

## Merre tartanak a kutatások a műanyagiparban?

A műanyagipari kutatások a műanyagok megjelenése óta folyamatosan változó, megújuló képet mutattak. A jövőben az olyan alkalmazások felé fordulás várható, amelyeknél eddig nem használtak polimereket. Az additív gyártástechnológiának nagy jövő jósolható. A digitális technológiák és ezen belül a virtuális vagy alternatív valóságok alkalmazásának többféle módszere ismeretes. Ezen új módszerek célja tulajdonképpen a termékfejlesztésnél elkerülhetetlen tanulási folyamat felgyorsítása, és ezáltal a fejlesztő munka idejének és költségeinek csökkentése.

*Tárgyszavak: termékfejlesztés; műanyagok vizsgálata; alapkutatás; műanyag-feldolgozás; additív gyártástechnológia.*

A műanyagipari kutatások alakulását az elmúlt 75 évben jelentős mértékben befolyásolta az amerikai alapítású, de ma már az egész világot behálózó SPE (Society of Plastics Engineers), vagyis a Műanyagipari Mérnökök Egyesülete tagjainak tevékenysége. A kutatások irányvonala sokszor változott és az valószínűleg így lesz a jövőben is. Így pl. az SPE folyóirata, az SPE Transactions 1961-es első számának vezércikkében hirdették meg azt a kutatási irányt, hogy a műanyagoknak, mint szerkezeti anyagoknak helyettesíteniük kell a fémeket és kerámiákat.

Ez a folyamat még ma is folytatódik, bár a polimerekkel foglalkozó kutatások nagysága azóta óriási mértékben megnőtt és szerteágazott. A műanyagipari kutatások számos iparágra kiterjednek, mint a gépjárműgyártás, az építőipar, a bevonatok, a gumiiipar, az egészségügyi és gyógyászati termékek, az űrhajózás és a repülőgépgyártás, az elektronika, a háztartási termékek stb. A műanyagipar ma már nem csak egy maroknyi polimer alapanyagon nyugszik. Ez a sokféleség ugyanakkor felveti a kérdést, hogy mit hoz a jövő?

### **K+F adalékokkal**

A műanyagipari kutatásokat általában nem a divatirányzatok vezérlik. Ugyanakkor néha ez is megtörténik, mint az 1990-es években, amikor két új forradalmnak nevezett nanoadalék, a rétegelt szilikaagyag és a szénnanocsövek felbukkantak. A kutatók jelentős része nagy lelkesedéssel kezdte vizsgálni a nanoméretű agyagrészecskék alkalmazhatóságát, mivel ezek könnyen beilleszthetők voltak a közhasználatban lévő töltőanyagok (mint pl. a talkum, alumínium-oxid) közé. A kutatók ugyanakkor még tíz évig szkeptikusak maradtak a szénnanocsövek irányában. A nanoagyag lázas kutatását kiábrándulás követte, mivel a kutatók a jelenségek igazi megértését és elemzését tudományosan megalapozó elméletek kidolgozása nélkül kezdték meg az alkalmazás-

technikai vizsgálatokat, és kiderült, hogy az elérhető tulajdonságjavulás nincs arányban a költségekkel.

A szén nanocsövekről és fullerénekről viszont megállapították, hogy bekeverésük a polimerek számos elektromos és mechanikai jellemzőjét nagymértékben megváltoztatja. Az ezt követő kutatási tevékenység akkor lassult le, amikor kiderült, hogy a *többfalú nanocsövek mérgezőek. Az egyfalú nanocsövek nem toxikusak, viszont még mindig drágák.* A nanoadalékok terén jelenleg a cellulóz nanokristályok és a grafének állnak a kutatások középpontjában, míg a két legrégebbi nanotöltőanyag, a korom és a kicsapott szilika, amelyeket a gumiabroncsok gyártásában évtizedek óta sikeresen alkalmaznak, elosztási problémák miatt nem tud meghonosodni a műanyagiparban.

## **A gyártástechnológiák fejlesztése**

A műanyag-feldolgozás terén az extrudálás dinamikája vagy a tartózkodási idő eloszlása, a polimerek ötvözése (kompaundok), a reaktív extrúzió vagy a fröccsönthetőség vizsgálata ma már nem divatos témák, kivéve, ha azok „zöld” anyagokra, vagy „zöld” eljárásokra irányulnak.

Ma ugyanakkor divat a vékonyfalú (100–500  $\mu\text{m}$ ) termékek fröccsöntése, a mikrofröccsöntés, és az utóbbi években az additív gyártástechnológia (3D nyomtatás). Még ma sem rendelkezünk teljeskörű megoldással számos érdekes problémára, mint a diszperzív és disztributív keverés mennyiségi elemzése töltött polimerrendszerekben, a polimer ötvözetek morfológiájának előrejelzése (amelyet nagy aktivitással kutattak az 1970-es és az 1980-as években), az ömledéktörés jelenségének enyhítése az alapfolyamatok megértése révén, az akadozó csúszás jelensége vagy a fröccsöntött termékek esetében a szerkezet és a tulajdonságok közötti mennyiségi összefüggések. Ugyanakkor több laboratórium is jelentős előrehaladást ért el a kontinuum, a mezoskála és a molekuláris dinamika modellezésén alapuló megközelítések és a kísérleti eredmények kombinációjával.

Az várható, hogy a következő tíz évben olyan új alkalmazások kerülnek a kutatók figyelmének középpontjába, ahol eddig hagyományosan nem használtak műanyagokat. Ilyenek lehetnek például a jégtaszító bevonatok, a színváltoztató anyagok, új polimerek gyógyszer hatóanyagok továbbítására és sebkötözéshez, elektronikai alkalmazásokra, implantátumokhoz, mikrobaellenes ruházathoz, szerves napelemekhez, palarepesztéshez és sótalánító membránokhoz stb.

Néhány hagyományos polimert adalékolással és/vagy a biomimikri felhasználásával kialakított szerkezetek segítségével fognak új alkalmazásokra hasznosítani. Fokozott aktivitás várható a szerves napelemek, optoelektronikus anyagok, illetve a flexibilis és ruházaton hordható elektronikai eszközök fejlesztése területén.

A tekercsből tekercsbe típusú feldolgozási eljárások kulcsfontosságúak az olyan hordozók kialakításánál, mint a flexibilis elektronikai eszközök, míg a vastagság, a felületi atomcsoportok sűrűsége és a permeabilitás közötti kölcsönhatások fontos szerepet játszanak a sótalánító membránoknál. Már jelenleg is ígéretes fejlesztések folynak bizonyos tekercsből-tekercsbe feldolgozott 2D membránok terén, de még további

kutatás szükséges a feldolgozási körülmények és a megfelelő reakciósebességek beállításához.

A legnagyobb potenciált az *additív gyártástechnológia* hordozza, amely szinte az élet összes területén alkalmazható lehet. A 3D nyomtatás felhasználásával elképzelhető olyan gyors eljárás, amellyel a műtőasztal mellett lehet elkészíteni az implantátumokat, szövettámogató vázakat, de akár komplett szerveket, csontpótlásokat is. Egy másik ígéretes terület a bonyolult geometriájú alkatrészek kisszériás gyártásához használható fröccsöntő szerszámok elkészítése, amelyeket fémből kiforgácsolni túlságosan drága lenne. Az additív gyártástechnológiák új, speciális tulajdonságokkal rendelkező szerves alapanyagokat igényelhetnek, ezért a polimerkémia területén is komoly kutatások várhatók, hogy módosítsanak „régit” anyagokat, mint amilyenek a ciklusos vegyületek vagy olyan monomereket és/vagy polimereket hozzanak létre, amelyek jobban használhatók az új technológiával. E téren nagy jövőt lehet jósolni azoknak a modellezési módszereknek, amelyek segítségével a molekulaszervezetből meg lehet majd jósolni a polimer makroszkopikus tulajdonságait. Így a hosszadalmas és költséges kísérleti munka nagy része megtakarítható lenne, és a mérnökök kiválaszthatnák azt a polimerszerkezetet, amely elvárásaiknak legjobban megfelel.

A műanyagipar már eddig is óriási beruházásokat hajtott végre az olyan műanyagfeldolgozó berendezések terén, mint az extruderek és fröccsöntő gépek, ezért várható, hogy a hagyományos műanyag-feldolgozás továbbra is a műanyagipar gerincét alkotják, mindaddig, amíg a nagy volumenű autóiipari és szórakoztató elektronikai termékek iránti piaci igények megmaradnak. E téren elsősorban a bioanyagokra és a mikro-fröccsöntésre alapozott fejlesztések várhatók.

## **Termékfejlesztés a virtuális valóság és más digitális eljárások módszereivel**

Az utóbbi években a műanyagtermékek fejlesztésénél egyes cégek elkezdték alkalmazni a korábban a szórakoztató ipar eszközeként tekintett virtuális valóság és más újszerű technikák használatát. Az amerikai Kinetik Vision cég például a jövő meghatározó technikájának tartja, és erőfeszítéseiket e téren jelenleg három fő területre irányítják:

- ipari CT-pásztázás,
- digitális emberitest-elemzés,
- virtuális valóság.

Az *ipari CT pásztázás* hasonló elven működik, mint a gyógyászatban széleskörűen elterjedt eljárás, vagyis a különböző irányokból a céltárgyon áthatoló röntgensugarak detektálásával háromdimenziós képet lehet kapni a test belsejéről. Azonban itt jóval nagyobb röntgensugár-intenzitásokat alkalmaznak, és a kinyerhető adatok mennyisége és a módszer felbontóképessége is jóval nagyobb. *Az ipari CT alkalmazásával ténylegesen be lehet látni a műanyagtermék belsejébe*, felfedezhetőek a belső üregek, porozitások, repedések. Különösen hasznos az additív gyártástechnológiánál (3D nyomtatásnál) akár fémek, akár műanyagok esetében. A cég a *4D CT pásztázás* mód-

szerét is alkalmazza, azaz időben követi a céltárgy belsejének alakulását. Ezáltal láthatóvá válik, hogy az alkatrészek hogyan mozognak és hatnak egymásra.

Az *emberi test digitális elemzését* eredetileg katonai célokra fejlesztették ki, hogy a katonák hátizsákjának, illetve a benne elhelyezett felszerelési tárgyaknak az emberi testre gyakorolt hatását vizsgálhassák virtuális katonák segítségével. E módszerrel, többek között, lehetővé vált az emberi ízületekre gyakorolt terhelések megállapítása. A terméktervezők a digitális emberi modell alkalmazásával vizsgálhatják az ízületek mozgását és ebből következtethetnek a kifáradás mértékére. Ezek az információk szignifikáns idő- és költségmegtakarítást eredményezhetnek egy új termék kifejlesztésénél. Az új módszerek célja tulajdonképpen a termékfejlesztésnél elkerülhetetlen tanulási folyamat felgyorsítása, és ezáltal a fejlesztő munka idejének és költségeinek csökkentése.

A *virtuális vagy alternatív valóságok alkalmazásának többféle módszere ismertes*. Az *Augmented (támogatott) valóság (AR)*, amely már évek óta ismert eljárás, 3D térben működik, valós időben vetítve ki kétdimenziós képeket, feliratokat a tényleges környezet képei mellé. A módszer gyakorlati használatát a termékfejlesztésben a számítási teljesítmény növelése tette lehetővé. Az Apple 2017-ben piacra dobta az *ARKit* rendszert; a svéd IKEA cég pedig teljes bútor katalógusát „*Place*” applikációja segítségével bevihetjük a lakásunkba vagy irodánkba és megnézhetjük, hogyan hatnak azok a helyszínen, akár körül is járhatjuk és minden perspektívából megcsémélhetjük azokat.

A Kinetic Vision egyik ügyfelénél, az Andretti Autosport cégnél telepítette saját applikációját, amelynek segítségével a hirdetésekkel finanszírozott cég szponzorainak garázsában, vagy kocsifelhajtóján megjelenik egy virtuális versenyautó, amelyen a szponzor elhelyezheti hirdetményének nagy felbontású grafikájának változatait, ellenőrizheti az összhatást. Ez a módszer természetesen alkalmazható más területeken is, mint pl. a csomagolások grafikái vagy annak ellenőrzésére, hogy egy új berendezés hogyan helyezkedik majd el a gyártócsarnok képei között.

A virtuális valóságot (VR) szintén eredményesen használhatják a termékfejlesztők. Egy megfelelő, fejre helyezhető látómező használatával és a korábban kifejlesztett videojáték technológiára épített szoftverekkel, a VR egy olyan térbe juttatja be a felhasználót, ahol fizikai jelenlétük nélkül érezhetik az abban elhelyezkedő objektumokat. Ez lehetővé teszi a tervezett termék megtekintését, az interaktív termékvizsgálatot, és a más személyekkel közös tervezést egy lebilincselő környezetben.

A nagy áttörés a VR technológiában mintegy két évvel ezelőtt történt, amikor a korábbiaknál sokkal nagyobb teljesítményű hardverek jelentek meg, vagyis az *Oculus Rift* és a *HTC Vive* készülékek. Ezek sokkal gyorsabban voltak képesek váltani a képeket; ezt megelőzően a lassú váltások gyakran szédülést okoztak.

Korábban a légitársaságok pilótáit három módszerrel képezték:

- a pilótafülkében eltöltött idővel,
- 3D repülésszimulátor kamrákban,
- több 2D képernyő együttesével, a videojátékokhoz (pl. *Microsoft Flight Simulator*) erősen hasonlító megoldásokkal.

Az első két módszer drága és időigényes, a harmadik kevésbé hatékony, mivel a vizuális érzéseken kívül a pilótáknak a kapcsolószervek mozgatásához tartozó kézmozdulatok begyakorlása, és az azok pontos helyére történő emlékezés is nagyon fontos. Ezért a Kinetic Vision kifejlesztett egy Boeing 737 repülőgép pilótafülke bemutatóprogramot, amely a VR látómező használatával bejuttatja a felhasználót a pilótafülkébe, ahol átkapcsolhatja a kezelőbillentyűket, elolvashatja az utasításokat tartalmazható képernyőket és megfigyelheti a műszerek jelzéseit. Mindehhez csak egy 1500 USD költségű számítógép és egy 500 USD-be kerülő VR felszerelés (*Oculus*, vagy *HTC*) szükséges. A VR különösen a nagyméretű termékek – mint amilyen például egy villástargonca – fejlesztésénél hasznos. Ennek segítségével körüljárható a termék, aktiválhatóak a tapintással és más érzékszervekkel kapcsolatos benyomások. Egy másik példa a *LifeScents* márkanévű légrfrissítők esete. A tervezők elkészítették a 3D tervrajzokat egy CAD program segítségével, majd kombinálták a VR eljárást a 3D nyomtatással. Ennek eredményeként kézbe vehették a terméket, de láthatták is azt egy egészen más környezetben, ami teljesen megváltoztatja az érzékelés dinamikáját. Változtathatják a felület színét, a szobát, amelyben felhasználják vagy láthatják elhelyezkedését a bolt polcain.

*A kevert valóság (MR)* a számítógép által létrehozott objektum és a valós tér kombinációjából áll. A Microsoft *HoloLens* rendszere az első, függetlenül működő eszköz, amely hologramokat képes elhelyezni környezetünkben. Nem zárja el a felhasználót a valós környezettől, hanem hologramokat és applikációkat helyez el abban, amelyeket a megfelelő szemüveg használatával lehet látni, mozgatni, és amelyekkel kölcsönhatásba is lehet lépni. Mindez új módokat teremt a fejlesztésekhez, de a játékhoz, kommunikációhoz és munkához egyaránt. Az arcra illeszthető *HoloLens* csomag súlya mindössze 58 dkg. Számítási teljesítménye meghaladja az átlagos laptop számítógépekét, kiegészülve mikrofonokkal, optikákkal és egy hologramfeldolgozó egységgel. A stabilan megjelenő képekkel elkerülhető a szédülés, ami a korábbi VR és AR eszközöknél gyakori mellékhatás volt. A fejre helyezhető szerkezet nemcsak vizuális élményt nyújt, hanem a beépített, infravörös fénysugarakkal működő érzékelők segítségével a térben követi a kézmozdulatokat és a környezet változásait. Felismeri a szóbeli utasításokat, mozgásokat és gesztusokat is a szobában. Vagyis *kölcsönhatásba lehet lépni a hologramokkal úgy, hogy csak a szokásos kommunikációkat használják, vagyis a pillantást, hangot és kézmozdulatokat.* Mindehhez nincs szükség külső kameratekákra vagy más berendezésekre.

A Kinetic Vision több alkalmazást is készített a *HoloLens* készülékek használatához. Ezeket ügyfelei rendelkezésére bocsátja és segíti azok termékfejlesztőit a digitális eszközök használatában. A legnagyobb akadályt az ezek alkalmazásához történő hozzászokás jelenti, illetve az a téves elképzelés, hogy a virtuális eszközök alkalmazása drága. Valójában ez egy nagyon gyorsan megtérülő beruházás, mivel alkalmazásával a fejlesztésekhez szükséges, a valós világban egyébként elvégezni szükséges tapasztalatszerzés ideje nagymértékben lerövidül, és így a fejlesztés egész folyamata felgyorsul. Az AR használata különösen olcsó, ugyanis ehhez nincs szükség számítógépre, mivel ma már mindenkinek van okostelefonja, sokaknak pedig tabletje is, ame-

lyekkel az alkalmazások működtethetők. Amikor az emberek egy cégnél néhányan már felfogják az új technológia előnyeit, az rohamosan elterjed a vállalaton belül. A mai 15–20 éves korosztály, akik a virtuális valóság használatát játék közben sajátították el, már magától érthetődően fogja ezeket az eszközöket alkalmazni.

Összeállította: Dr. Füzes László

Jana S.C.: The Changing landscape of polymer research = *Plastics Engineering*, 73. k. 7. sz. 2017. p. 50–52.

Grace R.: Bending reality and speeding product development, virtually = *Plastics Engineering*, 1. sz. 2018. p. 8–12.