

Energiatakarékosság jobban folyó műanyagokkal

A nagy folyóképességű anyagok nemcsak a szerszámot töltik ki és képezik le jobban, hanem alacsonyabb hőmérsékleten, energiatakarékosabban is dolgozhatók fel. A BASF kísérletei igazolták ezt, a cég ezért bővíti könnyen folyó műszaki műanyagainak választékát. Optimális feldolgozásuk érdekében szimulációs programjait is továbbfejlesztette.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; energiamegtakarítás; nagy folyóképesség; PBT; PA; szimulációs program.

A szokásosnál nagyobb folyóképességű műanyagok alkalmazása fröccsöntéskor akkor célszerű, ha a gyártandó termék folyási útjának és falvastagságának viszony-száma nagy. Ilyen termékek pl. az elektronikában használt csatlakozók, különösen a nagyon kis méretűek, amelyekbe fröccsöntéskor még különböző funkciós elemeket is be kell építeni. Ezekben nem ritkán vastagabb és nagyon vékony falú részletek is előfordulnak.

A szokásos folyóképességű műanyagokból ilyen darabokat nehezen lehet előállítani, a feldolgozók ezért vagy az anyag hőmérsékletet, vagy a szerszám hőmérsékletet emelik meg. Bármelyik megoldást választják, megnövekszik a ciklusidő, drágább lesz a termék, ezért kézenfekvő jobban folyó műanyaggal dolgozni.

De érdekesebb-e nagyobb folyóképességű műanyagra áttérni, ha a szokásos alapanyaggal kifogástalan a termék? Igaz, a jobban folyó műanyagot alacsonyabb hőmérsékleten lehet feldolgozni, de megéri-e a megtakarított energia az átállással járó munkát?

A kérdések eldöntésére a **BASF SE** (Ludwigshafen) egy *IntElect* típusú, 30 mm átmérőjű csigát tartalmazó fröccsöntő gépet [gyártja **Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery GmbH**, Schwaig)] úgy alakított át, hogy valamennyi gépbe betáplált és gépből kilépő anyag- és energiaáramot mérni lehessen, és ki lehessen számítani az energiamegtakarítás formáját és mértékét. A kísérletekben kétfézes szerszámba közös oldalbeömléssel két lapot fröccsöntöttek 64 cm³-es fröccsadaggal. Az egyik alapanyag a BASF *Ultradur B4300G6* típusú 30% üvegszálat tartalmazó poli(butilén-tereftalát)-ja (PBT) volt, a másik, az *Ultradur High Speed* ennek azonos tulajdonságú, nagy folyóképességű változata. Az energiamérleget a plasztikáló egységből és a szerszámból álló rendszerre vonatkozóan készítették el az *1. ábra* szerint.

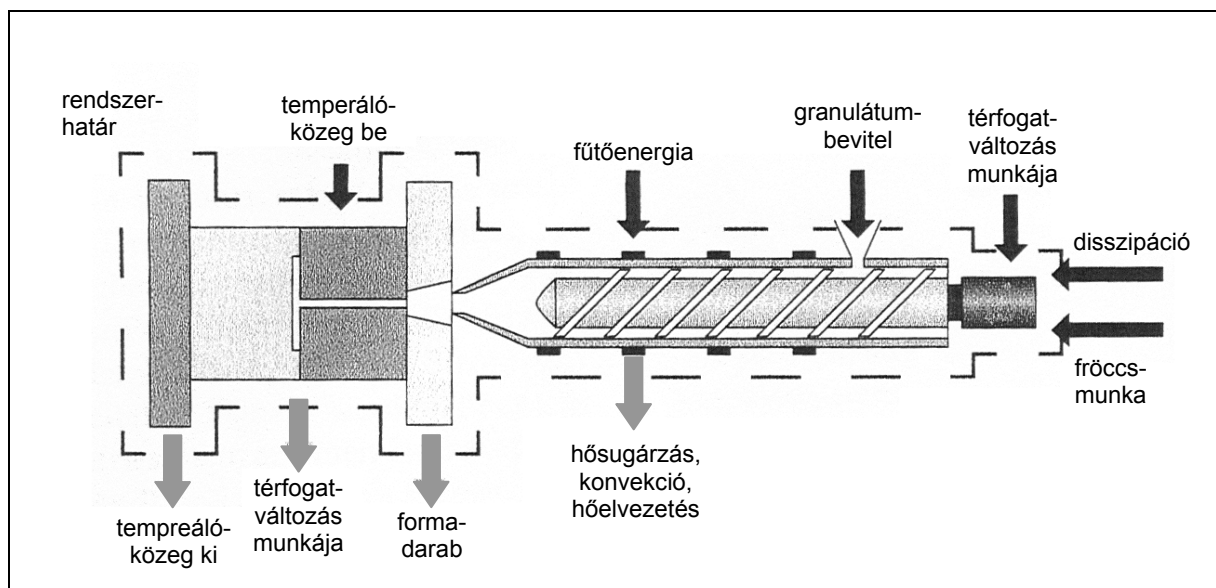
A fröccsöntés ciklikus folyamat ugyan, de tekinthető kvázifolyamatosnak is, és alkalmazható rá a termodinamika első főtörvénye, amely az adott esetben a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$\int_{t_1}^{t_2} \dot{Q}_h dt + \int_{t_1}^{t_2} \dot{m}_K (h_{gr} - h_{ft}) dt + \int_{t_1}^{t_2} \dot{m}_v (h_{v,be} - h_{v,ki}) dt + \dot{V}_{sp} \int_{t_1}^{t_2} dp_{sp} + \int_{t_1}^{t_2} M \omega dt_{pl} = 0$$

← fűtőenergia
← a hűtővíz entalpiaárama
← disszipáció

← a műanyag entalpiaárama
← a térfogatváltozás munkája

A belépő és kilépő energia- és anyagáramok viszonylag egyszerűen meghatározhatók hőmérséklet-érzékelőkkel és a gépre szerelt más szenzorokkal. A fűtőenergia kiszámítható a felhasznált árammennyiségből, feltételezve, hogy az teljes egészében hővé alakult. A sugárzással és konvekcióval elvesztett hő nehezen mérhető, ezt a felületi hőmérséklet alapján becsülték meg.



1. ábra A fröccsöntés folyamatának termodinamikai szemlélete (a fekete nyilak a rendszerbe betáplált, a szürke nyilak az abból kilépő anyag- és energiaáramokat képviselik)

Az energiaáramok egyensúlyának felállításakor központi probléma a disszipációs energia meghatározása, amely a csiga forgása által kerül be a műanyagba. Amint az

egyenletből is kiderül, ezt a csigára ható forgatónyomatékból, a fordulatszámából és az időből számítják ki. A forgatónyomaték értéke meglehetősen bizonytalan, mert a csigát forgató motor fordulatszámát a frekvencia vezérli. A motorba vezetett áramot megfelelő jellel lehet ugyan szabályozni, egy frekvenciaátalakítóval be lehet avatkozni, de a frekvenciaátalakítók gyártói szerint akár 30%-os hibára is lehet számítani, ami az energiamérleg felállításakor túl nagy pontatlanság. Ezért a csigára nyúlásmérő szalagokból (DSM) álló négy rácsot erősítettek, és a forgatónyomatékokat ezek alakváltozásából közvetlenül határozták meg.

A csiga kétféle (forgó és előre-hátra) mozgása miatt a forgatónyomaték ilyen módon való mérése elég nehézkes. A DSM-szignálokat az elektronika indukciós tekercsekkel erősíti, ezek egy telemetriás rendszeren keresztül egy rádióvevőbe (Funkempfänger) jutnak, majd egy számítógép (Messrechner) kiértékeli és felrajzolja őket. A nagyobb ráfordítás azonban meghozta az eredményt, a frekvenciaátalakítóval a gépen, ill. a DMS ráccsal mért forgatónyomatékok legmagasabb értékei között 30 Nm különbség is volt. Az eltérések nem lineárisak, kb. 70 Nm-nél a görbék keresztezték egymást, majd fokozatosan távolodtak. Nagyobb forgatónyomaték mellett nagyobbak a különbségek is.

A fröccsöntési kísérleteket úgy végezték, hogy a kétféle folyóképeségű polimer viszkozitása a feldolgozás alatt hasonló legyen. Ehhez a jobban folyó polimert 255 °C-ra, a kisebb folyóképeségűt 280 °C-ra melegítették fel. Nyolc-nyolc feldolgozási próbát végeztek az 1. táblázatban látható variációkkal. A rendszer által felvett energia 85%-a fűtőenergia volt, 14%-a disszipációs energia, 1%-a a befröccsöntésre fordított. A fröccsöntés gépi paramétereinek változtatása ezeket az arányokat nem módosította. Más csigamérettel más arányokat lehetne kapni.

1. táblázat

Az *Ultradur B4300G6* és annak nagy folyóképeségű (high speed) változatával végzett fröccsöntési kísérletek paramétereit és az utóbbi feldolgozásakor elért energiamegtakarítás

A kísérlet száma	Torlónyomás bar	Plasztikálás sebessége mm/s	Befröccsöntés térfogatárama cm ³ /s	Energia-megtakarítás (38 s ciklus), %	Energia-megtakarítás (32 s ciklus), %
1	80	300	40	12,6	29,7
2	40	300	40	11,0	28,1
3	80	200	40	10,9	28,5
4	40	200	40	9,0	27,3
5	80	300	20	9,4	26,3
6	40	300	20	10,9	28,3
7	80	200	20	9,2	26,4
8	40	200	20	6,3	23,9

Ugyancsak az 1. táblázatból látható, hogy csupán a nagyobb folyóképességű polimer alkalmazása által 13% energia volt megtakarítható akkor is, ha azonos, 38 s ciklusidővel dolgoztak. A jobb folyóképesség miatt csökkenthető feldolgozási hőmérséklet azonban lehetővé tette a ciklusidő rövidítését, a kísérlet körülményei között 6 s-mal. A 32 s ciklusidővel fröccsöntött próbatestek gyártásakor a hagyományos anyag fröccsöntéséhez képest ezáltal 30%-os energiamegtakarítást értek el.

A kísérletekből azt a következtetést vonták le, hogy *a jobban folyó polimer fröccsöntésekor nemcsak a szerszámkitöltés és a felület leképezése javul, hanem jelentős energiát is meg lehet takarítani.* Ennek előfeltétele, hogy a szerszám hagyományos fröccsanyaggal is kitölthető legyen. Kis átmérőjű csigák esetében a fűtésre felhasznált energia a teljes energiabevitel 85%-át teszi ki, ilyenkor a legjobb a nagy folyóképességű polimerek energiacsökkentő hatása. Nagyobb csigákat tartalmazó fröccsgépekben a fűtési energia aránya a disszipációs energia növekedése miatt csökken, ilyenkor a folyóképességnek kisebb a szerepe az energiaigényben.

Nagyobb formadarabok gyártásakor, mint, pl. motortéri elemek (motorborítás, szívócső), amelyeket poliamidból fröccsöntenek, ugyancsak vannak előnyei a jobb folyóképességű típusok alkalmazásának. Ezek kisebb fröccsnyomással dolgozhatók fel, tehát kisebb szerszámzáró erőt, emiatt kisebb feldolgozógépet igényelnek. Ez arra ösztönzi a BASF céget, hogy szélesítse nagyobb folyóképességű műszaki műanyagainak választékát. Az *Ultramid High Speed* után kifejlesztette az *Ultramid A High Speed* márkanéven forgalmazott PA66-ot, a K2010 műanyag-kiállításon pedig bemutatta az *Ultramid B3WG6*-ot, amely az első nagy folyóképességű, 30% üvegszálat tartalmazó PA6, amelynek spirál folyóképessége 50%-kal nagyobb a hagyományos üvegszálalás PA6-énál. Az azóta eltelt időben ennek két újabb változatát is megjelentette, az *Ultramid B3WG8* 40% üvegszállal, a *B3GK24* üvegszállal és üveggyönggyel van erősítve. Az utóbbiból fokozottan vetemedésmentes darabokat lehet gyártani.

A cégnél kifejlesztettek egy szimulációs programot is, amelynek segítségével a darabok tömegét lehet csökkenteni. Kimutatták, hogy az *Ultramid B High Speed* alkalmazása révén kisebb falvastagságú, 25%-kal könnyebb formadarabokat lehet gyártani. Ehhez azonban tovább kellett fejleszteni a szerszámkitöltést és a mechanikai tulajdonságokat előrejelző szimulációs programokat is. A cég *Ultrasim* szoftverjével most ugyanazon a számítógépen egy időben optimalizálható a szerszámkitöltés és a várható mechanikai tulajdonságok. Az új anyagok felhasználási területe a gépkocsipedálok, konzolok és más erőhatásnak kitett elemek gyártása lehet.

Összeállította: Pál Károlyné

Wenigmann, S.: Fließen schneller und sparen Energie = Kunststoffe, 100. k. 12. sz. 2010. p. 105–108.

Materials: More high-flow nylons & better property simulation = Plastics Technology, 2011. ápr., www.ptonline.com