

## Матеріалознавство в Україні

*В короткому історичному нарисі надано інформацію щодо виникнення науки “матеріалознавство” в Україні з урахуванням тенденцій становлення матеріалознавчої науки в інших країнах.*

До останнього часу ІІМ НАН України ім. І. М. Францевича випускав наступні збірники наукових праць “Адгезія розплавів і пайка матеріалів” (з 1976 р.), “Електронна мікроскопія та міцність матеріалів” (з 1987 р.), “Математичні моделі та обчислювальний експеримент в матеріалознавстві” (з 1997 р.), “Сучасні проблеми фізичного матеріалознавства” (з 1976 р.), “Електричні контакти та електроди” (з 2002 р.). У зв’язку із зміною видавничої політики НАН України та на виконання Постанови бюро відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства було прийнято рішення Вченої ради та керівництва ІІМ НАН України про припинення випуску цих збірників, а натомість було рекомендовано започаткування нового збірника наукових праць під назвою “Успіхи матеріалознавства” (“Progress in Material Science”). Такий крок виглядає доволі природним та необхідним, оскільки відповідає світовим тенденціям у формуванні науково-технічних пріоритетів розвинених держав і завданням саме України.

Нижче подано коротку історичну інформацію про те, як матеріалознавство “виборювало місце під сонцем”, та про сучасні пріоритети розвинених світових держав.

Найбільш відомий матеріалознавець Заходу Р. У. Кан (автор 18-томного видання “Фізичне матеріалознавство”) у книзі “Coming of Materials Science” (Пришестя матеріалознавства) пише, що першою у світі організацією, у назві якої вперше з’явилося слово “матеріалознавство”, був британський клуб матеріалознавців (Materials Science Club), створений у 1963 році групою британських хіміків-технологів, які цікавились матеріалами. Він приділяв цьому факту особливу увагу, оскільки навіть у США, одній із самих високотехнологічних країн світу, тільки у 1973 році після семи років “важких” суперечок виникло Матеріалознавче товариство MRS (Materials Research Society) — з метою стимуляції нових ідей в галузі міждисциплінарних досліджень матеріалів. Слід особливо зазначити, що назва товариства містить словосполучення “Materials Research”, а не “Materials Science”. У той же час в Україні події розвивалися дещо випереджаючими темпами.

Наразі добре зрозуміло, що передумовою виникнення науки “матеріалознавство” природно були спочатку такі галузі знань, як кристалографія, термодинаміка фазових перетворень, металознавство, потім і такі науки, як фізика металів, фізика твердого тіла, фізична хімія. Випереджаючий розвиток саме металознавства був обумовлений тим, що в процесі становлення нашої цивілізації відбувався природний перехід від споживання матеріалів природного походження до матеріалів штучного походження із зростанням долі таких матеріалів. Причому видатні конструкційні та експлуатаційні властивості металевих матеріалів зумовили перехід від так званого “бронзового віку” до “залізного віку”, пік розвитку якого прийшовся на середину минулого століття.

Чудові сировинні можливості країни, наявність видатного кадрового потенціалу привели до того, що ще в межах Російської імперії в Україні почали складатися наукові школи, співставимі з “уральською” та світовими школами металургів та металознавців. Слід відзначити, що ще в 1910 році в Київському політехнічному інституті за ініціативою професора Воропаєва М. А. була організована металографічна лабораторія у складі кафедри загальної технології металів на механічному факультеті та розпочато викладання однієї з профільних учбових дисциплін кафедри — металографії.

Подальший розвиток подій тісно пов’язаний із виникненням у 1918 році Української Академії наук. З дванадцяти перших членів академії наук троє — В. І. Вернадський, П. Тутковський та С. П. Тимошенко представляли природничі науки.

Значимим було обрання академіками за спеціальністю “хімія” у 1925 році Л. В. Писаржевського та у 1926 році М. С. Курнакова. Саме із ім’ям М. С. Курнакова пов’язаний добре відомий тепер трикутник: структура—склад—властивості, що складає фундаментальну основу сучасного матеріалознавства. Обрання у 1929 році Є. О. Патона академіком за спеціальністю “технічні науки” — це новий етап, що започатковував використання передових перспективних досягнень фундаментальної науки у розробках прикладного спрямування.

Важко переоцінити роль Інституту чорної металургії, що виник у 1936 році. Це була справжня “кузня кадрів”. Вишкіл у цьому інституті (перший директор — академік М. В. Луговцов) пройшли такі видатні вчені в області металургії, металознавства, виникаючої науки “фізика металів”, як М. М. Доброхотов, В. М. Свечников, Г. В. Курдюмов, В. Ю. Васильєв, В. Н. Гриднєв, І. М. Францевич, З. І. Некрасов, О. П. Чекмарьов, К. Ф. Стародубов, К. П. Бунін.

У 1936 році Є. О. Патон очолив в Академії наук Відділ технічних наук, який існував до 1963 р. (очолювали Є. О. Патон, О. М. Динник, С. В. Серенсен, Г. Ф. Проскура, М. М. Доброхотов, М. В. Корноухов, К. К. Хренов, Г. В. Самсонов).

Слід добрим словом згадати створення у КПІ у 1948 році за ініціативою В. Н. Гриднєва інженерно-фізичного факультету із спеціальностями “металофізика”, “технічна електроніка” та “фізика діелектриків”, який був прообразом напрямку, що пізніше отримав назву “Materials Science and Engineering”.

Заради об’єктивності зазначимо, що у 1957 році Jacob Porter Frankel випустив підручник “Principles of the Properties of Materials” у видавництві McGraw-Hill (228 с.) та написав до керівництва службову записку, у якій зауважив: “Традиційно матеріалознавство розвивалося в межах інших окремих дисциплін, а саме фізиці твердого тіла, металургії, хімії полімерів, неорганічній хімії, мінералогії, технології скла та керамік. Це штучне розділення цілісної науки на окремі частини заважає розвитку і матеріалознавства і технологій”. І у 1959 році на металургійному факультеті Лос-Анджелеського університету було змінено назву “кафедра металургії” на “кафедра матеріалознавства”.

Але ще до того, у 1955 році І. М. Францевичем був створений науково-дослідний Інститут металокераміки та спецсплавів. Під одним

дахом було зведено фізикохіміка В. Н. Єременка, “порошковика” І. М. Федорченка, кераміста С. Г. Тресвятського, родоначальника матеріалознавства тугоплавких сполук Г. В. Самсонова, можна додати “молодь” — Р. О. Андрієвського, В. В. Скорохода (“фізика спікання”), Ю. В. Найдіча (адгезія, капілярні явища), П. С. Кислого, Г. Г. Гнесіна (керамічні матеріали), Д. М. Карпіноса (композиційні матеріали). Що це, як не реальний матеріалознавчий інститут (1955 рік!)! Слово “металургія” лишилося тільки у словосполученні “порошкова металургія”. За 4 роки до Лос-Анджелеса та за 12 років до Массачусетса!

Вже у 1969 р. обрано першого академіка за спеціальністю “матеріалознавство” — В. Н. Єременка.

Таким чином, ідея розвитку нової галузі знань, яка б об’єднувала різні за типом міжатомного зв’язку матеріали та не віддавала би перевагу металевим матеріалам, була вже на часі і у 1963 році. Патон Б. Є. разом із І. М. Францевичем створили не клуб матеріалознавців, як у Лондоні, а ціле Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства. До складу увійшли інститути: електрозварювання, металокераміки і спецсплавів (з 1964 р. — проблем матеріалознавства), ливарного виробництва (з 1964 р. — проблем лиття, з 1996 р. — Фізико-технологічний інститут металів і сплавів), машинознавства і автоматики (з 1964 р. — фізико-механічний інститут). І хоча інститути доволі різні, але об’єднуючим їх напрямком є матеріалознавство.

Відзначимо, що як не дивно, але ця ідея деякими відомими спеціалістами і в нашій країні і на Заході чомусь іноді відторгалася. Наприклад, за свідченням Р. У. Кана, після другої світової війни відомий металург Р. Мейль, який так багато зробив для матеріалознавства, різко виступив проти нього, можна сказати, очолив “опозицію”. Він критикував “вакансії та дислокації”, які вважав шкідливим винаходом фізиків, котрих він називав ворогами металургії, називав “заняття матеріалознавством та інженерією матеріалів просто засобом отримання матеріальної підтримки ...”. У нашій країні відомий вчений в галузі фізики та механіки міцності М. М. Давиденков після зустрічі із А. Х. Коттреллом — фундатором теорії дислокацій, яка на атомному рівні пояснювала деталі механізмів пластичності, теж не оцінив його і сказав, що “хлопчина розповідав мені про роль якихось дислокацій у в’язкокрихкому переході”.

Зате інший “хлопчина” і майбутній директор Інституту проблем матеріалознавства і академік В. І. Трефілов (саме його обрав І. М. Францевич своїм наступником) якраз був яскравим дослідником і пропагандистом цього новітнього на той час наукового напрямку і заслужено вважався одним із фундаторів фізичного матеріалознавства у колишньому СРСР. Трефіловим В. І. та його науковою школою розроблено фізичні основи міцності цілої низки перспективних матеріалів, у тому числі із обмеженою пластичністю, що розроблялися для ракетно-космічної техніки.

Зазначимо, що попри зрозумілу необхідність розвитку матеріалознавчих досліджень, навіть у такій “просунутій” країні, як Сполучені Штати Америки, консультативний комітет при Президентові США відзначав у 1987 році спроби (?!) університетів “ввести вивчення нової

дисципліни “матеріалознавство”, і що для цього їм (університетам) потрібна поміч з боку уряду [Psaras and Langford, 1987].

І наразі “матеріалознавство” — один із 7—8 стрижнів світової науки і техніки. Так, у Німеччині існує довгострокова програма “Нові матеріали для ключових технологій 21 сторіччя”. А саме для розвитку інформатики, енергетики, транспорту, медицини, виробництва та нових перспективних застосувань. У Великій Британії фінансуються 8 Great Technologies, серед яких 1 — Big data and energy-efficient computing, 2 — Satellites and commercial applications of space, 3 — Robotics and autonomous systems, 4 — Synthetic biology, 5 — Regenerative medicine, 6 — Agri-science, 7 — **Advanced materials and nano-technology** та 8 — Energy and its storage. Схожа ситуація в США. Пріоритетами є life sciences, biotechnology, digital technologies, new media, **advanced materials**, global health, energy systems.

Особливу увагу привертає ставлення до нових матеріалів у Великій Британії та США в частині, яку можна назвати геном матеріалів.

У коментарі до сьомої великої технології зазначено, що “just as we understand the genome of a biological organism, so we can think of the fundamental molecular identity of an inorganic material. Here too we can increasingly design new advanced materials from first principles. This will enable technological advances in sectors from aerospace to construction. Quantum photonics is an exciting area where advanced materials and digital IT converge”.

У США ініціатива “Геном матеріалів” спрямована на створення нової ери політики, ресурсів та інфраструктури, яка підтримує американські установи з метою розроблення, виготовлення та впровадження прогресивних матеріалів у два рази швидше за незначну вартість. Обґрунтування: перспективні матеріали є важливими для економічної безпеки та благополуччя людини, а також для застосування в галузях промисловості, спрямованих на вирішення проблем, що пов’язані із екологічно чистою енергетикою, національною безпекою та добробутом людей. Однак для перенесення матеріалу після первинного відкриття на ринок може знадобитися 20 або більше років. Тому прискорення темпів відкриття та впровадження передових матеріальних систем буде мати вирішальне значення для досягнення глобальної конкурентоспроможності в 21 столітті.

Немає сумніву, що для перетворення України у високотехнологічну, конкурентоспроможну державу матеріалознавчий пріоритет має бути в центрі її уваги.

Серед більш уточнених надпріоритетів треба вказати на необхідність інтенсифікації поглиблених досліджень та розробок функціональних матеріалів, у тому числі для біомедичного використання, розробок вже не тільки на атомному дислокаційному рівні, а і з урахуванням можливостей керування структурою матеріалів на рівні не тільки нано-, але й пікотехнологій, що дозволяють враховувати пікорівневі керовані зміщення атомів та дисторсій кристалічної ґратки, здійснювати “заліковування” слабких місць у межах поділу.

Особливу увагу привертають полікомпонентні високоентропійні системи, для яких необхідно розробляти підходи для свідомого вибору перспективних складів матеріалів із практично незліченої кількості

комбінацій складів матеріалів. Для цього, крім прецизійних експериментальних досліджень, необхідно розвивати методи комп'ютерного моделювання.

Серед інших цікавих спрямувань є дослідження та розробка принципово нових класів матеріалів — полікомпонентних (високоентропійних) сполук та інтерметалідів. Широкі можливості відкриваються для розроблення та використання так званих 2D-матеріалів та 3D-технологій.

Декларовані напрямки ставлять амбітні завдання як для авторів, яких ми запрошуємо до активної співпраці, так і для редакційної колегії нового збірника наукових праць.

Відповідальний редактор академік НАН України С. О. Фірстов

### **Materials Science in Ukraine**

In the short historical essay, the ways of formation of Materials Science in Ukraine are considered, and tendencies of its development over the World were taken into account.

The outstanding human resources and excellent raw deposit capabilities of Ukraine have led to creating Ukrainian scientific schools back in the days of the Russian Empire, which were comparable to the Ural and another world schools of metallurgists and metal scientists. The further development of science on materials in Ukraine is closely related with establishing the Academy of Sciences in 1918. From the first twelve members of the All-Ukrainian Academy of Sciences, three of them namely V. I. Vernadsky, P. A. Tutkovsky and S. P. Tymoshenko, had represented the natural sciences. The election of E. O. Paton to the Academy in 1929 for "technical sciences" specialty had initiated the usage of promising achievements of fundamental sciences for development of applied ones. Since that, the famous Institutes of Ferrous Metallurgy (1936), Metal Ceramics and Special Alloys (1955) and others were founded.

The idea to develop the new area of knowledge, which would combine the different types of interatomic bonding to be resulted in new materials and would not be preferable to metallic materials only, has been already in time, namely in 1963. B. Ye. Paton jointly with I. M. Frantsevych had created the Department of Physical and Technical Problems of Materials Science, which included a few institutes namely: electric welding (Paton Welding Institute, PWI), cermets and special alloys (Institute for Problems of Materials Science (IPMS since 1964), foundry (problems of casting since 1964, and Institute of Physics and Technology Metals and Alloys (PTIMA since 1996), mechanical engineering and automation (Institute of Physics and Mechanics (IPM since 1964). And although the institutions are quite different in their profiles, their uniting direction is materials science. As early as 1963, V. N. Yeremenko was elected as the first academician for the "materials science" specialty.

Therefore, the issue of a new collection of scientific papers under the title "Progress in Materials Science" is natural and vitally required. It is corresponding to global trends in the formation of scientific and technical priorities in developed countries and is as the task for Ukraine too.

Editor-in-Chief Academician of the NAS of Ukraine S. O. Firstov