



ФІРСТОВ

Георгій Сергійович —
доктор фізико-математичних
наук, заступник директора з
наукової роботи Інституту
металофізики ім. Г.В. Курдюмова
НАН України

ФІЗИЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СПЛАВІВ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

**Стенограма доповіді на засіданні
Президії НАН України 4 червня 2025 року**

У доповіді наведено актуальні результати фундаментальних і прикладних досліджень, проведених в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України в галузі фізичного матеріалознавства сплавів із пам'яттю форми. Розглянуто запропоновані науковцями технологічні рішення для промисловості України.

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні члени Президії!

Сьогодні фізичне матеріалознавство функціональних сплавів із пам'яттю форми є одним із важливих напрямів розвитку сучасної науки і техніки.

Ефект пам'яті форми (shape memory effect) — це явище повернення до вихідної форми під дією зовнішніх чинників (найчастіше нагрівання), яке спостерігається після попередньої деформації. Реалізується цей ефект виключно завдяки мартенситному перетворенню, а речовини, в яких він спостерігається, здобули загальну назву — матеріали з пам'яттю форми, або «розумні» (smart) матеріали. Унікальні фізичні властивості, а саме: відновлювана деформація, надпружність, демпфувальна здатність, зумовили широке практичне застосування «розумних» матеріалів у різних галузях техніки й медицини.

Вагомий внесок у становлення напряму фізичного матеріалознавства функціональних сплавів із пам'яттю форми зробили свого часу українські вчені: академік Георгій Вячеславович Курдюмов і професор Лев Григорович Хандрос. У 1949 р. вони відкрили унікальне фізичне явище термопружної рівноваги при фазових перетвореннях мартенситного типу. Їхні роботи становили підґрунтя для розуміння механізму відновлення форми.

Мартенситні перетворення — особливий клас фазових перетворень, притаманний не тільки сталям, це загальний тип фазових перетворень у металах та сплавах, який характеризується бездифузійністю і гістерезисом, а зовнішні напруження у цьому випадку мають селективний вплив, тобто спричиняють появу макроскопічної мартенситної деформації.

Науковці Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України досягли нового рівня фундаментальних і практичних результатів у дослідженнях, спрямованих на істотне розширення можливостей застосування матеріалів із пам'яттю форми та створення виробів на їх основі.

Зокрема, запропоновано нові технологічні рішення, які допомогли подолати типові обмеження «розумних» матеріалів: вузький температурний інтервал експлуатації, деградацію властивостей зі зростанням кількості циклів термомеханічної дії — функціональну втому, обмежену корисну роботу, а також токсичність окремих компонентів у разі біомедичного застосування.

Завдяки проведеним дослідженням вдалося істотно — на сотні градусів — збільшити температурний інтервал функціонування «розумних» матеріалів і фактично створити так звані високотемпературні сплави з ефектом пам'яті форми (ВСЕПФ). Проблема функціональної втоми було вирішено завдяки інтеграції підходів до керування температурною стабільністю ВСЕПФ із новітніми розробками в галузі високоентропійних (багатокомпонентних) сплавів (ВЕС). В результаті було підвищено надійність і довговічність сучасних виробів, а також створено наукові засади керування такими ключовими характеристиками цих сплавів, як виконувана робота, надпружність та окисна стійкість.

Українським ученим належить пріоритет у висуненні ідеї поєднання концепцій ВСЕПФ та ВЕС, яка відкрила шлях до створення нового типу функціональних матеріалів — високоентропійних сплавів з пам'яттю форми. Цю наукову ідею визнано на міжнародному рівні як проривну, і вона стала каталізатором активних

досліджень у цьому напрямі за участі провідних науковців світу.

Створені фахівцями Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України наукові основи забезпечують ефективне керування винятковими характеристиками цих матеріалів, зокрема, йдеться про стабільні оборотні деформації в широкому температурному діапазоні, високу демпфувальну здатність, істотне (майже вдвічі) підвищення межі плинності та межі міцності, а також рекордні значення виконуваної роботи, які можуть сягати 180 Дж/см³, що більш як у 7 разів перевищує цей показник для класичних сплавів типу нітинолу.

Функціональні пристрої на основі матеріалів із пам'яттю форми вже продемонстрували перспективність застосування їх в автомобільній, аерокосмічній, добувній, машинобудівній промисловості, а також у медицині та спеціальному приладобудуванні. Є приклади успішного промислового використання цих пристроїв. Окреслено також подальші напрями їх практичного впровадження, зокрема в галузі біомедичних технологій.

Серед вагомих досягнень варто відзначити виконання замовлення для компанії Boeing, що свідчить про високий міжнародний рівень науково-технічних розробок. Практичну цінність функціональних сплавів із пам'яттю форми підтверджено також їх успішним використанням у межах програм імпортозаміщення для потреб Державного підприємства спеціального приладобудування «Арсенал». Крім того, розробки Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України викликають значний інтерес з боку провідних промислових підприємств, зокрема Акціонерного товариства «Антонов», Акціонерного товариства «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка», установ медичного профілю, а також організацій, що працюють в оборонно-промисловому секторі.

Фахівці Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України відпрацювали технологічні режими окиснення NiTi, за яких істотно, майже до нуля, знижується вміст нікелю на поверхні матеріалу з пам'яттю форми. Це є ви-

рішальним фактором для біосумісності імплантатів з таких матеріалів, зокрема каркасів протезів клапанів серця, коронарних стентів та стентів для лікування аневризми, оскільки нікель є шкідливим для організму людини елементом. Ця розробка вже привернула підвищену увагу клініцистів. У подальшому ми плануємо створити багатокомпонентні інтерметаліди з пам'яттю форми, які взагалі не містили б небезпечних для здоров'я людини складових і при цьому повністю зберігали б свою функціональність.

Науковці Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України мають високий рейтинг у світовому науковому просторі завдяки своїй активній участі в діяльності міжнародних комітетів провідних конференцій ICOMAT і ESOMAT, а також роботі в редакційних колегіях авторитетних фахових журналів, що спеціалізуються на вивченні мартенситних перетворень та ефекту пам'яті форми.

Проте розвиток цього важливого міждисциплінарного напрямку наразі стримується недостатнім рівнем координації дослідницької діяльності, а також незадовільним станом матеріально-технічної бази. Особливо гостро постає потреба в модернізації наукової інфра-

структури, зокрема в забезпеченні сучасним високотехнологічним обладнанням для проведення фундаментальних і прикладних досліджень, а також для налагодження виробництва матеріалів нового покоління.

Розвиток цього напрямку є вкрай важливим для прискорення впровадження в Україні інноваційних технологій, що мають вирішальне значення для підвищення обороноздатності держави та відновлення її критичної інфраструктури.

Зважаючи на важливість і міждисциплінарний характер представлених результатів, а також беручи до уваги високий рівень досліджень у галузі фізичного матеріалознавства функціональних матеріалів з пам'яттю форми, що виконуються в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, доцільно розширити напрями досліджень у цій сфері з метою розвитку новітніх технологій та прискорення їх впровадження в критично важливих галузях економіки і життєдіяльності суспільства — оборонній, авіаційній, медичній та машинобудівній.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання
підготувала О.О. Мележик*

Georgiy S. Firstov

G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7653-9166>

PHYSICAL MATERIALS SCIENCE OF FUNCTIONAL SHAPE MEMORY ALLOYS AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE INDUSTRY OF UKRAINE

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, June 4, 2025

The report presents the current results of fundamental and applied research conducted at the G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine in the field of physical materials science of shape memory alloys. The technological solutions proposed by scientists for the industry of Ukraine are considered.

Cite this article: Firstov G.S. Physical materials science of functional shape memory alloys and technological solutions for the industry of Ukraine (transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, June 4, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (8): 50—52. <https://doi.org/10.15407/visn2025.08.050>