

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний комітет України з теоретичної і прикладної механіки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Національний аерокосмічний університет імені Жуковського (ХАІ)
Одеський національний політехнічний університет
Gdansk University of Technology (Poland)
Державне підприємство Науково-виробничий комплекс газотурбобудування
«Зоря»—«Машпроект»
ЗМКБ «Прогрес» імені академіка А.Г. Івченко

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

МАТЕРІАЛИ

**VII Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої
пам'яті професора Горбова В.М.**

23–24 листопада 2022 року

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
вул. Кузнецька 5**

Миколаїв
«Ілліон»
2022

УДК 539.3:621.822

М90

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний комітет України з теоретичної і прикладної механіки

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Національний аерокосмічний університет імені Жуковського (ХАІ)

Одеський національний політехнічний університет

Gdansk University of Technology (Poland)

Державне підприємство Науково-виробничий комплекс газотурбобудування
«Зоря»–«Машпроект»

ЗМКБ «Прогрес» імені академіка А.Г. Івченко

Матеріали публікуються за оригіналами, поданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальні за випуск: М. Р. Ткач, С. О. Моргун

М90 **Актуальні проблеми інженерної механіки та технології машинобудування:** Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої пам'яті професора Горобова В.М. – Миколаїв: Ілліон, 2022. – 112 с.

ISBN 978-617-534-617-7

У збірнику наведені матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка відбулась у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв) 23-24 листопада 2022 року.

Метою конференції є обмін науково-технічною інформацією і визначення перспективних напрямків фундаментальних і практичних досліджень та розв'язування прикладних задач в галузі інженерної механіки з питань проектування, математичного моделювання та дослідження технічних систем, міцності та надійності інженерних конструкцій, використання прогресивних технологій виробництва складних механічних систем.

Матеріали збірника можуть бути корисними для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, аспірантів, студентів.

УДК 539.3:621.822

ISBN 978-617-534-617-7

© Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2022

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

- **Є.І. Трушляков** - д.т.н., професор, ректор Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв);

Заступники голови:

- **С. І.Сербін** - д.т.н., професор, директор Машинобудівного навчально-наукового інститута НУК (м. Миколаїв);
- **М.Р. Ткач**, - д.т.н., професор, завідувач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування НУК, д-р техн наук, професор (м. Миколаїв);
- **Ю. М. Харитонов** – д.т.н., професор, директор Центруморської інфраструктури НУК (м. Миколаїв);
- **В.Ф. Квасницький** – д.т.н., професор, завідувач кафедри зварювального виробництва НУК (м. Миколаїв).

Вчений секретар:

- **С.О. Моргун** -к.т.н., доцент, доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування НУК (м. Миколаїв)

Члени організаційного комітету:

- **М. Р. Ткач** - д.т.н., професор, завідувач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування НУК, (м. Миколаїв);
- **С. М. Доценко** - к.т.н., доцент, директор Первомайської філії НУК (м. Миколаїв);
- **Л. І. Коростильов** - д.т.н., професор, професор кафедри будівельної механіки судна (м. Миколаїв);
- **С. Б. Кулішов** - к.т.н., заступник головного конструктора ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» (м. Миколаїв);
- **О. А. Оргіян** – д.т.н., професор, завідувач кафедри технології машинобудування ОНПУ (м. Одеса);
- **М. Г. Тройніч** – директор з виробництва ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» (м. Миколаїв);

ВИБІР ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ З ТВЕРДОГО СПЛАВУ ДЛЯ ОБРОБКИ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Боду С.Ж.

*старший викладач кафедри інженерної механіки та технології
машинобудування Національного університету кораблебудування імені
адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Газюка Д. О.

*студент Національного університету кораблебудування імені адмірала
Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Конструкційні матеріали з підвищеними експлуатаційними властивостями стали невід'ємною рисою сучасного виробництва.

Такі матеріали суттєво розрізняються за характеристиками та призначенням (високоміцні та надміцні, корозійностійкі, жароміцні, жаростійкі тугоплавкі та ін.), будовою та основним елементом, що входить до складу (хромові, титанові, нікелеві, кобальтові, алюмінієві, вольфрамові тощо).

При різанні важкооброблюваних матеріалів головною проблемою є висока температура в зоні різання, що призводить до втрати міцності твердих сплавів та зниження стійкості інструменту. Вирішувати проблему доводиться коригуванням режимів обробки, тобто зниженням швидкості різання. Для більшості важкооброблюваних сталей і сплавів швидкість різання знижується в 2-20 разів у порівнянні зі звичайними конструкційними сталями. Так, наприклад, якщо прийняти швидкість різання для сталі 45 за 100%, то для нержавіючої сталі 12Х18Н9Т вона складе 50%, для жароміцної сталі 4Х12Н8Г8МФБ – 30%, для марганцевої сталі Г13Л – 10%, а для деяких жароміцних сплавів менше ніж 1 % [1].

Висока хімічна активність більшості важкооброблюваних матеріалів при температурах, що виникають при різанні, призводить до протікання активних

фізико-хімічних процесів на контактних майданчиках інструменту (поверхнева адгезія, дифузійні реакції між інструментальним та оброблюваним матеріалами) і є головною причиною інтенсифікації таких видів зношування ріжучого інструменту як адгезійно-втомний, хімічно-окислювальний та дифузійний.

Схильність важкооброблюваних матеріалів до наклепу призводить до зростання інтенсивності абразивного зношування. Підвищене тепловиділення за рахунок тертя в сукупності зі схильністю до адгезії інструментального та оброблюваного матеріалу призводить до прискореного зношування задньої поверхні ріжучого інструменту.

Для успішної роботи інструменту твердість інструментального матеріалу HV_i повинна бути вищою за твердість оброблюваного матеріалу HV_m . Однак збільшення твердості HV_i , призводить до збільшення крихкості та зниження тріщиностійкості, тому слід дотримуватися раціонального співвідношення HV_i/HV_m . Високу твердість інструментального матеріалу HV_i при відносно низьких температурах забезпечити нескладно, але при високих температурах вона різко зменшується.

Задачу підвищення стійкості інструменту необхідно вирішувати одночасно за декількома напрямками – використовувати композиційний твердий сплав з ультрадисперсною структурою, яка має високу твердість і об'ємну міцність, а також застосовувати високоміцні та жаростійкі зв'язки, що містять тугоплавкі метали як легуючі добавки [2].

Основними легуючими елементами виступають карбіди хрому, ванадію, ніобію, танталу, титану. Оскільки розмір зерна карбіду вольфраму грає у цьому велику роль, то легування має розглядатися, як засіб, що перешкоджає зростанню зерна карбіду вольфраму у процесі спікання, тобто як уповільнювач зростання зерна.

В якості легуючого елемент, що найбільш відповідає вимогам, можна використовувати рідкісноземельний метал реній Re.

Реній має низку унікальних властивостей:

- висока температура плавлення та рекристалізації ($t_{пл} = 3450$ °С);
- високий модуль пружності;
- міцнісні та пластичні властивості, близькі до кобальту;
- не утворює стійких карбідів;
- взаємодіє з кобальтом із утворенням безперервного ряду твердих розчинів.

Кристалічна решітка ренію така сама, як у низькотемпературної модифікації кобальту, тому реній стабілізує низькотемпературну модифікацію, зберігаючи її до високих температур.

Добавка ренію сприяє підвищенню температури рекристалізації зв'язки, при виробництві твердих сплавів велике значення має його здатність безпосередньо не реагувати з азотом та воднем[3].

Завдяки легуванню сполучної фази ренієм відбувається збільшення її міцності, опору високотемпературній повзучості, також легування запобігає формуванню крихкої-фази. Реній виступає у ролі сповільнювача зростання зерен, а також збільшує змочуваність зерен WC, таким чином міцність адгезійного зв'язку між WC і основою зростає. Сплави з (Co–Re)-зв'язкою добре опираються термічній втомі та механічним ударам.

Сформульованим принципам відповідає склад твердого сплаву ВРК15 (85% WC; зв'язка 9% Re + 6% C).

Порівняльні випробування [3] показали наступне.

При 20 °С властивості сплаву ВРК15 і сплавів ВК10-ОМ та ВКЮ-ХОМ, які традиційно використовуються для обробки жароміцних сплавів, близькі.

При температурі 800°С твердість сплаву ВРК15 становить 900 НV, а сплаву ВКЮ-ХОМ ≈ 750 НV. Межа міцності за цієї температури сплаву ВРК15 становить 1000 МПа, сплаву ВКЮ-ХОМ ≈ 800 МПа.

При обробці жароміцних сплавів на основі нікелю та хрому проявляється істотна перевага сплаву ВРК15 (табл. 1) [3].

Таблиця 1. Інтенсивність зношування (I_h мкм/хв) сплавів ВКЮ-ХОМ та ВРК15 при обробці жароміцних сплавів ХН77ТЮР та Х65НВФТ

Сплав	I_h при обробці сплавів при швидкості різання, м/хв		
	ХН77ТЮР	Х65НВФТ	
	30	30	40
ВКЮХОМ	<u>102</u>	<u>60</u>	<u>410</u>
	9	8,5	1,2
ВРК15	<u>21</u>	<u>26</u>	<u>44</u>
	26	19,2	11,36

Примітки. 1. Режими різання: глибина різання $t = 1$ мм; подача $S = 0,15$ мм/об. 2. Чисельник – інтенсивність зносу (мкм/хв); знаменник – стійкість до зносу, що регламентується по задній поверхні, $A_3 = 0,5$ мм.

Перевага сплаву ВРК15 в порівнянні з ВКЮ-ХОМ очевидна і найбільш помітна при високих швидкостях різання. Інтенсивність зносу при обробці сплаву на основі хрому при швидкості різання 30 м/хв менше в 5 разів, а при швидкості 40 м/хв – в 10 разів.

Період стійкості змінюється майже аналогічно. Час роботи інструменту до регламентованого зносу при 40 м/хв приблизно в 10 разів більше для інструменту зі сплаву ВРК15. Аналогічний результат спостерігається і при обробці металу на основі нікелю (див.табл. 1) [3].

Література:

1. Режимы резания труднообрабатываемых материалов : Справочник / Я. Л. Гуревич [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 240 с.
2. Твердохлебов А. С. Повышение эффективности твердосплавного инструмента для резания труднообрабатываемых материалов / А. С.

Твердохлебов, А. С. Верещака, Ю. В. Максимов // Известия МГТУ «МАМИ». – М., МГТУ «МАМИ». – №2 (20). – 2014. – Т. 1. – С. 94-99.

3. Адаскин А. М. Инструментальные материалы в машиностроении: [учебник для вузов] / А. М. Адаскин. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2015. – 319 с.

УПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДІВ НЕ РУЙНУЮЧОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ.

Шумілов О. П.

кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова м. Миколаїв, Україна

Арістов В. В.

магістрант кафедри інженерної механіки та технології машинобудування Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова м. Миколаїв, Україна

Методи не руйнуючого контролю якості деталей знаходять широке застосування при реалізації технологічних процесів їх виготовлення. Одна з головних переваг цих методів- зберігання контрольованої деталі від пошкоджень та можливість її подальшого використання за призначенням.

К цим методам можна віднести методи магнітного контролю.

Магнітні методи контролю на реєстрації магнітних полів розсіяння, що виникають над дефектами або на визначенні магнітних властивостей, контрольованих виробів. Магнітні методи контролю відповідно до ГОСТ 18353-73 класифікують по способах реєстрації магнітних полів розсіяння або визначення магнітних властивостей контрольованих виробів (рис. .1). Магнітопорошковий метод є одним з найпоширеніших методів виявлення дефектів типу порушення сплошності металу. Метод має наступні переваги: високу чутливість; простоту контролю і можливість перевірки різних за

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Слободян С.О., Харитонов Ю. М.</i> Технорлогічна платформа SHIPBUILDING 4.0: Адитивні технології	4	ПЛ1
<i>Tkach M.R., Kulishov S.B., Morhun S.O., Polischyk V.A., Halynkin Yu.M., Proskurin A.Yu.</i> Experimental and theoretical determination of gas turbine engine blades vibration characteristics	7	ПЛ2

СЕКЦІЯ №1

Новітні досягнення у галузі прикладної механіки

<i>Познанський А.С., Митрофанов О.С.</i> Особливості виготовлення роторно-поршневих двигунів	23	C101
<i>Митрофанов О.С., Познанський А.С.</i> Особливості вибору зазорів циліндричної групи роторно-поршневих двигунів	26	C102
<i>Шумілов О.П.</i> Модернізація автоколивального відрізного різця	29	C103
<i>Лисих А.Ю.</i> Дослідження періоду стійкості інструменту від інтенсивності охолодження	31	C104
<i>Боду С.Ж., Газюка Д.О.</i> Вибір інструментального матеріалу з твердого сплаву для обробки легованих сталей	35	C105
<i>Шумілов О.П., Арістов В.В.</i> Упровадження методів неруйнівного контролю при виготовленні виробів машинобудування	39	C106
<i>Поліщук В.А., Ніколаєв О.Л., Корулик С.О., Матвієнко Ю.М.</i> Дослідження впливу динамічних похибок верстатних пристосувань на точність механічної обробки деталей	42	C107
<i>Боровик Є.Ю., Нестеренко В.В., Ошовський В.Я.</i> Підвищення ресурсу колінчастого вала двигуна внутрішнього згорання	46	C108
<i>Трюхан О.В., Нестеренко В.В., Ошовський В.Я.</i> Підвищення ресурсу деталей ДВЗ технологічною обробкою	49	C109
<i>Нестеренко В.В.</i> Безтермічна кінцева обробка поверхонь тертяспряжень двигунів внутрішнього згорання	54	C110
<i>Ошовський В.Я.</i> Іонне азотування для технології підвищення зносостійкості деталей ДВЗ	57	C111

<i>Дударчук Є.С., Нестеренко В.В., Ошовський В.Я.</i> Аналіз перспективних методів виготовлення заготовок колінчастих валів потужних ДВЗ	59	C112
<i>Bodu S.J., Gladkiy R.V.</i> The methodology of testing of a knowledge intensive product for tribotechnologies	63	C113
<i>Дем'яненко Г.С., Шаповалов Ю.О., Семенов М.М.</i> Аналіз енергоефективності систем змащення	68	C114

СЕКЦІЯ №2

Технології CAD/CAE/CAM у проектуванні, створенні та експлуатації технічних систем

<i>Новошицький А.В., Довгорученко В.Ю., Хвастунова К.В.</i> Розробка нових конструкцій компактного металообробного устаткування з використанням CAD систем	72	C201
<i>Новошицький А.В.</i> Автоматизація розрахунків параметрів технології виготовлення тонкостінних профілів гнуттям з поздовжнім розтягом	76	C202
<i>Поліщук В.А., Ніколаєв О.Л., Попенко В.В., Корулик С.О.</i> Дослідження показників жорсткості та вібростійкості конструкцій верстатних пристосувань за допомогою CAD/CAE систем	81	C203
<i>Ткач М.Р., Костріков О.А.</i> Скінчено-елементне моделювання крутильних коливань легкого валопровода	85	C204
<i>Ткач М.Р., Галинкін Ю.М., Проскурін А.Ю., Безушко С.О.</i> Використання програмного комплексу SOLID WORKS для визначення частот і форм власних коливань втулки суднового двигуна	91	C204
<i>Ткач М.Р., Поліщук В.А.</i> Моделювання крутильних коливань трансмісії з урахуванням податливості елементів	95	C205
<i>Tarassenko O.I., Tarassenko A.O.</i> Comparative analysis of the dynamics of a linear oscillator using SIMULINK (mathematical model) and SIMSCAPE (physical model) in the near resonant region	99	C206
<i>Ткач М.Р., Чікал М.А.</i> Удосконалення технології виготовлення ступиці	104	C207

<i>Bodu S.J.</i>	65
<i>Gladkiy R.V.</i>	63
<i>Halynkin Yu.M.</i>	7
<i>Kulishov S.B.</i>	7
<i>Morhun S.O.</i>	7
<i>Polischyk V.A.</i>	7
<i>Proskurin A.Yu.</i>	7
<i>Tarasenko A.O.</i>	99
<i>Tarasenko O.I.</i>	99
<i>Tkach M.R.</i>	7

<i>Арістов В.В.</i>	<i>39</i>
<i>Безушко С.О.</i>	<i>91</i>
<i>Боду С.Ж.</i>	<i>35</i>
<i>Боровик Є.Ю.</i>	<i>46</i>
<i>Газюка Д.О.</i>	<i>35</i>
<i>Галинкін Ю.М.</i>	<i>91</i>
<i>Дем'яненко Г.С.</i>	<i>68</i>
<i>Довгорученко В.Ю.</i>	<i>72</i>
<i>Дударчук Є.С.</i>	<i>59</i>
<i>Корулик С.О.</i>	<i>42</i>
<i>Корулик С.О.</i>	<i>81</i>
<i>Костріков О.А.</i>	<i>85</i>

<i>Лисих А.Ю.</i>	31
<i>Матвієнко Ю.М.</i>	42
<i>Митрофанов О.С.</i>	23, 26
<i>Нестеренко В.В.</i>	46, 49, 54,59
<i>Ніколаєв О.Л.</i>	42, 81
<i>Новошицький А.В.</i>	72, 76
<i>Ошовський В.Я</i>	46, 49, 57,59
<i>Познанський А.С.</i>	23, 26
<i>Поліщук В.А.</i>	42, 81, 95
<i>Попенко В.В.</i>	81
<i>Проскурін А.Ю.</i>	91
<i>Семенов М.М.</i>	68

<i>Слободян С.О.</i>	<i>4</i>
<i>Ткач М.Р</i>	<i>91, 95, 104</i>
<i>Трюхан О.В.</i>	<i>49</i>
<i>Харитонов Ю. М.</i>	<i>4</i>
<i>Хвастунова К.В.</i>	<i>72</i>
<i>Чікал М.А.</i>	<i>104</i>
<i>Шаповалов Ю.О.</i>	<i>68</i>
<i>Шумілов О.П.</i>	<i>29, 39</i>