



ФІРСТОВ
Сергій Олексійович —
 академік НАН України,
 перший заступник директора
 Інституту проблем
 матеріалознавства
 ім. І.М. Францевича НАН
 України

НОВІТНІ НАПРЯМИ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

Шановні учасники Загальних зборів!

Матеріалознавство є дуже важливим і одним із найпотужніших напрямів сучасної науки, на частку якого в усіх розвинених країнах світу, в тому числі й в Україні, припадає до 1/7 всіх видатків на наукову сферу. Це пов'язано з тим, що досягнення матеріалознавства значною мірою впливають на розвиток таких важливих галузей сучасної економіки, як інформатика, енергетика, транспорт, медицина, виробництво; нові матеріали постійно знаходять нові перспективні застосування. Саме тому, наприклад, у Німеччині матеріалознавство було визнано базовою основою розвитку ключових технологій XXI ст.

Звісно, я хотів би, хоча б дуже коротко, розповісти вам про різні новітні напрями та здобутки в матеріалознавстві, але за браком часу дозвольте мені зупинитися лише на двох з них — це створення високоентропійних сплавів і новітніх матеріалів біомедичного призначення.

Сьогодні ми з вами є учасниками нової епохи — епохи атомно-молекулярного інжинірингу, яка розпочалася приблизно 2004 року, коли науковці зрозуміли, що можна створити абсолютно новий клас матеріалів, які згодом назвали *високоентропійними сплавами*. Це дуже складні багатокомпонентні системи, які мають високий ентропійний фактор і складаються щонайменше з п'яти елементів (а зазвичай їх кількість становить близько десяти), концентрація жодного з яких не перевищує 35 ат. %. На відміну від традиційних сплавів, у яких є один чи два основні компоненти, а всі інші відіграють роль легуючих домішок, у високоентропійних сплавах немає «елемента-хазяїна», тобто не можна сказати, що це сплав на основі якогось конкретного елемента. Типовим прикладом високоентропійного матеріалу може бути сплав складу $Ti_{15}Zr_{15}V_{15}Cr_{15}Ni_{10}Cu_{10}Fe_{10}Sn_5Si_5$ або такий — $Cr_{20}Mo_{20}V_{20}Ta_{10}Ti_{10}Ni_{10}Nb_8Si_2$. Причому кількість можливих складів таких матеріалів майже незліченна.

Людство так довго йшло до цього класу матеріалів, оскільки з точки зору класичної металургійної теорії така велика кіль-

кість елементів у сплаві мала б призводити при твердінні до утворення багатьох складних впорядкованих фаз, що значно погіршує експлуатаційні властивості матеріалу. Проте виявилось, що висока ентропія суміші, навпаки, спричинює реальне суттєве зменшення кількості фаз, і в кристалічній ґратці твердого розчину виникає значне спотворення внаслідок наявності атомів різнорідних елементів з різною електронною будовою, різними розмірами і термодинамічними властивостями, що сприяє стабільності фазового складу і стійкості твердого розчину при подальшій термічній обробці.

Отже, матеріали з високоентропійних сплавів характеризуються напрочуд високою термостабільністю та й за іншими фізико-механічними властивостями, такими як міцність, твердість, пластичність, жаро- та корозостійкість, не поступаються традиційним сплавам спеціального призначення. Використовуючи так звану концепцію корисних домішок, можна створювати нові, небачені досі, жароміцні та жаростійкі сплави, покриття, матеріали для ядерної енергетики, новітні композити, матеріали для з'єднань, високоентропійні сталі та чавуни, високоентропійні карбіди, оксиди, нітриди тощо, абсолютно нові функціональні матеріали. Зараз у світі тривають справжні перегони зі створення нових матеріалів на основі високоентропійних сплавів, і дуже добре, що активну участь у них беруть установи НАН України (ІПМ, ХФТІ, ФТІНТ, ІМФ).

Високоентропійні сплави поділяються на аморфні сплави, тверді розчини, інтерметалідні фази, металеве «скло». В Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича (ІПМ) НАН України проведено дослідження понад 300 високоентропійних сплавів різного складу та з'ясовано закономірності утворення в них доволі незвичайних атомно-кристалічних структур залежно від розмірів атомів, електронної концентрації, теплоти змішування. Встановлено, що дисторсії кристалічної ґратки та специфічна нанокластерна структура зумовлюють аномальні властивості таких матеріалів.

Одним із найцікавіших результатів є встановлення аномально високого атермічного зміцнення, яке за досить високих температур (для деяких складів 1000–1050 °С) практично зберігається на сталому високому рівні, переважаючи за цими характеристиками відомі жароміцні сплави Інконель (Inconel) та Хейнес (Haynes). Наші зусилля зосереджені зараз на розробленні двох груп таких сплавів – з питомою вагою 3,8–4 г/см³ та 6,2–7,8 г/см³. Сплави першої групи мають скласти конкуренцію відомим матеріалам на основі гамма-алюмінідів титану, а сплави другої групи мають конкурувати саме зі сплавами Інконель та Хейнес, питома вага яких перевищує 8 г/см³. У таких матеріалах зацікавлені конструктори газотурбінних двигунів. Так, запропоновано сплав (Nb–Cr–Al–Ti–Zr–Si) для механізму, що працює в гарячій зоні ракетносія. Цей сплав внесено до документації на розробку КБ «Південне» для Китайської Народної Республіки. Укладено договори з КБ «Івченко-Прогрес» на 2016–2017 рр. на створення жароміцних сплавів для робочих та соплових лопаток газотурбінного двигуна і корпусних виробів. В ІПМ нещодавно виконано контракт з КНР на постачання деталей для нанкінської корпорації з виробництва космічної техніки «Чень Гуан». На замовлення фірми Boeing створено сплав системи Ti–Si–Al–X, який за жароміцністю та жаростійкістю перевершує сплав Ti6242, що до останнього часу використовувався в літаках.

Загалом у розвитку зазначеного напрямку зацікавлені наші українські партнери з КБ «Південне», ПАТ «Мотор Січ», КБ «Івченко-Прогрес», а також китайські (аерокосмічна галузь) та американські (Boeing, Air Force Lab).

Зазначу, що керівництво ПАТ «Мотор Січ» та КБ «Івченко-Прогрес» нещодавно звернулося до Прем'єр-міністра України В. Гройсмана з пропозицією щодо створення Центру авіаційних матеріалів, метою якого має бути розроблення нових матеріалів для галузі та їх сертифікація. ІПМ НАН України та інші інститути Академії готові взяти участь у реалізації цього дійсно важливого для України завдання,

інтерес до якого висловлює також Державне підприємство «Антонов».

Друге питання, яке я хотів би висвітлити, це розробки в галузі біомедичного матеріалознавства.

Нещодавно Президія НАН України ухвалила постанову щодо започаткування цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017–2021 рр. Прийняття цієї програми стало закономірним відображенням зусиль багатьох науковців з різних установ різних відділень Академії зі встановлення «горизонтальних», по суті, ініціативних, зв'язків з фахівцями медичних наук та клініками. Започаткування програми дасть нам змогу діяти тепер у, так би мовити, «офіційному» полі і більш ефективно сконцентрувати наші зусилля на цьому дуже важливому для України напрямі. Загалом такий перехід від «машинобудування» до «людинобудування» не тільки має суспільно зрозумілу морально-етичну складову, а й є дуже важливим з економічної точки зору.

Світовий обсяг ринку медичних технологій, зокрема техніки і матеріалів, становить 300 млрд доларів США на рік, темп зростання – 10 % щороку. Прогнозований ринок медичної техніки і матеріалів в Україні оцінюється в 1,6 млрд доларів. Реальний ринок медичних товарів становить 750–850 млн доларів, у тому числі імпорт – 665,2 млн доларів.

Найбільший сегмент ринку біоматеріалів – це кісткові біоматеріали. В Україні щороку проводиться близько 5 тис. операцій хворим з патологіями опорно-рухового апарату, які потребують застосування кісткової пластики, тоді як реальні потреби набагато вищі, оскільки оперують лише 10 % пацієнтів від загального числа тих, хто потребує такого роду хірургічних втручань. За даними компанії «Лікар-Інвест» (Україна), тільки за напрямом ендопротезування кульшових суглобів ринок України оцінюється не менш як у 100 млн євро на рік, і це при тому, що на сьогодні попит задовольняється не більш як на 15 % і майже 90 % з цих 15-ти – імпортована продукція.

Приблизно такою самою є ситуація і з виробами інших медичних галузей. У середньому в рік ендопротезування потребують від 500 до 1000 хворих і травмованих на 1 млн населення. В Україні, зокрема, щороку протезування мало б виконуватися 25–40 тис. хворих (зараз протезується близько 2 % від цієї кількості). Попит на ендопротези вітчизняного виробництва зростає як через старіння населення, так і через велику кількість поранених у бойових діях.

Головною метою Програми є створення біоматеріалів нового покоління і виробів з них, а також технологій їх застосування, з поєднанням широкого спектра профільних досягнень інститутів НАН України з метою формування нового високотехнологічного сектору економіки України на основі виконання комплексних цільових фундаментальних та прикладних досліджень.

Виконання Програми передбачено за такими основними розділами:

1. Розроблення нових біосумісних матеріалів і технологій виготовлення імплантатів, ендо- та екзопротезів для хірургії і реабілітаційної медицини.
2. Розроблення матеріалів і технологій для зупинення кровотеч, лікування ран і травматичних уражень.
3. Створення спеціалізованої апаратури та біосумісного інструментарію для різних галузей медицини.
4. Розроблення медичних маркерів, біосумісних носіїв та біоостеоіндукторів.

При виконанні Програми розроблятимуться наукові підходи до створення новітніх біоматеріалів, технологій їх створення та використання, а також нормативні документи і науково-методологічні рекомендації щодо практичного застосування розробок. Це має сприяти:

- налагодженню вітчизняного виробництва виробів біомедичного призначення насамперед за напрямками, найбільш готовими для впровадження;
- втіленню розробок, створених у рамках виконання Програми, безпосередньо у клінічну практику;

- забезпеченню доступності якісного медичного обслуговування для більшої кількості громадян України;

- досягненню значного соціально-економічного ефекту від імпортозаміщення та поліпшенню економічного становища нашої держави загалом;

- створенню передумов для започаткування Програми вищого рівня, а саме, Державної науково-технічної програми аналогічного спрямування, до участі у виконанні якої, крім учених НАН України і НАМН України та інших профільних спеціалістів, слід залучати представників університетської науки, а також фахівців з медичних закладів як споживачів кінцевої продукції.

На завершення виступу хочу привернути вашу увагу ще до одного питання. Більшість розробок біомедичного спрямування, очевидно, доцільно передавати малому та середньому підприємству, але як це зробити?

Зрозуміло, що розробка, виконана за державні кошти, без проблем може бути передана для впровадження на державному підприємстві. Проте в Україні взагалі не відпрацьована система передачі розробки малому чи середньому підприємству з приватною формою власності.

А зазвичай вітчизняні малі та середні підприємства реально не в змозі купувати ліцензії. Тому є необхідність у створенні системи взаємодії з малим та середнім підприємництвом. По суті, йдеться про організацію проведення спеціальних досліджень на замовлення в інтересах малого та середнього бізнесу.

Однак, як свідчить більш ніж 50-річний досвід наших німецьких колег, жодне мале чи середнє підприємство практично не може дозволити собі замовити розроблення сучасної технології високого рівня. Тому в Німеччині виконання таких робіт для малих та середніх підприємств організовано в такий спосіб. Наприклад, у системі AiF усі підприємства розподілені приблизно на 50 груп за професійними інтересами. Ці групи створюють спільний фонд, до якого приблизно таку ж суму додає держава. У межах можливостей такого фонду відповідні науково-технічні ради проводять безперервний відбір проектів, результати яких після виконання можуть передаватися для впровадження. Саме малі та середні підприємства створюють понад 60% ВВП Німеччини. Тому цей досвід заслуговує на увагу з метою його опрацювання в умовах України.

Дякую за увагу!