

TECHNOLÓGIAI FORRADALOM KÜSZÖBÉN

Magyar nano

A nanotechnológia az elkövetkező évtizedek legfontosabb tudományterülete lehet. A hazai kutatók azonban, pénz hiányában, lemaradhatnak a versenyfutásban.

Még nem ment el a vonat, de már nagyon fűtül – festi le a hazai nanotudományok helyzetét Biró P. László, a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézete (MTA MFA) nanotechnológia főosztályának vezetője. Magyarán nincs könnyű dolga annak, aki e téren lépést akar tartani a nemzetközi versennyel.

SZÉLES SKÁLA. A nanotudományt – amely a nagyon kicsi, néhány atom méretű mesterséges szerkezetek tulajdonságait és gyártását kutatja – a világ legtöbb országában stratégiai, kiemelt kutatási területként kezelik. „Technológiai forradalom hajnalán vagyunk, amely meg fogja határozni az elkövetkező évtizedek fejlődési irányait” – válaszolja fel a jövőt Biró. Szinte nincs olyan terület, ahol a nanotechnológia legalább ígéreteket ne hordozna újabb fejlesztésekre. A mai PC-knél sok nagyságrenddel gyorsabb kvantumszámítógéptől (amelynél valamilyen szubatomi szintű fizikai mennyiség veszi át a tranzisztor kapcsolószeropét) a kábítószert vagy robbanóanyagot „kiszagoló” mikromegmunkálású érzékelőkön át a napenergia eddig elhanyagolt spektrumának hasz-

nosításáig széles az eredménnyel kecsgetető kutatások skálája.

Gyulai József, az MTA MFA Intézeti Tanácsának elnöke úgy látja, a nanotechnológiát három fontos dolog jellemzi. Az első a mérhető: nanoszin-ten (egy nanométer a milliméter egymilliomod része) ugyanis sajátos fizikai, kémiai vagy biológiai törvényszerűségek érvényesülnek. A második jellegzetesség az alulról felfelé építkező szemlélet, a harmadik pedig a terület integráló ereje: számos szakág – például az anyagtudomány, vagy a biotechnológia – képviselői folytatnak nanotechnológiai kutatásokat, s tucatnyi nanokutatásokkal foglalkozó iskola jött létre hazánkban. „Mostanra jutottunk el addig, hogy megalkuljon a nanotársadalom: közös konferenciák és kiadványok segítik a különböző intézetek közti kommunikációt” – mutat rá a tudósok önszerveződésére Gyulai, aki ugyanakkor nagyobb mértékű összefogásra buzdít: szükség lenne egy szakmai centrum létrehozására is.

Kormányzati részről azonban még nem ismerték fel kellő mértékben e tudományág szerepét. „A fej-

lett országok közül Magyarország az egyetlen, ahol nem létezik központi nanotechnológiai program” – panaszozza Gyulai. Az anyagi nehézségek ellenére a hazai kutatók képesek voltak kiemelkedő eredményeket elérni, nem kis mértékben leleményességüknek köszönhetően. „Huszáros stratégiával dolgozunk: benyomulunk az új kutatási területekre, és ott igyekszünk gyorsan eredményeket publikálni” – foglalja össze a magyar modell lényegét Biró. Az idén azonban a Draskovics-csomag megkurtította az MTA költségvetését éppúgy, mint az Országos Tudományos Kutatási Alprogramok (OTKA) keretét. Fenyegét a végleges lemaradás veszélye. „Katasztrófához közeli állapot van; ha akár csak egy-

BIRÓ P. LÁSZLÓ

„Könnyen technológiai gyarmattá válhatunk.”



két évig nem tudunk lépést tartani a nemzetközi eredményekkel, akkor ezt később már nem tudjuk behozni” – vallja Bíró. „Aki pedig kimarad, az lemarad: könnyen technológiai gyarmattá válhatunk” – teszi hozzá.

PÉNZHIÁNY. Az elmaradó finanszírozást az uniós források sem képesek pótolni: mivel többnemzetiségű projektek pályázhatnak EU-pénzre, a magyar intézetek csak addig számíthatnak érdeklődő partnerekre, amíg lehetőségeik összemérhetőek nyugati versenytársaikkal. Az eredmények hasznosítását segítené, ha pénzügyi befektetők bábáskodnának a kutatások sorsa fölött. A helyzet azonban a nanotechnológia esetében különösen nehéz: szemben a biotechnológiával vagy az információtechnológiával, kevés a szakterületen szerzett nemzetközi tapasztalat (*lásd külön írásunkat*). Ráadásul a külföldi mintához hasonlóan, a hazai vívmányok jó része még mindig a kutatóhelyekhez, illetve egyes kutatókhoz kötődik, a nanotechnológiával foglalkozó úgynevezett spin-off cégeket nagyítóval kell keresni. „Bár a nanotechnológia nagyon diva-

tos kifejezés manapság, magyarországi üzlet a szakmában még nem született. A régióban tevékenykedő kockázati tőkecégek nem fektethetnek több millió eurót pusztán kutatókból álló, üzleti menedzsment tapasztalattal nem rendelkező cégekbe, amelyek ráadásul a nanotechnológia éretlensége miatt még a biotechnél, vagy az IT-nél is nagyobb kockázati piacot céloznak” – mondja Bedő Balázs, a Fast Ventures befektetési menedzsere. A szakértő szerint valószínűbb, hogy a már megfelelően finanszírozott kutató-fejlesztő vállalkozások építik be portfóliójukba a nanotechnológiai eredményeket, mintegy a kor kihívásainak engedelmessé. Példaként a Fast Ventures egyik portfólió cégét említi. Az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Intézetének (Sztaki) szatellit vállalkozása, a valós idejű képfeldolgozással, „mesterséges

látással” foglalkozó Analogic Computers cég egy chicagói egyetemmel közösen tervezi nano méretű antennák kifejlesztését, amelyekkel a cég „látó” chipjeit kívánják felszerelni, hogy ezáltal azok az ember számára nem látható „fényeket” is érzékelni tudják.

Bedő Balázs mindenesetre úgy véli: csak idő kérdése, és hazánkban is megjelennek a kifejezetten nanotechnológiára specializálódott K+F cégek.

Egyelőre csak a laborokban látványosak az eredmények, igazi áttörést hozó ipari alkalmazás még nem

született, a fullerénekből, nanocsövekből máig nem készült használható akkumulátor, üzemanyagcella vagy szupravezető. Ráadásul – a biotechnológiához hasonlóan – a nanotechnológiával mint az emberi egészséget és az élővilágot fenyegető potenciális veszélyforrással szembeni bizalmatlanság is megjelent,

Az eredmények hasznosítását segítené, ha befektetők bábáskodnának a kutatások sorsa fölött.

AZ ELSŐ ALKALMAZÁSOK

Néhány gyártó természetesen már ma is a nano címkével hirdeti termékeit. A 65 és 90 nanométeres szilíciumtechnológiákat – amelyek következtében tovább növelhető az egységnyi csipfelületen kialakítható tranzisztorok száma – már most alkalmazzák a félvezetőgyártók, így például az Intel, az AMD vagy a Philips. E megoldások segítségével a korábbiaknál gyorsabb processzorok építhetők. Kétségtelen azonban, hogy a szilíciumlemezek megmunkálása nem tekinthető klasszikus nanotechnológiának, hiszen az már évtizedek óta használt technológián alapul. Nem úgy, mint a Levi's víz- és foltlepergető (stain defender) szövetből készült nadrágjai, amelyeket a cég Dockers márkanév alatt hozott forgalomba. Az ezekhez felhasznált textilszálakat ugyanis valóban nanoméretű bevontással kezelik, kifejezetten az előnyös tulajdonság kialakítása érdekében. Szintén a nanotartományba tarto-

zó cink-oxid részecskéket tartalmaz az ausztrál Advanced Nano Technologies ZinClear nevű napvédő kréme, amely azért maradhat szintelen – szemben a ma használatos, általában fehér napkrémekkel –, mert a megfelelő méretű cink-oxid részecskék nem tapadnak össze nagyobb méretű, és így a fényt visszaverő aggregátumokká. A Fuji már 2001-ben kidolgozott egy olyan felületi réteget, amely a floppy-lemezek tárolókapacitását a formátum megváltoztatása nélkül 3 gigabyte-ra növeli – több mint kétezerszeresére a mai 1,44 megabájtos memóriának. A dolog szépséghibája, hogy a floppy órái meg vannak számlálva, mert az utóbbi években megjelent tucatnyi felhasználóbarát adattároló kiszorította a piacról. Egy szó, mint száz, a felsorolt újdonságok, miközben némelyikük már valóban tartalmaz a parányok világából származó elemeket, még csupán a nanotechnológia szárnypróbálgatásainak tekinthetők.



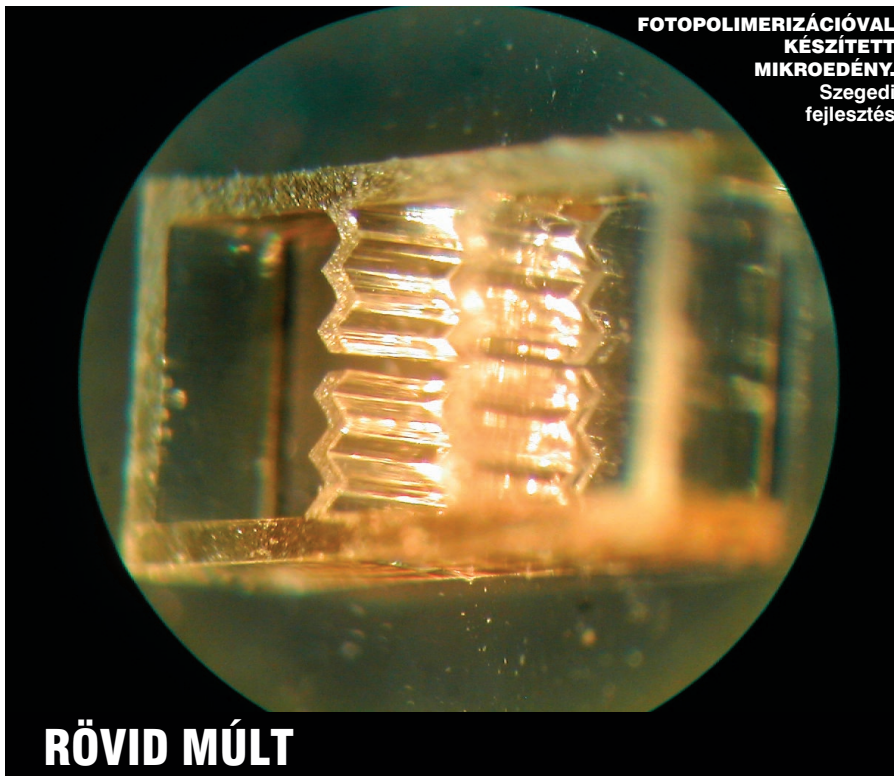
NANONAPKRÉM.
Szintelen védelem

nem csak Amerikában, de immár Európában is.

NANOPROFIT. A befektetők ezért egyelőre óvatosan költenek az e szférába tartozó K+F cégekre. Az Egyesült Államokban 1999 óta mindössze 900 millió dollár kockázati tőke áramlott a nanotech szektorba, ahol pedig több mint 700 állami és magáncég tevékenykedik. A nanotechre fordított összegek nagy része így közpénzekből áll: a 2000-ben Bill Clinton elnök által meghirdetett National Nanotech Initiative nevű program beindulása óta a kormány 2 milliárd dollárral támogatta az efféle kutatásokat, s az összeget tavaly májusban a következő három évre további 2,4 milliárd dollárral egészítették ki. A közpénzek nagyságát alapul véve az amerikai Lux Capital kockázati tőke-cég tavalyi riportja egyenesen az Apollo, vagy a humán genom programhoz hasonlítja a nanotechnológiát. Döntéseit a kormányzat a National Science Foundation előrejelzése alapján hozta meg: eszerint 2015-ig a nanotechnológiai kutatások felhasználásával készült termékek globális forgalma eléri majd az ezer milliárd dollárt, a nanotechnológiai iparágakban pedig világszerte 2 millió embert foglalkoztatnak.

Az Európai Unióban hasonló a helyzet: a befektetők egyelőre itt is távol maradnak a nanotechnológiától, annak ellenére, hogy az a 6. keretprogram kiemelt kutatási területe. Brüsszel 2002 és 2006 között több mint egymilliárd euróval támogatja majd a nanotechnológiával foglalkozó kutatóhelyeket és vállalkozásokat. Miközben a harmadik K+F nagyhatalom, Japán várhatóan egyedül az idén ekkora összeget fordít a nanokutatásokra.

A tekintélyes támogatások ellenére a Lux Capital értékelése szerint a befektetések eredményeképp elvégzett munka jó része még a mai napig alapkutatásnak tekinthető. A riport ugyanakkor megállapítja, hogy számos elektronikai és vegyipari vállalat már felkészült arra a várhatóan néhány éven belül bekövetkező pillanatra, amikor a szektor fellendül. Feltehetően ezek a cégek – a BASF, a Canon, a



RÖVID MÚLT

Richard P. Feynman, a később Nobel-díjjal kitüntetett fizikus vetette fel elsőként a nanotechnológia alapjául szolgáló ötletet: egy 1959-ben elhangzott előadásában egyebek mellett azt fejtegette, hogy milyen eljárásokkal lehetne egy gombostű fejére felírni az Encyclopedia Britannica tartalmát. A nanotechnológia kifejezés viszont a hetvenes évek első felében jött létre, a japán Tanagucsi Norio javaslatára.

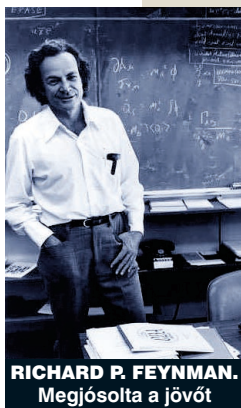
Az igazi áttörés azonban csak 1981-ben történt meg, amikor egy új eljárással, a pásztázó alagútmikroszkóppal sikerült láthatóvá tenni az atomokat. A 60 szénatomból álló, futball-labdára emlékeztető szerkezetű fullerént 1985-ben fedezte fel Curl, Kroto és Smalley, akik az egy nanométer átmérőjű molekula megalkotásáért 1995-ben Nobel-díjat kaptak. Ennek hatására még intenzívebb kutatás indult a szénszerkezetek vizsgálatára, és 1991-ben felfedezték az úgynevezett szén nanocsöveket. Ezt Bíró P. László elmondása szerint úgy lehet a legkönnyebben elképzelni, hogy a grafitból „levágunk” egy egyatomnyi réteget, majd azt oly módon „feltekerve”, hogy a lap két éle tökéletesen illeszkedjen, egy csövet hozunk létre. A szén nanocsövek tulajdonságai rendkívül kedvezőek: százszor erősebbek az acélnál, míg súlyuk csak egyhatoda annak; emellett jó hőtani és elektronikus jellemzőkkel is rendelkeznek.

A magyar kutatók érdeklődését is a szén nanocsövek keltették fel az új tudományág iránt, s 1993-ban már hazai tudósoknak is sikerült nanocsöveket létrehozniuk. „Gyulai József akadémikussal közösen végzett kísérleteinkben nagy energiájú ionokkal sugároztunk be egy grafit céltárgyat, s azokban a kráterekben, ahol kirobbant a grafit a felületről, kis »bajuszskákat« figyeltünk meg: eleinte nem is mertük elhinni, hogy ezek szén nanocsövek” – emlékszik vissza a nanotechnológia főosztály vezetője.

Dow Chemical, a Fuji, a General Electric, a HP, az IBM, a Motorola – uralják majd a terepet a nanotechnológia áttörése után. Többségük a félvezetőgyártásban, az

adattároló-készítésben, vagy új szerkezeti anyagokban készül alkalmazni az eredményeket.

SIMON S. ANDRÁS



RICHARD P. FEYNMAN.
Megjósolta a jövőt

Hazai pálya

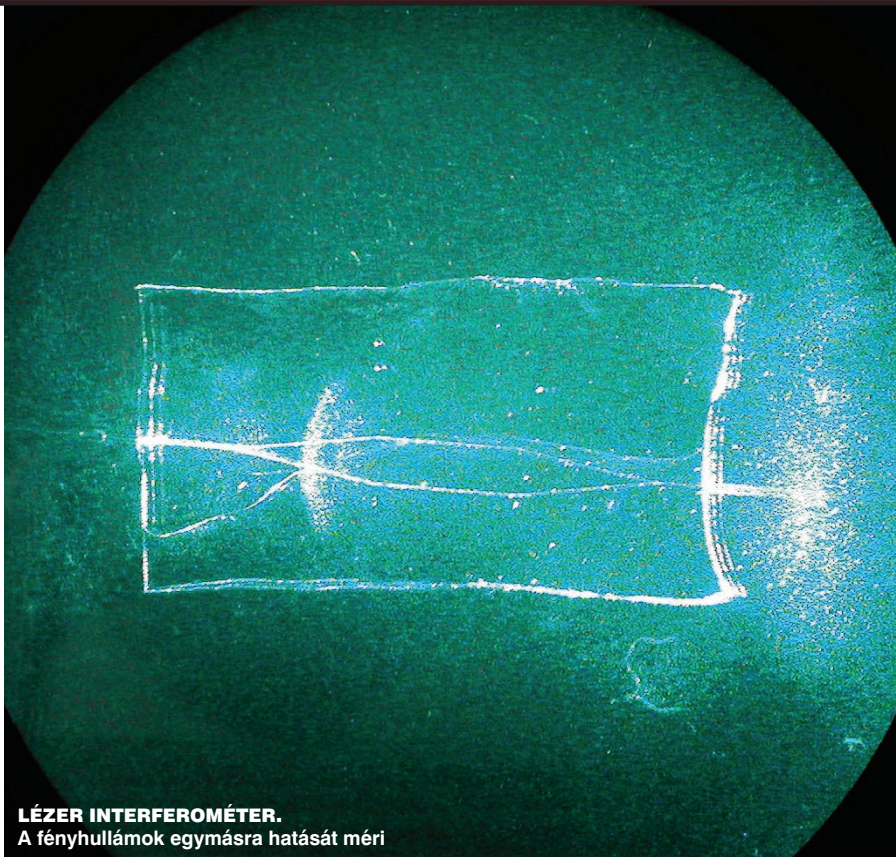
A nanotechnológia világszerte új tudományos áttöréseket hoz. Hazánkban is számos olyan kutatás folyik, amely ipari hasznosítással kecsegtet. Összeállításunkban néhány fontosabbat igyekszünk vázlatosan bemutatni.

SZUPERMŰANYAG

Szilárd eredmények

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem műanyag- és gumiipari tanszékén nanoszerkezetű műanyag szerkezeti anyagokat fejlesztenek ki műanyagok és körülbelül 1 nanométer vastagságú szilikátlemezek összekeverésével, homogenizálásával. „A terület iránti nagy érdeklődést a Toyota szakembereinek kísérletei indították el a kilencvenes évek közepén: az egyik Toyota modell vezérlőláncának védőburkolatát rétegszilikát polimer nanokompozitból készítették” – mesél a téma gyakorlati hasznáról Pukánszky Béla tanszékvezető.

Mivel a szilikátlemezek kiterjedése szélességükhöz képest nagy –100–500 nanométer –, megfelelő tapadás esetén ezekben az összetett műanyagokban a lemezeknek nagy erősítő hatást kellene kifejteniük, kis szilikáttartalom mellett. A fő probléma azonban a szilikátlemezeknek a műanyagban való homogén eloszlása. Ez a technológia ugyanis, amely lehetővé teszi az ásványi szilikát ultravékony elemi lemezeinek eltávolítását egymástól, csökkenti a komponensek közötti tapadást, így nem jön létre a varakozásoknak megfelelő szilárdság- és merevségnövekedés. „A terület iránt élénk tudományos érdeklődés tapasztalható, a nagy intenzitással folytatott ipari kutatások gyakorlati eredménye azonban még várat magára” – foglalja össze a nemzetközi tapasztalatokat a tanszékvezető, aki a hazai tervekről is ejt pár szót. „A Zoltek Rt.-vel dolgozunk a Toyota által készíthető hasonló anyag kifejlesztésén, azonban mi más technológiát alkalmazunk: a cél a kiindulási műanyag szilárdságának és merevségének egyidejű növelése” – avat be az elképzelésekbe.



LÉZER INTERFEROMÉTER.
A fényhullámok egymásra hatását méri

BIOCSEPEK

Lézerrel rajzolják

A biológiában a genomikai kutatások adják a miniaturizálási erőfeszítések különös hajtóerejét – mutat rá az élettudományok nanotechnológiai kapcsolódására Ormos Pál, a Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Intézetének igazgatója. E terület általános jellemzője, hogy igen nagymennyiségű információ keletkezik, illetve nagyszámú vizsgálatot kell nagyon kis mennyiségű anyagon rövid idő alatt elvégezni. Ezen követelmények kielégítésének egyik nyilvánvaló útja a miniaturizálás. Ez általában nem egyszerűen a méretek csökkentését jelenti, hiszen az igen kis mérettartományban a folyamatokat más paraméterek jellemezhetik, és ennek megfelelően az egyes eljárásokat alapvetően módosítani kell, akár egészen új módszerek jöhetnek létre. Fontos mo-

dem irányzat a csiplaboratórium (lab-on-a-chip) koncepció. Itt általában síklap hordozóra integrálva teljes készülékeket alakítanak ki, amint azt a név is sejteti, elsősorban a félvezető technikában használt eljárásokkal.

Az intézet összetett készülékek előállítására dolgoz ki technológiát, amelyekben biológiai anyagok (egyes sejtek, DNS molekulák) manipulálására van mód. A technológia alapja a fényindukált polimerizáció: fényre keményedő gyanta szilárdításával hoznak létre műanyag struktúrákat üveg felületen. Az alakzatok kialakítása lézertűvel történik. Ha a polimerizációt fókuszált lézertűvel megvilágítással, kétfotonos gerjesztéssel hajtják végre, nagy (néhány 100 nanométeres) térbeli feloldás érhető el. A lézertűvel mozgatásával tetszőlegesen bonyolult háromdimenziós alakzatok hozhatóak létre, amelyek mozgó alkatrészeket is tartalmazhatnak. E technológia igen egyszerűen tesz lehetővé nagyfokú integrációt.



MIKRON MÉRETŰ RENDSZER. A fény hajtja



TÖBBFALU SZÉN NANOCső
ELKESKENYEDŐ VÉGE.
Egyatomnyi széncsikók

IONÁGYÚ ÉS SZÉNCŐVEK

Kifaragni vagy összerakni?

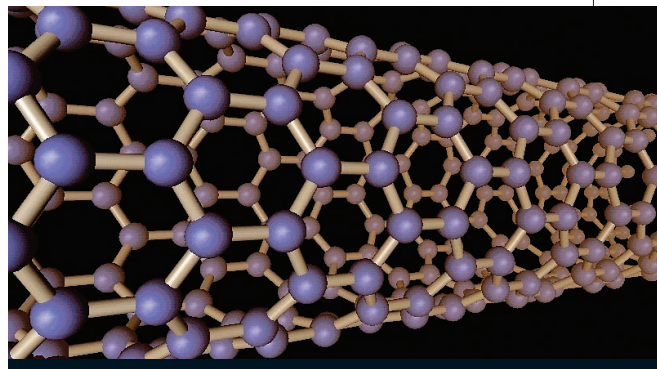
A nanotechnológiai mérettartomány – Bíró P. László, a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézete (MTA MFA) nanotechnológia főosztályának vezetője elmondása szerint – két oldalról közelíthető meg. Egyrészt a köznapi méretek világa felől, amikor egyre kisebb szerkezeteket faraghatunk ki egyre pontosabban a többszörös anyagból (ez az a klasszikus út, amelyen az első kőszerszámok pattintása óta haladunk), illetve az atomok és moleku-

lák felől elindulva, rábírva azokat a természeti törvényeket felhasználásával arra, hogy szükségleteink szerint kapcsolódjanak össze.

Az intézettől nem áll távol egyik megközelítési mód sem. A „kifaragást” segíti az MTA MFA kutatói és a Technoorg Linda Kft. által közösen kifejlesztett kisenergiájú ionágyú, amely a lehető legfinomabb „csiszolóporból”, elektromosan töltött – és ezáltal elektromosan és mágnesesen „terelhető” – atomokból (azaz ionokból) álló sugárral bombázza a megmunkálendő felületet, hogy azt valóban atomi simaságúvá tegye. Ennek alkalmazásai egyelőre inkább tudományosak, mint ipariak, viszont nagyon sok iparilag fontos minta csakis ezzel a módszerrel állítható elő megfelelő minőségben. Az ionágyú keresett termék: a gyártó Technoorg Linda Kft. a világ számos országába exportálja a különlegesen kis

energiájú ionokkal üzemelő felületmegmunkáló berendezését.

Az „összerakó” megközelítésre pedig jó példa az intézetben folyó kutatás a szén nanocsövek előállítására. „A nanocsöveket kivételes mechanikai és elekt-



SZÉN NANOCső MODELLEJE. Kivételes tulajdonságok

romos tulajdonságaik számos területen teszik alkalmazhatóvá a kompozit anyagoktól az űrtechnikán át a lassan mindennappossá váló síkképernyőig” – sorolja a lehetséges felhasználási területeket Bíró.

SÍNKÖSZÖRÜLÉS

Kristályosra kopva

Nem is gondolnánk, hogy a vasúti sínek is összefüggésben lehetnek a nanotechnológiával. „A nagyenergiájú mechanikai igénybevétel miatt a vasúti sín felületén nanokristályos réteg képződik, amely a vonatok speciális futási tulajdonsága miatt szakaszosan alakul ki” – avat be a vonatpályák speciális tulajdonságai-ba Beke Dezső, a Debreceni Egyetem szí-

lárdtest fizika tanszékének vezetője. A kopás periódus hossza jellemzően 8–12 centiméter, s mélysége szélsőséges esetben elérheti a néhány tized milliméteres értéket is. Emiatt a pálya és a szerelvények egyaránt károsodhatnak, a szerelvények zajszintje is szignifikánsan megnőhet – különösen a nagysebességű pályákon.

A vasúttársaságok évente komoly összegeket fordítanak a kopás diagnosztizálására és szükség esetén ennek köszörüléssel való megszüntetésére. Ehhez

kézi műszerek és speciális mérővonatra szerelt berendezések állnak rendelkezésre.

A köszörülés időigényes és rendkívül drága, emiatt a kopás lehető legkorábbi felismerése nagyon fontos, hiszen korai stádiumban a csiszolás során csak jóval kisebb anyagmennyiséget kell eltávolítani.

Korai szakaszban lévő (néhány század milliméter amplitúdójú) kopás felismerése geometria mérés segítségével nagyon nehéz. A Metalelektro Kft. és a tanszék közös kutatásainak eredményeként elkészült egy eszköz és egy szabadalom, ami a hullámos kopást mágneses méréssel

vizsgálja. Ezzel a kiváltó ok – a nanokristályos réteg – kialakulását követhetjük nyomon, ami azt jelenti, hogy a kopást már azelőtt felfedhetjük, mielőtt a geometriai mérésekkel érzékelhető szintet érne el. Az ekkor megelőző jelleggel végzett síncsiszolás minden korábbinál gazdaságosabban végezhető.



MÉRŐFEJ. Hamarabb jelez

AZ IRÁNYÍTÓ BERENDEZÉS.
Vezérel és adatot gyűjt