

## A folyásindex (MFI) összefüggése más tulajdonságokkal (4. befejező rész)

A Szemle 2014. 3. és 6. valamint 2015. 1. számában megjelent cikkek folytatásaként közöljük a cikksorozat befejező részét. Ismertetjük a térfogatindex (MVR) számítási módszerét, és áttekintjük a polimerek ömledékállapotát vizsgáló különböző módszereket.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; műanyagömledék; folyóképesség; MFI; térfogatindex (MVR); kapillárreométer.*

### Folyásindex (MFI) és térfogatindex (MVR)

Napjainkban megfigyelhető egy új irányzat a műszaki adatlapok tanulmányozása során: a korábban kizárólag MFI adatok feltüntetése helyett egyre többször találkozhatunk az ún. MVR értékekkel, amelyek az *ömledék térfogatindexét* jelölik. Míg az MFI g/10 min egységet képvisel, addig az MVR cm<sup>3</sup>/10 min értéket adja meg. Ha az MFI értéket osztják az MVR értékkel, akkor az ömledék sűrűségét kapják, amely nem azonos a szilárd műanyaggranulátum sűrűségével. Például egy töltőanyag és pigment nélküli polikarbonát (PC) esetében a szilárd (szobahőfokú) anyag sűrűsége 1,2 g/cm<sup>3</sup>, az ömledék sűrűsége viszont csak 1,08 g/cm<sup>3</sup>, azaz a szilárd anyag 90%-a. Ennek gyakorlati jelentősége van: pl. a folyást leíró szimulációs szoftverekben ömledéksűrűséget használnak, ugyanígy fontos erre figyelni egy adott gép fröccsöntési kapacitásánál.

A legtöbb műanyag-feldolgozó tudja, hogy a fröccsgépek kapacitását polisztirolra adják meg. Így, ha például PE-t dolgoznak fel, akkor figyelembe kell venniük annak alacsonyabb sűrűségét. Egy 900 grammos fröccskapacitású géppel 0,955 sűrűségű PE esetében csak 825 gramm kapacitás adódik, ha a szilárd PE sűrűségét vesszük figyelembe. Azonban ha számolnak azzal is, hogy a PE ömledék sűrűsége csak 80%-a a szilárd anyagénak, akkor az adott gép kapacitása még kisebb, csak 735 gramm. Az MVR alkalmazása segít kiküszöbölni azt a hibát, hogy a nagyobb sűrűségű anyag látványosan jobban folyik az MFI mérés szerint, mivel grammban mérve úgy tűnik, hogy jobb a folyóképessége, holott a térfogat mérése alapján egészen más várható. Ezt mutatja egy fehér és egy fekete PC típus összehasonlítása: a fehér PC 4% TiO<sub>2</sub> pigmentet (ennek sűrűsége háromszorosa a PC sűrűségi értékének) tartalmaz, a fekete PC-t pedig korommal színezik (sűrűsége kb. azonos a PC sűrűségével). A fehér PC folyásindexe kb. 10%-kal magasabb lesz a nagyobb sűrűség miatt, pedig a polimermátrix mindkét esetben ugyanaz.

Ha egy alapanyag ömledékének sűrűsége  $1 \text{ g/cm}^3$ , akkor az MVR és az MFI értékek megegyeznek, de ez ritka eset. Ha az egyik szállító az MFI-t adja meg, és egy másik az MVR-t, akkor tudni kell az ömledék sűrűségét, hogy az anyagokat össze lehessen hasonlítani. Szerencsére az MFI mérés egyes esetekben megadja ezt az értéket is. A mérésnél a dugattyún, amelyik átnyomja az anyagot a kapillárison, két bejelölés látható egymástól  $2,54 \text{ cm}$  távolságra. A mérést úgy végezzék, hogy az első jelölésnél kezdjék, majd a második jelölésnél fejezzék be. Miután a készülék belső átmérője  $0,95504 + 0,00254 \text{ cm}$ , a kiszorított anyag térfogata  $1,819 \text{ cm}^3$  lesz. Az így kapott anyagmennyiséget lemérik, és a két adatból az ömledék sűrűség kiszámítható. Példa: egy töltetlen PC ömledék sűrűsége  $1,08 \text{ g/cm}^3$ , így a két bejelölés közti távolság megtételével kiszorított anyagmennyiségnek  $1,965$  grammnak kell lennie. A helyes eredményhez természetesen a készülék kezelőjének pontossága is szükséges.

## Ömledékállapot jellemzése mérőeszközökkel

*Az MFI mérés a legtöbb esetben alapanyagok összehasonlítására alkalmas, de nem használható a feldolgozás közben várható ömledékvizkozitás mérésére.* Ugyanis a polimer viszkozitása a hőmérséklet és a nyírás függvénye. Az MFI mérést egy adott hőmérsékleten végzik, eközben nem ellenőrzik a nyírást. Kapillárreométeres mérésnél a hőmérséklet és a nyírás függvényében mérik a viszkozitást. A különböző hőmérsékleteken felvett viszkozitás-nyírás görbék szükségesek a folyást szimuláló szoftverekhez. Az alkalmazott nyírás változhat relatíve alacsony értéktől (pl. fűvási technológia) a viszonylag magas értékekig (pl. fröccsöntés), ezért a paramétereket széles nyírástartományban kell meghatározni. Bár a folyást leíró szimulációs szoftverek becslései egyre pontosabbak, ugyanígy a kapillárreométerek mérései is, azért a feldolgozás valós körülményei mindig különböznek a műszeres mérésektől, különösen egy zárt szerszám esetében.

Az MFI mérőberendezés és a kapillárreométer is nyitott rendszer, a polimer mindkettőben megömlött állapotban van. A gyakorlatban a feldolgozás során, pl. fröccsöntés közben egy lefagyott réteg kezd kialakulni a folyási úton szinte azonnal, ez a réteg időben vastagodik, amely egyre inkább elzárja a folyási út keresztmetszetét. Ilyen jelenséget a mérőeszközökben nem lehet előállítani. A gyakorlatban (pl. fröccsöntéskor) továbbá fellép az a jelenség is, hogy a fémsherszám egyes részein lefagyó polimerrétegek közt áramló ömledék hőmérséklete megnő a nyírás emelkedése miatt. Ezt sem lehet laboreszközökkel előidézni. Pedig az említett jelenségek nagymértékben hatnak a folyási viszonyokra és így a fröccsöntött darabok minőségére.

A másik tényező, amely szintén korlátozza a mérőberendezések eredményét: az *elaszticitás*. A polimerek viszkoelasztikus tulajdonságúak, ami egy szilárd és egy viszkózus jellegű anyag együttes előfordulásának felel meg, mintha egy speciális kompaund kerülne feldolgozásra. Ömledékállapotban a viszkózus rész mellett a polimereknek elasztikus (rugószerűen rugalmas) tulajdonságai is jelentkezőnek. Az elasztikus tulajdonságok igen fontossá válnak, amikor a rendszernek nagy a viszkozitása, és ez akkor történik, amikor a nyírás és a hőmérséklet alacsony, a molekulatömeg pedig magas. Fűvásnál

és extrudálásnál az ömledék elaszticitását legnyilvánvalóbban a szerszámból kilépő anyag zsugorodása mutatja. Fröccsöntésnél esztétikai hibákat okozhatnak az ömledék elasztikus tulajdonságai (pl. szívódások, vetemedések, összecsapási vonalak).

Az 1990-es években B. Maxwell a Princeton Egyetem professzora kifejlesztett egy készüléket, amelyet *ömledékelaszticitás-mérőnek (MEI)* nevezett el. Ahogyan az MFI mérőberendezés az ömledék viszkózus tulajdonságait méri, úgy az MEI pedig a rugalmas tulajdonságokat, valamint az anyag rugalmas visszaalakulásának jelenségét is, amelyet ez ideig nem sikerült igazán mérni. A mérés elrendezése a következő: a vizsgálati anyagot fűtött (temperált) lapra helyezik és adott hőmérsékletre melegítik (megömlesztik), majd a megömlött polimerre rányomnak egy korong alakú lapot, és így egy adott vastagságú mintadarabot állítanak elő. Ezután egy meghajtó motor elfordítja a felső korongot, ezáltal nyírást hoz létre az ömledékben, mivel az alsó lap álló helyzetben marad. Egy adott mértékű elfordulás után a forgató motort lekapcsolják a felső korongról. Ekkor a felső korong az ömledék elasztikus viselkedése miatt visszafelé kezd elfordulni, a készülék méri és regisztrálja ennek mértékét. Videofelvétel is készül a folyamatról. Maxwell számos SPE ANTEC összejevetelen bemutatta a készülékét és a mérést, ennek ellenére a módszer nem terjedt még el. Pedig két igen hasonló viszkozitású anyag elaszticitás szempontjából eltérő képet mutathat, mégpedig a valós feldolgozáshoz igen hasonló körülmények között. Az egyszerűen kivitelezhető és olcsó MEI mérés erre alkalmas, és ezzel az eddigieknél alaposabban feltárhatja a polimerek folyási tulajdonságait.

Összeállította: Csutorka László

Sepe M.: Melt flow rate testing – Part 9. = Plastics Technology, www. ptonline.com, 2014. április

Sepe M.: Melt flow rate testing – Part 10. = Plastics Technology, www. ptonline.com, 2014. május