

## ЯК ГАРТУВАВСЯ АЛМАЗ

Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України — 50!

*Алмази віддавна приковують увагу як найтвердіший на світі мінерал, який дуже рідко знаходять у природі. Ті поодинокі зразки, котрі щастило відшукати, вважали магічними, носили як амулети, що надають силу, здоров'я, оберігають на війні тощо. З розвитком суспільства застосування алмазу розширилось, люди бажали його виготовляти. Марними були спроби і алхіміків, і багатьох видатних учених М. Ломоносова, І. Ньютона, А. Лавуазьє, М. Фарадея, А. Муассана, В. Каразіна, Д. Менделєєва, У. Брегга, Дж. Хеннея, які намагались одержати мінерал у лабораторних умовах. Справжнім проривом у дослідженнях його природи стала робота О.І. Лейпунського (Московський інститут хімічної фізики, 1939), де теоретично обчислено і побудовано класичну фазову діаграму вуглецю з лінією рівноваги графіт-алмаз, котра чітко визначила тиски і температури для синтезу алмазу (60000 атм і 2000°C). Це відкриття реалізували тільки в сер. XX ст., воно суттєво вплинуло на світовий науково-технічний прогрес. Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України був безпосереднім учасником цих непересічних подій у житті людства..*

Інститут надтвердих матеріалів, створений, відповідно до урядових постанов СРСР і УРСР, на базі київського Спеціального конструкторсько-технологічного бюро твердосплавного і алмазного інструменту, відзначив у червні 2011 р. 50-річчя. Валентин Миколайович Бакуль, який у 1961 р. керував СКТБ, став його першим директором. Установа мала розробити технологію промислового синтезу алмазу й інших надтвердих матеріалів.

У 1960 р. уперше в СРСР група під керівництвом проф. Леоніда Федоровича Верещагіна в лабораторії Інституту фізики високих тисків (ІФВТ) АН СРСР синтезувала алмаз із вуглецю під дією високих тисків і температур. Згодом колектив новостворе-

ного ІНМ на базі результатів ІФВТ у стислі терміни (4 місяці) підготував обладнання високих тисків і температур (АВТ), апаратуру, технологічні процеси промислового синтезу алмазу, організував розроблення, випуск, широке впровадження інструменту з надтвердих матеріалів.

Результатом став випуск партії промислових алмазів у 2 тис. карат (400 г) (газета «Правда від 24.10.1961 р.). До кін. 1961 р. синтезували 4400 карат (880 г) алмазів, майже в 9 разів більше від запланованого. Цьому сприяв розроблений у нас високо-стійкий апарат високого тиску, термін служби якого збільшився з 1 до 120 циклів синтезу. Обсяги випуску синтетичних алмазів зростали щорічно: у 1962 р. на дослід-

ному заводі інституту синтезовано 137400 карат алмазу (27,48 кг), у 1963 р. — 3610630 карат (612,326 кг), а найбільше в 1991 р. — 20731247 карат. Усього за 50 років існування закладу його дослідний завод виготовив 84,9 т алмазів.

Починаючи з 1963 р., промисловий випуск алмазної продукції організовано за технологіями інституту на кількох спеціалізованих заводах, збудованих або переорієнтованих на випуск алмазної продукції, — у Полтаві, Львові, Бориславі, Томіліно, Ленінграді, Єревані, Ташкенті тощо. З метою державного планування випуску абразивних порошків, синтетичних алмазів, КНБ і ефективного застосування нових видів інструменту в 1966 р. у Мінстанкопромі в Москві створено Управління алмазною підгалуззю інструментального виробництва.

Широкому використанню алмазного інструменту сприяла активна навчальна, інформаційна, рекламна діяльність закладу. Сотні співробітників виїздили на підприємства, демонстрували роботу алмазного інструменту, проводили лекції, бесіди безпосередньо в цехах, на радіо, по телебаченню. В інституті відкрили курси підготовки кадрів, організували пересувні виставки на автобусах. Державна підтримка й організований інститут «штурм» упровадження нових видів інструменту з надтвердих матеріалів дали результати. Країна за два-три роки посіла одне з перших місць у світі за виробництвом і застосуванням синтетичних алмазів.

Сотні нових видів інструментів на базі надтвердих матеріалів здобули високе визнання і впровадження в металообробленні: шліфуванні, поліруванні, хонінгуванні високолегованих сталей і чавуну, заточці різців із твердих сплавів, обробленні спеціальних неметалічних матеріалів — оптичного, технічного, художнього скла, ситалу, кремнію, кварцу, сапфіру, кераміки, жаростійких матеріалів в авіаційній та космічній техніці, електроніці, воєнно-промислому комплексі, у медицині, на підприємствах АПК.

Колектив нарощував темпи роботи завдяки ефективній структурі науково-технічного комплексу. Він складався з лабораторій, спеціального конструкторського бюро (СКБ), дослідного виробництва промислового рівня (ДВ), розміщених на площі понад 15 га. Це дало змогу максимально швидко втілювати розробки науковців у технологічно-конструкторську документацію СКБ, випускати і випробовувати на дослідному заводі новітнє обладнання, інструменти.

Велике значення відігравав і людський фактор. З моменту заснування інституту В.М. Бакуль запросив до Києва фахівців з інших міст, які мали досвід роботи в інструментальній промисловості, а також хіміків, фізиків, молодих спеціалістів з технічних ВНЗ Києва, Львова, Харкова тощо. Лише в 1962–1963 рр. прийнято 340 осіб, для яких збудували гуртожитки, а згодом забезпечили квартирами. На території комплексу зводили корпуси для лабораторій, конструкторської діяльності, дослідного виробництва, розширювали соціально-побутову мережу — їдальню, магазин, поліклініку, виставковий центр, конференц-зал на 800 місць, майданчики для спорту, декоративний басейн, проводили озеленення. Для відпочинку і лікування співробітників у Пуці-Водиці відкрили санаторій-профілакторій «Славутич», у Криму — базу відпочинку «Алмаз». Це надихало на самовіддану працю. До речі, плінність кадрів була тоді мінімальною: за 50 років 1452 співробітники інституту і дослідних підприємств працювали на них понад 25 років, а 3534 — понад 10 років.

Знаковим став 1963 р. У березні В.М. Бакуль і Л.Ф. Верещагін у Києві підписали меморандум, у якому зазначили, що «...вирішення цієї важливої проблеми (синтезу алмазів), яке має виняткове загальнодержавне значення, є результатом істинно творчої співдружності двох інститутів, які внесли в її рішення рівні вклади». Крім того, Інститут надтвердих матеріалів одержав статус головної організації країни з

синтезу і застосування алмазу, алмазного і твердосплавного інструменту. А напередодні 1964 року, 30 грудня, підписано Указ Верховної Ради СРСР про нагородження двох інститутів — ІНМ (Київ) і ІФВТ (Москва) орденами Трудового Червоного Прапора за заслуги в створенні промислового виробництва алмазу. Директори інститутів — В.М. Бакуль і Л.Ф. Верещагін дістали звання Героїв Соціалістичної праці, 96 співробітників їхніх установ відзначено орденами і медалями.

За особистою участю д.т.н. В.М. Бакуля, к.т.н. О.Й. Пріхні, нинішнього чл.-к. НАН України О.О. Шульженка, інших науковців у 60–70-ті рр. ХХ ст. в інституті синтезовано більше 20 марок алмазних шліф- і мікропорошків з широким діапазоном фізико-механічних властивостей — АС2, АС4, АС6, АС15, АС32, АСТ, АСН, різні за міцністю, абразивністю, термостійкістю, формою кристалів, структурою поверхні, величиною зерен. Алмази АС2, АС4, АС6 досі не мають світових аналогів з абразивності і собівартості виробництва, ефективні в обробі твердих сплавів. Розроблено технологічні процеси одержання інших видів надтвердих матеріалів — кубічного нітриду бору (кубоніт), полікристалічних і композиційних матеріалів (ісміт, дісміт, славутич). Закладено основи синтезу алмазу вибуховими методами (д.т.н. В.Д. Андреев), спільно з Інститутом фізичної хімії АН СРСР (чл.-к. АН СРСР Б.В. Дерягін, д.ф.-м.н. Д.В. Федосєєв, к.т.н. Ю.І. Нікітін) одержано алмази методом епітаксального синтезу. Досі великим попитом користуються бурові інструменти, оснащені композиційним матеріалом «Славутич» (д.т.н. В.М. Бакуль, д.т.н. Н.В. Ципін, д.т.н. І.Ф. Вовчановський), на який одержано 41 патент у 16 країнах (США, Англія, Бельгія, Франція, Німеччина, Південна Африка тощо). За його створення колектив одержав премію Ради Міністрів СРСР (1981).

У 1967 р. В.М. Бакулю рішенням Президії Академії наук СРСР присвоєно на-

уковий ступінь доктора технічних наук *honoris causa* (№ 5) за видатні особисті заслуги в галузі синтезу надтвердих матеріалів, твердосплавного і алмазного інструменту.

За його ініціативою в 1971 р. у Києві проведено першу в світі міжнародну конференцію і виставку із застосування синтетичних алмазів у промисловості, у ній узяли участь 727 учених і спеціалістів з 15 країн — США, Англії, Франції, Німеччини, Югославії, Швеції тощо. Важливими були виступи піонерів синтезу алмазів у 50-ті рр. ХХ ст. — Е. Лунблада (Швеція), проф. Б. Водара (Франція), доктора Х. Бовенкерка (США) та ін.

У березні 1972 р. інститут підпорядкували Академії наук України. Такий статус потребував посилення кадрової підготовки. У грудні 1975 р. затверджено першу спецраду із захисту кандидатських дисертацій, відкрито аспірантуру.

У 1977 р. після виходу на пенсію В.М. Бакуля установу очолив д.т.н., проф. Микола Васильович Новіков, який керує нею і сьогодні. Це визнаний у світі фахівець із міцності матеріалів і матеріалознавства, академік НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державних премій УРСР, СРСР, України, почесний доктор, професор семи університетів України і Китаю, почесний громадянин міст України і Болгарії. Він спрямував діяльність інституту на фундаментальні дослідження в галузі фізико-хімії синтезу монокристалів алмазу і КНБ, спікання надтвердих композиційних матеріалів, високоміцної кераміки, синтезу алмазних і алмазоподібних плівок. До ІНМ запрошено корифеїв цих напрямів — д.ф.-м.н. В.Г. Альошина, д.т.н. Б.О. Урюкова, д.т.н. Ю.О. Кочержинського, академіка НАН України П.С. Кислого. Значно піднявся професійний рівень, підготовлено молодих талановитих докторів наук — В.Л. Соложенко, В.І. Левітас, О.О. Лещук, О.О. Бочечка, М.П. Беженар, Т.О. Пріхна,

В.І. Сідорко, обрано 5 членів-кореспондентів НАН України — О.О. Шульженко, В.П. Бондаренко, В.З. Туркевич, Т.О. Пріхна, А.Л. Майстренко. Упродовж 1978–2011 рр. захищено 35 докторських і 181 кандидатську дисертацію.

Школа М.В. Новікова суттєво розвинула комп'ютерні технології моделювання фазових перетворень у речовинах за високих тисків і температур (В.І. Левітас, О.О. Лещук), створила основи і розробила методи класифікації надтвердих матеріалів, у тому числі полікристалічних алмазних порошоків з наноструктурою, показала їхню ефективність як адсорбентів нового типу в медицині і для прецизійного обробітку різноманітних матеріалів, одержала різні марки елітних алмазних порошоків з підвищеною однорідністю зерен за властивостями міцності і термоміцності, які працюють в інструментах за великих динамічних навантажень (Г.П. Богатирьова), опрацювала методи прогнозування опору руйнуванню алмазовмісних матеріалів, твердих сплавів, технічної високощільної кераміки в конструкційних елементах машин та інструментах (А.Л. Майстренко).

Розроблено більше 20 марок термоміцних алмазів АС50Т...АС210Т, АС400ТП (О.О. Шульженко, М.Я. Кацай, А.Ф. Гетьман, 1983–1986), полікристалічні матеріали на основі кубічного нітриду бору — кіборит (М.П. Беженар, 1981), теплоніт (І.А. Петруша, 1985), одержано композиційні матеріали — твесал (А.Л. Майстренко, 1979), кіам (Е.Д. Кизіков, Ю.Б. Верник, 1981), алмазні і кубонітові біпластини (А.І. Ігнатуша, С.А. Божко, 1981–1982), алмазно-твердосплавні пластини (М.В. Новіков, О.О. Шульженко, В.Г. Гаргін, 1984–1986), трибоніт (1985), термал (1986). Під керівництвом ак. НАН України П.С. Кислого розроблено низку керамічних матеріалів — тибоніт, мосіал (П.С. Кислий, М.О. Кузенкова, М.С. Боровикова, 1980), алтеніт, елантиніт (І.П. Фесенко, 1980–1984), біхроміт

(П.С. Кислий, М.М. Прокопів, Е.С. Геворкян, 1989) та ін.

Синтезовано монокристали алмазу з напівпровідниковими властивостями, у т.ч. з металічним типом провідності, зумовленим контрольованим рівнем легуванням і розподілу в об'ємі кристалів домішок бору і азоту (О.О. Шульженко, О.Г. Гонтар). Розроблено економічно доцільний спосіб синтезу, одержано найкращі в світі за властивостями високоякісні алмази великих розмірів 4–10 мм (пріоритет підтверджено патентом України № 2 від 26.07.1982 р., М.В. Новіков, О.В. Будяк, С.О. Івахненко, Г.В. Чипенко). Ліцензію на «ноу-хау» закупили Росія, Південна Корея, Індія, Китай, Німеччина, Нідерланди. Сконструйовано апарати надвисоких тисків для дослідження стану матеріалів під дією високих температур (О.І. Боримський), розкрито механізми поліпшення властивостей високотемпературних надпровідних матеріалів, підданих високим тискам і температурам, досліджено формування надпровідних з'єднань (Т.О. Пріхна).

Уперше сформовано і реалізовано на дослідному заводі промислової технології високотемпературного спікання керамічного удароміцного матеріалу, який не має аналогів у Європі і призначений для захисту броньованої техніки і виготовлення бронезишетів для особового складу армії (М.В. Новіков, А.Л. Майстренко).

У 1990 р. за клопотанням дирекції та колективу постановою Ради Міністрів УРСР Інституту надтвердих матеріалів присвоєно ім'я заслуженого діяча науки і техніки, талановитого вченого й організатора науки і виробництва України В.М. Бакуля.

У першому десятилітті ХХІ ст. ІНМ зосередився на пошукові нових надтвердих матеріалів — смарт-матеріалів, які змінюють властивості в різних умовах, і структурованих композитів абразивної функції з алмазними і КНБ наповнювачами. У системі бор-вуглець-азот синтезовано кубіч-

ний карбонітрид бору, якого у природі не існує (В.Л. Соложенко, 2000). Його твердість значно вища, ніж у кубічного нітриду бору і поступається тільки алмазові. Вивчено природу забарвлення алмазних кристалів і розроблено спосіб одержання різнобарвних синтетичних алмазів – від кольору чистої води до червоного, жовтого, синього і навіть чорного (С.О. Івахненко, 2000–2005). Обґрунтовано генерування за надвисоких тисків і температур двох- і трьох-елементних надтвердих структур ( $c\text{VC}_2\text{N}$ ,  $\text{MB}_2$ ,  $\text{MgB}_{12}$ ,  $\text{AlMgB}_{14}$  та ін., В.З. Туркевич, Т.О. Пріхна). Одержано надпровідний наноструктурний диборид магнію конструкційного призначення з високими механічними властивостями (Т.О. Пріхна, 2006).

Надтверді матеріали найчастіше використовують в інструменті. Результатом діяльності інституту в цій галузі стали прогресивні технології обробітку різних матеріалів інструментом на основі алмазів, кубічного нітриду бору, твердого сплаву й інших полікристалічних і композиційних надтвердих матеріалів.

Важливими досягненнями стали технології деформівного оброблення матеріалів (О.М. Розенберг, О.О. Розенберг, Е.К. Посвятенко та ін.), лезового й абразивного обробітку наплавлених матеріалів (Е.В. Рижов, С.А. Клименко, В.А. Рибицький), абразивного оброблення важкооброблюваних матеріалів (А.О. Сагарда, І.Х. Чеповецький, Л.Л. Мишнаєвський), заточування різального інструменту (І.П. Захаренко, А.О. Шепелев, В.І. Лавріненко), виробництва алмазних правлячих роликів (А.К. Байкалов, В.В. Коломієць, О.В. Хімач), оброблення матеріалів електронної й оптичної техніки (В.В. Рогов, Ю.Д. Філатов, Г.Г. Добровольський, С.В. Сохань), створення абразивного інструменту з алмазів і кубічного нітриду бору (А.Ю. Шило, Є.К. Бондарев, Є.О. Пашенко), суперпрецизійного алмазного мікроточіння, полірування металічних дзеркал космічної апаратури, а також сцинтиляцій-

них матеріалів нової техніки (Г.Г. Добровольський, В.В. Рогов, 2000–2006).

Інструментально-технологічні розробки організації перевернули розуміння механообробітку в наукоємних галузях, таких як авіаційна, автомобільна, космічна, оптична, електронна, суднобудування, важке і транспортне машинобудування. Їх відзначено державними нагородами і преміями.

В інституті створювали, розробляли, удосконалювали методи й аналітичне обладнання для діагностики й аналізу структурних характеристик, елементного складу, фізичних властивостей нових матеріалів на макро-, мікро-, нанорівні (А.С. Вишневський, В.М. Перевертайло, О.Г. Гонтар, В.М. Ткач). Під керівництвом М.В. Новікова засновано сучасний аналітичний центр досліджень і діагностики структурних і фізико-хімічних властивостей матеріалів. Підготовано нові методики і виготовлено агрегати для досліджень *in-situ* фазових переходів у матеріалах під дією надвисоких тисків і деформацій зсуву в алмазних ковадлах, визначення стану електропровідної поверхні методом сканівної тунельної мікроскопії з застосуванням алмазних напівпровідних наноінденторів, а також для високотемпературного термічного аналізу під високим тиском. Успішно функціонує Центр колективного користування приладами «Аналітичний центр дослідження та нанодіагностики матеріалів».

На дослідному виробництві за період 1961–2010 рр. синтезовано 84,9 т алмазів, випущено 334800 бурових коронок і 34648 бурових доліт на основі надтвердих матеріалів, якими в сумі пробурено понад 38 млн погонних метрів свердловин в Україні, Росії, Казахстані, Азербайджані, на Близькому Сході, у Китаї, на Кольському півострові (найглибша в світі свердловина – 12,8 км). Виготовлені в комплексі синтетичні алмази, інші надтверді матеріали, інструменти, вироби реалізовано на \$648,2 млн. Деяко про економічний ефект. Від застосування



алмазної продукції за 1961–1990 рр. він становить біля 1 млрд рублів з початковими капіталовкладеннями – 50 млн. А нові високі технології механічного алмазного обробітку, створені в 80-ті рр., принесли близько \$9 млн.

У 1995 р. на базі інституту організовано науково-технологічний алмазний концерн НАН України – АЛКОН. До нього входять 12 державних організацій, які за 2006–2010 рр. випустили і реалізували продукції на суму 56905,4 тис. грн (\$7,203 млн).

Споживачі продукції установи та її дослідного виробництва – це понад 50 підприємств України, зокрема, ВАТ «Азовмаш», ТОВ «Мото-Січ», ВАТ ім. Фрунзе (Суми), ВАТ «ГСКТІ», «Зоря-Машпроект» (Миколаїв), ВАТ «Укрнафта», ДК «Укргазодобування» (Київ), АП «Шахта ім. Засядька» (Донецьк) та ін.

Науково-технічні розробки конкурентоздатні, мають попит на світовому ринку. Інститут співпрацює з науковими і виробничими центрами більш як у 30 країнах, підтримує творчі зв'язки з Каліфорнійським, Техаським, Нью-Йоркським університетами (США), з Національним інститутом матеріалознавства (Японія), Інститутом фотонних технологій, Падернборнським університетом (Німеччина), Паризьким університетом (Франція), Інститутом високих тисків оброблення матеріалів, Краківським політехнічним інститутом (Польща), Інститутом високих тисків ім. Л.Ф. Верацагіна РАН, ВНДІАлмаз, ВАТ «ВНДІнструмент» (Росія) тощо. Низку проектів виконують за грантами міжнародних і зарубіжних організацій.

Пріоритетність розробок Інституту доводять 3100 авторських свідоцтв і патентів на винаходи, у т.ч. у галузі синтезу надтвердих матеріалів і апаратів високого тиску одержано 300 патентів. На 48 винаходів отримано 350 зарубіжних патентів у 25 країнах (Англія, Німеччина, Франція, США, Канада, Швеція, Швейцарія, Японія та ін.).

В інтелектуальному надбанні ІНМ 115 монографій, 90 збірників наукових праць, 217 довідників, методичних посібників, підручників, понад 8 тис. статей.

Наші вчені щорічно беруть участь у багатьох міжнародних конференціях. За останні 5 років вони виступили з 82 доповідями в різних країнах. Інститут організував у Києві (1967–1990) 16 міжнародних конференцій і виставок-семінарів з основного напрямку своєї діяльності, до яких залучено понад 3 тис. осіб. За роки незалежності України проведено 74 конференції в Києві, Криму, Закарпатті, інших місцях. На них приїздять зарубіжні науковці.

З метою підготовки молодих кадрів для роботи в інституті разом з НТУУ «КПІ», НАУ України за допомогою Івано-Франківського НТУ нафти і газу в ІНМ ім. В.М. Бакуля створено Навчально-дослідницький центр, що випускає молодих фахівців у галузі інструментального виробництва й інформаційно-діагностичних систем.

Інститут видає науково-теоретичний журнал «Сверхтвердые материалы», котрий перевидан англійською мовою видавництвом «Springer», його включено в інформаційні продукти Thomson Reuters, проіндексовано в трьох базах даних. Також друкують науково-технічний рекламно-інформаційний часопис «Інструментальний світ».

Колектив Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України докладає чимало зусиль, привносячи інноваційність у розроблення матеріалів і технічних виробів із них для потреб вітчизняної промисловості, це наш внесок у реформування держави, який сприятиме її успіху на міжнародній арені.

**Олександр ГОНТАР,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
учений секретар Інституту надтвердих матеріалів  
ім. В.М. Бакуля НАН України,  
**Ніна КОЛЕСНИЧЕНКО,**  
кандидат технічних наук,  
завідувач науково-організаційного відділу  
цього інституту