

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний комітет України з теоретичної і прикладної механіки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Інститут проблем машинобудування ім. А.Н. Підгорного НАН України
Національний аерокосмічний університет імені Жуковського (ХАІ)

Одеський національний політехнічний університет
International Centre of Modern Education, (Prague, Czech Republic)

Wydział Mechaniczny Uniwersytet Morski w Gdyni (Poland)

ЗМКБ «Прогрес» імені академіка А.Г. Івченко

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

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

МАТЕРІАЛИ

**VIII Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої
100-річчю Машинобудівного навчально-наукового інститута
НУК імені адмірала Макарова**

23-24 жовтня 2024 року

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

Миколаїв
«Ілліон»
2024

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

International Centre of Modern Education, (Prague, Czech Republic)

Wydział Mechaniczny Uniwersytet Morski w Gdyni (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 VIII Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 100-річчю Машинобудівного навчально-наукового інституту НУК імені адмірала Макарова. – Миколаїв: Ілліон, 2024. – 110с.

ISBN

У збірнику наведені матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка відбулась у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв) 23 жовтня 2024 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

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2024

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);
- **С.В. Драган** – к.т.н., професор, завідувач кафедри зварювального виробництва НУК (м. Миколаїв);
- **О.С. Митрофанов**, доцент кафедри Двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК, д-р. техн. наук, доцент.

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);

tested ground, honed and superfinished gears / Tribology International. Volume 131, March 2019, Pages 277-287. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.10.051>

3. Postolachi, Anatol&Gavril, Sergiu. (2006). The method of finishing of the bevel cog-wheels via plastic deformation. https://www.researchgate.net/publication/344413197_THE_METHOD_OF_FINISHING_OF_THE_BEVEL_COG-WHEELS_VIA_PLASTIC_DEFORMATION

4. Кузьменко А.Г. Дослідження взаємодії змащених поверхонь тертя. Монографія. / А.Г.Кузьменко, О.В. Диха. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 183 с.

УДК 621.89: 621.9.014

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОБРОБКИ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

С.Ж. Боду

*старший викладач кафедри інженерної механіки та технології
машинобудування*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м.
Миколаїв, Україна*

Є.В. Лебедєв

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

Обробка високолегованих сталей і сплавів – складний технологічний процес, оскільки вони відрізняються високою твердістю і термостійкістю, що створює підвищені навантаження на інструмент і потребує використання матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками [1].

Довгий час для обробки таких матеріалів використовувалися наступні види інструментів:

- **Швидкоріжучі сталі.** Ці матеріали мають високу червонокрихкість, що дозволяє їм зберігати свої властивості при високих

температурах. Проте вони мають обмеження щодо зносостійкості при обробці особливо твердих матеріалів.

- **Тверді сплави.** Вони мають вищу зносостійкість, ніж швидкоріжучі сталі, але є менш в'язкими.

- **Керамічні інструменти.** Вони мають високу твердість і зносостійкість, проте їх крихкість обмежує можливість роботи за ударних навантажень, що робить їх придатними для чистової обробки.

Останні десятиліття відзначаються значним прогресом у розробці інструментальних матеріалів та технологій обробки [2, 3, 4]. Найбільш перспективними напрямками є:

- **Покриття:**

- Алмазоподібні покриття (*DLC*) – забезпечують низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість та стійкість до корозії.

- Покриття на основі нітридів і карбідів– підвищують стійкість інструменту до абразивного зносу та запобігають адгезії стружки.

- Багатошарові покриття – поєднують властивості різних матеріалів для оптимізації характеристик інструменту в специфічних умовах.

- **Нові композиційні матеріали:**

- Композити на основі алмазу володіють екстремальною твердістю і зносостійкістю, що робить їх ідеальними для обробки надтвердих матеріалів.

- Композити на основі кубічного нітриду бору (*cBN*) відрізняються високою теплопровідністю і стійкістю до термічних ударів, що робить їх придатними для роботи з жароміцними сплавами.

- **Наноструктуровані матеріали:**

- Наноструктуровані тверді сплави підвищують міцність і зносостійкість завдяки дрібнозернистій структурі.

- **Функціональні градієнтні матеріали:**

- Ці матеріали дозволяють створювати інструменти з плавною зміною властивостей по товщині, що підвищує їх ефективність і стійкість.

Однією з найбільш ефективних сучасних технологій є застосування покриттів, створених методом **фізичного осадження з парової фази (PVD)**.

Основні характеристики подібних покриттів приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики PVD-покриттів

Покриття	Твердість за шкалою Віккерса (HV)	Коефіцієнт тертя по сталі	Товщина покриття (мкм)	Інші властивості
TiN	2000-3000	0,4-0,6	2-5	Золотавий колір, висока корозійна стійкість
TiAlN	2500-3500	0,3-0,5	2-5	Золотаво- коричневий колір, підвищена стійкість до окислення
TiCN	2500-3000	0,3-0,5	2-5	Чорний колір, гарне зчепленні з основою
Cr	800-1200	0,4-0,6	0,5-2	Сріблястий колір, висока корозійна стійкість
Mo	1500-2000	0,2-0,4	1-3	Сріблястий колір, висока температура плавлення
DLC	50-100 ГПа	0,05-0,1	1-5	Висока твердість, низький

				коефіцієнт тертя
--	--	--	--	------------------

Технологія нанесення PVD включає кілька ключових етапів:

1. **Очищення поверхні.** Поверхню інструменту ретельно очищують перед нанесенням покриття.
2. **Створення вакууму.** Вакуумна середа необхідна для запобігання взаємодії парів матеріалу з оточуючим середовищем.
3. **Випаровування матеріалу.** Матеріал покриття випаровується за допомогою дугового випаровування або розпилення та іонізується.
4. **Осадження.** Іони осаджуються на поверхні інструменту, створюючи тонкий та міцний шар.
5. **Контроль параметрів.** Процес ретельно контролюється за температурою, тиском та іншими параметрами для досягнення оптимальних властивостей покриття.

Тонкий шар (до 5 мкм) не змінює геометрію інструменту. Висока твердість покриттів значно збільшує його зносостійкість. Низький коефіцієнт тертя забезпечує зниження знос і підвищує продуктивність.

Деякі покриття витримують температури до 1100°C, що робить їх ідеальними для роботи в умовах високих теплових навантажень.

Покриття надійно захищають інструменти від агресивних хімічних середовищ, хімічно інертні, не взаємодіють з оброблюваним матеріалом, запобігаючи налипанню стружки та покращуючи якість обробки.

Висновки:

Застосування сучасних матеріалів та технологій, таких як PVD-покриття і нові композиційні матеріали, дозволяє значно підвищити ефективність обробки високолегованих сталей і сплавів. Це відкриває нові можливості для підвищення продуктивності і довговічності інструментів в різних галузях промисловості.

Література

1. Новіков Ф. В. Інноваційні рішення та технології металообробного виробництва [Електронний ресурс] : монографія / Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх, Д. Ф. Новіков. – Дніпро : ЛІРА, 2023. – 342 с.

2. Mattox, Donald M. (19 May 2010). Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing (Second ed.). William Andrew Publishing. ISBN 978-0-815-52037-5.

3. CVD Coatings for Forming and Molding Tools [Електронний ресурс] // RicherPrecisionInc., USA. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ionbond.com/coating-services/forming-molding-tools/cvd-for-forming-and-molding-tools>.

4. Diamond-likecarbon(DLC) PVD coatings [Електронний ресурс] // Richter PrecisionInc., USA – Режим доступу до ресурсу: <http://www.richterprecision.com/services/pvd-coatings/diamond-like-carbon-dlc/>.

УДК 539.3

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ЗА РАХУНОК ВІБРАЦІЙ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

О.П. Шумілов

канд. техн. наук, доцент

*доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м.*

Миколаїв, Україна

А.М. Урусов

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

Основними напрямками розвитку сучасних методів обробки матеріалів є висока інтенсифікація процесів різання за рахунок використання

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Харитонов Ю.М.</i> РОЗВИТОК АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КНР	4	ПЛ1
<i>Баланюк Г.В., Оргіян О.А., Колесник В.М.</i> ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ У ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ	6	ПЛ2
<i>Ткач М.Р., Золотий Ю.Г., Костріков О.А.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ТА РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКУ	9	ПЛ3

СЕКЦІЯ №1

Новітні досягнення у галузі прикладної механіки

<i>Ткач М.Р., Шинкаренко А.А.</i> ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ МЕТОДАМИ 3D ДРУКУ	13	C101
<i>Гладченко Д.С., Драган С.В., Сімутенков І.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ	21	C102
<i>Morhun S., Melnychenko O., Shmakov D., Kachmar A., Zeinalov T., Marynych M.</i> DETERMINATION OF THE GAS TURBINE DISKS THERMAL STATE	23	C103
<i>Smetankina N., Morhun S.</i> DETERMINATION OF THE SINGLE SHAFT GAS TURBINE ROTORS STRESS-STRAIN STATE	26	C104
<i>Костін О.М., Шаблій Т.Ю.</i> СПОСОБИ АКТИВАЦІЇ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ	29	C105
<i>Галинкін Ю.М., Бедринець Т.М., Дроздова О.А., Жур О.О., Злоба Т.В.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ	37	C106
<i>Галинкін Ю.М., Чабанов Б.В., Скопа В.Ю., Ненько А.А., Пасечнюк М.В.</i>	41	C107

ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ
УСТАНОВКАМИ З НИЗЬКОКИПЛЯЧИМ РОБОЧИМ ТІЛОМ

Познанський А.С., Митрофанов О.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
АНТИФРИКЦІЙНОЇ ПРИСАДКИ НА ПОТУЖНІСТЬ МЕХАНІЧНИХ
ВТРАТ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА 44 C108

Tarasenko O.I, Lytosh O.V., Tarasenko A.O. FEATURES OF THE
ANALYTICAL SOLUTION OF THE EULER EQUATIONS FOR THE
FREE MOTION OF AN ASYMMETRIC TOP (DZHANIBEKOV'S
EFFECT). 50 C109

Ткач М.Р., Семенов М.М., Моргун С.О. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ
ДЛЯ РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-
ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЖАРОВИХ ТРУБ КАМЕР ЗГОРАННЯ
СТАЦІОНАРНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ 54 C110

СЕКЦІЯ №2

Спеціальні питання технології машинобудування

Баланюк Г.В., Оргіян А.О., Бадовський О.Б. НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ 59 C201

Ошовський В.Я. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ СТИКОВОГО
ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЬНИХ
ЗАГОТОВОК СКЛАДНОЇ ФОРМИ 62 C202

Lysykh A.Yu. STUDY OF CHANGES IN EMISSIONS OF TOXIC DIESEL
ENGINE COMPONENTS WHEN USING SOY OIL 65 C203

Новошицький А.В., Фабріциєв Д.В. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ
ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ 67 C204

Новошицький А.В., Хань Лянлян, Александров В.М. ЗАСТОСУВАННЯ
МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ СТРУКТУРНОМУ
ПРОЕКТУВАННІ КОМПАКТНИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК 72 C205

Новошицький А.В., Богатко Д.О., Малярєнко В.В. ВИКОРИСТАННЯ
CAD СИСТЕМ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ 76 C206

КОМПАКТНИХ ТОКАРНИХ ТА ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

<i>Ніколаєв О.Л., Поліщук В.А., Марупов Д.Р., Нагорна В.А.</i>		
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ ТА РОЗРОБКА ОСНАСТКИ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДРОБЛЕННЯ СТРУЖКИ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ СВЕРДЛІННІ ОТВОРІВ	79	C207
<i>Ніколаєв О.Л., Поліщук В.А., Ситніков О.О., Крепняк В.В.</i>		
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ ЗБІРНИМИ СВЕРДЛАМИ В ДЕТАЛЯХ З ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ	83	C208
<i>Polishchuk V.A., Li Yonghong, Nikolaev O.L.</i>		
PROVIDING THE RIGIDITY AND VIBRATION RESISTANCE INDICATORS OF THE UNIVERSAL ASSEMBLY TOOLS CONSTRUCTIONS FOR PARTS MACHINING	86	C209
<i>Боду С.Ж., Бабійчук О.В.</i>		
ЛИТТЯ ПО ГАЗІФІКОВАНИМ МОДЕЛЯМ – ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРЕВАГИ	90	C210
<i>Боду С.Ж., Григорєв О.В.</i>		
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ	93	C211
<i>Боду С.Ж., Лебедєв Є. В.</i>		
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОБРОБКИ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ	98	C212
<i>Шумілов О.П., Урусов А.М.</i>		
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ЗА РАХУНОК ВІБРАЦІЙ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ	102	C213
<i>Шумілов О.П., Венц Т.Ф.</i>		
ВДОСКОНАЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ	104	C214