

Nanokompozitok most és a jövőben

Tárgyszavak: nanotöltőanyagok; nanoagyagok; szén nanocsövecskék; gyártás; gyártók; kilátások; egészségügyi hatás.

Nanotechnológia a műanyaggyártásban

A műanyagiparra mindig is jellemző volt a nyitottság a más területeken folytatott tudományos kutatások felé, és ez lehet a műanyagok térhódításának egyik oka. Nehéz olyan területet találni, ahol valamilyen formában ne fordulna elő polimer, és az idő előrehaladtával ez a kör tovább szűkül. A műanyagok összetevői az alkalmazások különbözősége és a támasztott követelmények miatt igen eltérőek, azonban ezek fejlesztéséhez olyan háttér szükséges, amely biztosítja a különböző műanyagkeverékek előállításához elengedhetetlen adalékok gyártását és bevizsgálását. A legújabb műanyag típusok összetétele és az egyes szakértői vélemények alapján a műanyagok következő generációját a nanotöltőanyagokkal adalékolt kompozitok fogják képviselni.

A nanokompozitok piaci részesedése

A **BCC Research** cég előrejelzése szerint *a műanyag nanokompozitok piaci részesedése számottevően növekszik az elkövetkezendő öt évben.* A 2003-ban világszerte felhasznált nanokompozitok mennyisége elérte a 11,1 E tonnát, ami 90 M USD forgalmat jelent. A hőre lágyuló és hőre keményedő típusok közel azonos mennyiséget képviselnek. *Becslések szerint 2008-ra az éves növekedési arány meghaladja a 18%-ot, és a nanokompozitokon belül a hőre lágyuló műanyagok részaránya 77% lesz.* Az észak-amerikai térség gyártási kapacitása 158 E tonnára fog bővülni, 2020-ra pedig elérheti az 5 M tonnát. A felhasználási területek a hagyományosan erősített műanyagokéra jellemzők, ilyen az építőipar; a gépjárműalkatrészek, a sporteszközök és a szórakoztató elektronikai cikkek gyártása, de ide sorolhatók a különböző katonai berendezések és a repülőipar.

A nanotöltőanyagoknak jelenleg két fő fajtája van: a nanoméretű agyag töltőanyagok és a szén alapanyagú nanocsövecskék. A gyakorlatban jelenleg főként az agyagféleségeket alkalmazzák, de óriási erőfeszítéseket tesznek a széncsövecskék ipari méretű gyártásának megvalósításáért is.

A nanotöltőanyagok jellemző alkalmazási területei

Az *autóiparban* a nagyon jó funkcionális tulajdonságok miatt (tömegcsökkentés, biztonság) a műanyagok, ezen belül a nanokompozitok szerepe egyre inkább felértékelődik, az alapanyaggyártókra pedig jellemző, hogy a fejlesztési irányelveket a gépjárműipar igényeihez igazítják. Ez a megoldás mindkét fél számára előnyös, hiszen az autógyártók egyedi kívánalmainak a kielégítése egyszerűbben megoldható, de egyúttal nő a felhasznált műanyag mennyisége is.

A **General Motors** cégnél legnagyobb darabszámban gyártott *Chevrolet Impala* gépkocsi karosszériájának egyes elemei a 2004-ben legördülő típusokkal kezdődően nanokompozitból készülnek. Ezeknél a példányoknál a poliolefin nanokompozitok a talkummal töltött PP alkatrészeket váltották fel, ami 7% tömegcsökkenést eredményezett a régebbi karosszériához képest.

A **Noble Polymers** cég 6% nanoanyagot tartalmazó *Forte* márkajelű PP kompozitját a *Honda Accurába* ülések vázszerkezeteként építették be, ezzel helyettesítették a 30% üvegszállal erősített polipropilént. A cég a közeljövőben további nyolc nanotípussal jelenik meg, közöttük olyanokkal, amelyek új lehetőséget kínálnak *irodabútorok* műanyag alkatrészeinek gyártásához.

A nemzetközi piacon is jól ismert, *háztartási termékeket* gyártó **Proctor & Gamble** cég is véleményt formált a nanokompozitok alkalmazásáról. A cég álláspontja szerint a nanokompozitok árának versenyképessé kell válnia a hagyományos műanyagokéval szemben. Akkor éri meg váltani, ha közel ugyanannyiért jobb minőségű terméket kapnak, és a speciális anyagok is megfizethetők. Kérdéses továbbá, hogy rendelkezésre áll-e az a háttér, amely a P&G 840 E t/év igényét képes kiszolgálni. Mindemellett a nanokompozitok alkalmazásának növekedése várható a csomagolástechnikában. Lehetővé vált a PET csomagolóanyagok PP-vel való helyettesítése, ami jóval alacsonyabb költséget jelent, a fóliagyártásban kiválóan hasznosítható a zárótulajdonság, de talán a legfontosabb, hogy a PP, illetve a PE-HD nanokompozitok ütőszilárdsága az eddiginél 30-60%-al magasabb.

A szén nanotöltőanyagok típusai és gyártói

A nanokompozitok első közelítésre úgy tűnhetnek, hogy leginkább valami tudományos jellegű dologról van szó, amely kevés gyakorlati hasznot hozhat. Ezzel szemben a karbon töltőanyagokat – az ún. *többszörös falú szén nanocsövecskéket* (*MWNT, multiwall carbon nanotubes*) – gyártó egyik legnagyobb cég, a **Hyperion Catalysis** meglepő eredményt tett közzé, miszerint az *USA-ban gyártott gépjárművek 60%-a széncsöves nanokompozitot tartalmazó üzemanyagrendszerrel van felszerelve*, ami csökkenti a sztatikus elektromos kisülés veszélyét. A nagy részarány annak tudható be, hogy a nanotöltőanyag-tartalmú üzemanyagvezetékek egyszerűbb technológiával gyárthatók, és nincs

szükség koextrudálásra. A nanotöltőanyagok néhány gépjárműtípus bizonyos karosszériaelemeiben is fellelhetőek, ez lehetővé teszi az elektrosztatikus festést anélkül, hogy az elemek rugalmasságát károsan befolyásolná.

A **Hyperion** cég a szén nanocsövecskéket *Fibrils* márkanévű koncentrátumaiban forgalmazza, tiszta formában ezek nem kaphatók. Nincsenek kifejezetten az autógyártáshoz ajánlott gyártmányai. *A koncentrátumok nem olcsók, áruk 750 USD/kg felett van, de mindössze 2%-ot kell belőlük az alappolimerhez keverni.* A nanotöltőanyagok egyenletes eloszlása a polimermátrixban nem könnyű, mert a részecskék között Van der Waals erők hatnak. A cég azonban megfelelő berendezésekkel és alkalmas technológiával rendelkezik a koncentrátumok elkészítésére.

A Hyperion cég – számos más céghez hasonlóan – *szimpla falú szén nanocsövecskék (SWNT, single-wall carbon nanotubes)* kifejlesztésén is dolgozik, de ezek még mindenütt leginkább csak laboratóriumi termékek. Ezeknek a villamos vezetőképessége és a mechanikai tulajdonságai is jobbak, mint a többszörös falú csövecskéké. A laboratóriumi termékek ára jelenleg 500 USD/g felett van. Az ipari gyártásig még számos technológiai nehézséget kell megoldani.

Néhány cég már előbbre tart a SWNT típusú nanotöltőanyagok gyártásában.

A **Carbon Nanotechnologies Inc.** „bemutató üzemében” naponta 45 kg ilyen töltőanyagot tud előállítani. A cég egy Nobel-díjas technológia és szabadalom kizárólagos birtokosa, amellyel a nanocsövecskék egymáshoz fűzhetőek, és amely a cég reményei szerint „drámai módon” javítja majd a nanokompozitok és a kapott szénszálak tulajdonságait.

A **Zyvex Corp.** poliuretánokkal társítható MWNT- és SWNT-tartalmú adalékokat fejlesztett ki *NanoSolve* márkanévvel. Ezek előnye, hogy javítják a mátrix mechanikai tulajdonságait és vezetőképességét, ez utóbbi akár tíz nagyságrenddel is nőhet. Ugyanez a cég *Kentera* elnevezéssel egy *felületkezelő eljárást* kínál, amelynek alapja egy széncsövecskéket és vizet (is) tartalmazó diszperzió. A folyékony fázis további két alkotóelemet tartalmaz, amelyek a csövek falát olyan erővel tapasztják a bevonandó tárgy felületéhez, hogy az meghaladja a széncsövek közötti tapadóerőt. A kötést az esetleges hőciklusok sem bontják meg. A Zyvex cég a NASA egyik munkacsoportjában űrtechnikai célokra a „világ legszívósabb anyagá”-nak kifejlesztésén is dolgozik.

Az eddig felsorolt és az USA-ban tevékenykedő cégek mellett az *Egyesült Királyságban* 2004 elején valósult meg a SWNT típusú nanocsövek kereskedelmi mennyiségű gyártása a **Thomas Swan & Co. Ltd.**-nél. Az *Elicarb* márkanévű termék ára kb. 350 USD/g. A cég jelenleg raktárról tud ebből szállítani néhány kg-os mennyiséget. Az üzem gyártókapacitását csak néhány hónapos próbaüzem után fogják meghatározni.

Időközben egy hollandiai vállalat, a **Mo6 B.V.** a szén nanocsövecskék alternatívájaként kifejlesztette a *MoS_{1x-6}* jelű „molibdén klaszterpolimer”-t, amelynek mechanikai tulajdonságai és vezetőképessége hasonló. Ennek a nanotöltőanyagának az árát 2000-4000 EUR/g-ra becsülik.

Japánban több cég volna képes MWNT-t gyártani, a piacra azonban nem tudnak belépni, egyrészt bizonyos minőségbeli nehézségek, másrészt a Hyperion cég szabadalmi korlátai miatt. A **Nikkiso Co.** évi kapacitása 20-40 t, a **Showa Denko**-é 40 t, a **Misui & Co**-é 120 t, a **Sumitomo Corp.**-é akár 150 t/év is lehetne.

Veszélyesek-e a nanorészecskék?

A sajtó egy része azt híresztelte, hogy a nanotöltőanyagoknak negatív hatása van az élő szervezetre, és egerekkel végzett állatkísérletekre hivatkoztak, amelyek szerint ezek rendellenes elváltozásokat okoznak, a tüdőben pedig olyan károkat idéznek elő, amelyek eltérnek az ismert mérgező anyagok által kiváltott folyamatoktól. A gyártók ezzel szemben azt állítják, hogy koncentrátumformában a nanorészecskék nem kerülhetnek be az emberi szervezetbe, és a hulladék őrlésekor sem válnak szabaddá. Időközben az *Egyesült Királyságban és Európában* is vizsgálták ezt a kérdést, és törvényben szabályozták az új anyagok alkalmazását. *A szén nanocsövecskéket veszélytelennek minősítették*, amelyek az emberi szervezetben a grafithez és a koromhoz hasonló hatást fejthetnek ki.

Huszár Zoltán

Nanoclays accelerate in automotive mouldings. = European Plastics News, 31. k. 5. sz. 2004. p. 37.

Mapleston, P.: Nanotechnology will change the world – for the better, one hopes. = Modern Plastics International on-line, 34. k. 7. sz. 2004. p. 1–4. www.modplas.com