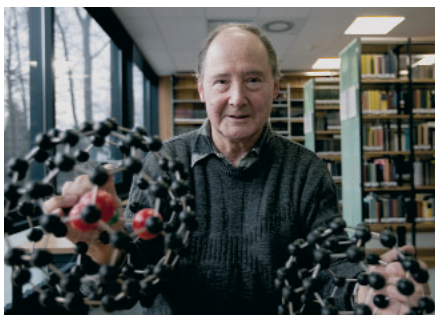


Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

Európai Feltalálói Díj, 2010



WOLFGANG KRÄTSCHMER

Wolfgang Krätschmer és a fullerénkutatás járványszerű terjedése

Bevezetés

Az Európai Szabadalmi Hivatal (EPO: European Patent Office) az Európai Unió Bizottsága Vállalkozási és Ipari Főigazgatóságával közösen szabadalmi díjat létesített azok elismerésére, akik tevékenységükkel jelentősen hozzájárulnak az európai innovációs tevékenységhez. A díjakat négy kategóriában – ipar, kis- és közepes vállalkozások, Európán kívüli országok és életmű – osztják ki.

Az Európai Szabadalmi Hivatal évenként felkéri saját és más EPO-tagországok szabadalmi ügyvivőit és szakértőit, hogy jelöljenek feltalálókat és olyan szabadalmakat, amelyeket az EPO-nál szabadalmaztattak az utóbbi tíz évben, és jelentős hozzájárulást jelentettek az európai innovációs tevékenység fejlődéséhez. A 2009. és 2010. évi díjakra érdemes jelölésekhez a nemzetközi nagyközönséget is felkérték.

A jelöltekről rövidített lista készül, amit aztán nemzetközi zsűri elé terjesztenek. Első lépésként a zsűri három jelöltet választ minden kategóriából és ezután jelöli csak ki a díjazottakat. A díjak átadására rendkívül ünnepélyes körülmények között, az Európai Unió éppen elnöki feladatát ellátó ország fővárosában kerül sor.

Első alkalommal 2006. május 3-án adták át a díjakat a brüsszeli Autoworld múzeumban.

A 2010-beli díjat az életmű kategóriában Wolfgang Krätschmer asztrofizikusnak ítelték. A különlegesen elegáns eseményre 2010. április 28-án a madridi Eurostar Tower szállodában került sor, számos jelentős helyi és nemzetközi személyiség jelenlétében. A díjat a kitüntetett-

nek személyesen öccsellenciája Felipe herceg, spanyol trónörökös és neje, Leticia, Aszturia hercegnője adta át.

Életrajz és tevékenység

Wolfgang Krätschmer fizikát tanult Berlinben, majd 1971-ben PhD-címet szerzett a Heidelbergi Egyetemen a Max Planck Magfizikai Kutatóintézetben írt „Die anätzbaren Spuren Künstlich beschleunigter schwerer Ionen in Quarzglas” c. disszertációjával. Munkáját a Max Planck-intézetben tudományos főmunkatársként folytatta. 1977–78-ban Donald R. Huffmannel dolgozott az Arizonai, majd Roger F. Kna-ke-kel a Stony Broke-i New York-i Állami Egyetemen. 1993-ban a Heidelbergi Egyetem tiszteletbeli egyetemi tanárává nevezte ki.

Kezdeti kutatásai a kozmikus sugarak vizsgálatára irányultak, egyúttal holdkőmintákat és meteoritokat is tanulmányozott. A hetvenes évek közepétől szilikátok, szénkód és víz-metán-jég keverékek spektroszkópiai vizsgálatát kezdeményezte annak érdekében, hogy jobban megértse a kozmikus ködök észlelt, de addig magyarázatlan infravörös abszorpcióit.

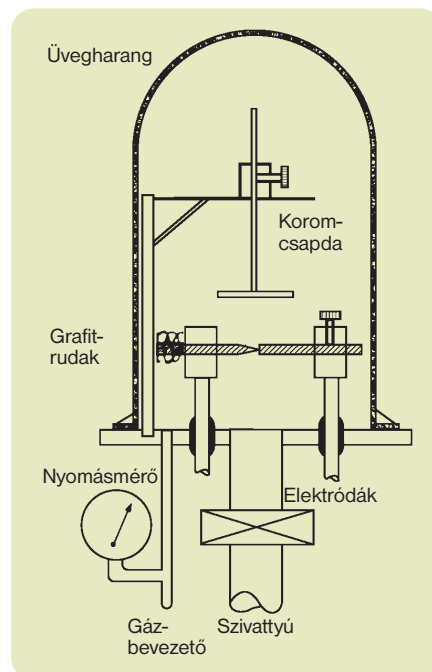
Kutatási területe mindmáig olyan 21 szénatomig terjedő kis szénmolekulák és oxidjaik infravörös spektrumainak tanulmányozása, amelyek csak nemesgáz közegben és nagyon alacsony hőmérsékleten stabilisak, és az úgynevezett „diffúz csillagközi sávok” értelmezésére is szolgálnak. Mindezek mellett részt vett az Európai Űrhivatal (ESA: European Space Agency) ISO infravörös űrteleszkópjához csatolt spektrométer kifejlesztésében.

A kitüntetett teljesítmény

Wolfgang Krätschmer Donald Huffmannel és doktoranduszaival (L. D. Lamb és K. Fostiropoulos) a nyolcvanas évek végén megvalósította és kidolgozta a Max Planck Magfizikai Kutatóintézetben a fullerének makroszkopikus mennyiségű szintézisét egy általuk kifejlesztett és megépített készülékben.

Az 1. ábrán látható grafittelektrodákat Joule-hővel hevítettek 100 torr He-atmoszférában, és a grafitgőz kondenzálásával nyert kormot benzollal extrahálták. Az oldat színe a koncentrációtól függően a bor-

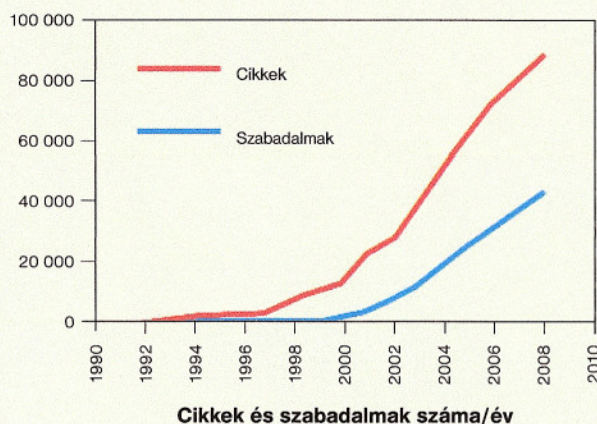
1. ábra. A Krätschmer–Huffmann-féle fullerén-előállító berendezés [1]



vöröstől a barnáig változott, be-száradása után áteső fényben vörösbarna, ráeső fényben fém-snek tűnő C_{60} - és körülbelül 5%-ban C_{70} -lemezek maradtak vissza. Tömegspektrometriás kísérletekkel megállapították, hogy az anyag túlnyomórészt C_{60} -ból áll, és még a következő fulleréneket tartalmazta: C_{70} , C_{58} , C_{56} , C_{54} , C_{52} . A C_{60} -nál kisebb tömegű molekulák a C_{60} fragmentációjából származtak Röntgen-diffrakcióval meghatározták a kristályok szerkezetét, valamint megmérték az IR-, UV- és látható tartományban mutatott spektrumukat. Az eredményeket összegző, viszonylag hosszú dolgozatot a *Nature* igen gyorsan közölte: a kézirat 1990. augusztus 7-én érkezett a szerkesztőségbe, szeptember 7-én fogadták el közlésre, és a szeptember 27-i számban jelent meg [1]. A *Nature* címlapján bemutatták a C_{60} -kristályokról készült mikroszkópos felvételt. Az említett eredmények publikálása előtt a fulleréneket előállító, fent említett eljárást Krätschmer és Huffman szabadalmaztatta. Az azóta eltelt időszakban ez az eljárás képezte a fullerének ipari gyártásának jelentős részét. Az elhúzó jogi és egyéb adminisztratív okok következtében az európai és egyesült államokbeli szabadalmakat 1998-ban [2] és 2009-ben adták meg [3].

A makroszkopikus fullerénmennyiségekkel végzett kutatás járványszerű terjedése

Egy új tudományos felfedezés során az eredmények terjedése például a felfedezés témájával foglalkozó kutatók számának növekedésével követhető nyomon. Ha ezt a számot az idő függvényében ábrázoljuk, akkor általában S formájú görbét kapunk. Kezdetben a felfedezés alapötletének terjedése lassú, amit a görbén az alig emelkedő szakasz mutat. A gondolat későbbi gyors fejlődését egy meredeken emelkedő szakasz jellemzi, amely után végül egy „telítettség” periódus következik, amikor a felfedezés terjedése lelassul. A meredek terjedési szakaszt Goffman [4,5] a gondolatok „járványszerű” terjedési mechanizmusával értelmezte. Általában a járványok terjedését orvosi szempontból úgy jellemzik, hogy a fertőzhető állapotból a fertőzöttbe való átmenet szabályozza, a fertőző anyaggal való érintkezés következtében. Ez a folyamat Goffman szerint nemcsak a



2. ábra. A fullerén-cikkek és -szabadalmak számának növekedése

fertőző betegségekre jellemző, hanem más folyamatokra, többek között az ötletek terjedésére is alkalmazható. Az egyetlen, ami ehhez szükséges, a folyamat összetevőinek megfelelő értelmezése, azaz annak meghatározása, hogy mit tekinthetünk fertőzhető, fertőzött és gyógyult populációnak, illetve mi a fertőzés hordozója, átvívője, mi a lappangás, mi maga a betegség stb. A népszerűség (kutatók) fogékony bizonyos ötletek befogadására, de ellenálló lehet más ötletekkel szemben. Miután valamely ötlet „megfertőzött” egyeseket, meg nőnek az esélyek, hogy ők bizonyos idő elteltével másokat is megfertőzzenek. Ez a folyamat szellemi „járványt” eredményezhet. Annak érdekében, hogy a fullerén-kutatás fejlődését elemezzük, 1992-ben megkíséreltük Goffman orvosi járványelméletét a fullerén-kutatás esetére alkalmazni [6].

Kimutattuk, hogy 1989-ig tartó „lappangási idő” után a fullerén-kutatás 1990-től való fullerén-kutatási (és -fejlesztési) „jár-

vány” kitörésének jellemző jegyeit viseli.

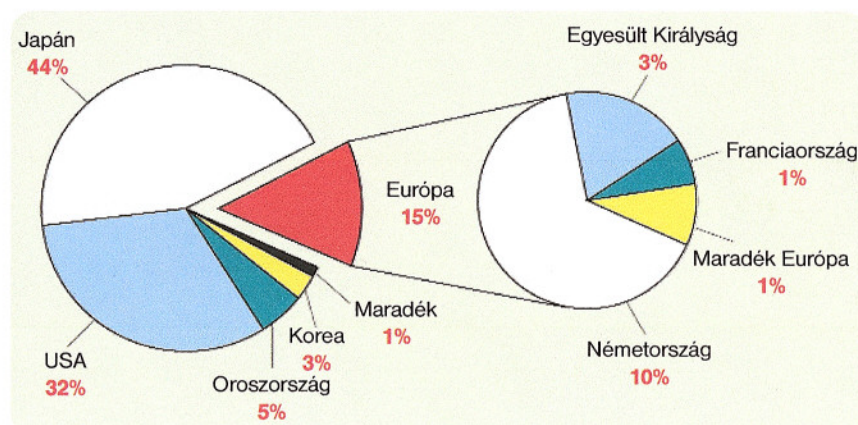
Annak eldöntése, hogy ki volt a járvány-szerű fullerén-kutatási (és -fejlesztési) fertőzés terjedésének fő okozója, meglehetősen bonyolult. Valószínűnek látszik, hogy már a fullerén-kutatást előkészítő szakaszban, 1984-től kezdődően szinergetikus kölcsönhatás állt fenn a főbb tényezők között. Mint köztudott, a C_{60} -at, azaz a „buckminsterfullerén”-t Kroto, Curl és Smalley fedezte fel [7] 1985-ben. Ez a vegyület, amelynek léte 1985-ben bizonyítást nyert, 1990-ig csak tömegspektrométeren mért testtelen jelként (spektrumként) volt bemutatható. Véleményünk szerint azon-

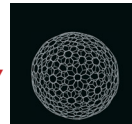
ban a kémiai szempontból tekintett fullerén-járvány és az azzal együtt járó alap-kutatási tevékenység, valamint technológiai fejlesztések kitörésének időpontját a makroszkopikus mennyiségű szilárd C_{60} előállítását és jellemzését leíró Huffman-Krätschmer-szabadalom és -közlemény megjelenése rögzíti.

A Krätschmer-szabadalom által kiváltott gyakorlati alkalmazások

A fullerének makroszkopikus mennyiségekben való hozzáférhetősége a fullerénnel foglalkozó alap-kutatási eredményeket leíró folyóiratcikkek számának jelentős növekedését mutatja. Ugyanez jellemző a fullerének alkalmazásával foglalkozó szabadalmak számának növekedésére is (2. ábra). A szabadalmakban tükröződő gyakorlati alkalmazásával foglalkoztak „Quo vadis alkalmazott fullerén-kémia?” és „Mire jók a fullerének? Szerény adalékok az

3. ábra. A világ országainak hozzájárulása a fullerén-szabadalmakhoz





alapkutatás haszna című örökzöld témához” című tanulmányaink is [8,9].

Talán nem meglepő, hogy a fullerének speciális tulajdonságai miatt az elektronikai szakterület áll a rangsor élén. Az egészségügyi alkalmazások viszonylag szerény száma bizonyos mértékben csalódást jelent, és ez részben a fullerének vízzoldhatatlanságának tudható be. Azonban ma már számos vízben oldható funkcionizált és szupramolekuláris gazda–vendég (host–guest) fullerénvegyületet állítottak elő, és nagyon valószínű, hogy ezek meg fogják találni az utat a közvetlen orvosi alkalmazásokhoz. A fullerének hasznosítása a felületkémiában, a biokémiában stb. szintén nagy valószínűséggel elvezethet az orvostudományi alkalmazáshoz. A vállalatok szabadalmaztatási és gyártási tevékenységében a legfontosabb érdeklődési területeket jól szemlélteti az 1. táblázat.

A fullerénpiac helyzete és lehetőségei

A fullerének és rokon termékeik világpiaci forgalma 2008-ig 30%-os évi növekedést mutatva elérte a 300 millió dollárt [10]. Ezután a piac a világválság következtében lelassult, de 2009 utolsó negyedében a félvezető-, elektronikai és energiapiaci igényeknek köszönhetően újfént élénkülni kezdett. Ezek képezik majd a főbb alkalmazási piacokat egészen 2015-ig, amikor a fullerénnanoanyagok becsült világpiaci forgalma eléri majd a 2912 millió dollárt. Jelenleg világszerte több mint 100 vállalat foglalkozik fulleréncentrikus termékek előállításával és forgalmazásával. A jelentősebbek: Arkema, Bayer, Showa Denko, NEC, Hyperson Catalysis, Mitsui, Nanocyl, Shezen Nanotech Port, Iljin Nanotech, Mitsui Chemical. Fontos alkalmazások várhatók többek között a repülőgépgyártásban és űrparban, az autópárbán, az energiaiparban, a környezetvédelem és vízkezelés terén, a gyógyászatban, a hadiiparban, a műanyagiparban, a félvezetőiparban és elektronikában, a sporteszközök gyártásában és a telekommunikációban [10].

Jelentős fullerén körüli szabadalmi tevékenység folyik világszerte [11], mint a 2. és 3. ábra mutatja.

Utószó

A tudományozsziológia szakirodalma [12] új kifejezést kreált azok jelölésére, akik bár messzemenően méltók lettek volna a Nobel-díjra, mégsem kapták meg. Ők a „41.

Cég	Ország	Műszaki fókusz
1. sanofi-aventis	Francia/Német	Ipari fulleréngyártás
2. Hahn-Meitner Institut	Németország	Molekuláris elektronika, FET-ek, endohedrális fulleréngyártás
3. Asea Brown Boveri (ABB)	Svájc	Oszloptöltések elválasztásához magas konduktivitású kábelek, bevonatok, bomlásvédő szerves vegyületek
4. Centre national de la recherche scientifique (CNRS)	Franciaország	Nanokompozitok, gyémánszerű anyagok
5. Technische Universität Dresden	Németország	Szerves félvezető anyagok, szerves fotocellák, hőérzékeny NMR-anyagok
6. Cinvention	Németország	Biokompatibilis anyagok és felületek implantbevonatokhoz és gyógyszer-adagoláshoz, pórusos anyagok gáz-elválasztásához
7. Bosch	Németország	Hőálló kenőanyagok, tömítések gázszenzorokhoz
8. Commissariat à l'énergie atomique	Franciaország	Hőálló szinteranyagok, fotoaktív anyagok, funkcionizált felületek
9. Artur Fischer Werke	Németország	Polimer kompozitok
10. Koninklijke Philips Electronics	Hollandia	Fotocellák, fénykibocsátó diódák, gyémánszerű anyagok
11. L'Oréal	Franciaország	Hajkozmetikumok, make-up anyagok, napfényvédők
12. Bayer	Németország	Hidrogénző katalizátorok, katalitikusan aktív elektródok fűtőcellákhoz
13. BASF	Németország	Polimer kompozitok, termoplasztikus anyagok, merev poliuretánhabok
14. Patterning Technologies	Nagy-Britannia	Festőanyagok elektronikusan vezérelt nyomdagépekhez
15. Alcatel	Franciaország	Optikai szálak bevonata polimer kompozitokkal
16. Degussa	Németország	Oldószeralapú festékek, jet-festékek, xerox-festékek és bevonatok
17. Armines	Franciaország	Fullerének előállítása
18. Till Keesmann (Argus Holding)	Németország	Endohedrális fullerének előállítása
19. Fraunhofer-Gesellschaft	Németország	Rugalmas integrált áramkörű kártyák, elektromos polimer kompozitok

1. táblázat. Fullerénalapú szabadalmaztatott gyártásokban érdekelt európai vállalatok és intézmények

báronyszék” elfoglalói, szellemes utalással a Francia Akadémia tagságára, ahol közismerten csak a 40-re korlátozott számú „halhatatlan” foglalhatja el a báronyszékeket. A fulleréntudomány 41. báronyszékének egyaránt méltó jogosultjai vitathatatlanul Wolfgang Krätschmer és Donald Huffman.



IRODALOM

- [1] W. Krätschmer, L. D. Lamb, K. Fastropoulos, D. R. Huffman, Nature (1990) 347, 336.
- [2] D. R. Huffman, W. Krätschmer, New form of carbon, patent EP 0 500 914 B1, 1998.

- [3] D. R. Huffman, W. Krätschmer, Form of carbon, US patent 7, 494, 638 B1, 2009.
- [4] W. Goffman, Nature (1964) 210, 786.
- [5] W. Goffman, Nature (1964) 204, 225.
- [6] T. Braun, Angew. Chem. Int. Ed. (1992) 31, 588.
- [7] H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. E. Curl, R. E. Smalley, Nature (1985) 318, 162.
- [8] Braun Tibor, Magy. Kém. Lapja (2005) 63, 97.
- [9] Braun Tibor, Magyar Tudomány (1995) 40, 779.
- [10] R. Miller, http://www.reportlinker.com/p0189781/The-World-Market-for-Carbon-Nanotubes-Carbon-Nanofibers-Fullerenes-POSS-and-Graphene.html#utm_source=LivePR&utm_medium=pr&utm_campaign=LivePR
- [11] R. Mihalits, Chr. Kallinger, Y. Verbant, V. Veeffkind, S. R. Huebner, Nanotech. Law. Business (2008) 5, 85.
- [12] H. Zuckerman, The scientific elite, New York Free Press, 1977