

# Металеві, металокерамічні та керамічні матеріали і вироби з них для озброєння, військової техніки та енергетики

Наукова робота на здобуття Національної премії імені Бориса Патона за 2024 рік, що висувається  
Вченою радою Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

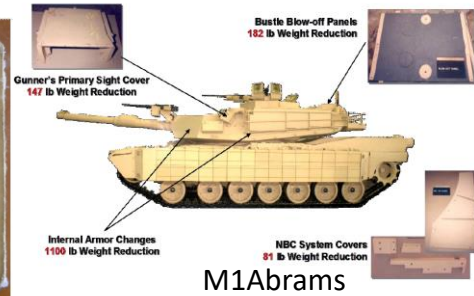
## Автори

- 1. МАРКОВСЬКИЙ Павло Євгенович** — доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;
- 2. САВВАКІН Дмитро Георгійович** — доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;
- 3. БЕВЗ Віталій Петрович** — кандидат фізико-математичних наук, заступник директора з науково-технічної роботи Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;
- 4. НОСЕНКО Антон Вікторович** — кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України.
- 5. БАГЛЮК Геннадій Анатолійович** — чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, в.о. директора Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України;
- 6. ГРИГОРЬЄВ Олег Миколайович** — чл.-кор. НАН України, доктор фізико-математичних наук, головний науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України;
- 7. БЕРЕЗОС Володимир Олександрович** — доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України;
- 8. КОВАЛЬЧУК Дмитро Вікторович** — директор ПрАТ «НВО «Червона хвиля».

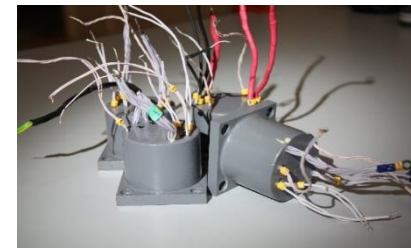
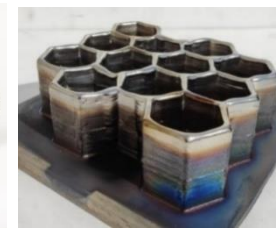
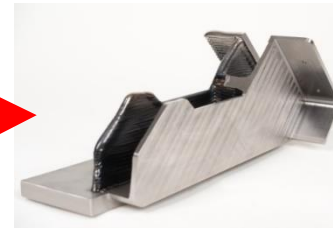
# ОСНОВНІ ВИКЛИКИ ЩОДО ПОТРЕБ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ТЕХНІЦІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Використання титанових бронееlementів

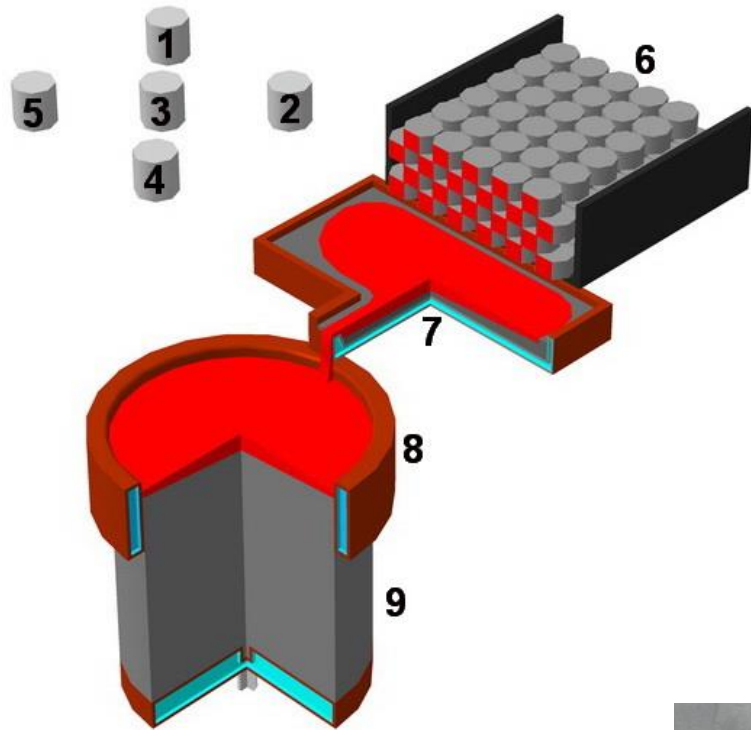
- Ширше застосування матеріалів на основі титану та спеціальної кераміки в якості елементів броньового захисту як персонально особового складу, так і бронетехніки та літальних апаратів;
- Потреба в оперативному виготовленні окремих деталей військової техніки в умовах, наближених до польових, що можна реалізувати виключно адитивними методами високої продуктивності;
- Потреби в застосуванні нових матеріалів для виготовлення широкого кола виробів спеціального призначення – від елементів електронного обладнання військової техніки (малогабаритні трансформатори, магнітопроводи, дроселі, тощо на основі аморфних та наноструктурованих сплавів) до працюючих при високих температурах виробів з кераміки (деталі ГТД, пальники котлів електростанцій, тощо).



A-10 Thunderbolt II "Warthog"



# Отримання злиwkів високоміцних титанових сплавів електронно-променевим плавленням з проміжною ємністю



Технологічна схема процесу ЕПП: 1-5 електронно-променеві гармати, 6 - витратна шихтова заготка, 7 - проміжна ємність, 8 - кристалізатор, 9 - зливоч.



Шихтові заготовки для виплавки злиwkів титанових сплавів



а



б

Процес електронно-променевої плавки зливка: а - Ø400мм BT22; б - Ø600мм BT14



Зливки високоміцних сплавів титану



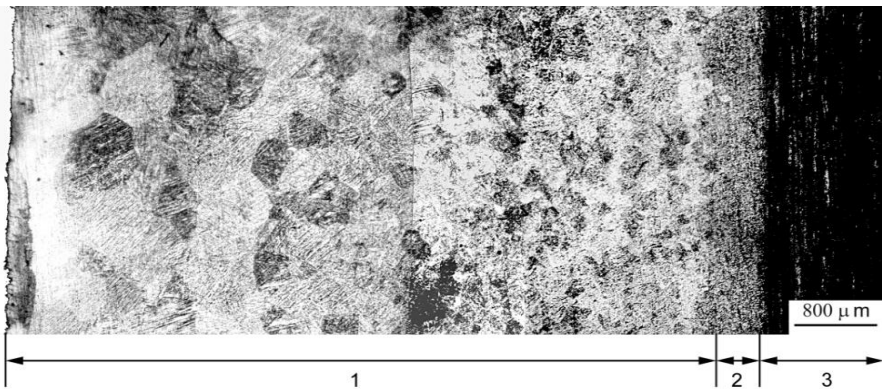
Трубні заготовки

# Шарувата структура титанових виробів, отримана методами поверхневої швидкісної термічної обробки

Установка для поверхневої швидкісної термообробки (ПШТО)



Шарувата мікроструктура сплаву Т110 після ПШТО

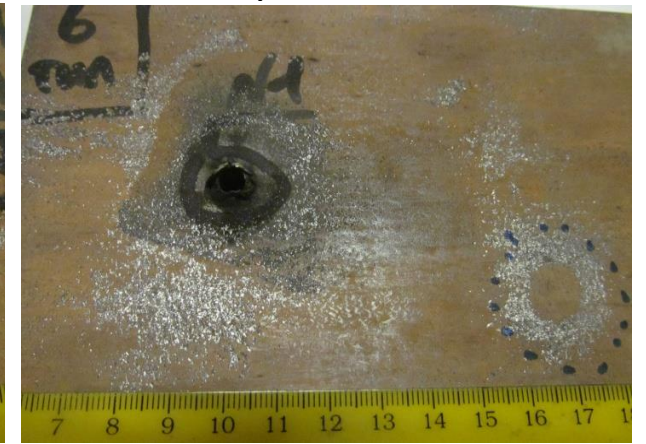


Результат балістичних випробувань сплаву Т110

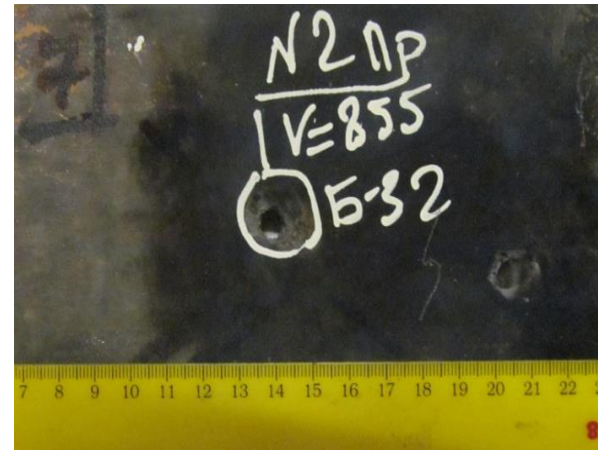
Фронт

Зворотній бік

Відпалений стан



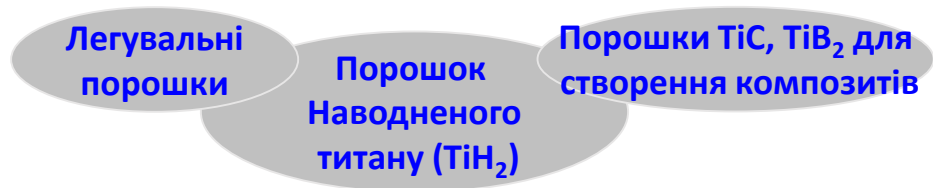
Зміцнений ПШТО



**ПШТО підвищує приблизно на 18% балістичну стійкість сплаву Т110**

# Отримання шаруватих матеріалів на основі титану методами порошкової металургії

Технологічна схема виготовлення сплавів, металоматричних композитів та виробів з них



змішування

Порошкові суміші заданого складу

Пресування

Спресовані Заготовки необхідної форми

Вакуумне спікання, видалення водню

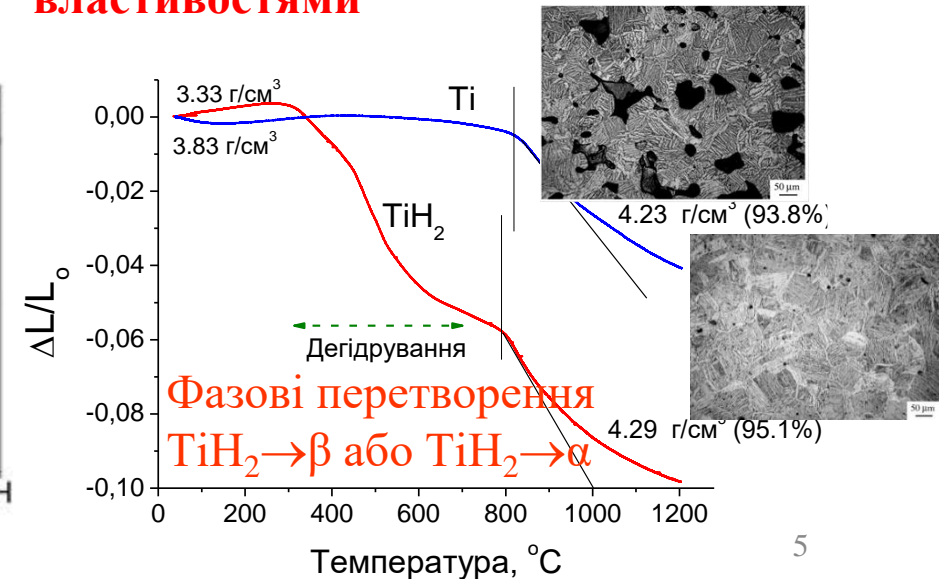
Спечені вироби з титанових сплавів та металоматричних композитів із необхідними характеристиками

При необхідності додатково: Гаряча деформація, гаряче ізостатичне пресування, термічна обробка

Використання багатокомпонентних порошкових систем на основі **гідриду титану TiH<sub>2</sub> замість титану:**

- Активація твердофазної дифузії внаслідок дегідрування
- Відновлення атомарним воднем поверхневих оксидів

**Як результат, в процесі вакуумного спікання формуються титанові сплави та металоматричні композити з однорідною структурою, високою щільністю та високими механічними властивостями**



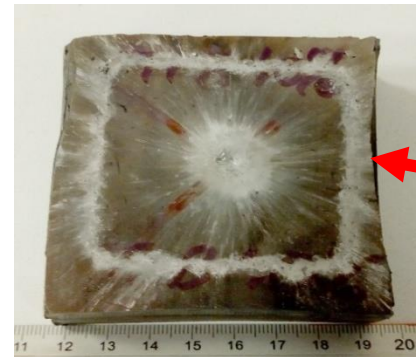
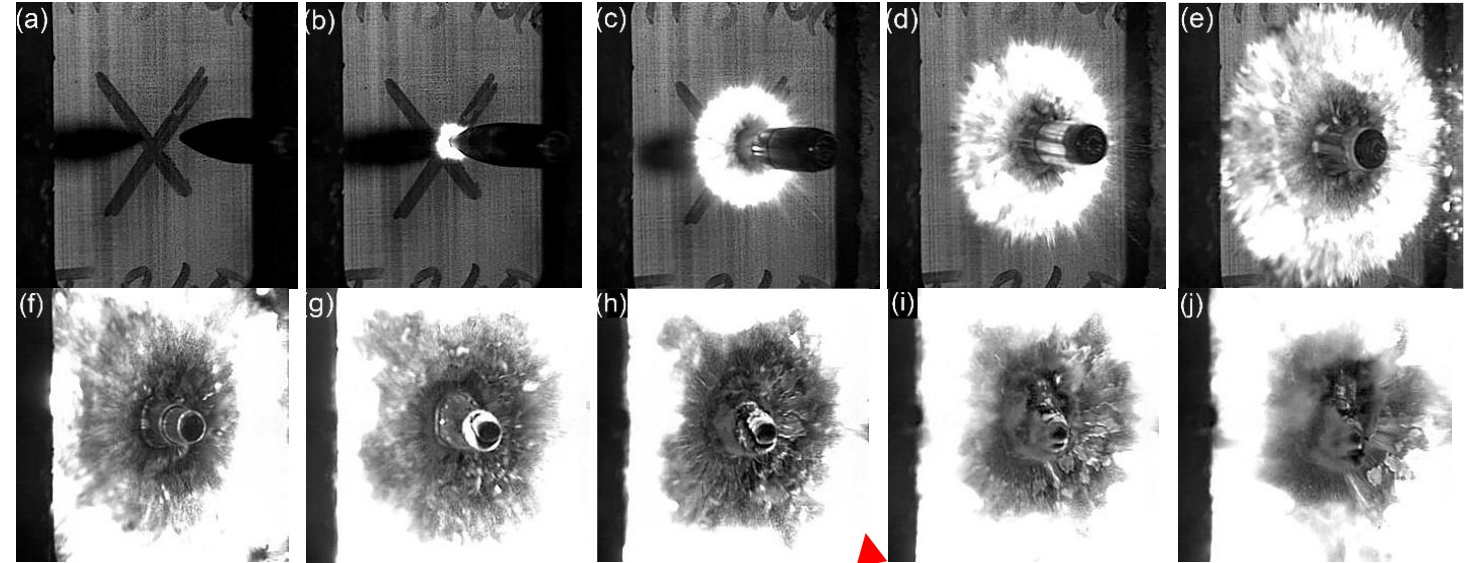
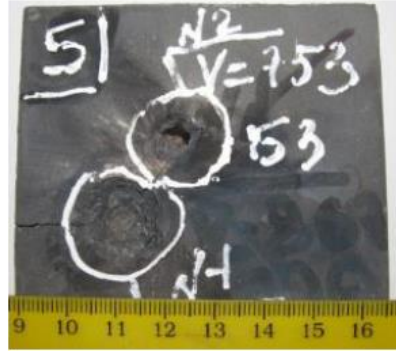
# Шаруваті матеріали на основі титану, створені методами порошкової металургії, з поверхневими шарами з металокераміки

Спечені шаруваті матеріали

Спечені шаруваті матеріали після додаткового ГПШ

Фронт

Задня сторона



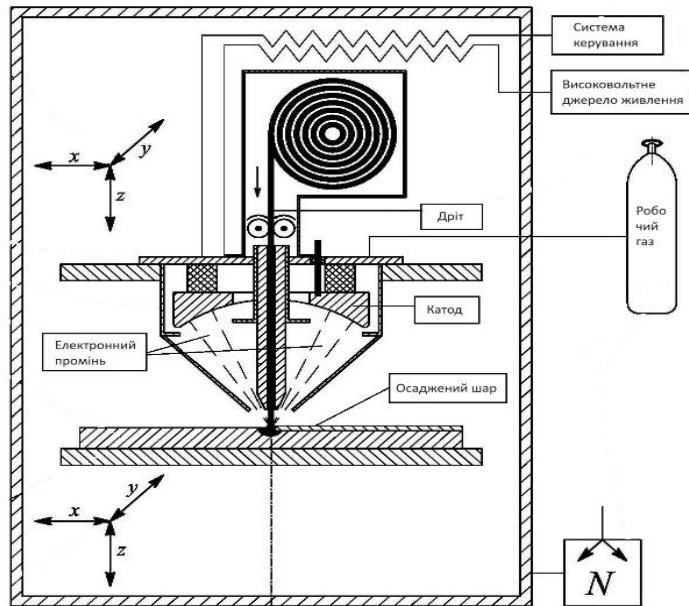
Кадри швидкісної відео зйомки випробувань  
Вигляд зразка з поверхневим шаром, зміцненим боридом титану, після випробувань

**Застосування ГШШ створює практично безпористий стан, загальна твердість такого композиту перевищує 800 HV, що робить матеріал стійким до враження бронебійними кулями із загартованими сталевими осерддями.**

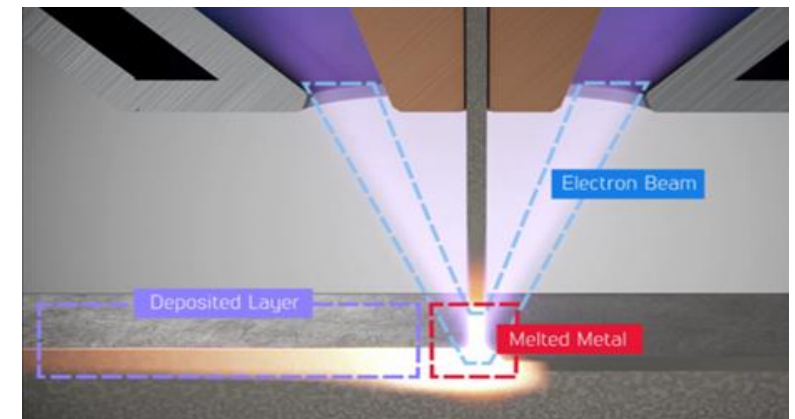
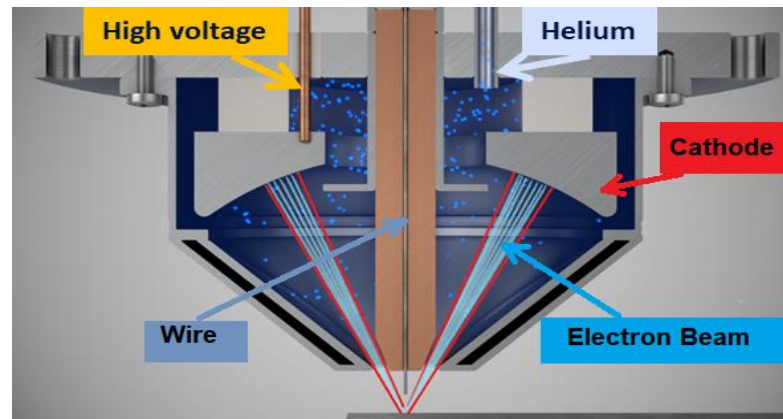
7,62×5,41 AP  
 $V_{\text{Кулі}} = 875 \text{ м/с}$

# Отримання високоякісних виробів за технологією металевого 3Д друку з профільним електронним променем, відомою як xBeam 3D Metal Printing

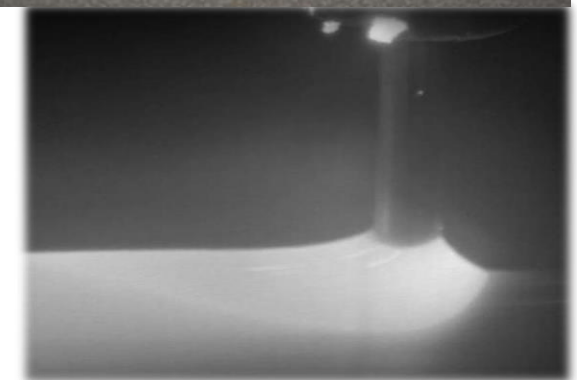
В основу розробки покладена унікальна можливість газорозрядних електронних гармат безпосередньо (без застосування фокусувальних та відхиляючих засобів) генерувати профільні електронні промені. Запатентована технологія металевого 3Д друку xBeam використовує електронний промінь у вигляді перевернутого порожнистого конуса як джерело нагрівання для розплавлення і осадження витратного матеріалу у вигляді дроту, який – вперше в світі – стало можливо подавати в зону осадження коаксіально з джерелом нагрівання.



Схематичне зображення процесу, патент України № 112682

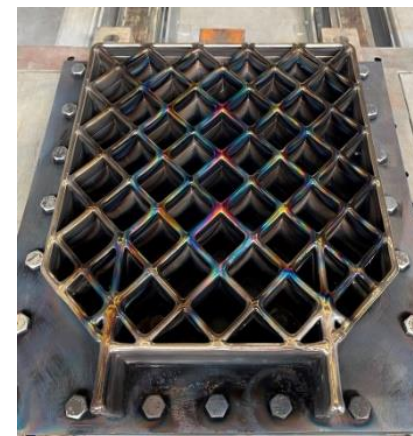
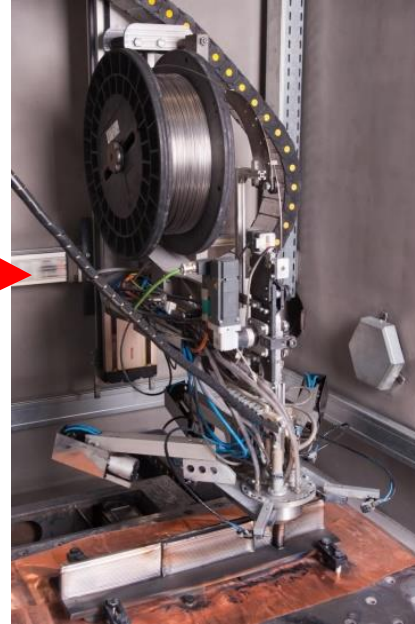


Завдяки такій конфігурації процесу один і той самий електронний промінь одночасно створює ванну розплаву на підкладці та плавить дріт (над підкладкою!), формуючи і підтримуючи стабільний ламінарний потік розплавленого металу від кінця дроту до підкладки, де цей доданий матеріал рівномірно розподіляється в межах ванни розплаву



# Промислове обладнання для реалізації технології металевого 3Д друку xBeam

Система металевого 3Д друку xBeamGrand-1...



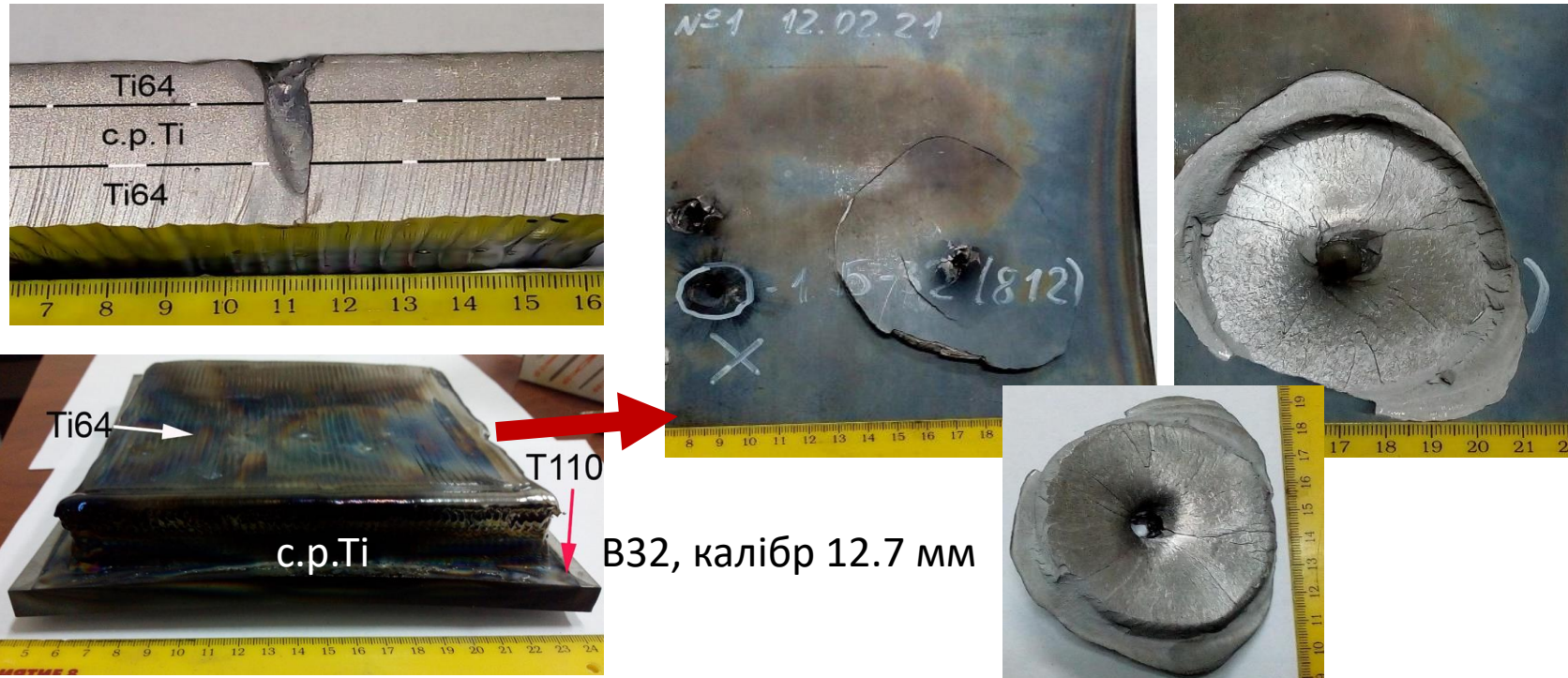
Відвідування ПрАТ «НВО «Червона хвиля» очільниками ЄС (зліва),  
та керівництвом НАН України (справа)

...і виготовлені на ній вироби



# 3D-друковані шаруваті матеріали на основі титану

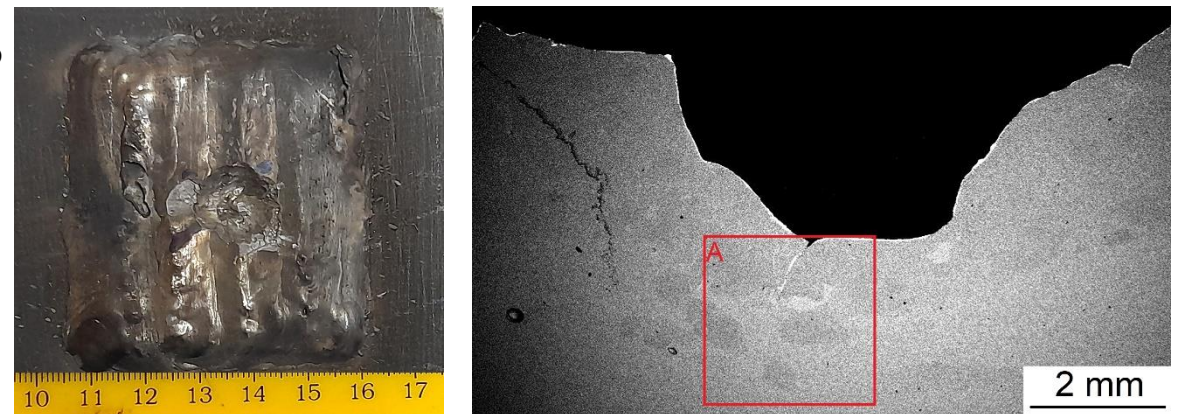
## Шаруваті титанові сплави



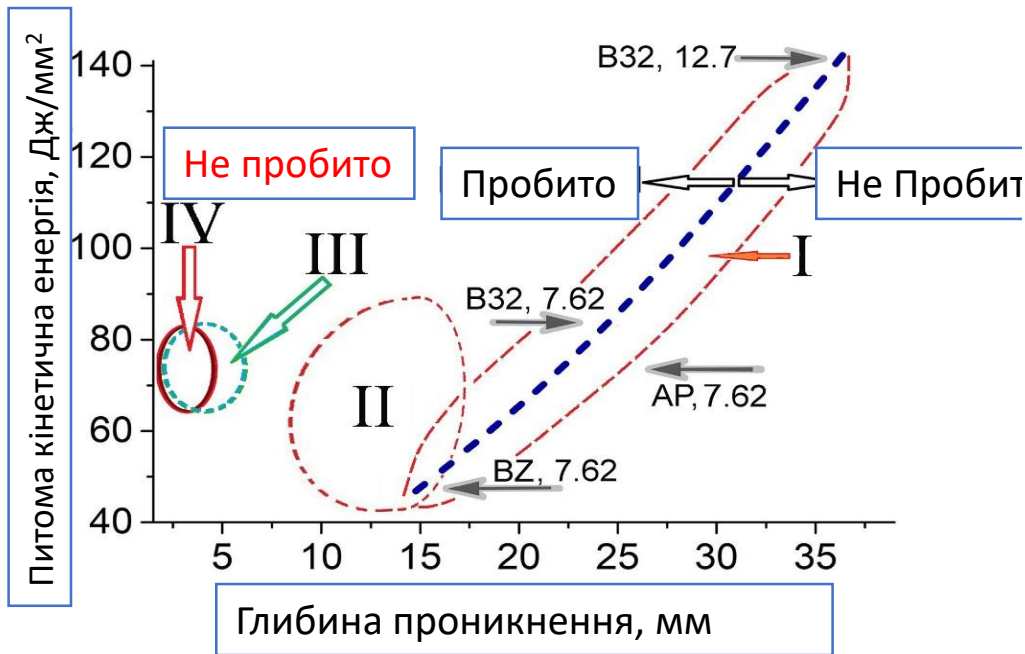
## Матеріали з поверхневим шаром металокераміки

7.62×5.41 AP

**Шаруваті 3D друковані титанові сплави мають підвищену на 15% балістичну стійкість порівняно з однорідними титановими сплавами**

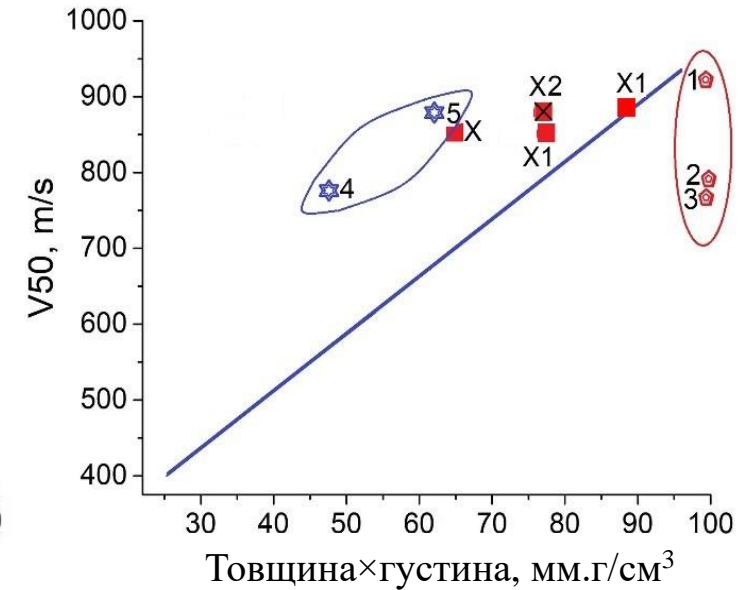
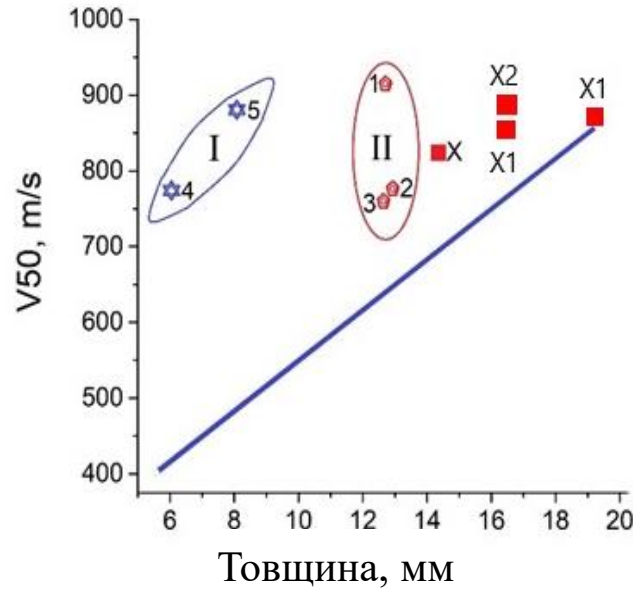


# Порівняння балістичної стійкості розроблених матеріалів і відомих аналогів



- I – Промислові титанові сплави різного складу, мікроструктури і після різних видів обробок;
- II – Шаруваті титанові сплави, отримані методами спеціальної порошкової металургії та 3Д-друку;
- III – Шаруваті титанові сплави з ММК, отримані із застосуванням ГПу;
- IV – шаруваті матеріали із 3Д-друкованим поверхневим шаром ММК

**Найкращу балістичну стійкість демонструють шаруваті матеріали на основі титану з поверхневими шарами зміцненими карбідами титану (№III і №IV)**

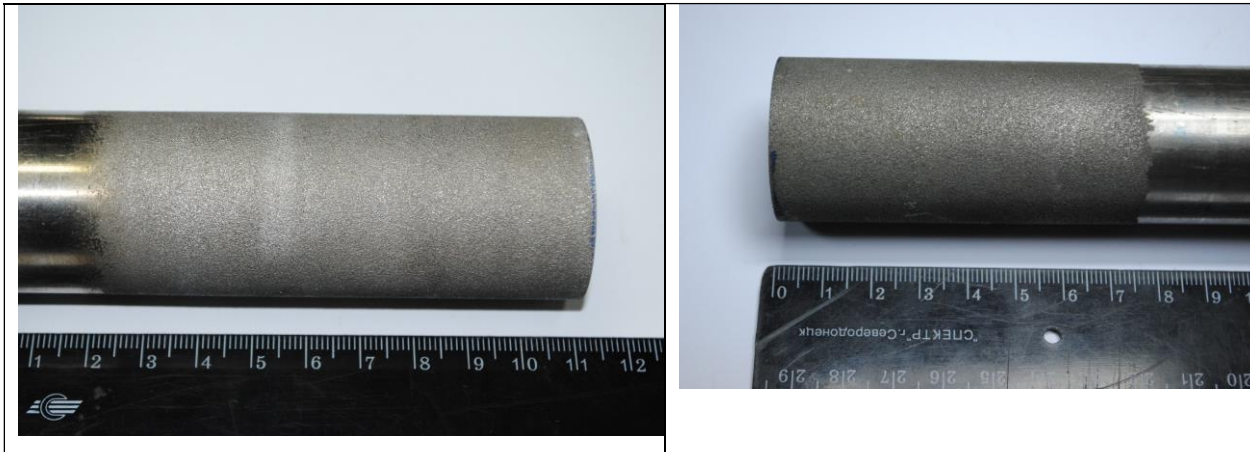


Порівняння залежності значень V50 від товщини сталевих пластин (точки ##1-5) і титанових матеріалів (точки X-X2), оцінених у балістичних випробуваннях з боєприпасами 7,62 AP: (а) в абсолютних значеннях товщини та (б) з урахуванням питомої ваги матеріалів. Синя лінія була отримана J. Fanning з широким спектром комерційних титанових сплавів. Дані для регіонів (I) і (II) відповідають сталі ARMOX 600T. Точка «X» - V50 для катаної пластини Ti-6Al-4V товщиною 14 мм, точки X1 – однорідний 3D друкований Ti-6Al-4V, X2 – шаруватий 3D друкований матеріал

# Формування високоміцних нано- та мікрокристалічних станів в багатокomпонентних сплавах на основі Fe, Al та Ti, сформованих в стрічках, порошках та нанесених різними газотермічними, газодинамічними способами та комбінованим обробленням зносостійких покриттях

Розроблено нові сплави системи Fe-ПМ-Х, де ПМ – Ni(Co),Cr(Mn),W(Mo,Nb,V), Х – металоїди В, Si, Р і С з боро-карбідним зміцненням, з найвищою схильністю до гетерофазної нанокристалізації та технологічні умови їх отримання у вигляді швидкоохолоджених зразків (стрічок, порошку, стрижнів чи пластин) та газотермічних покриттів.

Розроблено та погоджено технічну документацію (Технологічний регламент) виготовлення наноструктурованих (частково аморфних) порошків з нових складнолегованих слабомагнітних сплавів системи Fe(Ni,Co,Cr,Mn,Mo,W,V,Nb,Al)(Si,B,C,P) методом індукційної плавки в захисній атмосфері для подальшого промислового виробництва та розпилення інертним газом чи розпорошення у воді. **Проведено контрольні випробування порошкових сплавів та технології їх нанесення на підприємствах України та підготовлено промислову партію порошку розпиленням та гартуванням у воді із сплаву НВ-4 оптимального складу масою близько 20 кг для випробувань як матеріалу для відновлення землерийного інструменту.**



Газо-полум'яні зміцнені покриття із сплавів НВ-4 (а) та NHRP-6 (б), нанесені на робочі частини нержавіючих трубок.

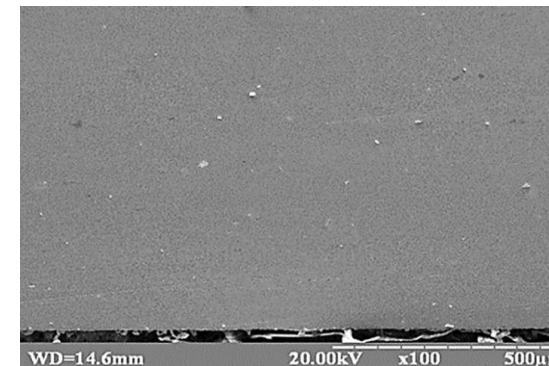
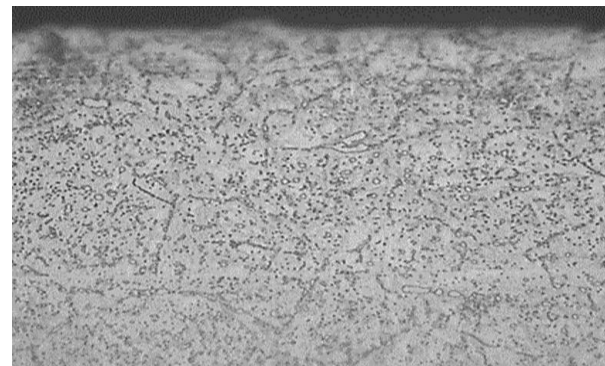


Газо-полум'яні покриття із сплаву НВ-4 на робочих деталях різного ріжучого інвентаря (а). Як приклад наведена в т.ч. зношена непридатна деталь з наплавленим захисним шаром (б - зліва).

# Апробація аморфно-нанокристалічного сплаву NHRP-6 в умовах трубопрокатного виробництва.

При виробництві труб із корозійностійких сталей на трубопрокатних установках актуальною проблемою є низька стійкість трубного інструменту.

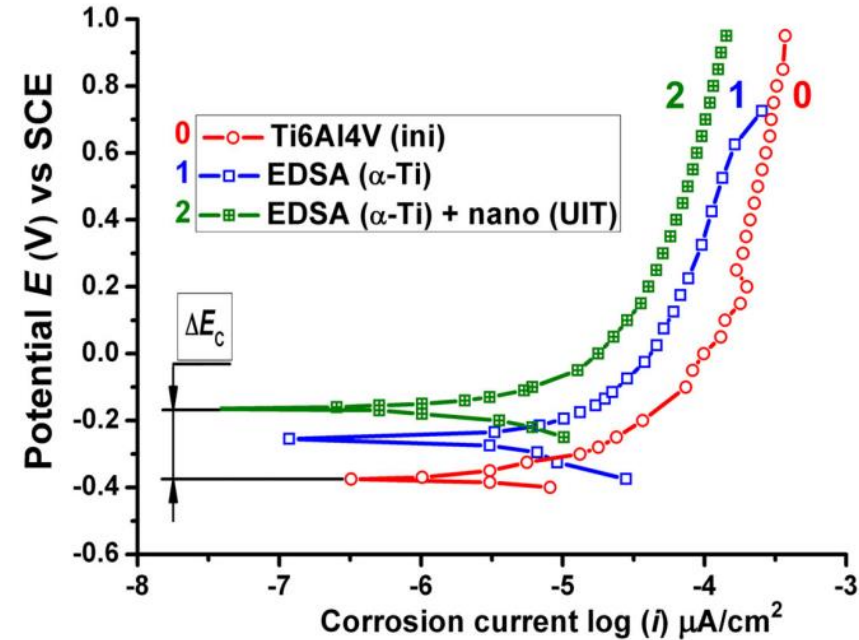
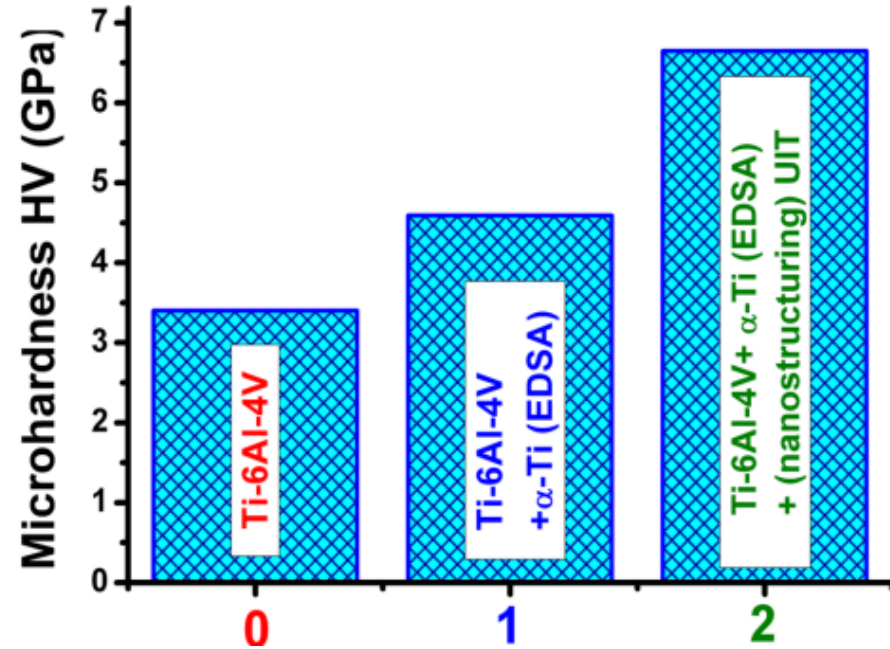
Запропонована технологія термозміцнення трубного інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб (роликів і опорних планок станів ХПТР) зі сталі 4Х5МФ1С, яка виключає третій відпуск і використовує нанесення покриття із порошків аморфних сплавів товщиною  $100 \div 150$  мкм. Внаслідок запропонованої технології підвищуються міцність, зносостійкість, а також твердість до  $HV_{0,1}=950 \div 1050$  (в порівнянні із  $HV 587 - 690$  за існуючою технологією термічної обробки в заводських умовах). Проведено широкий комплекс досліджень структури покриття і промислових випробувань роликів і опорних планок. Показано, що газоплазмове нанесення покриттів з аморфного сплаву на основі системи Fe-Ni-Cr-Co-Mo-Si-C-B-P збільшує твердість поверхні інструменту в  $1,3 \div 1,6$  рази і їх зносостійкість на  $\sim 30 \div 50$  %.



Мікроструктура покриття трубопрокатного інструменту (оптична та скануюча електронна мікроскопія)

**Встановлено нові можливості керованого синтезу надміцних, термічно стабільних наноструктурних покриттів в т.ч. для елементів техніки спеціального призначення.**

# Корозійностійкий наноструктурований поверхневий шар на сплаві Ti6Al4V, модифікований застосуванням електроерозійного поверхневого легування (ЕПЛ) $\alpha$ -титаном та ультразвуковою ударною обробкою (УЗУО)



Поверхнева мікротвердість вихідного (0), ЕПЛ ( $\alpha$ -Ti) (1) і ЕПЛ + УЗУО оброблених (2) зразків сплаву Ti6Al4V

Потенціодинамічні поляризаційні криві вихідних (0), ЕПЛ ( $\alpha$ -Ti) (1) і ЕПЛ + УЗУО оброблених (2) зразків сплаву Ti6Al4V

**Утворення нанорозмірної зернистої структури з межами зерен, стабілізованими інтерстиціальним киснем/нанорозмірними оксидами  $\text{TiO}_2$  призводить до суттєвого підвищення мікротвердості (до 6,5 ГПа)**

Легування (ЕПЛ)  $\alpha$ -титаном та з подальшою ультразвуковою ударною обробкою (УЗУО) утворює **зміцнений** нанокристалічний поверхневий шар, схильний до прискореної пасивації та подальшого захисту зразків двофазного сплаву Ti6Al4V від корозійної дії у хлоридвмісних розчинах. Хороші антикорозійні властивості шару ЕПЛ  $\alpha$ -титаном + УЗУО - обробленого шару титану пов'язана з високою часткою площі границь зерен нанорозмірної зернистої структури, що сприяє швидкому утворенню пасивної оксидної плівки на першій стадії корозійної атаки. Потім ця пасивна плівка забезпечує успішний захист більш глибоких шарів зразка (**імплантату**) від подальшої корозії.

# Технології виготовлення трансформаторів та дроселів з використанням аморфних та нанокристалічних магнітопроводів для імпульсних блоків живлення та систем управління спеціального призначення

Створено та впроваджено конкурентоспроможні імпульсні трансформатори та дроселі з використанням високостабільних аморфних та нанокристалічних стрічкових магнітопроводів для подальшого застосування в серійному виробництві середньочастотних інверторів та в інших малогабаритних високоефективних імпульсних блоках живлення та телекомунікаційних системах управління спеціального призначення.

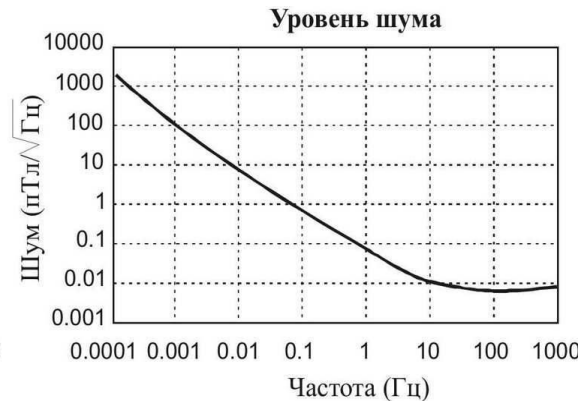
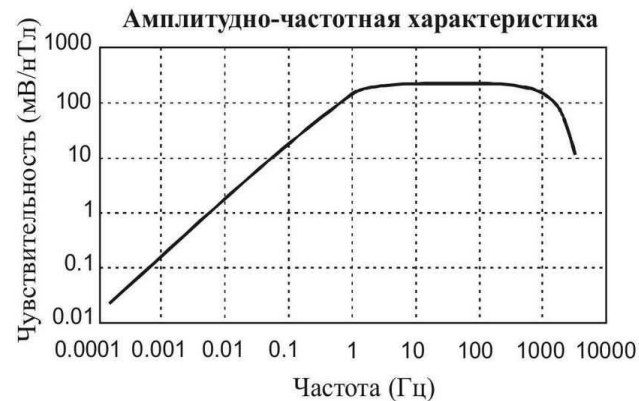


Одержано дослідні та дослідно-промислові партії стрічок та магнітопроводів різної геометрії із нових економнолегованих аморфних та нанокристалічних сплавів.

**Оптимізація складу нанокристалічних ММ-сплавів, що здійснювалася легуванням кобальтом замість ніобію (до 50%) (сплав ММ-12Н) та хромом при заміні ніобію, а кремнію – фосфором (сплав ММ-14Н), дозволила отримати в осердях із них більш ніж в 10 та 15 разів, відповідно, менші ніж у сталі втрати на перемагнічування.**

# Приклади використання нових аморфних та нанокристалічних сплавів

## Високочутливі зонди для індукційних магнітометрів нового покоління (LEMI-120)



**Призначення:** для дослідження магнітних аномалій в геологічній розвідці, цивільному розмінуванні та космічному просторі

## Малогабаритний ферозондовий магнітометр LEMI-031 із малим рівнем шумів та потужності споживання



Призначення: для вимірювання трьох складових вектора магнітного поля.

# Магнітопроводи та лінійні накопичувальні дроселі для ДВЕЖ апаратури спеціального призначення.

**Нанокристалічний магнітопровід МТ04218С-11-0151** з високою стійкістю до підмагнічування постійним струмом для заміни імпортованих осердь типу МП140 з пермалоєвого магнітодіелектрику розроблено на замовлення ПАТ «НВК КЗА» (ДК «Укроборонпром») для виготовлення лінійних дроселів згладжуючих фільтрів імпульсних ДВЕЖ інверторного типу.



Приклади лінійного дроселя **Д5-0,4/25** (з номінальними індуктивністю 0,4 мГн, та струмом **25А**) тороїдальної форми, та дроселя прямокутної форми **Д9-1,2/0,6** (1,2 мГн, струмом **0,6А**).



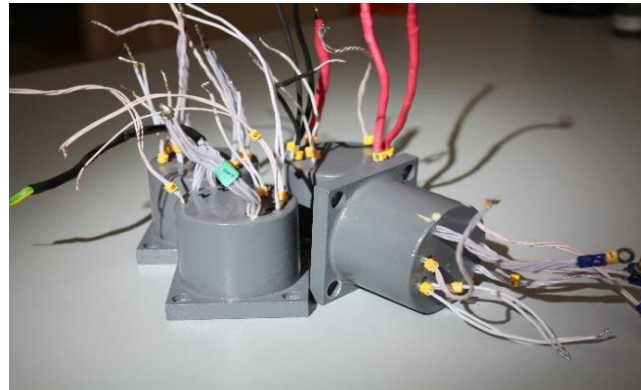
**Розроблено Групові технічні умови ТУ У 27.1-21466665-016:2016  
«Уніфіковані дроселі (спеціального призначення) серії ДС»**



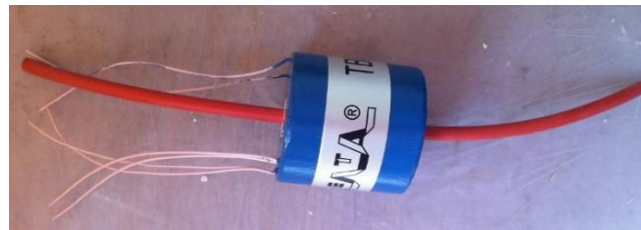
# Трансформатори силових імпульсних джерел живлення (ІДЖ) спеціального призначення



Використання нанокристалічних магнітопроводів в середньочастотних трансформаторах ТСС в блоках живлення ПН-1,5 істотно підвищило їх експлуатаційні характеристики, забезпечило значний (до 3 разів) вииграш у масогабаритах, а також зменшило ватні втрати в перетворювачах.



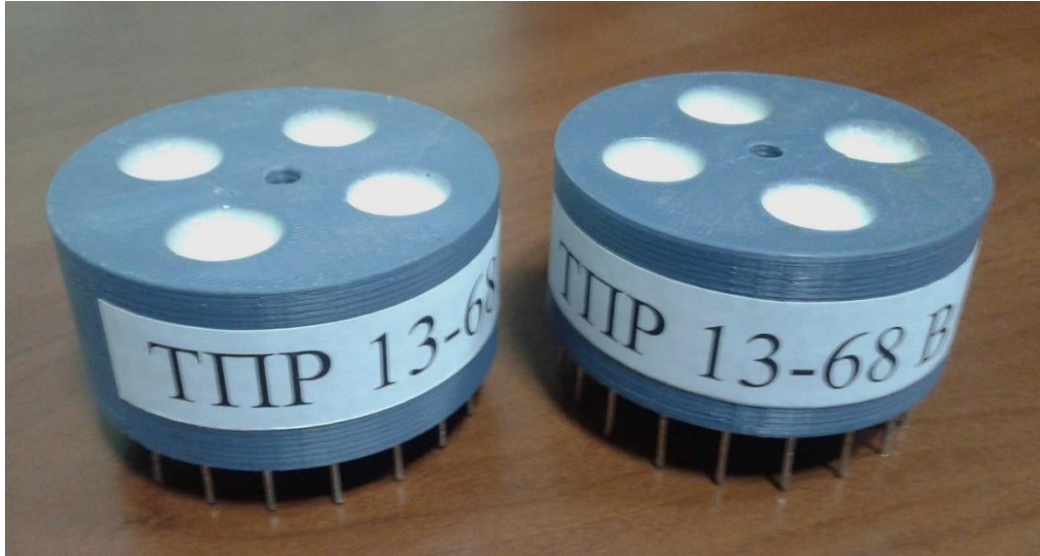
Трансформатори високовольтні типу ТІМВ-4-600/8000 та ТВП-1-150/15 - приклади спеціального конструктиву для блоків живлення РЛС.



Приклад малогабаритного повністю герметичного дроселя для монтажу в ІДЖ.

ПНВП «АТ-СИСТЕМА», ТОВ «НВП «Електроавтоматика» (м.Київ) з використанням нових трансформаторів на нанокристалічних магнітопроводах розробили високостабільні блоки живлення типу ПН-1,5 (9С831) для модернізації та ремонту систем електро-забезпечення бронетехніки, зокрема живлення апаратури проти-танкових ракетних комплексів (ПТРК) найпоширеніший у світі танків Т-55, Т-72  
Заміна старого блоку живлення на інвертор вивільнила 0,5м<sup>3</sup> простору.

## Імпортний трансформатор на пермалоевому стрічковому осерді типу ТПр13 був об'єктом розробки з використанням нанокристалічних магнітопроводів МТ04010С-11-2127

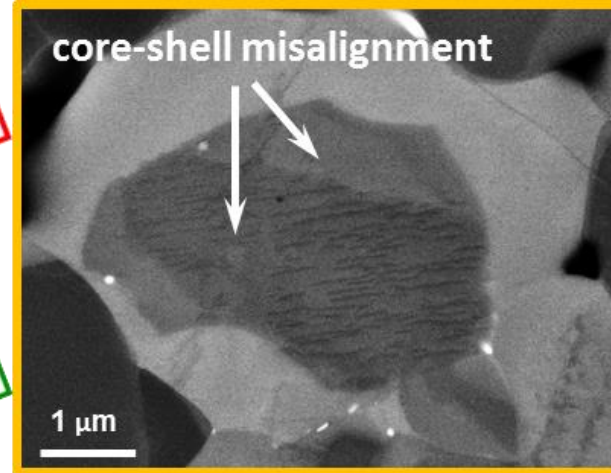
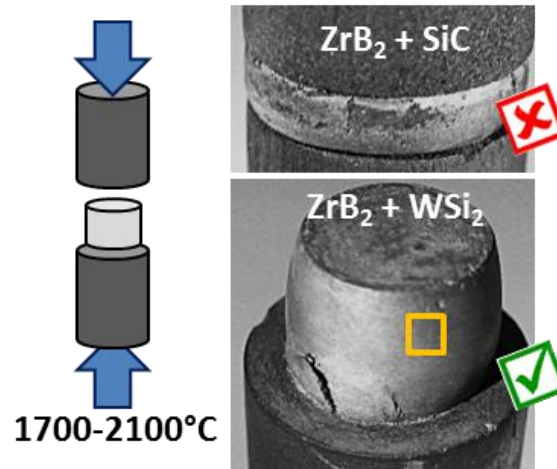
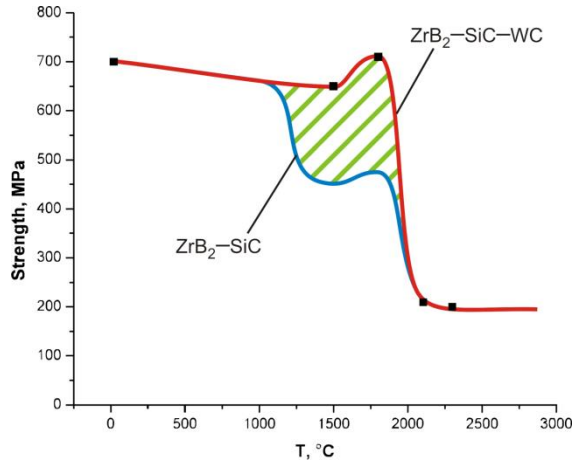


**Замовник: ДП "Машинобудівна фірма "Артем"**

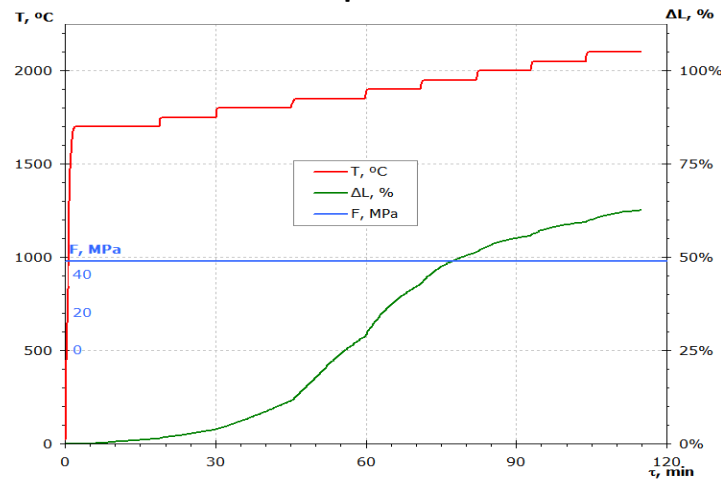
**Трансформатори ТПр13-68В** виготовлені з використанням нанокристалічних магнітопроводів демонструють значно вищі значення індуктивного опору та добротності всіх обмоток в порівнянні з трансформаторами на пермалойі. Отримано надзвичайно **низькі значення індуктивності розсіяння  $L_{s1-2}$**  вхідних обмоток нового трансформатора.

Проведені дослідження та розробки **нових нанокристалічних магнітопроводів та на їх базі нових (в т.ч. імпортозамінних) індуктивних компонентів схем (трансформаторів та дроселів) безпосередньо спрямовані на розробку нових технічних і технологічних рішень, використання яких при створенні нового й модернізації наявного озброєння, військової та спеціальної техніки сприятиме підвищенню їхньої ефективності і надійності при мінімізації фінансових витрат, а значить – на вирішення проблем з підвищення обороноздатності і безпеки держави.**

# Ультрависокотемпературна кераміка



Типові температурні залежності міцності УВТК



Кінетика повзучості складу 85% ZrB<sub>2</sub> + 15% SiC, Температура 1700 ... 2100 °C; тиск 48 МПа

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 \cdot \exp(-Q/kT)$$

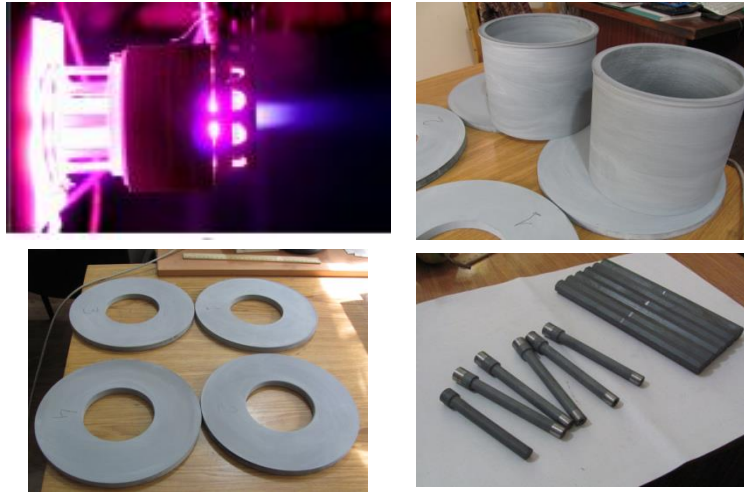
Склад кераміки	Температура початку повзуч./руйнув. °C	T <sub>0=5*10<sup>-5</sup></sub> (°C)	Деформ. при руйнув., %	Енергія актив. eВ
ZS-BC	1800/2100	1930	60	7.7
ZS-WC3	1800/2100	1910	60	4.3
Z-Ws (ZrB <sub>2</sub> +WSi <sub>2</sub> )	1800/2000	1920	25	8.5
ZrB <sub>2</sub> +15%MoSi <sub>2</sub>	1700/1900	1850	55	5.8
ZrB <sub>2</sub> +15%MoSi <sub>2</sub> +5%CrB <sub>2</sub>	1550/1750	1640	45	7.0
ZrB <sub>2</sub> +15%SiC	1700/2100*	1760	65*	6.3
ZrB <sub>2</sub> +15%SiC+5% CrB <sub>2</sub>	1800/1950	1760	50	11.7

\*-Зразок не зруйнувався

Отримані керамічні матеріали, що зберігають при 1400-1500°C міцність близько 80-110% від міцності при кімнатній температурі.

Кераміка ZrB<sub>2</sub>-SiC зберігала цілісність і не руйнувалася навіть за деформації 65%, при повзучості з енергією активації 6.3 eВ.

# Вироби з ультрависокотемпературної кераміки



**Електроракетні двигуни (ЕРД)**  
(диффузори, ізолятори и шпильки)

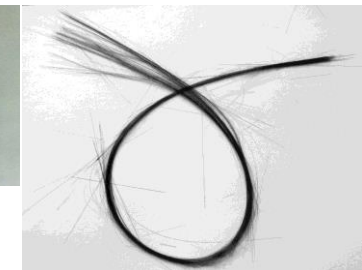
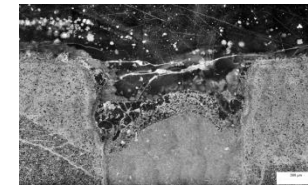
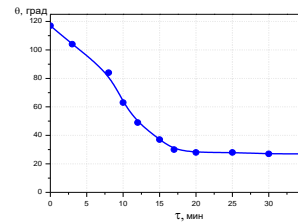


**Керамічні деталі ГТД**

**Розробка керамічного оснащення з УВТК для отримання волокон (Кінетика змочування кераміки базальтом; розріз кераміки в області фільтри; Фільтрний вузол та зразок базальтових волокон, отриманий з використанням нової кераміки)**

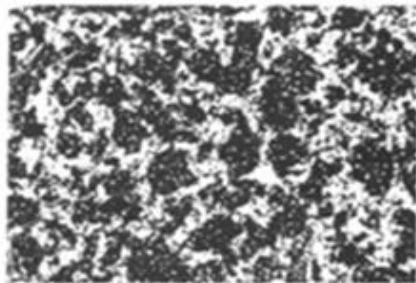


**Жарова труба із ультра-високотемпературної кераміки для пальника спалювання вугілля на електростанціях.**

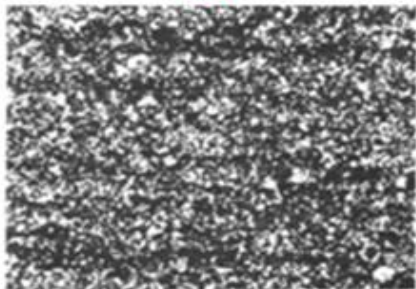
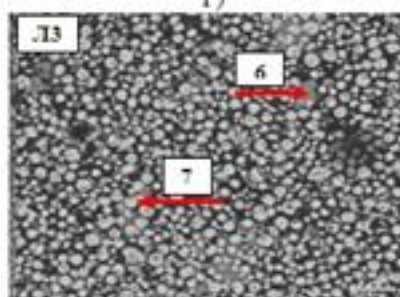


# Високозносостійкі композиційні матеріали на основі залізовуглецевих та алюмінієвих сплавів, армованих високомодульними сполуками (TiC, TiB<sub>2</sub>)

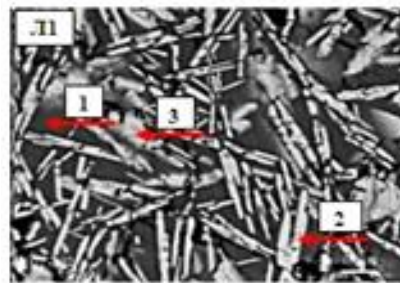
**Теоретично обґрунтовані та розроблені принципово нові технологічні схеми виготовлення карбідосталей та алюмоматричних композитів, які базуються на використанні ефекту *in-situ* формування карбідної (боридної) фази в процесі термічного синтезу із вихідної суміші з порошків гідриду титану, вуглецю (карбиду бора) та сталі (для карбідосталей) або алюмінію (для алюмоматричних композитів).**



**а)**



**б)**



**Мікроструктура спеченої (а) та гарячештампованої (б) карбідосталей**

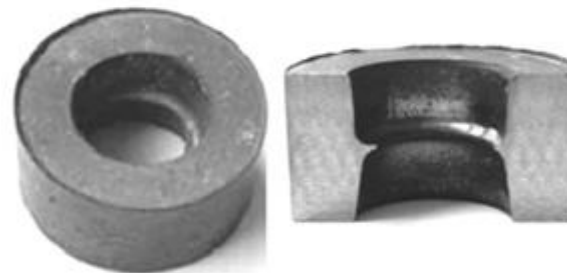
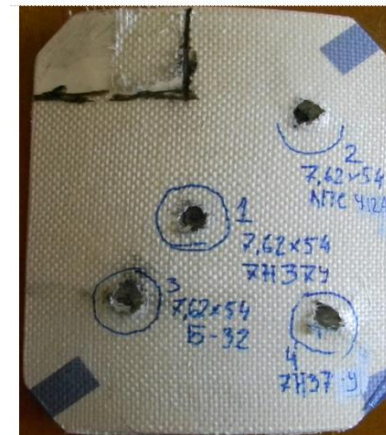
**Мікроструктура термічно синтезованих алюмоматричних композитів при різних співвідношеннях компонентів шихти**

Технологія виготовлення	Густина, г/см <sup>3</sup>	Твердість, HRC		Міцність на вигин, МПа
		після відпалу	після гартування	
Рідкофазне спікання	7,12	41-44	68 - 70	1620-1670
Гаряче статичне пресування	7,17	43-45	68 - 71	1680-1740
Гаряче штампування	7,02	40-43	67 - 69	1880-1960

Метод отримання	$\sigma_v$ , МПа	Твердість (HRB)
Лиття	232	69-73
Штампування литого сплаву	265	70-80
Гаряче штампування порошкових заготовок	360	76-78

**Порівняльні характеристики механічних властивостей карбідосталей (а) та алюмоматричних композитів (б), отриманих за різними технологічними схемами**

# Високозносоустійкі композиційні матеріали на основі залізовуглецевих та алюмінієвих сплавів, армованих високомодульними сполуками ( $TiC$ , $TiB_2$ )



**Зразки виробів з карбідосталей, отриманих гарячим штампуванням порошкових заготовок**

**Розробка впроваджена на двох підприємствах України та Південної Кореї.**

**Результати балістичних випробувань бронеплит із карбідосталі:  
верх – лицьова сторона,  
низ - тилова**

# Кераміко-полімерні бронееlementи для захисту легкоброньованої та авіаційної техніки

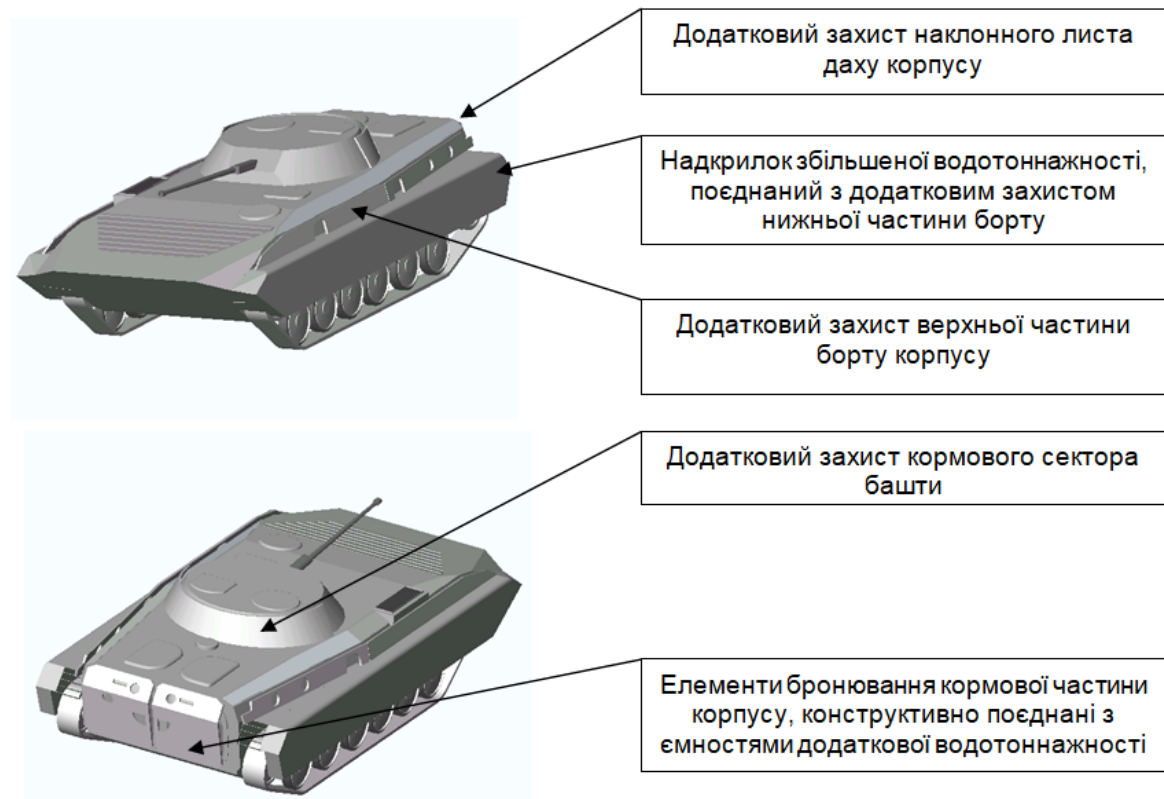


**Зберігається здатність машини до подолання водних перешкод на плаву.**

**Рівень захисту: круговий захист від бронебійних куль великокаліберних кулеметів на будь-якій дальності; захист передньої проекції та бортів корпусу від 23,0 мм бронебійних снарядів з дальності від 300 м.**

**Маса додаткового бронювання машини типу БМП складає до 1200–1300 кг. Площа додаткового бронювання – до 15 м<sup>2</sup>.**

**Виграш за масою порівняно з варіантом додаткового бронювання, який використовує лише броньову сталь - від 40 % до 3-х раз.**



## Загальні дані щодо роботи

- Результати опубліковані в 151 друкованій праці, в тому числі 1 монографії, 2-х главах в колективних монографіях і 148 наукових статтях категорії А, на які загальна кількість посилань/індекс Гірша згідно наукометричних систем складає: Web of Science 2560/26, Scopus 3027/29, Google Scholar 3905/30.
- Отримано патентів на винаходи: всього – 27, з них – 19 патентів України, 3 США, 2 - Німеччини, 2 – Китаю, і по 1 Мексики, Сінгапуру і 1 Європатент.
- Результатом практичної реалізації робіт є апробація та промислове впровадження технологій виготовлення абсолютно нових матеріалів і виробів з них для потреб оборонної промисловості та застосовано в низці виробів спеціального призначення для озброєння і військової техніки (засобах протиповітряної оборони, ракетній техніці, високоточній зброї, бронетанковій техніці, засобах безшумної та безполуменевої стрільби тощо), що сприяло задоволенню відповідних потреб вітчизняних підприємств, включаючи НВЦ «Титан» ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, ДП «Антонов», КБ «Арсенал», АТ «Мотор Січ», ДП «КБ «ПІВДЕННЕ», ТОВ «Днепропрес Сталь», ПрАТ «ВЛКЗ», ПАТ НВК „Київський завод автоматики”, ПАТ «РАДАР», ТОВ “ХАРТРОН-ІНКОР”, ДП «Машинобудівна фірма «АРТЕМ», ДП «Державне Київське конструкторське бюро «Луч», ТОВ «НВК«ПРОГРЕС» та зменшенню їхньої залежності від імпорту конструкційних і функціональних матеріалів та комплектуючих.