зносу, температури в зоні тертя і коефіцієнта тертя за схемою «сфера – площина» [11] при нормальному навантаженні на зразок 20 Н і швидкості ковзання 50 м/хв. Зразок виготовлявся з радіусом сфери 2,5 мм, контргтіло зі сталі 45 гартованої (HRC-45).

Зразки зі сплаву VT6 і VT8 до і після азотування за різними режимами випробовувались на зносостійкість в середовищі мастила I-20 на машині торцевого тертя при швидкості ковзання 50 м/хв і питомому навантаженні на поверхню тертя 0,12 МПа. Для виявлення впливу водню на зношування титанового сплаву в таких умовах випробування зразки зі сплаву VT6, що зміцнювались методом традиційного газового азотування в середовищі аміаку.

Зразки з технічного чистого титану VT1-0 випробовувались на зношування на машині торцевого тертя в середовищі хімічно активної рідини Рінгера в умовах, що максимально наближаються до умов роботи газобедреного суглоба людини, а саме: при тисках на поверхні тертя від 0,5 до 3,5 МПа і швидкості ковзання 0,057 м/с.

Досліджувалась на зносостійкість пара тертя «титан-титан» після різних режимів азотування в тліючому розряді. Спочатку проводились дослідження при тиску на поверхні тертя 3,5 МПа для визначення оптимального режиму зміцнення. Вплив величини питомого навантаження на зносостійкість визначався при оптимальному режимі азотування.

Мікротвердість поверхні після азотування і в процесі тертя титану і його сплавів вимірювались за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3, товщина азотованого шару визначалась методом металографічного аналізу на мікроскопі МІМ-10, фазовий склад визначався на установці ДРОН-3М.

**Результати досліджень.** Проведені нами дослідження показали, що властивості поверхневого шару титану VT1-0 та сплавів VT6 і VT8 після азотування в тліючому розряді в безводневих насичуючих середовищах змінюються в широких межах у залежності від технологічних параметрів процесу зміцнення. Зокрема, мікротвердість поверхні титану VT1-0 змінювалась від 1 998 МПа до 7 390 МПа, товщина азотованого шару збільшувалася до 320 мкм, а фазовий склад поверхневого шару мав різні фази, які змінювались у межах: TiN – від 0 до 15%; Ti<sub>2</sub>N – від 16 до 20%; Tiб(N) – від 60 до 76,5%. Для сплаву VT8 мікротвердість змінювалась від 3 400 МПа до 8 500 МПа, товщина азотованого шару збільшувалася до 360 мкм і нітридної зони – до 12 мкм, фазовий склад з різним співвідношенням нітридів і на поверхні змінювався, а саме: TiN від 0 до 5,4% і Ti<sub>2</sub>N від 11,5 до 24,4%.

Подібні зміни властивостей азотованого шару від технологічних параметрів процесу азотування були отримані і для титанового сплаву VT6. Дослідженнями встановлено, що для досліджених матеріалів товщина азотованого шару збільшувалась при збільшенні часу дифузійного насичення за параболічною залежністю та при збільшенні температури процесу азотування і зменшенні тиску в вакуумній камері (див. рис.1). Такий вплив температури азотування та тиску в вакуумній камері на збільшення товщини азотованого шару пояснюється збільшенням енергії активації процесу дифузійного насичення. Товщина азотованого шару при азотуванні в тліючому розряді титанових сплавів залежить від азотного потенціалу в насичуючому середовищі. В безводневому середовищі (суміш азоту з аргоном) товщина азотованого шару збільшується при збільшенні об'ємного вмісту аргону і досягає максимуму в інтервалі від 90 до 96% в залежності від ступеня легування титанового сплаву. Це пояснюється тим, що титан є дуже активним до з'єднання з азотом і при великому азотному потенціалі на поверхні швидко утворюється щільний нітридний шар TiN, який стає бар'єром для дифузії азоту в глибину металу.

Твердість поверхні азотованого шару титану і його сплавів збільшується зі збільшенням температури азотування. Для тиску в вакуумній камері і об'ємного вмісту аргону в суміші з азотом існують оптимальні їх значення, при яких досягається максимальна твердість, оскільки ці технологічні фактори є взаємно конкуруючими при визначенні азотного потенціалу. Фазовий склад поверхневого шару залежить від двох взаємоконкуруючих процесів – утворення і зворотного катодного розпилення нітридних сполук, що відбувається при азотуванні в тліючому розряді [10, 12], на які впливають усі технологічні фактори і особливо тиск і концентрація аргону в насичуючому середовищі. Тому, в залежності від співвідношення цих факторів, на поверхні можна отримувати різні нітридні фази, різну їх концентрацію, а також азотовані шари без нітридних сполук з наявністю лише твердого розчину азоту в металі.

Такий широкий діапазон зміни властивостей поверхні при азотуванні в тліючому розряді дає можливість оптимізувати ці властивості для одержання максимальної зносостійкості пар тертя в різних умовах експлуатації. Проведені нами порівняльні дослідження зносостійкості

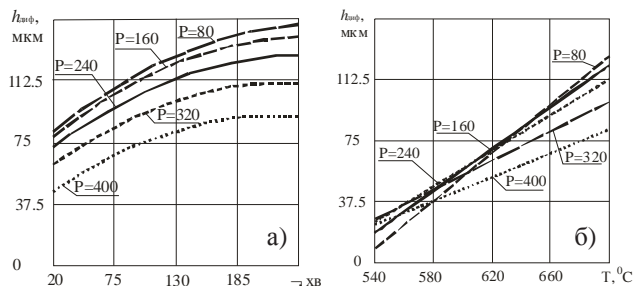


Рис. 1. Вплив технологічних параметрів азотування на товщину дифузійної зони титанового сплаву VT8: а)  $h_{\text{diff}} = f(T, P)$  при  $\text{Ar} - 48\%$ ,  $\tau - 130$  хв, б)  $h_{\text{diff}} = f(t, P)$  при  $\text{Ar} - 48\%$ ,  $T - 620^\circ\text{C}$

азотованого титану VT1-0 і сплавів VT6 і VT8 підтверджують дане твердження.

У табл. 1 наведені результати зносостійкості при сухому терті титанового сплаву VT8 після азотування за різними технологічними режимами. З таблиці видно, що інтенсивність зношування азотованих зразків у понад 10 разів менша порівняно з неазотованими зразками. Найвищу зносостійкість мали зразки, що азотувалися за режимом 9. Інтенсивність зношування їх складала  $0,12 \times 10^{-6}$ , яка в 70 разів менша, ніж неазотованих зразків. При цьому коефіцієнт тертя зменшився в 3 рази (від 0,6 до 0,2). Це пояснюється тим, що наявність азоту і його сполук на поверхні тертя сприяє підвищенню антифрикційних властивостей поверхні за рахунок зменшення адгезійної складової коефіцієнта тертя. Найвища зносостійкість зразків, що азотувалися за режимом 9, обумовлена оптимальним співвідношенням фаз на поверхні тертя.

Дослідження зносостійкості азотованих зразків із сплаву VT8 в мастилі I-20 показали, що інтенсивність зносу і коефіцієнт тертя в цьому середовищі значно нижчі порівняно з неазотованими зразками і оптимальним режимом для даних умов тертя є режим 6, при якому інтенсивність зносу азотованого титанового сплаву складала  $I=0,16 \cdot 10^{-8}$ , а коефіцієнт тертя – 0,031 проти інтенсивності зношування  $I=28,5 \cdot 10^{-8}$  і коефіцієнта тертя 0,06 неазотованого сплаву. При цьому навантажувальна здатність до схоплювання азотованих шарів титанового сплаву VT8 в 4,6 разів вища, ніж неазотованих.

Порівняльні дослідження зносостійкості зразків із сплаву VT6 у мастилі, які зміцнювались пічним азотуванням в аміаку і азотуванням в тліючому розряді в безводневому насичуючому середовищі при тій же температурі  $660^\circ\text{C}$  протягом 8 годин показали, що інтенсивність зношування зразків після пічного азотування на перших 250 м шляху тертя (період припрацювання) складала  $I=1,5 \cdot 10^{-8}$ , а після азотування в тліючому розряді в безводневому середовищі ( $25\% \text{N}_2 + 75\% \text{Ar}$ )  $I=0,5 \cdot 10^{-8}$ , тобто, в три рази менша. Це обумовлено тим, що, як показали металографічні і рентгеноструктурні дослідження, при газовому азотуванні наявність водню в газовому середовищі при пічному азотуванні не сприяє швидкому нітридутворенню, і на поверхні сформувався азотований шар малої твердості ( $H_{100}=4\ 500$  МПа) з тонким шаром (до 1 мкм) фази  $\text{Ti}_2\text{N}$  і з розвиненою зоною внутрішнього азотування до 30 мкм. При азотуванні в

Трибологічні властивості азотованих зразків титанового сплаву VT8 при випробуваннях на зношування в умовах сухого тертя

№ режиму азотування	Параметри режиму азотування		Мікротвердість поверхні $H_{50}$ , МПа	Товщина нітридного шару, $h_{\text{TiN}}$ , мкм	Товщина азотованого шару, $h$ , мкм	Фазовий склад азотованого шару, %		Інтенсивність зношування $I \cdot 10^{-6}$	Коефіцієнт тертя, $f$
	Температура, $T$ , $^\circ\text{C}$	Тиск, $P$ , Па				TiN	Ti <sub>2</sub> N		
1	660	320	6500	1,6	75	5,9	19,2	0,22	0,32
2	580	320	5700	1,7	60	2,6	18,6	0,20	0,29
3	660	160	7300	2,5	80	2,2	21,6	0,21	0,31
4	580	160	6400	2,3	65	0	22,3	0,19	0,29
5	560	240	6500	1,8	40	0	21,8	0,17	0,27
6	680	240	7000	2,6	95	7,8	25,4	0,23	0,40
7	620	125	7200	2,8	85	2,1	24,1	0,19	0,30
8	620	355	5900	2,5	50	5,5	11,5	0,16	0,26
9	620	240	6350	2,7	60	3,8	20,3	0,12	0,20
Неазотований			4400	-	-	-	-	8,5	0,6

тліючому розряді товщина нітридної зони ( $\text{TiN} + \text{Ti}_2\text{N}$ ) складала 5,6 мкм з твердістю на поверхні  $H_{100}=6\ 000$  МПа. При цьому товщина перехідної зони внутрішнього азотування була меншою. Після шляху тертя  $10^3$  м різниця в інтенсивності зношування за цими технологіями стала ще більшою і відрізняється в 5,6 рази. Це пояснюється малою товщиною нітридної зони при газовому азотуванні, а інтенсивність зношування нітридної зони в мастилі в 6 – 7 разів менша, ніж зони внутрішнього азотування.

У табл. 2 наведені результати випробувань на зносостійкість зразків технічно чистого титану VT1-0 до і після низькотемпературного азотування в тліючому розряді за 15 різними режимами. З таблиці видно, що найменшу інтенсивність зношування ( $I=0,27 \cdot 10^{-6}$ ) і найбільшу довговічність до схоплювання (980 м) мали зразки, що азотувалися за оптимальним режимом, який був знайдений на основі оптимізації за трифакторним планом другого порядку [13]. Інтенсивність зношування неазотованої пари «титан-титан» у 15 разів вища порівняно з азотованою за оптимальним режимом.

Дослідження показали, що в хімічно активному середовищі рідини Рінгера інтенсивність зношування нітридного шару, одержаному при оптимальному технологічному режимі зміцнення, в 27 разів нижча від середнього значення інтенсивності зношування всього азотованого шару (див. табл. 2) і в 50 разів нижча від інтенсивності зношування зони внутрішнього азотування.

На рис. 2 наведені результати кінетики зношування зразків титану VT1-0 в середовищі Рінгера після азотування за оптимальним режимом (табл. 2) при різних значеннях нормального питомого навантаження на поверхні тертя. З рис. 2 видно, що величина нормального питомого навантаження  $P$  має великий вплив на величину

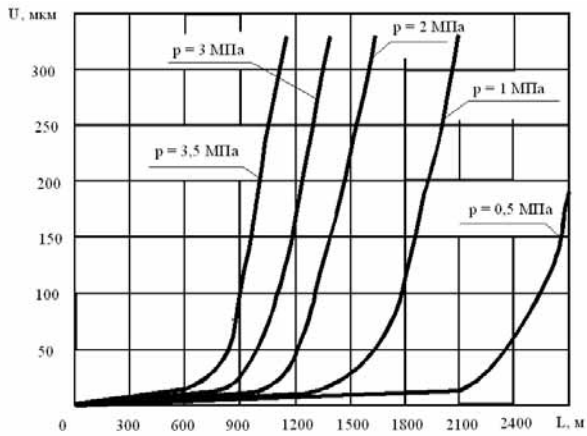


Рис. 2. Залежність зносу азотованого за режимом 12 (табл. 2) титану VT1-0 від шляху тертя при різних питомих навантаженнях на поверхні тертя в рідині Рінгера при швидкості ковзання 0,057 м/с

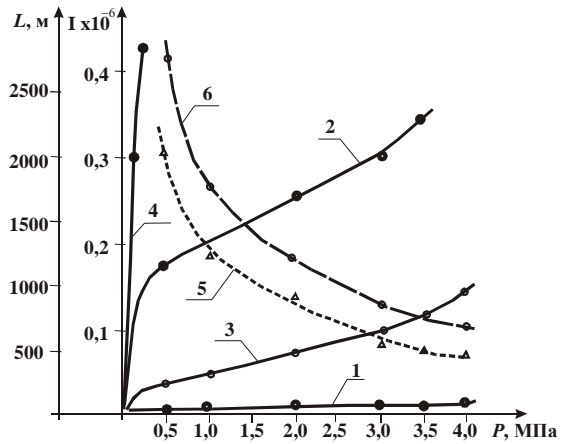


Рис. 3. Залежність інтенсивності зношування  $I$  і шляху тертя  $L$  до зносу нітридного шару і всього азотованого шару титану VT1-0 від величини нормального питомого навантаження  $P$  в середовищі рідини Рінгера при швидкості ковзання  $v=0,057$  м/с: 1,2,3 –  $I=f(P)$  для нітридного шару; зони внутрішнього азотування; азотованого шару в цілому відповідно; 4 –  $I=f(P)$  на азотованій парі тертя «титан-титан»; 5,6 –  $I=f(L)$  для нітридного шару і всього азотованого шару відповідно

Таблиця 2

Інтенсивність зношування в середовищі розчину Рінгера титану VT1-0, азотованого за різними режимами

№ режиму азотування	Технологічні параметри азотування			Шлях тертя до схоплювання $L$ , м	Твердість поверхні, $H_{100}$ , МПа	Середня інтенсивність зносу $I \times 10^{-6}$	
	Темпер. $T$ , °C	Тиск, $P$ , Па	Вміст $Ar$ , %			Азотов. шару	Нітрид. зони
1	680	400	70	450	7390	0,712	0,08
2	680	240	70	450	7350	0,65	0,075
3	640	400	70	300	5390	0,6	0,05
4	640	240	70	350	5863	0,57	0,04
5	660	320	70	700	6330	0,37	0,024
6	680	320	95	600	6615	0,40	0,053
7	680	320	45	400	6420	0,55	0,038
8	640	320	95	250	5126	0,78	0,03
9	640	320	45	260	5390	0,67	0,043
10	660	320	70	700	6355	0,36	0,023
11	660	400	95	350	6803	0,57	0,042
12	660	400	45	900	6307	0,39	0,017
13	660	240	95	750	7182	0,48	0,028
14	660	240	45	680	5676	0,28	0,023
15	660	320	70	700	6307	0,36	0,012
Опт.	666	240	45	980	6760	0,27	0,01
Неазотований					100	1998	4,0

зносу та величину шляху тертя до зносу нітридного і всього азотованого шару. При зменшенні нормального питомого навантаження з 3,5 МПа до 0,5 МПа значно зменшилась величина зносу азотованого шару, а шлях тертя до повного зносу азотованого шару збільшився з 900 до 2700 м.

На рис. 3 наведені залежності середніх значень інтенсивності зношування  $I$  і величини шляху тертя  $L$  до повного зношування нітридного шару (криві 1 і 5), зони внутрішнього азотування (крива 2) і всього азотованого шару (криві 3 і 6) від величини нормального питомого навантаження  $P$  на поверхні тертя після азотування титану VT1-0 за оптимальним режимом.

З рис. 3 видно, що інтенсивність зношування нітридної зони (крива 1) найменша і величина  $P$  у цьому діапазоні значень має невеликий вплив на інтенсивність зношування. Це пояснюється високою твердістю (6760 МПа) і оптимальною кількістю фаз  $TiN$  і  $Ti_2N$  у цій зоні, високою несучою здатністю структури та високими антифрикційними властивостями. Інтенсивність зносу зони внутрішнього азотування більше ніж на порядок вища від інтенсивності зносу нітридної зони, що обумовлено її значно меншою твердістю (до 4000 МПа) у зв'язку з наявністю в ній переважаючої кількості твердого розчину  $Ti_2(N)$  азоту в титані з різною концентрацією азоту та невисокою несучою здатністю структури  $Ti_2(N)$ . При збільшенні  $P$  інтенсивність зносу збільшується і при критичних значеннях  $P_{кр}$  відбувається схоплення на поверхні тертя. Для неазотованого титану VT1-0 у заданих умовах випробувань схоплювання на поверхні тертя відбувалося вже при  $P=0,5$  МПа.

Величина нормального питомого навантаження  $P$  має великий вплив на величину шляху тертя до повного зношування, а отже, і на довговічність як нітридної зони (крива 5), так і всього азотованого шару (крива 6). Зі зменшенням  $P$  значно збільшується довговічність азотованого шару, при цьому ці зміни відбуваються за експоненціальною залежністю. На підвищення зносостійкості азотованого шару найбільший вплив має нітридна зона. Для підвищення довговічності пари тертя «титан-титан» потрібно створювати азотовані шари з нітридною зоною максимально можливої товщини з оптимальним фазовим складом.

**Висновки.** Низькотемпературне (до 700°C) азотування у тліючому розряді в безводневих насичуючих середовищах є ефективним методом для підвищення трибологічних властивостей титану і його сплавів у парі тертя «метал-метал», яка дозволяє в десятки разів підвищити їхню зносостійкість і довговічність.

Цей метод дозволяє змінювати властивості поверхневого шару (твердість, товщину азотованого шару, фазовий склад) титану і його сплавів у широких межах, не змінюючи структуру і механічні властивості основи. Це відкриває можливості для оптимізації властивостей поверхні з врахуванням умов експлуатації з метою одержання максимальної зносостійкості.

Застосування безводневих середовищ виключає можливість водневого окрихнення металу при експлуатації.

## Література

1. Яценюк В.К. Малоциклова усталість образців из сплава BT8 с диффузионными покрытиями / В.К. Яценюк, М.Р. Орлов, В.Г. Каплун // Вісник двигунобудування. – 2004. – №1. – с. 53-55.
2. Каплун В. Г. Дослідження зносостійкості титанового сплаву BT8 після низькотемпературного азотування в плазмі тліючого розряду / В. Г. Каплун, Н. С. Машовець // Проблеми трибології. – 2008. – № 4. – С. 84–88.
3. Шалапко Ю. І. Малоамплітудний фретинг на поверхні азотованого титанового сплаву / Ю. І. Шалапко, Н. С. Машовець, Г. Шетела // Проблеми трибології. – 2006. – № 4. – С. 117–123.
4. Богуслаев В.А. Комплексное упрочнение лопаток компрессора / В.А. Богуслаев, П.Д. Жеманюк, В.К. Яценюк, В.Г. Каплун, М.Р. Орлов, В.П. Бень // Вісник двигунобудування. – 2002. - №1. – с. 96-100.
5. Karczinski M. P. Near-surface composition and tribological behaviour of plasma nitrided titanium / M. P. Karczinski, E.J. Kinast, C. Alberto dos Santos / Journal of Physics D: Applied Physics. – 2003. – V.36. – P. 1858–1863.
6. Федірко В.М. Азотування як метод підвищення зносостійкості титану та сплавів на його основі / В.М. Федірко, І.М. Погрелюк, О.І. Яськів // Проблеми трибології. – 1996. – №2. – С. 52–56.

7. Арзамасов Б.Н. Повышение износостойкости титановых сплавов методом ионной химико-термической обработки / Б.Н. Арзамасов, В.И. Громов // Трение и износ. – 1998. - №19. – С.224-226

8. Загородний Н.В. Титановые сплавы в эндопротезировании тазобедренного сустава / Н.В. Загородний, А.А. Ильин, В.Н. Карпов, А.М. Надеждин и др. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Пирогова. – 2000. – № 2. – С. 73–75.

9. Ягников С.А. Исследование пары трения эндопротезов тазобедренного сустава для собак, представленных на отечественном рынке / С.А. Ягников, В.Н. Митин, Н.С. Гаврюшенков / Электронный ресурс // <http://www.biokantrol.ru>

10. Ионная химико-термическая обработка сплавов / [Арзамасов Б. Н., Братухин А. Г., Елисеев Ю. С., Панайоти Т. А.]. – М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 1999. – 400 с.

11. Mashovets N. S. Tribological description of titanium alloy after ionic nitriding / N. S. Mashovets, O. N. Makovkin // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5. – С. 109–111.

12. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / Игорь Маркович Пастух. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.

13. Скиба М.Є. Розробка методики пошуку оптимальних параметрів для нелінійних моделей / М.Є. Скиба, Ю.Б. Михайловський, Е.О. Філіпченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – Т.1 – №2. – С. 176–180.

Отримана 23.05.10

V. Kaplun, N. Mashovets, V. Yakovlev

**Increase of tribology properties of titan and his alloys low temperature nitriding in glow discharge**

*Khmelnytsky national university, Ukraine;  
Volochnisk Machine-Building Factory MOTOR SISH JSC,  
Ukraine*

*Experimental studies of wear resistance of pure titanium and titanium alloys BT6 and BT8 after low-temperature nitriding in a glow discharge at tests in different environments and at different pressures on the surface of friction are presented. Optimal technological modes of hardening of surface by nitriding in a glow discharge is recommended.*

21 01 01 003 0

## 8th European Solid Mechanics Conference

9 July 2012 - 13 July 2012

Graz, Austria

Contact: Prof. GA. Holzapfel

E-mail: [holzapfel@tugraz.at](mailto:holzapfel@tugraz.at)

**Information:** Two joint EUROMECH-ECCOMAS mini-symposia on “Science and Technology of Composites Manufacturing Processes” and “Virtual Testing of Composites”