

60 éve kezdődött a nanokutatás, textilipari vonatkozások

Nanoscience started 60 years ago, textile industry aspects

Kutasi Csaba textilmérnök

kutasics@gmail.com

Initially submitted Sept 16, 2020; accepted for publication Sept.27, 2020

Abstract

The field of nanotechnology is represented by sizes between 0.001–0.1 μm ($\mu\text{m} = 10^{-6}$ m) (the diameter of a human hair is about 80 μm , 200 times thicker than an average nanofiber). Illustrating the prefix nano: human nail grows an average of 1 nanometre in 1 second, light needs 1 nanosecond to travel 30 centimetres in the air, 1 nanosecond is the cycle time of a 1 GHz processor.

Nanotechnology deals with the manipulation of substances (with at least one dimension sized between 1–100 nanometres in the atomic-, molecular- or supramolecular range). If a technology - even in the textile industry – uses materials containing nanoparticles, it is only an innovative process using nanomaterials.

Kulcsszavak: Alagútmikroszkóp, Fullerének, Anyagmanipulálás, Nanoszálak, Önfelépítő nanorétegek, Nanoporózus fémorganikus vegyületek, Plazmakezelés

Keywords: Tunnel microscope, Fullerenes, Material manipulation, Nanofibers, Self-assembled nanolayers, Nanoporous organometallic compounds, Plasma treatment

A nanosz görög eredetű szó (jelentése törpe), a nano előtag azt jelenti, hogy adott mértékegység az alapegység egymilliárdod része [pl. 1 nanométer (nm) = 10^{-9} méter]. A nanotechnológia területére a 0,001–0,1 μm ($\mu\text{m}=10^{-6}$ méter) nagyságrendű méretek jellemzők (az emberi hajszál átmérője mintegy 80 μm , azaz 200-szor vastagabb, mint egy átlagos nanoszál). A nanoprefixum érzékeltetéseként: Az emberi köröm átlagosan 1 nanométert nő 1 szekundum alatt, 1 nanoszekundum szükséges a fénynek, hogy megtegyen 30 cm-t a levegőben, 1 nanoszekundum a ciklusideje egy 1 GHz-es processzornak.

A nanotechnológia az anyag manipulálásával foglalkozik (legalább egy dimenzióban 1-100 nanométer-es, atomi, molekuláris és szupramolekuláris tartományban). Amennyiben nanorészecskéket tartalmazó anyagokkal végeznek valamilyen - akár textilipari - technológiát, az csak nanoanyag felhasználásával történő innovatív eljárás.

1959. december 29-én Richard P. Feynmann Nobel-díjas amerikai elméleti fizikus nagy hatású tudományos előadást tartott az Amerikai Fizikai Társaság éves találkozóján. Az anyagi szerkezetek extrém miniaturizálásával kapcsolatos ismertetőjében utalt az egyes jellemzők kisebb méretskálán történő befolyásolási lehetőségére. Az ismert fizikai törvényekre alapozva egy olyan technológiát vizionált, amely a természet alapvető, önszerveződő folyamatait reprodukálná, így lehetővé tenné a nanoobjektumok felépítését atomi méretekben (**1. ábra**).

1965-ben megosztott
Fizikai Nobel-díjat kapott*Richard P. Feynmann***Richard Phillips Feynmann
(1918-1988)**

1. ábra R.Ph.Feynmann Nobel-díjas

1960-ban Mohamed Atalla egyiptomi mérnök, Dawon Kahng és Bell Labs koreai mérnök elkészítette az első szigetelőréteges tervezérlésű tranzisztort [MOSFET - Metal Oxide Semiconductor (fémoxid félvezető)]. Ebben 100 nm-es volt az oxidréteg vastagság és 20 μm -es az ún. kapu (digitális logikai elem). 1962-ben ilyen célra már 10 nm vastagságú arany fólia felhasználására nyílt lehetőség. [2006-ban a Koreai Tudományos és Technológiai Intézet (KAIST) és a Nemzeti Nano Fab Központ koreai kutatóinak csapata kifejlesztett egy 3 nm-es MOSFET-et, a világ akkor legkisebb nanoelektronikai eszközét.] (2. kép).



Mohamed Atalla



Dawon Kahng



Bell Labs

Az első szigetelőréteges tervezérlésű tranzisztor kifejlesztői, 100 nm-es vastagságú fémoxid réteggel

2. ábra az első szigetelő réteget kifejlesztők

A nanotechnológia kifejezést Norio Taniguchi használta először 1974-ben. Az 1980-as években Eric Drexler kidolgozta és népszerűsítette a nanotechnológia fogalmát. Ebben azt időszakban két nagy áttörés váltotta ki a nanotechnológia növekedését (3. kép).



Norio Taniguchi



Eric Drexler

A nanotechnológia fogalmának kidolgozói

3. ábra Norio Taniguchi és Eric Drexler

Először a pásztázó alagútmikroszkóp 1981. évi feltalálása volt kiemelkedő jelentőségű. Ez nemcsak az egyes atomok példátlan megjelenítését biztosította, hanem 1989-ben már felhasználták az egyes atomok manipulálására is. Az alagútmikroszkóp kifejlesztői Gerd Binnig és Heinrich Rohrer voltak (az IBM Zürichi Kutatólaboratóriumában), ezért 1986-ban fizikai Nobel-díjban részesültek (4. kép).



Gerd Binnig

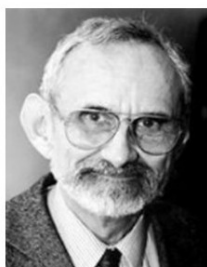


Heinrich Rohrer

Az alagútmikroszkóp kifejlesztői

4. ábra Gerd Binnig és Heinrich Rohrer

Másodszor, a fullerének 1985 évi felfedezése Robert F. Curl, Harold W. Kroto és Richard E. Smalley részéről. A fullerének az elemi szén mesterségesen előállított módosulatai, amelyek meghatározott, páros számú (60, 72, 84 stb.) szénatomból épülnek fel (minden szénatom három másik szénatomhoz kapcsolódik; egyhez kettős-, kettőhöz pedig egyes kötással, ezért csak páros számú atomokból kialakuló kalitkaszzerű képződmények jöhetnek létre). A felfedezők 1996-ban kémiai Nobel-díjban részesültek (5. kép).



Robert F. Curl



Harold W. Kroto



Richard E. Smalley

A fullerének Nobel-díjas felfedezői

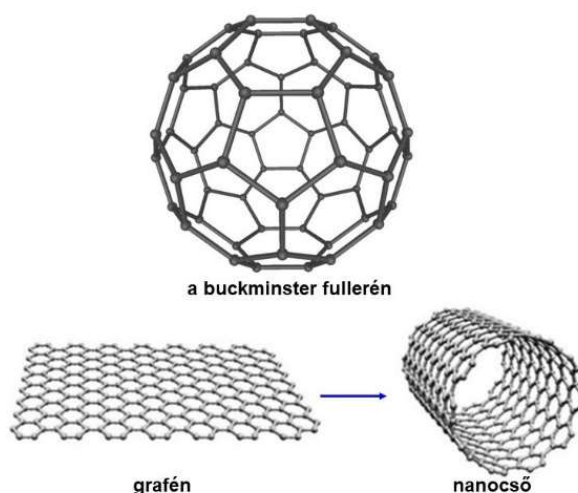
5. ábra A három kémiai Nobel-díjas (1996) Robert F. Curl, Harold W. Kroto és Richard E. Smalley

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

Kutasi Csaba

A nanocsövek olyan nanoméretű, belül üres, henger alakú szerkezetek, melyek falát egyforma, vagy különböző, egymással kovalens kötással (közös elektronpár) kapcsolódó atomok hozzák létre. Pár nanométeres belső átmérőjükhöz képest hosszuk több tíz-, ill. akár százezerszerszeres is lehet. A nanocsövek fala egyetlen szénatom átmérőjének megfelelő vastagságú.

A grafén méhsejtszerűen egymáshoz kapcsolódó szénatomokból álló, 0,3 nm vastagságú (egy atomnyi méret) réteg, amely ultravékony (átlátszó), hajlékony, hő- és elektromosságot vezető, kopásálló, gázt nem áteresztő, acélnál nagyobb szilárdságú mesterséges szénmódosulat (**6. ábra**).

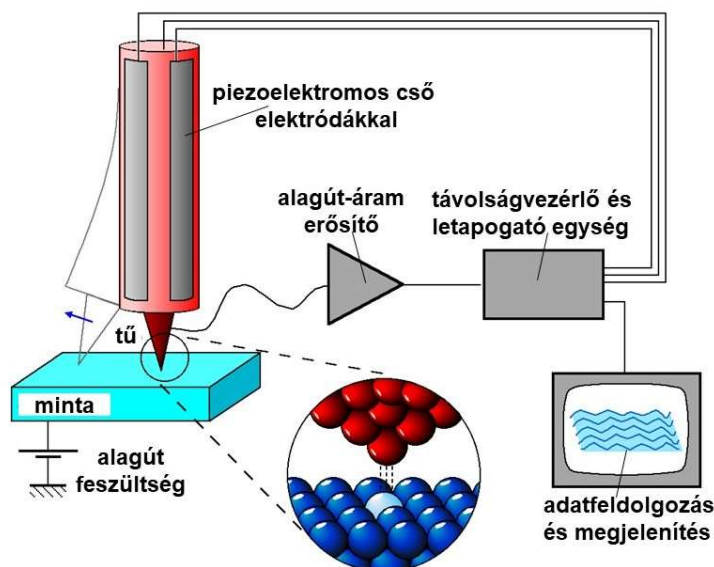


Az elemiszén mesterségesen előállított módosulataira példák

6. ábra grafén méhsejtszerűen egymáshoz kapcsolódó szénatomjai

A pásztázó alagútmikroszkóp

A felületek atomi felbontású képalkotására a pásztázó alagútmikroszkóp (STM - scanning tunneling microscope) alkalmas, amely az alagúthatás alapján működik, és alkalmazható az atomok egyedi mozgatására is. Az alagúthatás egy olyan jelenség, amikor a vezető tűt nagyon közelre (nanométer nagyságrendben) irányítják a vizsgálandó felülethez, így a tárgy és a tű között jelenlevő elektromos tér hatására az elektronok fognak alagutazni. Ez a bizonyos alagutazás arra utal, hogy tárgyból a negatív elektron nem jön ki a tűt alkotó atom pozitív magja által keltett potenciálkútból, hanem a gerinc alatt „fűrt” alagúton jut át az atommag által keltett potenciálvölgybe. Külső beavatkozás nélkül, az elektronok átugrálása azonos valószínűséggel történik mindkét irányba (az eredő áram nulla). Elektromos teret létrehozva azonban a minta és a tű között, a tér kiválaszt egy alagutazási irányt, amely kedvezőbb lesz (ez olyan, mintha egy alagút lejtene valamelyik irányba) (**7. ábra**).

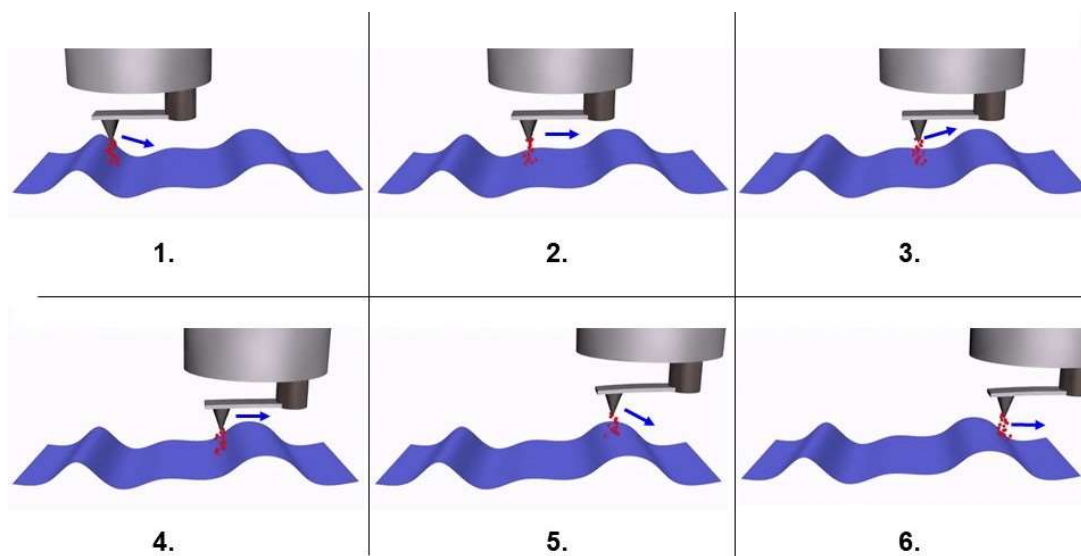


Az alagútmikroszkóp elvi felépítése

7. ábra alagútmikroszkóp szerkezete és felépítése

A mérhető alagútáram nagysága az egyetlen atomban végződő tű - amely volfrám, arany, vagy platina-irídium anyagú - pozíciójától, az alkalmazott feszültségtől és a vizsgálandó minta felületi sűrűségétől függ. A felületet atomnyi távolságban pásztázó tű (amellyel a minta atomjainak elektronfelhői részben átfedettek), és a vezető felület atomjai között folyó áram teszi lehetővé a képalkotást.

Az alagútmikroszkóp (amely nem csak vákuumban, hanem levegőn, vízben, vagy más közegben is használható) oldalirányú felbontása 0,1 nm, mélységi felbontása 0,01 nm. Így egyedi atomok megjelenítésére és rendezésére nyílik lehetőség. A felületről információként érkező alagútáramot (a tű és a minta közötti 0,1 nanométeres távolság változás tízszeres áramváltozással jár) a számítógép értékeli ki, ennek alapján kiváló kép nyerhető (két tű alkalmazásával még jobb minőségű kép érhető el) (8. ábra).



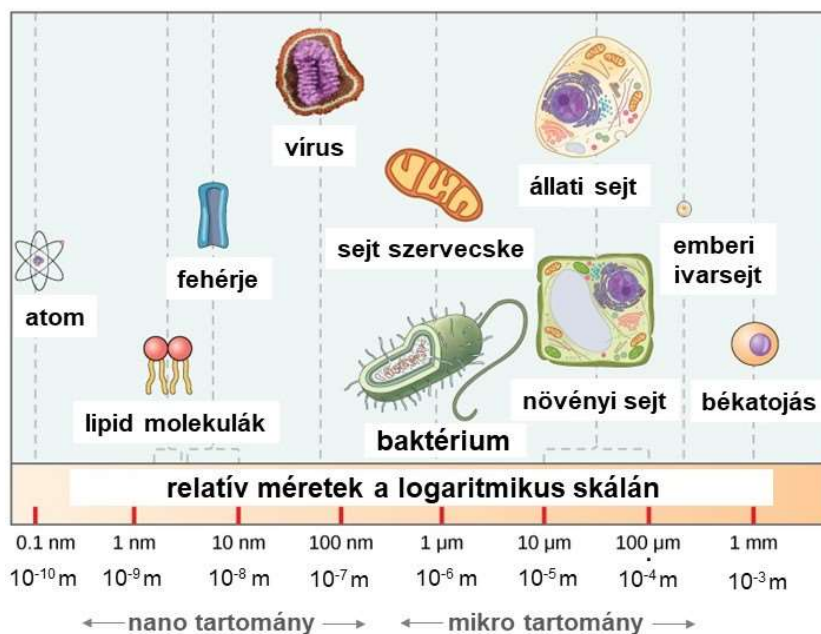
Így pásztázza a felületet az alagútmikroszkóp

8. ábra Atz alagútmikroszkóp felületpásztázása

A felbontás korlátja a tű görbületének sugara. Örvényáramok korlátozása is része a technológiának. Képfeldolgozó szoftverek segítségével tovább lehet növelni a képi hatást, akár 3D-ben is. Az alagútmikroszkóp felhasználásával felületek nanomanipulációja is lehetővé válik.

A nanotechnológiák lényege

A nanotechnológia az anyag manipulálásával foglalkozik (legalább egy dimenzióban 1-100 nanométer-es, atomi, molekuláris és szupramolekuláris tartományban). Ennek legkorábbi változatát ma molekuláris nanotechnológiának is nevezik. A kvantummechanikai hatások meghatározóak, így egy olyan kutatási kategóriáról van szó, amely magában foglalja az adott méretküszöb alatti emberi tevékenységet. A nanoeljárások lényege: olyan analitikai vagy megmunkáló eszközök használata, amelyek alkalmasak 100 nm-t meg nem haladó pontossággal történő anyagelőállításra, mozgásuk detektálására, ill. mérésére. A nano szakterület többek között nanopórusú anyagokkal, nanocsövekkel, nanorétegekkel foglalkozik, továbbá a dendrimerek (elágazó molekulák) és kvantum pontok elemzésével, jellemzőik meghatározásával (9. ábra).

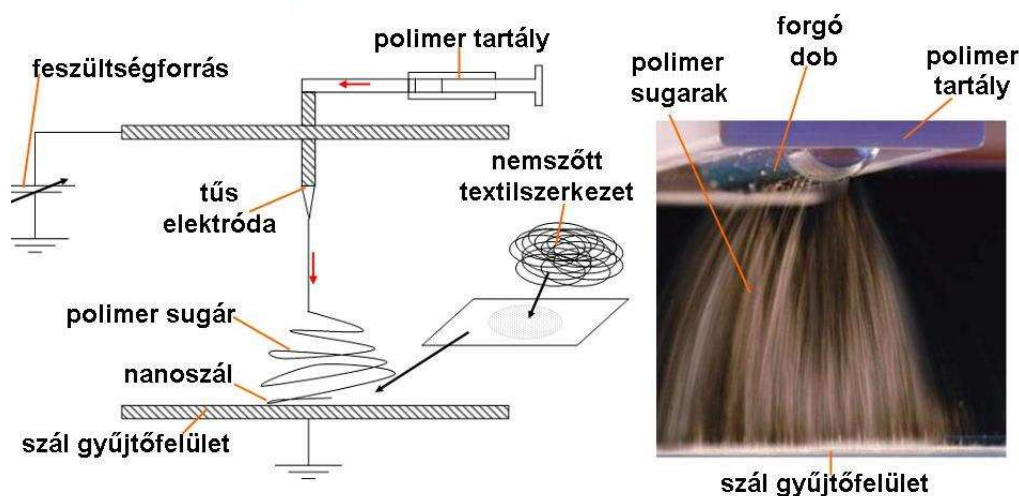


A nanotartomány a méretskálán

9. ábra A nanotartomány a méretskálán 0,1-1 mm

Nanoszálak

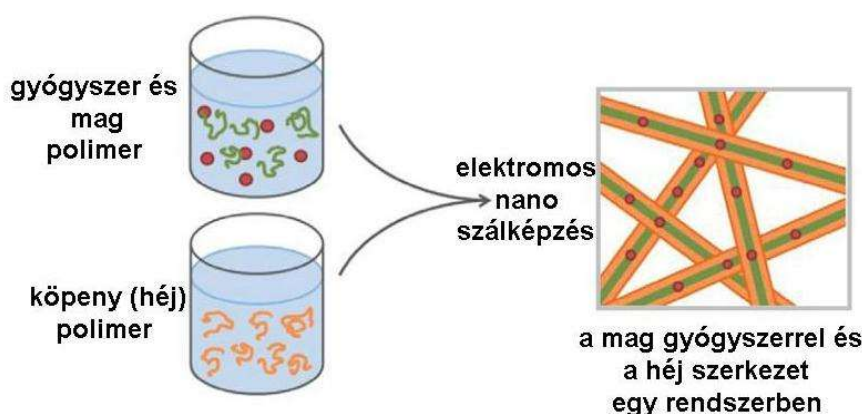
Az emberi hajszálánál kétszázszor vékonyabb nanoszálakat folyékony halmazállapotú polimerből állítják elő elektromos szálképzéssel, az egyik elektródát jelentő csöves tű végén képzett parányi csepp a kiinduló anyag. Az elektro spray ionizációs módszerrel a folyadék rengeteg apró töltött cseppre bomlik, majd egy kapillárison átréselve magas feszültségű térbe kerül. A folyékony polimer a 30 kV-ot meghaladó nagyfeszültségű térben feltöltődik, és amikor az elektromos télerősség eléri a 100 V/cm körüli értéket, akkor legyőzi a felületi feszültséget, és a 0,1–1 mm átmérőjű tű nyílásán megindul a csepp áramlása. Az egyre közelebb kerülő ellentétes elektróda következtében a töltéssel rendelkező polimer részecskék alkotta folyadékáram felgyorsul, egyre vékonyodik. Egyúttal ostorozómozgás is jön létre, tovább finomítva, hosszabbítva a készülő nanoszálakat. Ezek nagyon kicsi átmérőjű (<500 nm) szálak, a nemszőtt jellegű szálrendszert nagy fajlagos felület, kis pórusméret és nagy porozitás jellemzi (10. ábra).



A nanoszál előállítás elve

10. ábra A nanoszál előállításának elve és léoései

A gyógyszeriparban a kis molekulájú hatóanyagok mellett egyre jobban terjednek a nagymolekulás vegyületek is. A polimeralapú – pl. fehérje – gyógyszerek könnyebben bomlanak, mint egyébként a polimerek. Az érzékenység miatt a hatóanyagot nanoszálba építik be, így az előállítás közben is megőrizhetők a fontos tulajdonságok. A használat során szabályozottan lebomlik a héj, így a hordozóból felszabadul a hatóanyag. Pl. a poli-tejsav-ko-glikolsav (PLGA) kopolimer nanoszálak lebomlásával programozott hatóanyag felszabadulás is megoldható (11. ábra).



Nanoszálakba beépített gyógyszer hatóanyag

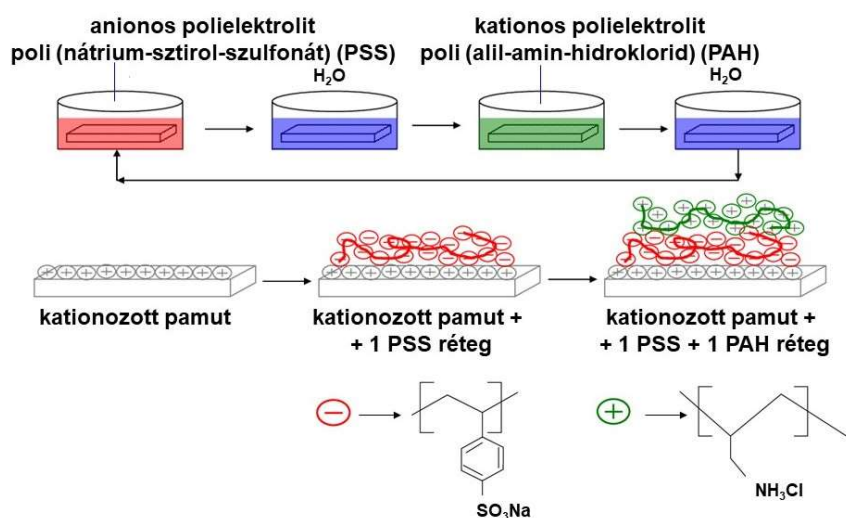
11. ábra Gyógyszer hatóanyag beépülése a nanoszálakba

Önfelepítő nanoréteg textilanyagon

A különböző textilanyagokra (pl. természetes vagy mesterséges szálalapú szövetek, kötött- ill. nemszőtt-kelmék) felvitt funkciós anyagok (pl. valamely védelmi képesség eléréséhez) több fajtája és

eljárása (telítéssel, kenéssel) régebb óta ismert. Az önfelépülő nanoréteg/ek/ből kialakított „leheletnyi” rétegek esetén a polimer bevonatanyag molekulái 1 nm-nél vékonyabb felületet képeznek a textilanyagon. Az egymásra rakódó polimer nanorétegek felépülését befolyásolja többek között a láncmolekulák alakíthatósága (pl. mennyire hajlékonyak), a molekulatömeg és a töltésátviteli képesség.

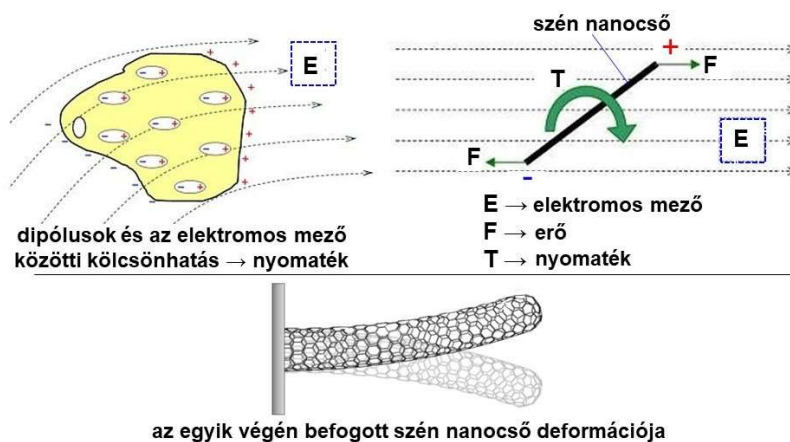
A rétegekialakítás előtt a bevonandó anyagot (pl. pamutszálat) töltéssel látják el (pl. pamutot kationizálják, pozitívvá töltik), ezután az alapra majd egymásra, ellenkező töltésű ionokat tartalmazó, oldott polimereket hordanak fel nanotechnológiával (12. ábra).



Önfelépítő nanorétegek kialakítása pamutszálon pozitív és negatív töltésű polielektrolitok váltakozásával

12. ábra Önfelépítő nanorétegek kialakítása

A nanoszerkezetű anyagok kialakításában jelentős szerepe van az elektrosztatikus erőknek, amelyek iránya a nanotárgy alakjától függ. A nanoanyagokban a szén nanocsöveken (mint egyik végükön rögzített gerendaszerű szerkezetek) megy végbe az elektrosztatikus alakváltozás. A molekuláris dipólmomentum és az elektromos mező között létrejött kölcsönhatás indukált nyomatókat hoz létre. A konzolos nanocső az elektromos mező irányának megfelelően deformálódna, azonban az elektromosan indukált nyomatók és merevség kölcsönhatása lesz meghatározó. Az elektromanipuláció, a nanoelektromechanikus rendszerek előállítása területén ezek meghatározók (13. ábra).



Az elektrosztatikus erők hatása a nanotechnológiában

13. ábra Elektrosztatikus erők hatása - a nanotechnológiában

Lehetséges olyan réteg kialakítása is, amely képes önmagát kijavítani, a hiányossá vált bevonatot pótolni.

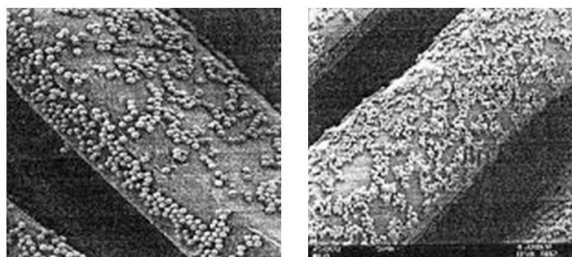
Adott - főként mesterséges - szálak felületén levő saját molekulákból, azok célirányos nanotechnológiai rendezésével is létre lehet hozni speciális képességű réteget. Az így kialakuló, 10–30 nm vastagságú réteg a tömbanyag tulajdonságaitól eltérő képességekkel rendelkezik.

Nanotechnológiai anyagok szálakban, textilfelületeken

A különböző nanoméretű részecskék (pl. fémoxidok, korom, agyag stb.) alkalmazása korábban ismert volt, de nem nanoméretben. Ezek főként mesterséges szálakba (poliészter, poliamid, poliolefin) történő bevitelével megfelelő elektromos- és hővezető képességet, antimikrobiális képességet, antisztatizálást, ill. szilárdságnövekedést, szívósságot lehet elérni.

A nanorészecskék kis méretükkel csökkenthetik a láncmolekulák mozgékonyságát, ezzel magyarázható többek között a mechanikai tulajdonságok javulása. A szén nanocsövek szilárdsága 15-szöröse, tömegük csak egyhatoda az acélénak, elektromos vezetőképességük kiváló. Mint nagy szilárdságú vezetőképes szálak, felhasználhatók energiatároló, energiaátalakító berendezések előállítására. A szén nanocsövekkel adalékolt polivinil-alkohol szál rendkívül merev, szívóssága húszszorosa a hasonló dimenziójú acélhuzalnak, ill. az egyes aromás poliamid szálakénak (védőmellények, biztonsági hevederek, a robbanásálló takarók készítésére alkalmasak).

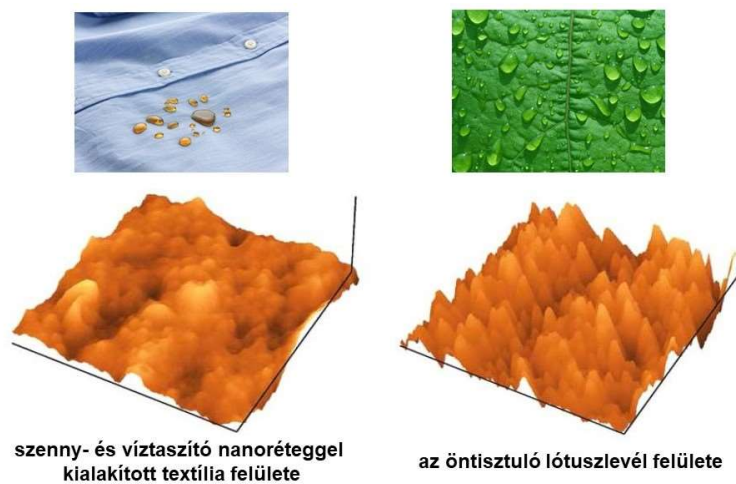
Az agyag (montmorillonit) nanorészecskék vegyszerállóságot, elektromos szigetelőképeséget kölcsönöznek a szálaknak, nem engedik az ibolyántúli (UV) sugarak áteresztését (pl. a kompoziterősítő poliamid szálakban alkalmazzák UV védelem miatt), égésgátló képességet biztosítanak. A nananoezüst antimikrobiális képességet alakít ki. A titándioxid-mangánnoxid nanorészecskékkel adalékolt szál önsterilizáló hatású. Az egyébként szál formájában - zárt szerkezete és színezékmegkötésre alkalmas csoportok hiánya miatt - alig színezhető polipropilén az előzetesen beépített agyag nanorészecskék hatására megfelelő textilszínezékekkel (egyes savas, ill. diszperziós) színezhetővé válik. Adott nanorészecskék a szál felületére is felvihetők (14. ábra).



**17 μm átmérőjű poliészter szálak
fémoxid nanorészecskékkel bevonva**

14. ábra Poliészter szálak fémoxid nanorészecskékre bontva

A kelmékre pl. emulgálással a nanoméretű kikészítőanyagok egyenletesebben vihetők fel. Így szenny- és víztaszító, ill. antisztatizáló képesség, lángállóság, antimikrobiális tulajdonság, UV-védelem, továbbá gyűrődésfeloldódó és méretállandósító hatás is elérhető. Megfelelő nanoréteg felhordásával lélegzőképes bevonat szintén kialakítható. Öntisztuló képesség is elérhető a lótuszeffektust biztosító nano felületmódosítással [a lótuszvirág leveleinek állandó tisztasága a felület parányi egyenlőtlenségeivel magyarázható (a nanoméretű „rűcskösség” következtében a szennyeződések lazán tapadnak, a legördülő vízcepp ezeket magával ragadva eltávolítja)] (15. ábra).



**szenny- és víztaszító nanoréteggel
kialakított textília felülete**

az öntisztuló lótuszlevél felülete

Alagútmikroszkópos felvételek

15. ábra felvételek alagútmikroszkóppal

Célirányos nanoanyagokkal vegyszerekkel- és biológiai hatásokkal szembeni hatás is kialakítható. Érdekesség, hogy nanokristályos piezokerámia részecskék textíliára juttatásával a kelmét érő mechanikai hatások elektromos jellé alakíthatók, így a testen hordott ruházat közvetítésével pl. a szívritmus és a pulzus monitorozható.

A nanotartományú grafén (mint mesterséges szén módosulatból felépülő réteg) alkalmazása kapcsán kutatások folynak hővédő ruházatok anyagainak fejlesztésére, a textília felületmódosításával lángállóság érhető el és hatékonyan védhető a kelme a hőbomlástól, továbbá a ruházat könnyebb lehet. Ennek során pl. az anyagot kémiai gőzfázisú rétegleválasztással viszik fel sárgaréz-fóliára, majd a levett grafénréteg kerül a

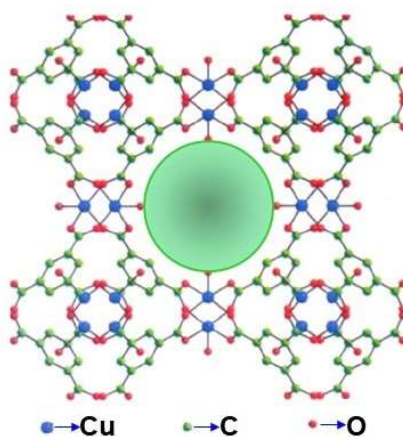
szálasanyagra. A grafénoxid réteggel bevont pamutszövet nemcsak elektromos vezetőképességű és nagyobb hőellenállású, hanem baktériumölő képességű is.

A nanoporózus fémorganikus vegyületek, főbb alkalmazási területek

Az önálló vegyületcsoportot alkotó fémoxidvázas, fémorganikus anyagok MOF (Metal-Organic Framework) elnevezéssel ismertek. Ezek a kristályos felépítésű „szervetlen-szerves” vázszerkezetek két összehangolt egységből épülnek fel. Az egyik összetevő a fém, amely ion vagy klaszter fémion formájában van jelen. A másik felépítő rész általában merev, multifunkcionális szerves láncmolekulákból áll (ezt linkernek is nevezik). A hagyományos porózus anyagok (pl. zeolitok, aktív-szén, stb.) tanulmányozásával fejlődtek ki a MOF vegyületek.

A szervetlen göbökből és az alkalmas szerves láncmolekulákból kialakított nagy porozitású hibridek felfedezésével különleges teljesítményjellemzőkkel rendelkező vegyületek nyerhetők. A zeolit-csoport ásványai molekulárisan kötött vizüket hevítés hatására elvesztik (dehidratáció), a képződő üregek molekulaszűrőként működnek.

A szintetikus fémorganikus vegyületek egyik jellemző képviselője a $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ (a réz mellett a BTC a benzol-1,3,5-trikarboxilátra utal). Az oktaéderes kristályos szerkezetű anyagban előforduló pórusok $9,8 \text{ \AA}$ (az angström – mint nem SI mértékegység - a méter tízmilliárdod része; 10^{-10} m) átmérővel rendelkeznek. Egyes MOF anyagokból 1 gramm mintegy négy kockacukornyi térfogatot tesz ki, ezt kiterítve 5 ezer m^2 -nyi aktív felület nyerhető. Feltételezhető, hogy az egyes MOF-ok kemisorpcióra is képesek működésük adott fázisában. A nanostrukturált anyagok felhasználási területe széleskörű. Főként a fejlett, nagyteljesítményű, szelektív adszorpciót biztosító gázszűrő-rendszerekben kerül előtérbe a MOF alkalmazása (16. ábra).



BTC → benzol-1,3,5-trikarboxilát

Példa fémorganikus vegyület felépítésére

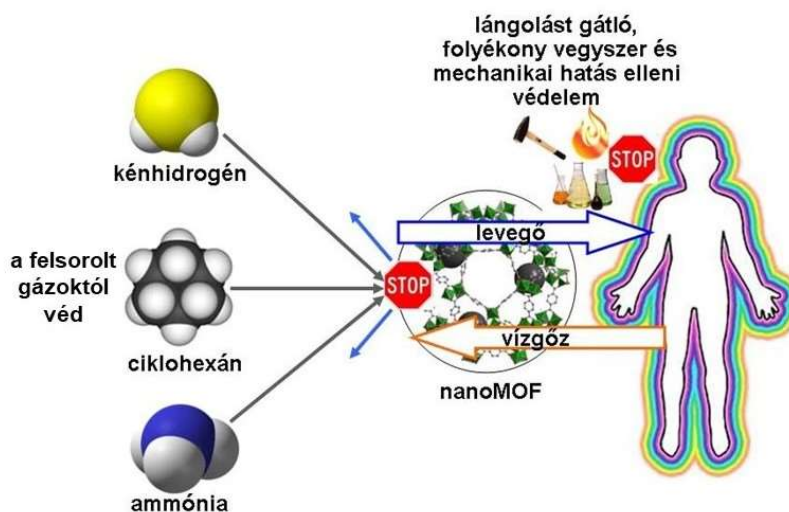
16. ábra Fémorganikus vegyület felépítése

Például:

- Az ipari műveleteknél használt gázok tisztasága technológiailag alapvető fontosságú. Továbbá a levegőtisztaság megővését az elhasznált ipari gázok károsanyagmentes kibocsátásra is alkalmas.

Egyes kutatások szerint az alkalmas MOF anyagok megkötő-képességével a légtérbe kerülő széndioxid mennyisége is csökkenthető.

- A MOF alapú katalízis hasznosítása döntően ökológiai szempontból lényeges. Például a folyékony savak szilárd halmazállapotú katalizátorokra cserélésével a veszélyes folyékony hulladékok képződése elkerülhető.
- Az optimális gázszűrést és komfortos viseletet - pl. légáteresztő - megvalósító, textilanyagú védőöltözékek kialakításához megfelelően kialakított textilalapú nanoMOF funkcionális réteg szükséges. Így a komforthiányos, tömören záró védőruhák kiválthatók (**17. ábra**).

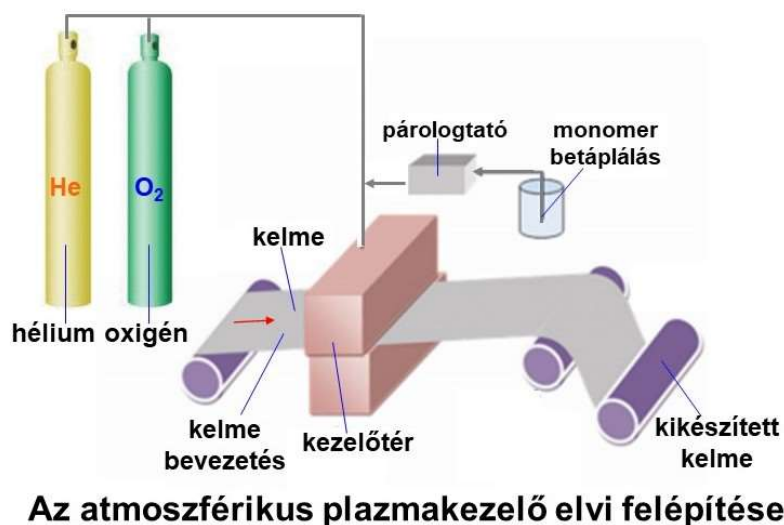
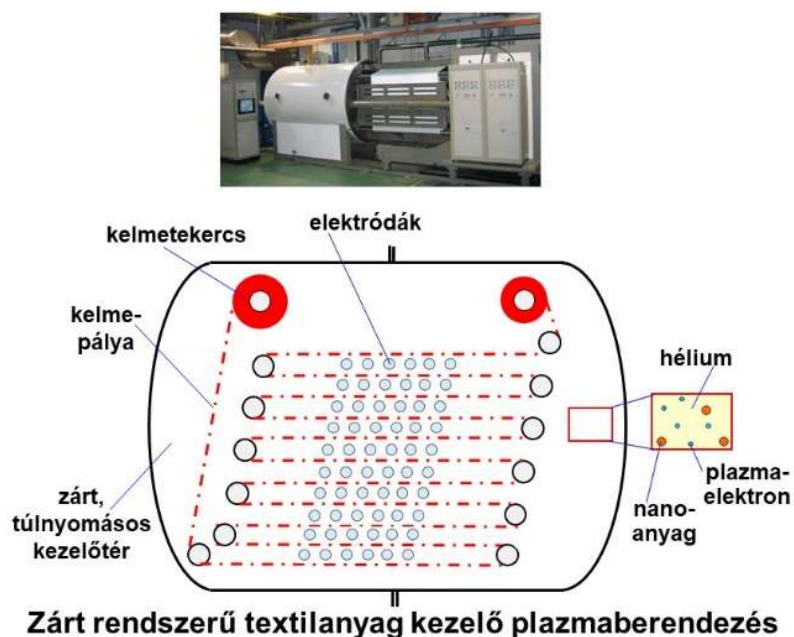


**A nanoMOF aktív réteggel kombinált,
több kockázattal szemben védelmet nyújtó ruházat**

17. ábra nanoMOF réteggel kombinált védelmet nyújtó ruházat

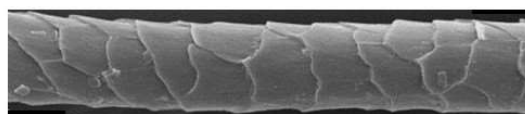
Plazmakezelések a textiltermékeken

A plazma, mint az anyagok ún. negyedik halmazállapota régóta ismert, az univerzum 99 %-a ilyen jellemzőjük rendszerekből épül fel. A mesterséges úton előállított plazmához (töltéssel rendelkező légnemű rendszerhez) gázkisülés szükséges. A plazma elnevezés a „kocsonyaszerűen rezgő” állapotra utal, miután az ionoknál kétezerszer könnyebb plazma-elektronok az elektromos- ill. mágneses erőterben elsőként jönnek mozgásba. A plazmaállapotban az anyag rendkívül aktivált állapotban van, szerkezete kis rendezettségi fokú (pozitív- és negatív töltésű részecskék, szabad funkció csoportok, semleges atomok és molekulák egyaránt jelen vannak). A plazmateret optimális összetételű és minőségű kezelőgáz biztosítja (lehet oxigén, nitrogén, levegő, argon, argon+hélium, etán, hexafluor-etán+hidrogén, egyéb inert gáz). A kialakításhoz elsősorban szabályozott kisülést létrehozó elektromos és egyéb állapotjelzők szükségesek, a textilipari kezelésekhez főleg az ún. alacsony nyomású plazma bizonyult előnyösnek (az 50 °C alatti plazmakezelését vákuumban végzik). Bízató kísérletek folynak az atmoszférikus, folyamatos plazmakezelések megvalósítására (**18., 19. ábra**).



18. ábra atmoszférikus plazmakeverő

Az atomi méretű plazmatechnológiák többféleképpen hasznosíthatók a textiliparban -A szálanyag felszínének tisztítása a szervesszennyeződések, egyéb zavaró idegenanyagok eltávolításával. A gyapjúsál pikkelyrétegének kémiai beavatkozás nélküli változtatásával (élek legömbölyítése, cirádák tompítása) nemezelődés csökkentés érhető el. A szintetikusszálak felszínének „hámozásával” - amelynek során apró kráterek alakulnak ki a szál egyébként sima palástján - megszüntethető a csillogóan fényes és műanyagjelleg, kedvezőbb fogás is elérhető (20., 21. ábra).

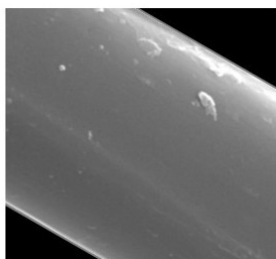


a gyapjúszál pikkelyes felülete,
ez okozza a nem kívánatos nemezelődést

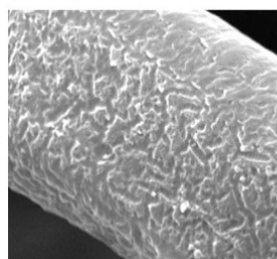


a gyapjúszál plazmakezelés után, a pikkelyek
élei legömbölyítettek, nem kapcsolódnak össze
a szomszédos szálak

A plazmakezelés hatása a gyapjúszál felületére



kezelés előtti csillogó,
műanyaghatású szálfelület



a szál felületének
„hámozásával” kedvező
hatások kialakulása

A plazmakezelés hatása poliészterszál felületére

19. ábra Plazmakezelés hatása poliészter felülethez

- -A szálfelszín aktiválása meghatározott kémiai csoportokkal, amelyek többek között fokozzák a nedvességfelvétel képességét (pl. pamutkelme színezéséhez előnyös), továbbá növelik a tapadóképességet, vagy elősegítik a biokompatibilitást az élőszervezetekkel tartós kapcsolatba kerülő textiltermékeknek.
- -A plazmatérben végzett kémiai jellegű szálfelületmódosítás, lehetővé teszi igen vékony filmréteg tartós felvitelét.
- -Plazmapolimerizáció megvalósítása a plazmában átgerjesztett gázszerű monomerek felhasználásával (pl. olaj- és szennytaszítás, hidrofobizálás, lángolásgátlás, ill. égéscsökkentés elérése). Ilyen kezelés kész konfekcionált terméken is elvégezhető, a funkcionális képesség kiterjed a kellékekre (varrócérna, cipzár zárszalag stb.) is.

Felhasznált irodalom:

[1] Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület: A Magyar Textil- és Ruhaipar Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégiája, Nemzeti Technológiai Platform a textil és ruhaipar megújításáért, Budapest, 2009

- [2] Kutasi Csaba: Nanorészecskék és technológiák a textiltermékgyártásban, a BKIK Kézműipari Tagozata által szervezett I. Nano fórumon elhangzott előadás, 2012.május 24.
- [3] Kürti Jenő: Szén nanocsövek, Fizikai Szemle, 2007/3.
- [4] Kutasi Csaba: Méteráruk és kész textiltermékek plazmakezelése, Textil Forum, 2012. március
- [5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702104006285>
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_tunneling_microscope
- [7] <https://nano-magazine.com/news/2018/9/5/how-will-nanotechnology-improve-textiles>
- [8] Kutasi Csaba – Németh Andrea: Nanoporózus fém-organikus vegyületekkel kombinált, veszélyes gáz szűrésére is alkalmas katasztrófavédelmi védőruházatok kelmeanyag fejlesztései, Magyar Textiltechnika, 2011/4