

75 éves a Nylon

Kutasi Csaba

A pókhálónál is vékonyabb, de az acélnál is erősebb első szintetikus szál, a Nylont 1937-ben találták fel. Az új szál forradalmasította a textiltermékek előállítását. 1939 februárjában kezdték gyártani és forgalmazni az igen keresett, Nylonból készült harisnyákat, amelyek akkor még méregdrágák voltak (200 dollárba került egy pár). A II. világháborúban azonban katonai célokra használták az első szintetikus szálból készített termékeket: többek között ejtőernyőket készítettek belőle. Hamarosan azután megszületett a Perlon is, 1964-ben pedig az első aromás poliamid.

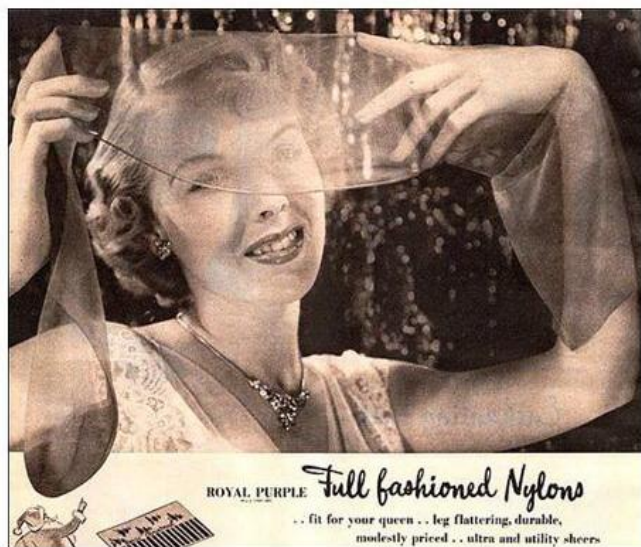
Az első a Nylon

Az első szintetikus szálanyagot 1937 februárjában szabadalmaztatták az Amerikai Egyesült Államokban. A DuPont laboratóriumában 1928 óta folytak a kísérletek, a kutatás költségei már a 27 millió dollárt meghaladták, amikor Wallace Hume Carothers (1896. április 27.–1937. április 29.) amerikai kémikus vezetésével, sikerrel jár a kiterjedt kutató munka. Carothers

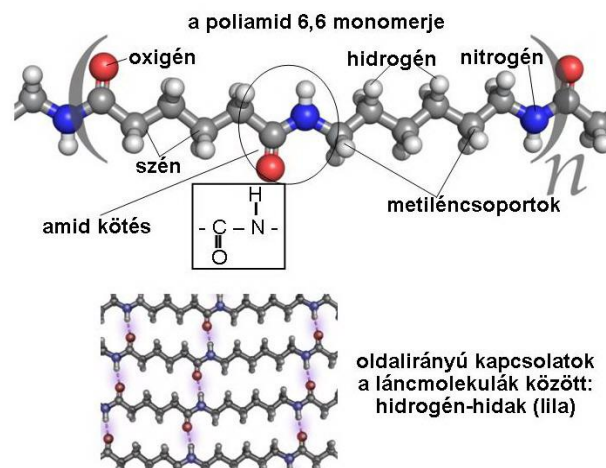


Wallace Hume Carothers
(1896 – 1937)

névéhez előzőleg a kloroprén (műkaucsuk) kifejlesztése fűződött. A poliamid kifejlesztésének gondolatával, a műanyag horgászszinór megalkotásával azért kezdett foglalkozni, mert szenvedélyes horgász volt és a selyemből készült zsinór nedves szilárdsága nem volt kielégítő. Tehát egy szálgyártásra is alkalmas műanyag előállítását tűzte ki célul lelkes amerikai csapataival, azonban az először létrehozott mesterséges anyag könnyen olvadt és gyúlékony volt. 1935. február 28-án készített egy fél marék



Nylonharisnya hirdetés



A poliamid 6,6 (Nylon) szerkezete

polimert, amelyet poliamid 6,6-ként jelölt (a számok sorrendben a diamin ill. a dikarbonsav szénatom-számára utalnak; jelen esetben hexametilén-diamin és adipinsav). Végül sikerült a nagy szilárdságú, és magas olvadáspontú (250–260 °C), polikondenzációs poliamid 6,6-ot előállítani, amit Nylonnak neveztek el. Carothers egyéb szintetikus szálak (pl. a poliészter) fejlesztésében is közreműködött munkatársaival.

A Nylon szó fajtánévvé vált védjegy, amellyel az amerikai DuPont de Nemours cég eredetileg a poliamid 6,6-ot forgalomba hozta. A „Carothers-selyem” az 1939-es New York-i világkiállítás szenzációja volt. Először Nylon sörtejtű fogkefék készültek, a rendkívül sikeres nylonharisnyák gyártása 1939 elején kezdődött. A háborús években ejtőernyők és más hadi kellékek fontos alapanyaga lett ez a műanyagból készült, vagyis mesterséges szál.

A Nylon elnevezés eredetére több magyarázat született. Egyesek szerint először a Norun („szemfutásmentes”) nevet akarták adni, állítólag ebből lett a Nylon. Felmerült az akkori világkiállítás „New York Pylon” szabadságszobros védjegyéből képzett márkánév, esetleg a New York és London városnevek kezdőbetűiből (NY és LON) kialakított megnevezés. A kutatásban résztvevő kutatók feleségei keresztnévnek kezdőbetűiből is összeállhatott a NYLON név. Egy gúnyos kifejezési formára utalhat a „Now You Lazy Old Nipponese” („Nesztek, ti lusta öreg japánok”) vagy az udvariasabb „Now You've Lost Old Nippon” („Na, vesztettél öreg Japán”) elnevezés, amit azzal magyaráznak, hogy az ejtőernyőgyártásnál használt japán hernyóselymet sikerült egy jobb anyaggal helyettesíteni. Tény, hogy a név valódi eredete máig nem tisztázott.

A következő a Perlon

Hamarosan az alifás poliamidok további sora következett, először a polimerizációs Perlonnal. Paul Schlack (1897. december 22.–1987. augusztus 19.) német kémikusnak 1938-ban sikerült kaprolaktámból

polimerizációval egy új poliamid szálát előállítania, amit Perlonnak nevezett el. A kaprolaktám zárt rendszerben hő hatására polimerizálódik, kis mennyiségű víz hozzáadásakor lineáris polimerré alakul (esetleg poliaddícióról van szó a kutatók egy része szerint).

Aztán jött a többi...

Stephanie Louise Kwole (1923. július 31.–) lengyel-amerikai kémikus olyan polimereket kutatott, amelyek nagy hőállósággal rendelkeznek. Többek között 1964-ben fedezte fel a DuPont laboratóriumában a „poliparafenilén-tereftálamid”-ot, ismertebb nevén a Kevlar szálát.

A poliamidok közös jellemzője, hogy a nagymolekulájú anyagban a monomerek (mint ismétlődő egységek) amidcsoportok (-CO-HN-) összekapcsolódásával épülnek fel, mint ahogy az a poliamid 6,6 szerkezetét bemutató ábrán is látható. A különböző poliamidokban az amidcsoportok között eltérő számú metilén (-CH₂-) fordul elő, ezek mennyiségétől függnek a szál tulajdonságok. A kémiai felépítés szerint alifás (nyílt szénláncú), aromás (gyűrűs) és alifás-aromás poliamidok ismertek. A textilipari szempontból az alifás típusúakat ω-amino-karbonsavakból ill. ezek laktámjából, valamint diaminokból és dikarbonsavakból állítják elő. Legnagyobb jelentősége az ε-kaprolaktámból előállított poliamid 6-nak (Perlon típus) és a hexametilén-diaminból és adipinsavból képzett poliamid 6,6-nak (Nylon típus) van. A többi alifás változat (poliamid 4, poliamid 7, poliamid 11 azaz Rilsan, poliamid 12) (a számok mindig a monomer szénszáma utalnak) és az aliciklusos (alifás-aromás) poliamidok kisebb mértékben terjedtek el. A poliamidszálak fizikai módosítása terjedelmesítéssel (ún. HB szál, a Hoch Bausch vagy High Bulk azaz „nagy terjedelmű” kifejezésekből,) és a láncmolekulák orientációjával (speciális nyújtással) érhető el (utóbbi a nagy szilárdságot biztosítja). A kémiai módosítást új funkciók csoportok (pl. metil-, hidroxil csoportok) bevitelével, az ismétlődő monomerek szabályosságának mérséklésével (kopoliamidok), térhálósítással (alkalmas vegyületekkel keresztkötések kialakítása) és ojtással (újabb monomerek felvitele) érik el. Így a polimer tulajdonságai (olvadáspont, hőstabilitás, lángállóság, vízfelvevő képesség, színezhetőség, elektrosztatikus feltöltődés, kifáradási szilárdság, gyapjúszerű küllem stb.) igény szerint előnyösen befolyásolhatók. A szálképzés olvadékból történik közvetlenül, vagy olyan granulátumból, amelyet előzőleg extrudáltak és 0,1 %-nál kisebb nedvességtartalom eléréséig szárítottak.

Ma már a harmadik generációs aromás poliamidok (pl. Nomex, Kevlar stb.) nélkül számos fontos – főleg műszaki rendeltetésű – termék nem lenne előállítható. Az aromás poliamidok (aramidok) aránylag régóta felfedezett szintetikus szálak, amelyek gyártását hosszú ideig nehezítette a magas olvadáspont előtti bomlás (így nem volt ömleszthet a nagymolekulás anyag a szálképzéshez), ill. alkalmas oldószerének átmeneti hiánya. Kellő megoldást a közel fél évszázada szabadalmaztatott határfelületi, ill. a alacsony hőmérsékletű oldószeres polikondenzáció bevezetése jelentette (utóbbinál a polimer oldat közvetlenül felhasználható a szálképzésre). Fontosak még a poliamid-imid szálak, amelyek nagy hőstabilitással rendelkeznek

A poliamidok tulajdonságai és felhasználásuk

A poliamidszálak tulajdonságait a fő felhasználást jelentő alifás poliamid 6 és poliamid 6,6 szálak jellemzőivel célszerű összefoglalni. A kedvező minőségjellemzők közül a fontosabbak:

- A normál poliamidszál nagy szilárdságú 40–60 cN/tex, a 400–420 %-os nyújtású változat a 75–80 cN/tex fajlagos szakítóerőt is eléri. A nedves szilárdság legfeljebb 10 %-kal kisebb. Az ún. csomószilárdság (amely az egyszerűen csomózott szál szakítóvizsgálata, a nyomó- ill. csavaró- és hajlítói igénybevétel figyelembevételével) a normál szilárdság 95 %-a (gyapjúnál 85 %-a). Az aromás poliamidok közül a Kevlar magas fajlagos szilárdságú (170 cN/tex).

- A szálak nyúlása általában 20–30 %, nedves állapotban 3–5 %-kal nagyobb. A rugalmas nyúlás 2 MPa terhelésnél 90–95 %-os (összehasonlításképpen: a gyapjúnál 60–65 %-os). A poliamidszálak kiváló rugalmasságúak, ezzel magyarázható a behatások utáni kedvező visszalakuló képességük és tartós hajtogatószilárdságuk.

- Kopásállóságuk valamennyi szálanyag között a legnagyobb, ez a képességük szálkeverékekben is kellően érvényesül.

- Nedvességfelvevő képességük szabványos légkörben száltypustól függően 3,5–4,5 %. A természetes szálakétól ez messze elmarad, de a többi szintetikus szálhoz képest kedvező.

- A szál fajlagos sűrűsége általában 1,4 g/cm³. A nagymolekulájú anyagot felépítő monomerben levő metilén-csoportok számától függően ez változhat (pl. a poliamid 12-nél 1,01 g/cm³, poliamid 11-nél 1,4 g/cm³, poliamid 4-nél 1,25 g/cm³).

- A szálak fényvel szembeni ellenálló képességét (sárgulás, szilárdságcsökkenés) az egyes adalékanyagok befolyásolják. Pl. az anatóz típusú titán-dioxid mattirozóanyag rontja, mangán- és krómsók és egyes szerves vegyületek (többek között szalicilsav-fenilészter) javítják a fényállóságot, azaz csökkentik a fotokémiai bomlást.

- A vegyi hatások közül a hig szervetlen és szerves savaknak ellenállnak, azonban koncentrált savak (különösen magas hőmérsékleten) károsítják, lúgokra kevésbé érzékeny. A szokásos fehérítőszer (nátrium-hipoklorit, hidrogén-peroxid, nátrium-perborát) károsodást okoznak, ezért peracettsavat kell használni.

- Az olvadáspont a poliamid 6,6-nál 255 °C, a poliamid 6-nál 215 °C. A hőstabilitás a többi mesterséges szálhoz képest kielégítő, antioxidánsokkal tovább javítható. Főleg a műszaki célú felhasználásoknál fontos az ilyen adalékok alkalmazása. Az aromás poliamidok (Nomex, Kevlar) 370 ill. 410 °C-on bomlanak.

- A biológiai hatásokkal szemben általában ellenállnak. Baktériumok, gombák (pl. penész) egyéb rothasztó hatású kártevők nem támadják meg a szálát, molyok nem károsítják. Amennyiben trópusi körülmények között érik a biológiai hatások, úgy a szál ellenálló képessége leromlik.

- Kedvezőtlen viszont a poliamidszálak rugalmassági modulusa, a szilárdságot és nyúlást egyaránt figyelembe vevő jellemző (szokásos mértékegysége: daN/mm²). A sima szálfelület miatt sűrűlődasuk nem kielégítő, így keverékekben a poliamid a kelmeszerkezetet megváltoztatva felszínre kerül, a kiálló szálak göbösödnek. Utóbbi problémát profilszálak gyártásával kom-

penzálják. Elektrosztatikus feltöltődésre hajlamosak, mert elektromos ellenállásuk nagy ($5 \cdot 10^{12} \Omega \text{ cm}$).

A fentiekben kivonatossan felsorolt tulajdonságok alapján padlószőnyegek, fürdőruhák, esőkabátok és egyéb nagy igénybevételű ruhaneműk céljára használják az alifás poliamidszálat. Harisnyákat ma már a poliamid 6-ból célszerűbb gyártani (korábban terjedelmesített poliamid 6,6 típusból is készültek). Műszaki rendeltetésre (kötelek, varrócérnák, gumiabroncs vázanyagok, ejtőernyők stb.) a poliamidokat széles körben alkalmazzák.

Az aromás poliamidok (aramidok) láng hatására nem olvadnak, önkiloitók, nincs utóizzás, továbbá vegyszerállóságuk jó (kizárólag forró- és tömény savak-lúgok károsítják). Az ún. meta-aramidot többek között szigetelőként is használják, a para-aramidot alapvetően szálerősítésű anyagoknál (kompozit-szerkezetek) alkalmazzák, de emellett egyes mechanikai hatások elleni védelmet nyújtó, textil alapú védőeszközökben is nagy szerepük van. Nagy húzószilárdsága miatt kötelekben, hálókban is alkalmazzák. A speciális aromás poliamidoknál kiemelendő az ún. folyadékkristályos polimer szerkezet (átmenet a folyékony és a kristályos állapot között), amellyel a pálcika alakú, merev láncok térbeli elfordulása meggátolható (így garantálható a nagy szilárdságú belső szerkezet).

Hazai vonatkozások

Vándor József (Temesvár, 1897. szept. 19.–Budapest, 1955. szept. 10.) vegyészmérnök, a kémiai tudományok doktora állított elő először Magyarországon Nylont. 1919-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte mérnöki oklevelét. A Wander Gyógyszer- és Tápszergyárban kezdte pályáját, 1925-től többek között Németországban a Kaiser Wilhelm és a Fritz Haber Intézetben végzett kutatómunkát. Hazatérve 1938-tól fordításokkal foglalkozott, majd 1945 után egyik szer-

vezője volt a Magyar Tudományos Tanácsnak (az MTA előkészítő testületének). 1948–49-ben a belgrádi egyetem meghívott vendégtanáraként tevékenykedett. 1950–52-ben megszervezte és vezette a Műanyagipari Kutató Intézetet, 1953 őszétől az Építőanyagipari Kutató Intézet szilikátkémiai osztályának vezetője volt. Tudományos munkássága során, különösen fizikai-kémia területén (kémiai termodinamika) ért el jelentős eredményeket.

A Nyergesújfalun működő Magyar Viscosagyárban 1958-ban fejeződött be a poliamid 6 alapú vágottszál előállító üzem építése. Az új szál márkanéve kezdetben Danulon volt, ezt később Danamidra módosították. 1980-ig gyártották ezt a vágottszál típust, 1982-ben – a szükséges átalakításokkal – áttértek a Danamid-granulátum gyártására. Időközben még egy új poliamid 6 alapú mesterségeszál-gyártó üzem is létesült itt, a német UHDE céggel kooperálva, Hoechst technológiával és 1965 nyarán megkezdődött a Danamid végtelen (filament-) fonalak gyártása. Az üzemet 1995-ben privatizálták, ma Zoltek Rt.-ként működik. A módosított akrilszál (prekurzor) a szénszálglyártás alapanyaga, ezért a korábbi, textilipari tovább feldolgozásra alkalmas poliakrilnitril gyártását eszerint átalakították. A szénszál-gyártósorok üzembe helyezésével jelentős szénszálglyártóként működik a nyergesújfalui gyár, ahol főleg hazai munkaerő állítja elő a magas színvonalú szálanyagot, műszaki textiltermékeket.

Felhasznált irodalom

- [1] Rusznák István: Textilkémia I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- [2] Fogyasztóvédelmi Magazin, 2012. február
- [3] Kenyeres Ágnes (főszerk.): Magyar életrajzi lexikon – 1000-1990., Helikon kiadó, 2007.
- [4] Padányi Lajos: Nyergesújfalu története (helytörténeti kiadvány)