

**Список литературы:** 1. Мамедов Б. Ш. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД турбореактивных двигателей [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий, – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 4/7 (52), 2011, с. 15-20. 2. Мамедов Б. Ш. Глава 2. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, как движителя [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, – Харків: НТУ «ХПІ», 2011г. – №33, – с.146-153. 3. Шляхтенко С. М. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст] /С. М. Шляхтенко/ –М.Машиностроение, 1987 г., – 568 с. 4. Казанджан П. К. Теория авиационных двигателей [Текст] /П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов, А. К. Янко/ – М.: Машиностроение, 1983, – 223 с. 5. Мамедов Б. Ш. Глава 3. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Причины заглохания воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете и посадке [Текст] /Б. Ш. Мамедов/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий, – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 4/7 (53), 2011, с.24-28. 6. Мамедов Б. Ш. Глава 4. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках.. Разработка направления технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанного с повышением газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете и посадке. [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, –Харків: НТУ «ХПІ», 2011г. – №34, – с.124-134.

*Надійшла до редколегії 20.02.2013*

**УДК 629.7.036.001**

**Краткий анализ состояния теории и проектирования воздушно-реактивных двигателей на современном этапе / Б. Ш. Мамедов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 3-15. – Бібліогр.: 6 назв.**

Розглядаються недоліки сучасної теорії повітря-реактивних двигунів, пов'язані з помилковою фундаментальною теоремою о підйомній силі продуваемого профілю, виведеною професором М.Є.Жуковським у 1912 році, та помилковими фундаментальними формулами тяги, польотного (тягового) ККД, розрахованими академіком Б.С.Стечкиним у 1929 році.

**Ключові слова:** продуваемий профіль, кінематичний аналіз, тяга продуваемого профілю, підйомна сила

Are considered the drawbacks of modern theory of air-jet engines, which are connected with mistaken fundamental theorem of the raising force of blowing profile, calculated by Professor N.E.Zhukovsky in 1912 year, with mistaken fundamental formulars of thrust and flying (thrust) efficiency, calculated by Academician B.S.Stechkin un 1929 year.

**Keywords:** blowing profile, kinematical analyse, the thrust of blowing profile, raising force.

**УДК 621.891**

**С. М. ПОПОВ**, д-р філос. наук, проф., ЗНТУ, Запоріжжя

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИТАНУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВУГЛЕЦЕВОХРОМИСТИХ СПЛАВІВ ПРИ УДАРНО-АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ**

У статті представлені дослідження підвищення зносостійкості і ударостійкості високоуглеродохромістких сплавів. Запропоновано і проведено алгоритм аналізу комплексного впливу титану на фізико-механічні і енергетичні параметри. Проведено математичне планування експерименту та отримана нелінійна система рівнянь впливу вмісту титану в сплаві на твердість HRC і загальну енергію руйнування  $N_u$ .

**Ключові слова:** структура, фаза, подрібнення, зносостійкість, регресія.

© С. М. ПОПОВ, 2013

## **Вступ**

Науковий напрямок пов'язаний з вивченням питань здатності високовуглецевохромистих (2,8% С, 15% Cr) сплавів протистояти зношуванню та підвищенню експлуатаційної сприйнятливості, в умовах значних ударних навантажень (1000Дж) при взаємодії з абразивними матеріалами, що мають високу міцність ( $\sigma_{ст}=8-12$ ГПа) і твердість (за Маосом до 9,5), є досить складною і актуальною проблемою.

По перше, це пов'язано з тим, що загальна енергія руйнування робочих органів механізмів, що подрібнюють визначається як сума питомих енергій, яка іде на руйнування одиниці об'єму породи. Чим нижче значення питомої енергії, тим ефективніше процес руйнування гірської породи та тим більша зносостійкість та термін експлуатації деталей. Тому завдання вивчити явища передачі і розсіювання енергії при взаємодії робочого інструмента з абразивними матеріалами є актуальною.

## **Аналіз літературних джерел**

Літературний аналіз даних показав, що підвищення зносостійкості деталей обладнання, що меле, і безпосередньо контактує з гірськими породами, досягається за рахунок отримання в структурі сплаву зміцнюючої фази (карбідів, нітридів, інтерметалідів та інш.), що має високу мікротвердість, але наявність яких, в свою чергу, різко знижує пластичні властивості сплаву в цілому [1-4].

Домогтися підвищення ударостійкості можливо різними шляхами, наприклад термічною обробкою, легуванням і іншими методами, що забезпечують збільшення пластичності, внаслідок зміни структурного стану основи матеріалу. Але вказані методи зазвичай призводять до зниження агрегатної твердості поверхневого шару і відповідно зносостійкості робочих тіл [5-7].

Важливим моментом в одночасному підвищенні зносостійкості та ударостійкості матеріалу є здатність сплаву до самозміцнення внаслідок  $\gamma \rightarrow \alpha$  перетворень. З одного боку це дозволяє мати в'язку і досить пластичну аустенітну матрицю, а з іншої – досить зносостійкий мартенсит деформації, що утворюється в процесі контактної взаємодії [1]. В той же час, існуючі експлуатаційні вимоги (низькі магнітні властивості аустеніту) не завжди дозволяють використовувати цей важливий резерв у зниженні крихкості сталей і сплавів.

На наш погляд найбільш раціональним методом підвищення ударостійкості при збереженні високої зносостійкості в умовах інтенсивного абразивного зношування з ударними навантаженнями є оптимальне поєднання структури, типу і морфології твердих зміцнюючих включень, отриманих при модифікуванні сплавів.

## **Мета роботи**

Метою даної роботи є дослідження впливу фізико-механічних властивостей та структурно-фазового стану стопів на енергетичні процеси, що відбуваються в умовах ударноабразивного зношування робочих інструментів та органів. На підставі аналізу даних цього дослідження прогнозується отримати комплексну систему математичних рівнянь впливу титану на твердість та комплексного показника загальної енергії руйнування.

## **Матеріали досліджень**

Апріорі показує, що перспективним елементом, здатним зробити якісну зміну структури і властивостей залізобуглецевих сплавів при легуванні є титан [5-7]. Крім цього економічна доцільність використання титану в умовах української промисловості пояснюється, по-перше, наявністю його вторинних запасів на території країни, по-друге, порівняно невеликою вартістю, що робить його доступним

порівняно з іншими легуючими елементами подібного класу. Так при використанні титану порядку (0,1...0,3%) вартість литого сплаву підвищується не більш ніж на 2%.

На сьогоднішній день опубліковано достатню кількість робіт, згідно яким титан в певній кількості сприяє подрібненню структури сплавів, що в свою чергу позитивно позначається на службових властивостях виробів.

Ефективність використання титану випробувано авторами на литих кулях, що мелють, діаметром 100мм за методикою [4]. З метою створення математичної моделі у вигляді нелінійної парної регресії було проведено планування експерименту впливу вмісту титану у сплаві на твердість HRC та кількість ударів  $N_y$  до руйнування кулі.

Для вирішення цієї задачі обрано ступеневий вид функції, тому що вона дозволяє найкращим чином простежити залежність даних факторів та виявити взаємну комплексну залежність. Тож загальний вид функції можна записати у вигляді:

$$y = a \cdot x^b, \quad (1)$$

де  $a$ ,  $b$  – вибіркові коефіцієнти регресії

Результати проведених експериментів наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Результати експериментів дослідження сплаву 280X15Г4 з різним вмістом титану

Ti	HRC				$N_y$			
	1	2	3	сер	1	2	3	сер
0,05	57	58	56	57	17	17,1	16,9	17
0,10	58	57,5	58,5	58	19	19,3	18,7	19
0,15	58,5	59	58	58,5	22	22,1	21,9	22
0,20	59	59,2	58,8	59	23	23,3	22,7	23
0,25	59,5	59,3	59,7	59,5	23	23,2	22,8	23
0,30	59,7	59,2	60,2	59,7	22	22,1	21,9	22
0,35	58	59	57	58	21	21,2	20,8	21
0,40	58	57	59	58	18	17,8	18,2	18

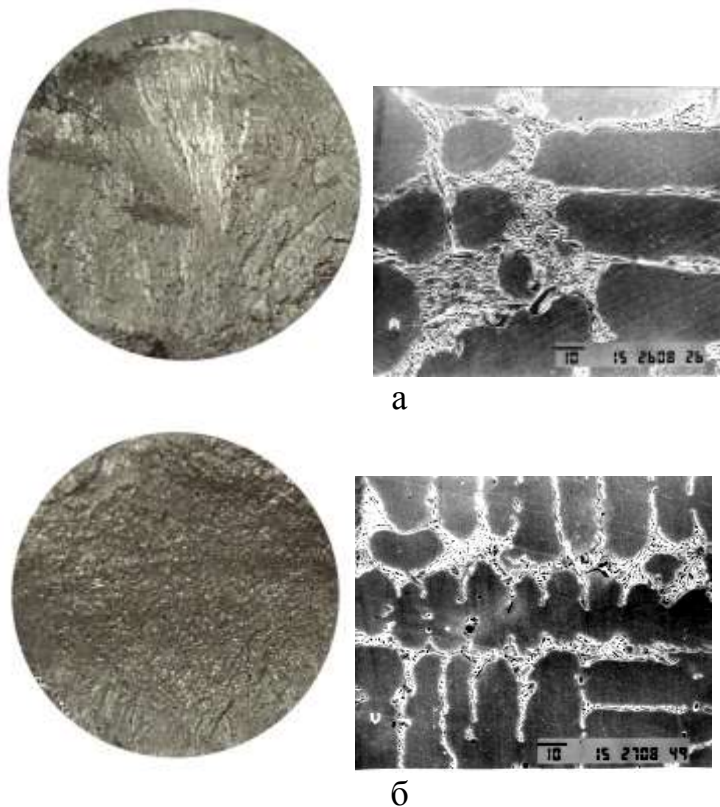


Рис. – Макроструктура та мікроструктура  $\times 500$  сплаву 280X15Г4 з різним вмістом (а – 0,01%Ti; б – 0,1%Ti;)

Після обробки експериментальних даних, була отримана система рівнянь регресії:

$$\begin{cases} HRC = 59,68 \cdot Ti^{0,0124} \\ N_y = 23,35 \cdot Ti^{0,0779} \end{cases} \quad (2)$$

Коефіцієнти були перевірені за стандартними критеріями. Результати статистичної перевірки наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати статистичної перевірки рівнянь регресії

Для рівняння	Критерій Кохрена		Критерій Фішера		Довірчий інтервал $\pm \Delta b_{ij}$	Дисперсія	
	$G_p$ розр	$G_T$ табл	$F_p$ розр	$F_T$ табл		Адекватності, $S_{ад}^2$	Відтворюваності, $S_v^2$
HRC	0,26	0,68	2,81	5,32	0,53	1,50	0,535
$N_y$	0,28	0,68	1,71	5,32	0,02	0,07	0,042

Аналіз отриманих системи залежностей показав, що збільшення вмісту титану (у всьому діапазоні модифікування від 0,1% до 0,5%) викликає збільшення агрегатної твердості металу. На наш погляд це можна зв'язати зі збільшенням кількості твердої фази за рахунок утворення карбідів і нітридів титану. В той же час самоутворення даних включень викликає значну зміну структурно-фазового стану, наслідком якого є помітне подрібнення структурних складових. Залежність ударостійкості від кількості модифікатора (Ti) має помітний оптимум в межах 0,1-0,3%Ti. Механізм впливу титану на зниження крихкості при ударній взаємодії складний і потребує цілого комплексу подальших напрямлених досліджень. Однак вірогідні оцінки цього процесу з певним ступенем надійності можна базувати на впливі швидкості кристалізації сплаву, яка задається двома взаємопов'язаними параметрами – числом центрів кристалізації та швидкістю зросту структурних складових, обумовленою взаємодією модифікаторів  $\Gamma^0$  роду AlN и  $\Pi^0$  роду TiC. Важливе значення такий вплив титану отримує для зносостійких сплавів, в структурі яких є значна кількість (до 50%) евтектичних і заевтектичних первинних карбідів, силіцидів, інтерметалідів і інших твердих включень. Ці сплави, як правило, схильні до утворення грубої транскристалітної структури і крихкого руйнування при ударних навантаженнях.

### Висновки

Виходячи з проведених досліджень, можна наголосити, що характеристики зносу і механізми перетворення енергії робочих органів мають суттєвий вплив на продуктивність процесу різання породи. При цьому, головним чинником при ударно-абразивному зношуванні є енергія удару, а не твердість, оскільки зростання силового показника властивостей металу (твердості) не свідчить про підвищення зносостійкості. Загальна енергія впливу абразивних частинок при зношуванні, поглинена металом, витрачається на пружну і пластичну деформацію, а також його руйнування.

Аналіз даної роботи дозволив отримати комплексну систему математичних рівнянь впливу титану на твердість та комплексного показника загальної енергії руйнування. Оптимізація математичних рівнянь довели можливість збільшення ударостійкості сплавів за рахунок оптимізації морфології структурно-фазового стану високовуглецевохромистого чавуну шляхом модифікування. Встановлено, що оптимальний вміст титану в чавуні складає 0,1-0,3%.

**Список літератури:** 1. Попов С. М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні / С. М. Попов, Д. А. Антонюк, В. В. Нетребко. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368 с. 2. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / М. М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1976. – 247 с. 3. Попов С. Н. Исследование условий характера разрушения сопряженных поверхностей деталей машин при заклинивании и дроблении абразива / С. Н. Попов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2000. – №1 – С.35-39. 4. Капустин М. А. Повышение ударостойкости износостойких высокоуглеродистых сплавов путем изменения морфологии упрочняющей фазы при модифицировании / М. А. Капустин, С. Н. Попов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2000. – №2. – С.31-33. 5. Цыпин И. И. Новый абразивно-коррозионностойкий белый чугун / Цыпин И. И., Гарбер И. Б., Михайловская С. С. // Литейное производство. – 1972. – №4. – С. 3-4 6. Хромистый чугун для валков горячей прокатки / [Скобло Т. С., Вишнякова Е. И., Мажарова Н. И. и др.] Литейное производство. – 1985. – №6. – С.6-7. 7. Попов С. Н. Микрорентгеноспектральные и структурно-фазовые исследования Fe-C-Ti-V износостойких наплавочных сплавов / Попов С. Н., Антонюк Д. А., Редька Н. А. // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – № 2(19). – С. 229-234.

Надійшла до редколегії 20.02.2013

#### УДК 621.891

**Дослідження впливу титану на зносостійкість вуглецевохромистих сплавів при ударно-абразивному зношуванні / С. М. Попов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 15-19. – Бібліогр.: 7 назв.**

В статье представлены исследования повышения износостойкости и ударостойкости высокоуглеродистых сплавов. Предложен и проведен алгоритм анализа комплексного влияния титана на физико-механические и энергетические параметры. Проведено математическое планирование эксперимента и получена нелинейная система уравнений влияния содержания титана в сплаве на твердость HRC и общую энергию разрушения  $N_u$ .

**Ключевые слова:** структура, фаза, дробление, износостойкость, регрессия.

The paper presents the study of increasing wear resistance and impact resistance highest carbon chromium alloys. Proposed and performed the analysis algorithm combined effect of titanium on the physical, mechanical and energy parameters. The mathematical design of experiments and the nonlinear system of equations is the influence of the titanium content in the alloy hardness HRC and the total energy of destruction  $N_u$ .

**Keywords:** structure, phase, crushing, wearproofness, regression.

#### УДК 621.83

**Т. А. ВАСИЛЬЧЕНКО**, ассистент, ЗГИА, Запорожье

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДА КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ**

Представлено описание экспериментальной установки для исследования нестационарных процессов включения и останковки планетарного привода. Приведены типовые осциллограммы, полученные во время эксперимента и результаты статистической обработки экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** планетарный привод, экспериментальная установка, тормозной момент

**Введение.** В отечественном и зарубежном прессостроении все большее распространения получают пресса с планетарной системой включения, обладающей определенными преимуществами наряду с традиционными системами включения, однако в литературных источниках практически полностью отсутствуют данные по

© Т. А. ВАСИЛЬЧЕНКО, 2013