

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
“Львівська політехніка”

**ЗБІРНИК  
НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

VII-ої Міжнародної  
науково-технічної конференції

**“Прогресивні  
технології в  
машинобудуванні”**

5 - 9 лютого

2018

Львівська політехніка  
Національний університет





**Institute of Engineering Mechanics and Transport**

# **CONFERENCE PROCEEDINGS**

**VII INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC CONFERENCE**

**“ADVANCED  
TECHNOLOGIES IN  
MECHANICAL  
ENGINEERING”**

**5-9 February 2018  
Lviv-Zveniv (Carpathians)**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**“ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ ТА ТРАНСПОРТУ**



**ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

**Грицай Ігор Євгенович** — *голова*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технології машинобудування Національного університету “Львівська політехніка”.

**Ланець Олексій Степанович** – *співголова*, д.т.н., директор інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету “Львівська політехніка”.

**Ziobro Jan (Poland)** — *співголова* prof., Instytut Techniczny Panstwowa Wyzsza Szkola Zawodowa, Dyrektor Instytutu Technicznego

**Burek Jan (Poland)** – prof., Rzeszow University of Technology,

**Canli Eyub (Turkey)** - Selcuk University (Selçuk Üniversitesi), Faculty Member, Mechanical Engineering

**Fiorentino Michele (Italy)** - Politecnico di Bari, Faculty Member, D.I.Me.G.

**Neumann Karl-Heinz (Germany)** – prof., University of Applied Sciences, Zwickau.

**Pereira Alejandro (Spain)** - Universidade de Vigo, Faculty Member, Design in engineering

**Michael Storchak (Germany)** - prof., Institute for Machine and Tools University of Stuttgart

**Гурей Ігор Володимирович** - д.т.н, проф. кафедри технології машинобудування Національного університету “Львівська політехніка”;

**Залога Вільям Олександрович** - д.т.н, проф., академік АН ВО України, завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету;

**Ковальов Віктор Дмитрович** - д.т.н., проф., завідувач кафедри металорізальних верстатів та інструментів Донбаської державної машинобудівної академії (м. Краматорськ);



**Луців Ігор Володимирович** – завідувач кафедри «Конструювання верстатів, інструментів та машин» Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя

**Оргіян Олександр Андрійович** - д.т.н., проф., завідувач кафедри технології машинобудування Одеського Національного політехнічного університету;

**Пасічник Віталій Анатолієвич** - д.т.н., проф., завідувач кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

**Пермяков Олександр Анатолійович** - д.т.н., проф., кафедри «Технології машинобудування і металорізальні верстати» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

**Петраков Юрій Володимирович** - д.т.н., проф., завідувач кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

**Равська Наталія Сергіївна** - д.т.н., проф., проф. кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

**Ступницький Вадим Володимирович** - д.т.н., професор кафедри технології машинобудування Національного університету “Львівська політехніка”;

**Тонконогий Володимир Михайлович** - д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних технологій проектування в машинобудуванні, директор Інституту промислових технологій, дизайну і менеджменту Одеського Національного політехнічного університету;

**Антонюк Віктор Степанович** - д.т.н., проф., завідувач кафедри виробництва приладів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

**Сліпчук Андрій Миколайович** – *секретар*, к.т.н, доц., кафедри технології машинобудування Національного університету “Львівська політехніка”.

## **ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Грицай І.Є.** – д.т.н., проф., зав. кафедри ТМБ

**Гурей І.В.** – д.т.н., проф. кафедри ТМБ

**Ступницький В.В.** – д.т.н., доц. кафедри ТМБ

**Кусий Я.М.** – к.т.н., доц. кафедри ТМБ

**Сліпчук А.М.** – к.т.н., доц. кафедри ТМБ

**Новіцький Ю.Я.** – к.т.н. асистент кафедри ТМБ

**Голдирева І.А.** – інженер кафедри ТМБ

**Сердітова Т.В.** – інженер кафедри ТМБ



### **13. ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ З УДАРАМИ**

**Жигалов А.Н., к.т.н.,**

**Шелег В.К., д.т.н, професор, член-кор. НАН Білорусі**

<sup>1</sup>ЗАТ «Промлізінг» м. Могілев, Республіка Білорусь

<sup>2</sup>Білоруський національний технічний університет

47

### **14. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРИВОДУ ПОДРІБНЮЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ**

**Карплюк Л.Ф. к.т.н, доцент, Головач І.Р. к.т.н, доцент,**

**Сильвеструк Б.Й. к.т.н, доцент**

*Національний університет “Львівська політехніка”*

50

### **15. ТЕХНОЛОГІЧНІ І РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З’ЄДНАНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВІДНИХ ОБВ’ЯЗОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ**

**Кичма А. О., к.т.н., доцент, Предко Р. Я., к.т.н., асистент**

*Національний університет “Львівська політехніка”*

54

### **16. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ АДАПТИВНОМУ УПРАВЛІННІ ВАЖКИМИ ВЕРСТАТАМИ**

**Ковальов В.Д., д.т.н., професор, Васильченко Я.В., д.т.н., доцент, Березовська Я.К.**

*Донбаська державна машинобудівна академія*

57

### **17. ДО ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ І ВИМІРЮВАННЯ ШОРСТКОСТІ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ, УТВОРЕНИХ ТОРЦЕВИМ ФРЕЗЕРУВАННЯМ**

**<sup>1</sup>Кривий П.Д., к.т.н., професор, <sup>2</sup>Тимошенко Н.М., к.фіз.-мат.н., доцент, <sup>1</sup>Бутрин С.П., магістрант, <sup>1</sup>Михалович В.А., магістрант**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

60

### **18. СТОХАСТИЧНІСТЬ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ**

**<sup>1</sup>Кривий П.Д., к.т.н., проф., <sup>2</sup>Тимошенко Н.М., к.ф-м.н, доц.,**

**<sup>1</sup>Кобельник В.Р., к.т.н., доц., <sup>1</sup>Геть Ю.М., магістрант**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

62



## ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ З УДАРАМИ

<sup>1</sup>Жигалов А.Н., *к.т.н.*,

<sup>2</sup>Шелег В.К., *д.т.н, професор, член-кор. НАН Білорусі*

<sup>1</sup>ЗАТ «Промлізінг» м. Могілев, Республіка Білорусь

<sup>2</sup>Білоруський національний технічний університет

Існує велика кількість технологій обробки різанням, коли різальний інструмент працює в важких умовах різання з ударними навантаженнями. Це технологічні процеси, засновані на фрезеруванні, струганні, довбанні, різенарізанні, протягуванні, свердлінні і інших методах механічної обробки сталевих і чавунних заготовок, а також технології обробки, пов'язані з бурінням, гірським видобутком сольових руд, вугілля, граніту та ін. технології.

Використовуваний в таких технологіях різальний, в основному це твердосплавний, інструмент виходить з ладу через абразивне зношування і сколювання в результаті накопичення циклічних навантажень. Встановлено, що стійкість роботи інструменту, працюючого при переривчастому різанні знижується більш ніж в два рази в порівнянні з стійкими процесами різання. Тому для таких переривчастих процесів обробки призначаються низькі режими різання, в результаті чого, а також внаслідок частої зміни ріжучих елементів, продуктивність обробки і економічна ефективність самих технологій є досить низькою.

На стадії виготовлення твердих сплавів створюються властивості по твердості, міцності, в'язкості, пластичності, густині, формі і величині зерна, фазового складу, рівня внутрішніх напружень і дислокацій, стану кристалічних ґраток тощо, стан яких знаходиться в енергетичній рівновазі і відповідає за певні властивості матеріалу. Згідно ISO 513-75, основні фізико-механічні властивості твердих спечених сплавів, такі як твердість HRA, густина і межа міцності при згині, знаходяться в складних кореляційних зв'язках з іншою властивістю. Для сплавів вольфрамової групи (рис. 1а та 2а): при збільшенні густини межа міцності на згин зменшується, а твердість збільшується, при збільшенні твердості межа міцності на згин зменшується. Для сплавів титано-вольфрамової групи (рис. 1б і 2б): при збільшенні густини межа міцності на згин збільшується, а твердість зменшується, при збільшенні твердості межа міцності на згин зменшується. Як відомо, для процесів різання з ударами твердосплавний інструмент повинен володіти високими характеристиками твердості, міцності і ударної в'язкості, однак витримати такі характеристики одночасно дуже складно, оскільки вони певною мірою є виключають один одного.

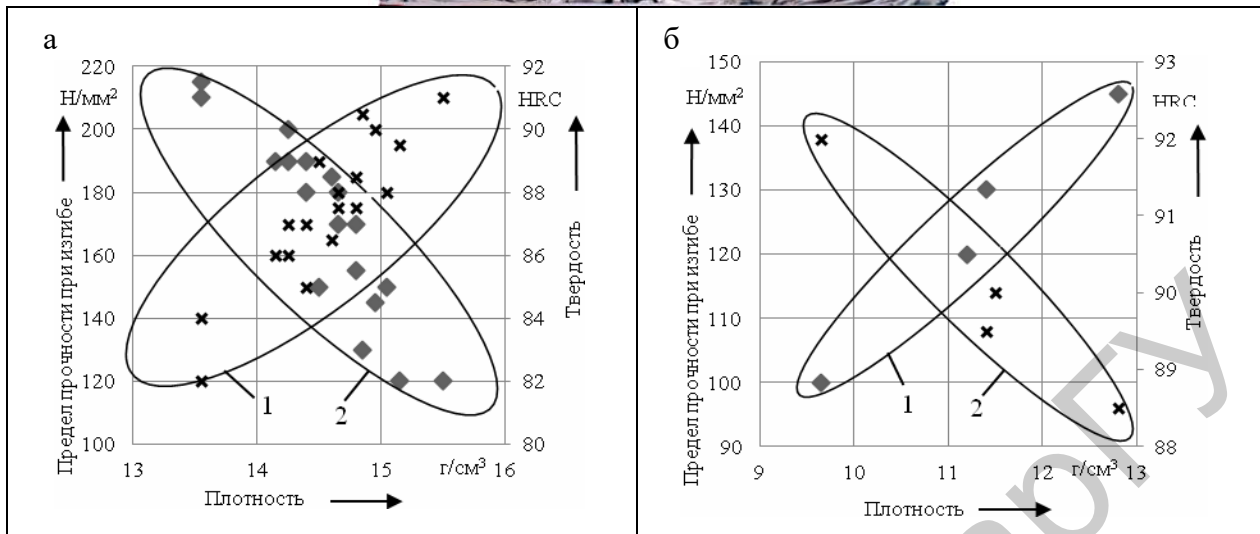


Рис.1. Залежність межі міцності на згин (1) і твердості (2) від густини для вольфрамової (а) і титано-вольфрамової (б) групи твердих сплавів

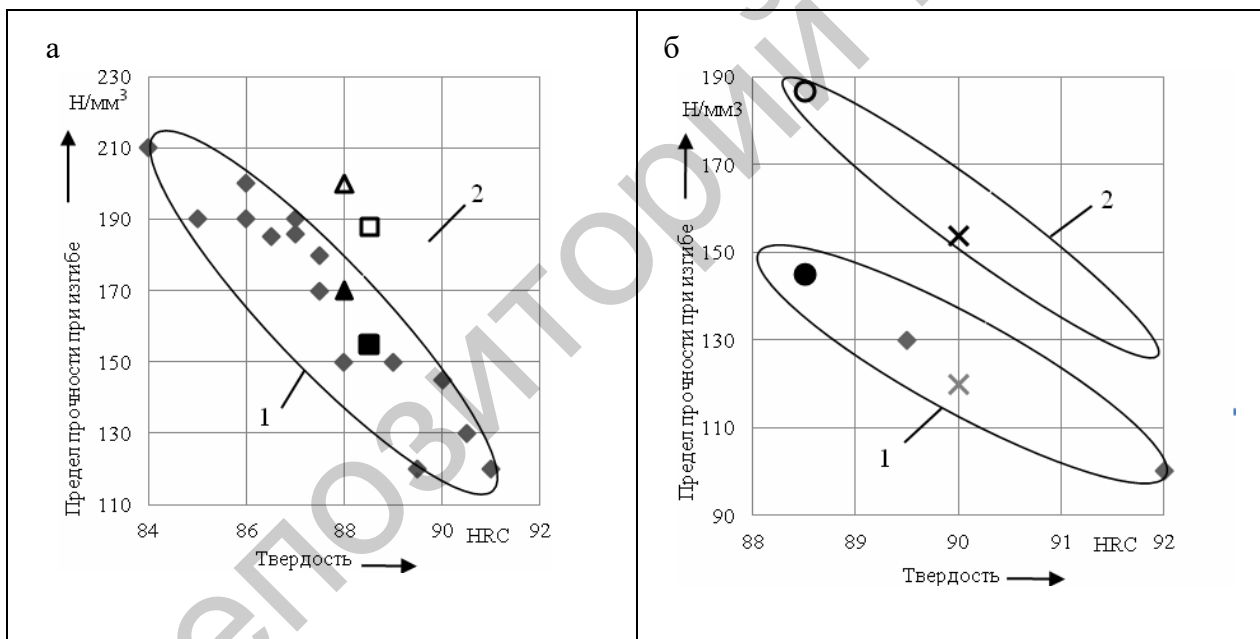


Рис.2. Залежність межі міцності на згин від твердості для вольфрамової (а) і титано-вольфрамової (б) групи твердих сплавів в базовому стані (1) і зміцнених методом АДЗ (2) ( $\Delta$  - ВК8,  $\square$  - ВК6,  $\circ$  - Т5К10, X - Т15К6)

Для вирішення складної технологічної задачі, пов'язаної з підвищенням стійкості і одночасним збереженням високих характеристик по твердості і міцності твердих сплавів (що представляють собою гетерогенні композиції, які складаються з карбідів вольфраму, титану і танталу, зцементованих кобальтової зв'язкою), що працюють у важких технологічних умовах з ударним навантаженням, розроблений і запатентований метод аеродинамічного зміцнення (АДЗ) [1]. Ефект при зміцненні методом АДЗ досягається за рахунок



високоенергетичного (при невисоких температурах - до 400°C) впливу звукових хвиль на структуру твердих сплавів. В оброблених твердих сплавах відбувається подрібнення карбідних фаз і їх перерозподіл, зменшення дислокацій внутрішньої структури, а за рахунок самоорганізації на рівні кристалічної ґратки забезпечується перехід від неорганізованого руху флуктуацій і їх хаотичного стану до нового порядку, що дозволяє поліпшувати параметри структури для заданих умов експлуатації [2] .

Проведені дослідження показали (табл.1), що при зміцненні методом АДЗ твердосплавних пластин марок Т5К10, Т15К6, ВК6, ВК8 твердість і густина практично не змінюються в порівнянні з базовими, а межа міцності на згин збільшується на 19 - 23%. На рис. 2 цифрою 2 позначений сектор твердосплавних пластин після зміцнення методом АДЗ.

Табл.1

### Параметри характеристик твердих сплавів

Марка сплава	Вид зміцнення	Густина, г/см <sup>3</sup>	Межа міцності на згин, Н/мм <sup>2</sup>	Твердість, НРА
Т15К6	базовий	11,5	126	90,1
	зміцнений АДЗ	11,4	154 (22%)	89,9
Т5К10	базовий	13,0	152	88,4
	зміцнений АДЗ	12,9	187 (23%)	88,3
ВК6	базовий	14,7	156	88,6
	зміцнений АДЗ	14,7	186 (19%)	88,5
ВК8	базовий	14,8	186	88,2
	зміцнений АДЗ	14,6	223 (20%)	88,1

Таким чином, вплив методом АДЗ дозволило отримати твердосплавні пластини з новими, раніше невідомими фізико-механічними властивостями.

Використання твердосплавних пластин після обробки методом АДЗ дозволяє підвищити продуктивність процесу різання з ударами на 20-30% і збільшити стійкість твердосплавних пластин в 2 ... 3,5 рази. На ряді машинобудівних заводів в виробничих умовах підтверджена ефективність зміцнення методом АДЗ твердосплавного інструменту [3].

#### Література:

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий : пат. ВУ 21049 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков. – Оpubл. 06.30.2017.
2. Zhigalov, A. N. Improved Hard Alloys for Efficient Milling / A. N. Zhigalov, A. R. Maslov, G. F. Shaturov // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, № 11. – С. 818–821.
3. Жигалов А.Н. Адаптивное управление при совмещенной обработке резанием и ППД / Могилев: УО «МГУП», 2013. – 236 с.