

**ФІРСТОВ**

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

3D-ТЕХНОЛОГІЇ І 2D-МАТЕРІАЛИ

Шановний Борисе Євгеновичу!

Шановне товариство!

Серед порушених у доповіді Президента НАН України питань одними з найважливіших є проблеми актуалізації наукових розробок та їх практичного використання. Дозвольте на доповнення доповіді Бориса Євгеновича привернути вашу увагу до нагальних проблем нашої матеріалознавчої науки, зокрема до таких напрямів, як 3D-технології і 2D-матеріали.

Передбачити майбутнє досить важко. Свого часу один із засновників і перший президент компанії IBM Томас Вотсон вважав, що декілька комп'ютерів цілком забезпечать потреби суспільства, а в 1982 р. засновник корпорації «Майкрософт» Білл Гейтс був упевнений, що в майбутньому кожного вистачить 640 кБ пам'яті. За словами найбільш відомого сьогодні «гуру» інноваційного процесу у США, співголови інноваційного центру компанії Deloitte Джона Хагеля, якщо раніше, «протягом століть бізнес був організований навколо запасів знань як основи для створення вартості, ... і ключ до створення економічної цінності полягав у тому, щоб опанувати ці знання, агресивно їх захищати, а після ефективно видобути з них економічну цінність і доставити її на ринок», то сьогодні проблема полягає в тому, що «запаси знань знецінюються прискореними темпами, і ключове джерело економічної цінності зміщується від запасів до потоків знань». Ці слова Дж. Хагеля насамперед були адресовані американцям, але наступна його фраза, на мою думку, дуже важлива й для України: «Дедалі більше все залежатиме від здатності вас самих, вашої спільноти, вашого міста, вашого підприємства, вашої школи, вашої країни долучатися до все більшої кількості потоків знань та інвестицій, а не лише покладатися на запаси». По суті це означає, що у сучасному світі ми маємо бути істотно мобільнішими.

З цього погляду хочу звернути вашу увагу на майбутнє в розрізі нових матеріалознавчих і технологічних рішень, які формують нові потоки знань і дають змогу на мікро-, нано- і пі-

корівнях керувати структурою і властивостями матеріалів. Це насамперед 3D-технології та матеріалознавчі аспекти їх оптимізації, а також створення нових 2D-матеріалів з урахуванням особливостей їх одержання, електронної структури, незвичайної стехіометрії тощо.

Сучасне матеріалознавство ґрунтується на своєрідному трикутнику «структура – склад – властивості». За допомогою технологій ми можемо впливати на структуру і склад матеріалів з метою отримання тих чи інших потрібних нам властивостей і створювати в такий спосіб нову економічну цінність.

Спочатку кілька слів про 3D-технології. Стандартами ASTM рекомендовано два основних терміни – Additive Fabrication (AF), і Additive Manufacturing (AM). Українською коректний переклад – «адитивні технології», але поширеною є також назва 3D-прототипування.

Розроблення, застосування та вдосконалення 3D-технологій (адитивних технологій) є одним з найактуальніших завдань сьогодення. На сьогодні відомо вже близько трьох десятків різновидів керованого комп'ютером пошарового виготовлення виробів з металевих, керамічних, полімерних та композиційних матеріалів. Ці технології дають змогу отримувати зразки складної форми та складної внутрішньої архітектури, і, як наслідок, уже зараз почали з'являтися цифрові маловідходні міні-заводи з виробництва найрізноманітнішої продукції.

За оцінками експертів, у найближчі 20 років цифрове виробництво значною мірою витіснить традиційне, особливо для виробів з високою кінцевою вартістю. Масове застосування таких технологій пов'язують з переходом людства до шостого технологічного укладу. Це по суті нова промислова революція, і наше завдання – долучитися до неї.

Наведу кілька прикладів. Українська компанія «Лікар-Інвест» за участі фахівців Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України планує розпочати виробництво сучасних хірургічних імплантатів для ортопедії з новітніх біосумісних сплавів титану. Це вироби досить складної форми (рис. 1). Наразі проведено тестування механіч-



Рис. 1. Компоненти ендопротезу кульшового суглоба з напленням з біоактивної кераміки, отримані за допомогою 3D-друку

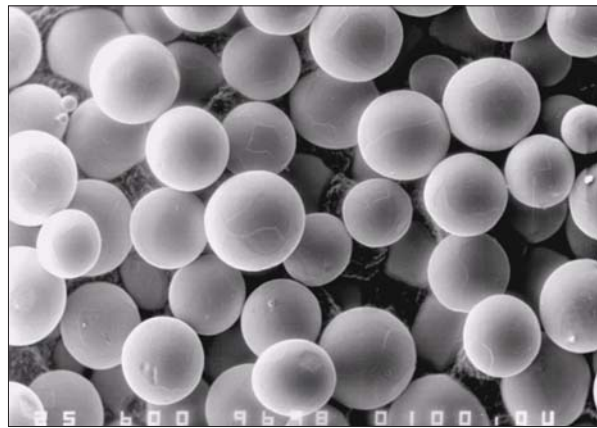


Рис. 2. Гранули, отримані методом розпилення сплаву титану в аргонно-гелієвій плазмі, розміром 80–100 мкм

них властивостей перших зразків для вибору оптимального обладнання для закупівлі. На жаль, в Україні таке обладнання поки що не виробляється.

Крім того, має бути вирішено питання отримання гранул ідеально сферичної форми, і в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України є певні напрацювання. При пошаровому наплавленні таких гранул (рис. 2) під дією електронного або лазерного променя у невеликому об'ємі (з лінійним розміром <100 мкм) відбувається розплавлення і кристалізація металу. Процеси

структуро- та фазоутворення при цьому значно відрізняються від процесів, що відбуваються при застосуванні стандартних технологій. Це абсолютно нова мікрометалургія з нетиповими структурами, незвичайними властивостями, особливості якої потребують детального вивчення. Для одержання цим способом виробів із заздалегідь заданими властивостями нам передусім належить дослідити, які саме процеси і перетворення відбуваються в таких мікроструктурах. Розвиток цього напрямку потребує закупівлі та/або розроблення обладнання для 3D-прототипування, а також інтенсифікації співпраці з розроблення технологій отримання гранул не зі стандартних, а з нових, створюваних в Україні, сплавів.

Іншим напрямом використання 3D-друку є персоналізоване виготовлення імплантатів з біоактивної кераміки, призначених для конкретного пацієнта, адже протез кістки, ураженої, скажімо, злоякісними новоутвореннями, є унікальним. На основі комп'ютерної томографії та цифрової обробки отриманих даних можна змоделювати і виготовити за допомогою 3D-технологій імплантат, необхідний для кожного окремого хворого. Такі технології 3D-моделювання і 3D-друку персоналізованих моделей кісток успішно опановують в Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України, Інституті травматології та ортопедії НАМН України, Національному медичному університеті ім. О.О. Богомольця, Українській військово-медичній академії МО України та інших провідних медичних закладах. Більше того, відомий у світі винахідник біоскла професор Ларрі Хенч (Larry Hench) з Технологічного інституту Флориди (Florida Institute of Technology) вважав, що нинішнє покоління біоматеріалів, поєднуючи в собі такі властивості, як розчинність та біологічна активність, здатні допомогти організму після імплантації самому зцілити себе. Для надійної інтеграції та подальшого заміщення імплантата повноцінною кістковою тканиною важливо відтворити точну форму дефекту, структуру пор і забезпечити достатню міцність виробу, а далі організм впо-

рається сам. Нещодавно з'явилася інформація, що вченим в Ізраїлі вдалося надрукувати на 3D-принтері з використанням живих тканин штучне серце. І хоча це зменшена модель, але в ній уперше було відтворено структуру органа. Якщо це дійсно так, ця робота відкриває нові можливості створення штучних органів з клітин самого пацієнта, і, можливо, у майбутньому донорські органи стануть непотрібними.

Як приклад технічного застосування 3D-технологій в Україні можна навести розроблення технології 3D-друку розпиленням розчину полімеру на шар керамічного порошку (рис. 3) і використання її для подальшого виробництва на заводі «Арсенал» окремих зразків сучасної військової техніки (рис. 4). Ця робота виконується спільними зусиллями фахівців НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України під керівництвом члена-кореспондента НАН України А.В. Рагулі.

Тепер коротко зупинюся на напрямі зі створення новітніх 2D-матеріалів. Одним із провідних учених у цій галузі є вихованець Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, а тепер професор Університету Дрекселя (США), засновник та директор Інституту наноматеріалів імені Дрекселя Юрій Гогоці. Його надзвичайно високі наукометричні показники (індекс Гірша — 132, кількість цитувань — 84 466, лише за неповні чотири місяці цього року кількість цитувань сягнула приблизно 8000) пов'язані з тим, що він відкрив по суті новий клас двовимірних матеріалів — максени (MXenes), які складаються з шарів карбідів, нітридів або карбонітридів перехідних металів завтовшки у декілька атомів. Порівняно з таким широковідомим 2D-матеріалом, як графен, кількість варіантів сполук у цьому класі на 2–3 порядки більша, а спектр можливих застосувань максенів багатого ширший.

Загалом сьогодні у світі 2D-матеріалам (графени, максени та багато інших) присвячено величезну кількість робіт. Двовимірні матеріали приваблюють учених тим, що, по-перше, мають

унікальні властивості і самі по собі є дуже цікавими об'єктами досліджень, по-друге, завдяки ним можна отримувати сполуки з такою стехіометрією, якої не існує у тривимірних структурах, а по-третє, на їх основі можна створювати принципово нові композити. На мою думку, українські науковці мають якомога активніше долучатися до досліджень з цього напрямку.

Так, отримавши минулого року досить невелике фінансування за бюджетною програмою КПКВК 6541230, в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України за ініціативою директора Інституту академіка Ю.М. Солоніна створено молодіжну дослідницьку лабораторію, яка працює над виконанням проекту «Максени – двовимірні форми карбідів, карбонітридів, нітридів та інтерметаліди: їх каталітичні властивості і застосування у водневій енергетиці» (науковий керівник – Д.С. Корабльов). Участь у цій лабораторії беруть також молоді львівські вчені з Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України. Інша молодіжна лабораторія в нашому Інституті займається використанням 3D-технологій для розроблення паливних комірок нового покоління (керівник – Є.М. Бродніковський). Нещодавно вони вибороли грант і беруть участь у проекті рамкової програми ЄС «Горизонт-2020» № 779730 TeacHy (Teaching Fuel Cell and Hydrogen Science and Engineering Across Europe within Horizon 2020).

На жаль, роботами нашого Інституту за цими ключовими сьогодні напрямами науки і технологічного розвитку набагато більше цікавляться китайські колеги, ніж український уряд. Рапортуючи про досягнення у галузі сільського господарства, нашим урядовцям все ж не слід забувати, що саме в нинішньому світі визначає майбутнє будь-якої держави.

Сьогодні у Сполучених Штатах активно розвивається ще один матеріалознавчий напрям – геном матеріалів (materials genome). Це використання нових сучасних цифрових технологій для розроблення, моделювання властивостей, оцінювання та проектування нових матеріалів. Починаючи з 2011 р. в США реалізується концепція Materials Genome Initiative



Рис. 3. Устаткування (Pro Jet 360) для 3D-друку розпиленням розчину полімеру на шар керамічного порошку



Рис. 4. Напівфабрикати, надруковані з оптично прозорою керамікою до відпалу

(MGI), яка має принаймні вдвічі зменшити час виконання і вартість циклу робіт від початку розроблення до впровадження нового матеріалу завдяки безперервному обміну інформацією на всіх стадіях розроблення, для всіх типів матеріалів, у всіх предметних сферах. Нові перспективні матеріали дуже важливі для забезпечення економічної безпеки, однак від початкового відкриття нового матеріалу до його виходу на ринок минає 20, а іноді й більше років. Тому прискорення темпів створення і впровадження передових систем матеріалів матиме вирішальне значення для досягнення глобальної конкурентоспроможності в XXI ст. І уряд США, на відміну від українських мож-

новладців, це добре усвідомлює, всіляко сприяючи і щедро фінансуючи цю програму.

На мою думку, нагальним завданням для НАН України сьогодні є вжиття всіх можливих заходів для досягнення порозуміння і з владою, і з приватними структурами. У більш широкому сенсі йдеться не тільки про науковців, що працюють в установах НАН України, а й загалом про підвищення ролі науки у житті держави, повернення до реалізації інноваційного розвитку України.

Першим кроком на цьому шляху може бути відродження Державного комітету з питань науки і техніки або якоїсь подібної державної структури, головне, щоб до її складу входили фахівці, які добре розуміються на проблемах сучасного науково-технічного прогресу. Це до-

зволить подолати таку неприродну тенденцію, коли розробки наших вчених привертають величезну увагу зарубіжних країн і недооцінюються власною державою.

Необхідно також докласти зусиль для започаткування реального приватно-державного партнерства у науковій сфері. Йдеться як про можливу участь приватних структур у започаткуванні проривних проєктів, так і про організацію наукових досліджень, результати яких мають втілюватися на малих та середніх підприємствах.

І на завершення хочу запевнити, якщо Академія і держава сприятимуть створенню науково-технічного центру 3D-технологій, то матеріалознавці не підведуть.

Дякую за увагу!