

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# “СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕХАНІЦІ”

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

19-21 КВІТНЯ 2018Р.  
м. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

**Сучасні технології в механіці:** Збірник наукових праць. / Укл.: Скіба М.Є., Олександренко В.П. Хмельницький: ФОП Мельник А.А., 2018. - 220 с.

**Modern technologies in mechanical engineering:** Collection of scientific works. / Com. Skyba M.E., Oleskandrenko V.P. Khmelnickiy: sp. z o. o. Melnyk A.A. , 2018. - 220 c.

**Члени редакційної колегії:** Скіба М.Є. (Україна), Олександренко В.П. (Україна), Шнядковський М. (Польща), Диха О.В. (Україна), Кухар В.В. (Україна), Ковтун В.В. (Україна), Моровець Я. (Словаччина), Осташиєвичюс В. (Литва), Поліщук О.С. (Україна), Сорокатий Р.В. (Україна), Чігар'єв А.В. (Білорусія).

**Editor board:** Skyba M.E. (Ukraine), Oleskandrenko V.P. (Ukraine), Śniadkowski M. (Poland), Dykha A.V. (Ukraine), Kухar V.V. (Ukraine), Kovtun V.V. (Ukraine), Morawec Ja. (Slovakia), Ostashyavychyus V. (Lithuania), Polishchuk O.S. (Ukraine), Sorokatyj R.S. (Ukraine), Chigarev A.V. (Belarus).

**Редактор:** Олександренко В.П. д.т.н., проф.  
**Відповідальні за випуск:** Слащук В.О., Слащук О.О.

**Editor:** Oleksandrenko V.P. D.Sc., Prof.  
**Responsibility for the issue:** Slashchuk V.O., Slashchuk O.O.

Відповідальність за коректність друкованих матеріалів  
несуть автори

Responsibility for the correctness of printed materials is borne  
by the authors

**ISBN: 978-617-7600-17-5**

Друк: "PolyLux" 29017, м. Хмельницький, вул. Зарічанська 22/3.  
Тел.: 067 307-09-76. E-mail: polylux.ua@gmail.com

**ЗМІСТ**  
**СЕКЦІЯ 1 • SECTION 1**

<b>КУРПЕ А.Г., КУХАРЬ В.В., БЕРЕЗКА В.В.</b> Уточненная методика расчета изменения температуры раската при прокатке на стане стеккеля .....	<b>11</b>
<b>MORAVEC JÁN</b> Description motion and load of primary elements in the liquid lubricant layer .....	<b>13</b>
<b>BILYK Y.M., MARTYNIUK A.V., SPIVACHUK I.A., RUSNAK N.M.</b> Influence of structure on the satisfactory of complex electrolytic coverings .....	<b>17</b>
<b>ВИЧАВКА А.А., БАБАК О.П., ПОСОНСЬКИЙ С.Ф.</b> Дослідження процесу зношування струмопідвідних накопечників.....	<b>20</b>
<b>ГІЛЬ О.О., МАШОВЕЦЬ Н.С.</b> Методика досліджень структури титанового сплаву азотованого в тліючому розряді .....	<b>23</b>
<b>ДУКНА О.В., ДУТІНУК В.О., ДУКНА К.О.</b> Modeling wear of contact interaction of discretely strengthened cylindrical friction surfaces .....	<b>25</b>
<b>ДМИТЕРКО П.Р., НОВИЦЬКИЙ Ю.Я., КОРЕНДИЙ В.М.</b> Дослідження стійкості системи впад під час високошвидкісного фрикційного зміщення плоских деталей машин.....	<b>29</b>
<b>ДРОБОТ О.С., БАБАК О.П., ВЕЛЬБОЙ В.В., КОЗЮК Ю.М.</b> Дослідження причин виходу з ладу підшипників кочення вантажних автомобілів .....	<b>33</b>
<b>КАДЫШИНА А.В., ЧИГАРЕВ А.В.</b> Моделирование автоматизации процесса нанесения покрытий на пластины с заданной топографией электродов .....	<b>36</b>
<b>ЛАВРИСЬ С.М.</b> Вплив хіміко-термічної обробки на трибологічні властивості титану GRADE 2 .....	<b>37</b>

УДК 621.785.53

**МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ СТРУКТУРИ ТИТАНОВОГО  
СПЛАВУ АЗОТОВАНОГО В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

**Гіль О.О., Машовець Н.С.**  
*Хмельницький національний університет, Україна*  
E-mail: mashovetsns@ukr.net

Титанові сплави мають широке застосування в авіаційній техніці і зокрема при виготовленні лопаток турбін та інших деталей, що зношуються в процесі експлуатації. Крім того, широке застосування титану та його сплаву знайшли в харчовій промисловості, а саме: апаратура для переробки харчових продуктів, варильні котли, холодильники, бочкотара, резервуари для органічних кислот і ряду харчових середовищ - розсолів, маринадів, із сплавів титану роблять реактори, трубопроводи, насоси, трубопровідну арматуру, опріснювальні установки і ін. Вони мають унікальні фізичні, хімічні та технологічні властивості, характеризуються високою міцністю та корозійною стійкістю.

Для досліджень використано титановий сплав ВТ-8. З метою підвищення зносостійкості поверхонь деталей із даного сплаву їх використовували низькотемпературне азотування в тліючому розряді в безводному середовищі. Азотування проводилося на експериментальній установці "УАТР-1", яка розроблена Подільським науковим фізико-технологічним центром (ПНФТЦ) в Хмельницькому національному університеті.

Для визначення мікроструктури внутрішніх шарів азотованих титанових зразків, проводили мікроструктурний аналіз за допомогою металографічного мікроскопа МИМ-10, який призначений для візуального спостереження і фотографування мікроструктури при збільшенні від 20 до 2000 разів. Для поверхневого травлення використовували реактив, який складається з рівних частин плавикової кислоти, азотної кислоти та гліцерину. Шліф змочується реактивом на 5-10 секунд, промивається водою і просушується.

Проведені дослідження мікроструктури титанового сплаву ВТ8 азотованого в тліючому розряді за різними режимами, технологічні параметри процесу яких варіювались в таких межах: температура азотування (Т °С) в межах 540 – 700 °С, тиск в газовій камері (Р, Па) – 80- 400 Па, час азотування (τ, хв.) – 20-240 хв, вміст аргону в газовій суміші (Ar, %) – 0-96 %.

Дослідження показали, що при температурах 540°C, 580°C і 620°C в структурі сплаву VT8 (рис. 1. а,б,в) значних змін не відбувається. При температурі 700°C в титановому сплаві відбувається зміна кристалічної решітки (рис 1. г).

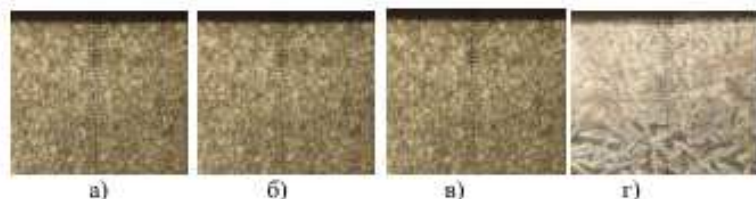


Рис. 1 – Мікροструктура титанового сплаву VT8 після азотування в гліночному розряді (x1000)

На рис.2а показана мікροструктура сплаву VT8, азотованого за режимом: температура поверхні 660°C, тиск 160 Па, тривалість азотування 185 хв; газове середовище за об'ємом - азот 76%, аргон 24%. При такому режимі ми не бачимо чітко вираженої дифузійної зони. А при режимі, де газове середовище містить 72% аргону, ми вже розрізняємо дифузійну зону (рис. 2б). На всіх зразках помітний світлий тонкий світлий шар, який слабо травиться, що свідчить про наявність на поверхні нітридної плівки.

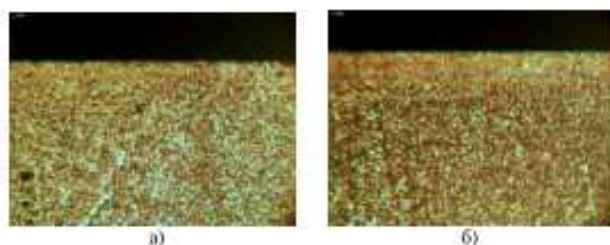


Рис. 2 – Мікροструктура титанового сплаву VT8 після азотування в гліночному розряді: а) температура поверхні 660°C, тиск 160 Па, тривалість азотування 185 хв; газове середовище за об'ємом - азот 76%, аргон 24%; б) температура поверхні 660°C, тиск 160 Па, тривалість азотування 75 хв; газове середовище за об'ємом - азот 28%, аргон 72%

На рис. 3 показано зміну товщини дифузійної зони за допомогою вимірювання мікротвердості на твердомірі ПМТ-3, що підтверджує утворення на поверхні нітридного шару.



h, мм	HV
поверхня	557
10	550
20	420
40	385
60	345

Рис. 3 – Розподілення мікротвердості по глибині титанового сплаву VT8, азотованого за режимом: температура поверхні 6200С, тиск 240 Па, тривалість азотування 240 хв; газове середовище за об'ємом - азот 48%, аргон 52%

**Висновок:** Дослідження мікροструктури азотованого титанового сплаву VT8 із використанням металографічного мікроскопу МИМ-10 показали, що за при зміни технологічних параметрів процесу азотування можна керувати фізико-механічними характеристиками азотованого шару і отримувати поверхневі шари з наперед заданими властивостями.

#### Література

1. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / Игорь Маркович Пастух. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.
2. 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.
3. Машовць Н.С. Вплив параметрів іонного азотування титану на фізико-механічні характеристики азотованого шару // Вісник двигунобудування. 2004. - №3. – С. 122-125.

UDC 621.891

#### MODELING WEAR OF CONTACT INTERACTION OF DISCRETELY STRENGTHENED CYLINDRICAL FRICTION SURFACES

Dykha O.V., Dytnyuk V.O., Dykha K.O.

*Khmelivsky National University, Ukraine*

E-mail: tribosenator@gmail.com

Electromechanics treatment forms on-the-spot a structure with the set distributing of properties of durability on the local volumes of surface. The fixed surface shows by itself a regular discrete structure which consists of elements of white layer.

Researches show on the study of mechanisms of formation of elements of white layer [1-2], that changing the structural and technological

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

# "СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕХАНІЦІ"

Відповідальні за випуск:

Слащук В. О.

Слащук О. О.

Підписано до друку 30.04.2018

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.

Умов. друк. арк. 31,9. Обл. вид. арк. 31,9

Наклад 100 прим.

«PolyLux»

29017, Україна, м. Хмельницький, вул. Зарічанська 22/3.

Тел. 067 307-09-76.