

Fejlesztések a nanotechnikában

A több éves intenzív munka után is a nanotechnika még csak a kezdeti lépéseknél tart. A feldolgozók küzdenek a rétegszilikátok polimerbe keverésével, a szénalapú nanotöltőanyagok gyártói pedig csak remélik, hogy belátható időn belül kellő mennyiségben és elfogadható áron tudják majd ezt a nagy reményű terméket a feldolgozók rendelkezésére bocsátani. Az EU a nanoanyagok pontos meghatározását sürgeti.

Tárgyszavak: nanotechnika; töltőanyag; rétegszilikát; nanoszéncső; grafén; műanyag-feldolgozás; kétszigás extruder; csigafelépítés; árak.

Optimális csigakonstrukció vizsgálata rétegszilikátok homogén bekeverésére

A mikrorétegekből felépülő *agyagásványok (rétegszilikátok)* ipari méretekben használt nanotöltőanyagok, homogén elkeverésük a műanyagmátrixban még ma is gondot okoz. Ezeknek a töltőanyagoknak nagy az egymás közötti kölcsönhatása, ezért *hajlamosak a agglomerátumképzésre*, ami erősen mérsékli a keverék elvárható pozitív tulajdonságait. Bár a nanokompozitokról az elmúlt években nagyon sok publikáció jelent meg, csak kevés foglalkozik azzal, hogy milyen módon lehet őket a legeredményesebben a műanyagömlékben egyenletesen elosztatni.

Az aacheni műanyag-feldolgozó intézetben (**IKV, Institut für Kunststoffverarbeitung**) egy kétszigás extruderben vizsgálták, hogy hogyan befolyásolja a különböző funkciójú elemekből összerakható csiga a kompaundálási folyamat paramétereit. A csiga zónái: a beadagolás helyéhez legközelebb, a behúzó szakasz végén van a *ömlesztőzóna*. Az ezt követő csigaszakaszon táplálják be oldaletetön keresztül az ömlékbe a nanotöltőanyagot, és itt történik az atmoszferikus gáztalanítás. A szakasz végén van az *1. diszpergáló zóna*, egy újabb szakasz után pedig a *2. diszpergáló zóna*, ahol a töltőanyagot el kell osztatni a mátrixban. A homogenizálás a *disztributív keverőzónában* fejeződik be. Innen kilépve az ömléket vákuummal gáztalanítják, majd az továbbhalad a *nyomást felépítő zónába*, amelynek végén eléri a szerszámot.

A hajtással energiát visznek be a kompaundba, amely a megömlesztéshez, a keveréshez, a szállításhoz és a nyomásfelépítéshez használandó fel. Az egyes csigazónákba bevitt fajlagos energiának – amelyet az ömlék-hőmérséklet csigahossz mentén megfigyelhető változása tükröz – fontos szerepe van a feldolgozási folyamat minőségében. A behúzó szakaszban a granulátum szobahőmérséklet körüli értéket mutat. Jelentős energiát csak a ömlesztőzónában vesz fel, ahol erős nyíróhatás alá kerül, és

folyóssá válik. Ideális esetben hőmérséklete csak kevéssel emelkedik az olvadáspont fölé. A töltőanyag hozzáadása kicsit csökkenti a hőmérsékletét, de a diszpergáló zónákban ismét erős a nyírás, amely tovább fokozódik a fogazott elemeket tartalmazó disztributív keverőzónában és a kompressziós zónában (ahonnan az ugyancsak fűtött szerszámba jut), ettől az ömledék hőmérséklete is tovább emelkedik. A kompaund végső hőmérséklete nem érheti el a polimerre és a töltőanyagra megadott határértéket. A felsoroltakból az következne, hogy a szállítószakaszban nem emelkedik az ömledék hőmérséklete, ami a gyakorlatban nem így van; a felmelegedés nagysága polimerfüggő. Mértékéről nincsenek adatok, mert a hőmérsékletet csak a bemenetnél és a kifolyásnál mérik.

Meg kell arról győződni, hogy az oldaletetön keresztül az ömledékbe vitt töltőanyag egyenletesen elkeveredett-e a mátrixszal, és hogy a kilépő ömledék hőmérséklete nem lépte-e túl a megengedett értéket. Az ömlesztőzónában és a kiömlésnél mért hőmérséklet-különbség maximális értéke azt is jelzi, hogy elég nagy nyíróhatás érte-e a kompaundot.

Az IKV kutatócsoportja az ömlesztőzónában és a diszpergáló zónában fellépő nyíróhatást és felmelegedést mérte különböző elemekből összerakott csigával. A kísérleteket az *1. ábrán* látható elrendezésben végezték. A ömlesztőzóna vizsgálatakor a polimert az extruderház 9. eleménél adagolták be, az ömledéket pedig szerszám nélkül közvetlenül a szabadba engedték, hogy az ömledékbe szúrt hőmérővel pontosan mérhessék a hőmérsékletét. (A hőmérsékletmérésnek ez a módja megbízhatóbb, mint a házba beépített hőmérőé.) Mérték a hajtás teljesítményét és a kihozatalt, ebből ki tudták számítani a fajlagos energiafelvételt. A tartózkodási időt színes granulátum-csemcsék bevitelével figyelték meg. Miután ilyen módon meghatározták az ömledék állapotához és a folyamat paramétereirez optimális csigakonfigurációt, a továbbiakban az ömlesztőzóna elemeinek összeállítását nem változtatták.

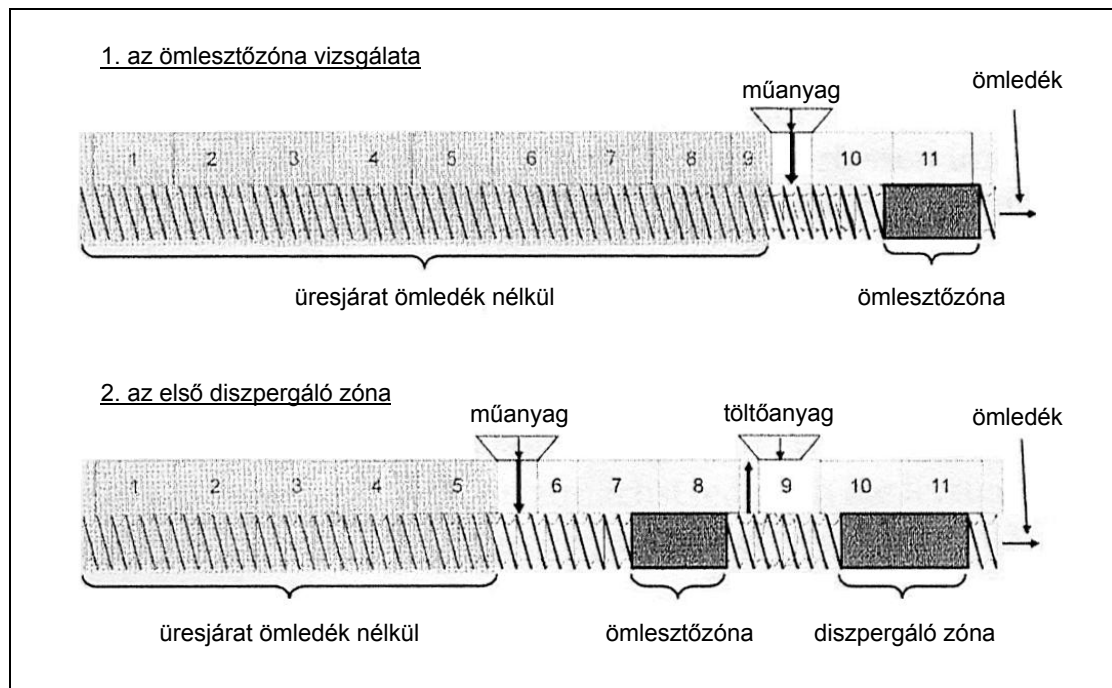
A kísérletsorozat második részében a csiga ömlesztőzónáján és első diszpergáló zónáján hajtották át az ömledéket. A polimert a 6. elemnél táplálták be, az előző kísérletek során megismert tulajdonságú megolvasztott anyagba a 8. elemnél vitték be a nanotöltőanyagot. Ugyanazokat a tulajdonságokat mérték, mint az előzőekben. A paraméterek változásából ki tudták számítani, hogy mennyi ebben a zónában a fajlagos energiafelvétel. Ezzel a módszerrel viszonylag rövid idő alatt sokféle csigavariációt lehet kipróbálni, és ki lehet mérni a különböző nyíróelemek hatását a folyamatparaméterekre és a diszpergálás hatásfokára.

A kompaundáló extruder többi csigazónájának felépítését is optimalizálni lehet az ismertetett módszerrel. Az IKV-nál ezt megtették, és jelenleg egy tökéletesen megbízható, optimalizált technológiával tudnak nanokompozitokat készíteni.

Talán csökken a grafén ára

Néhány éve a nanoszéncsövek tartották izgalomban a fejlesztőket, ma a kutatásban a grafén vezet. *A grafén szénalapú nanoméretű töltőanyag*, lényegében felvágott és síkba terített nanoszén-szál, amelyben a szénatomok hatszögekből álló (elméletileg

atomnyi vastagságú) síkot képeznek. *A legszilárdabb szerkezet, amelynek a tulajdonságait valaha mérték.* Rugalmassági modulusa 1100 GPa, villamos ellenállása 10^{-6} ohm.cm, elméleti hővezető képessége 5000 W/mK.



1. ábra A kísérletekben vizsgált csigazónák

A 2010-es belgiumi *Nanocomposites* konferencián elhangzott ugyan, hogy túlzóak a grafénnel kapcsolatos remények, és az eredmények eddig szerényebbek az elvartaknál. A valóban egy atomnyi vastagságú grafénlemez előállítása még a jövő feladata, és egyelőre nagyon kevés van belőle és nagyon drága. De valószínűleg bevonul majd az alkalmazott adalékok sorába, talán hamarabb, mint a nanoszénecsovek. *Legígéretebb alkalmazása a vezetőképes átlátszó műanyagbevonatok gyártása*, mert már 0,1 % (V/V) bekeverése létrehozza a vezetőképes hálót (perkolációt) a mátrixban. (Nanoszénecsovekből tízszer annyi kell.)

A grafén csak akkor válhat valóban hasznos adalékká, ha megfelelő minőségben, nagy mennyiségben és elfogadható költséggel tudják majd előállítani. Jelenleg vákuumgőzöléssel, grafit szeletelésével, elektrokémiai szintézissel próbálkoznak. Valamennyi eljárásnak vannak hátrányai, és mindegyik meglehetősen bonyolult.

Egy texasi egyetemen természetes humuszsavból extrahált leonardit nevű ásványból próbálnak hidrogénezéssel „grafénszerű” terméket előállítani. A termék több grafénrétegből áll, és maradék hidroxilcsoportok vannak rajta. Az első vizsgálatok szerint vannak a grafénre jellemző tulajdonságai, de a grafénnek nem minden tulajdonságát hordozza. A fejlesztők abban reménykednek, hogy 2 EUR/kg-os ár körül tudják

majd forgalmazni. Az USA-ban jelenleg három helyen állítanak elő kis mennyiségben grafént és 220–300 EUR/kg közötti áron forgalmazzák.

Az EU a nanoanyagok pontos meghatározását sürgeti

Az **Európai Bizottság** felkérte az újonnan megjelenő kockázatokkal foglalkozó bizottságot, a SCENIHR-t (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Risks), hogy dolgozzon ki egy tudományos alapokra támaszkodó meghatározást a nanoanyagokra. Ebben rögzítenék azokat a méreteket, jellemzőket, fizikai-kémiai tulajdonságokat, amelyek megléte esetén egy anyag nanoanyagként tekinthető. A felkérést az **Európai Parlament** kezdeményezte, amely már 2009-ben szorgalmazta a nanoanyagokra vonatkozó törvények, előírások összegyűjtését, és nemcsak azokat, amelyek az emberi egészség védelmét szolgálják. Az EU eddig azon az állásponton volt, hogy a jelenlegi törvények magukban foglalják a nanoanyagokkal kapcsolatos teendőket is.

Összeállította: Pál Károlyné

Michaeli, W.; Elas, A.; Puch, F.: Peu à peu = Plastverarbeiter, 61. k. 10. sz. 2010. p. 86–87.
Graphene – nano’s next big thing? = European Plastics News, 37. k. 5. sz. 2010. p. 32.