

Szimuláció a műanyag-feldolgozásban

A szimulációs módszerek nem csak a fröccsöntésben, hanem a mikroszerkezet és az anyagtulajdonságok összefüggései vagy a törésteszték előrejelzésére is fel lehet használni. Az alábbiakban a szoftvergyártók újdonságait mutatjuk be.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; szimuláció; habok; szoftver; mikroszerkezet; törésteszt.

Hol segít a szimuláció?

A szimulációs módszereket a szakemberek a tervezés, a gyártás és az alkalmazás területén egyaránt használják. Segítségükkel az anyagtulajdonságok birtokában előre lehet jelezni a tulajdonságokat. Kérdés, hogy mennyire lehet növelni az előrejelzés pontosságát? A **Carl Hanser Verlag** szervezett egy konferenciát, amelyen *elsősorban az anyagtulajdonságokra vonatkozó szimulációt mutatták be*, nagy hangsúlyt fektetve a műanyaghabokra is, amelyeknek egyébként nem szoktak túl nagy figyelmet szentelni.

Ahhoz, hogy megfelelően alkalmazzák a szimulációs eszközöket, tisztában kell lenni azok előnyeivel és hátrányaival, lehetőségeivel és a lehetőségek korlátjaival. Általános jelenség, hogy a számítás pontossága (és számításigénye) erősen függ az alkalmazott végelemháló sűrűségétől. Ennek erőssége a számított jellemzőktől is függ. Vannak olyan programok, amelyekkel szálerősített hőre lágyuló műanyagoknál meg lehet jósolni a szálorientáció eloszlását. Tekintettel arra, hogy itt elég komplex jellemzőről van szó, a hálózat sűrűsége erős hatással van a szimuláció végeredményére. A szálorientációs számításokat nem önmaguk kedvéért végzik, hanem azért, hogy utána különböző zsugorodási, mechanikai, szilárdsági stb. számítást végezzenek e köztes eredmény alapján – érthető módon ezeket is befolyásolja az eredeti számítás pontossága.

Vannak persze ennél jóval egyszerűbb programok is: pl. a *vákuumformázás vagy hőformázás szimulációjára* egy olyan egyszerű program szolgál, amely pusztán geometriai paramétereket tartalmaz (specifikus anyagjellemzőket nem), és annak eldöntésére használható, hogy egy tervezett termék ezzel az eljárással egyáltalán elkészíthető-e vagy sem.

Az extrúzió szimulációjára sokféle program áll rendelkezésre. Ezek egyike egy meglehetősen érzékeny folyamat jellemzésére használható: olyan koextrudált csövek gyártása szimulálható vele, amelybe egy EVAL (etilén/vinil-alkohol) diffúziózáró réteg is be van építve. Ezekben a folyamatokban a csigát úgy kell optimalizálni, hogy a tartózkodási idő lehetőleg ne legyen túl hosszú, hogy a hőterhelés és a nyíró igénybevétel ne legyen nagyobb a szükségesnél. Pontos, minden részletre kiterjedő szimuláci-

óról nincs azért szó, a kihozatali teljesítmény, a szerszám hatása a terméktulajdonságokra, vagy a feldolgozási paraméterek hatása egyes végtermékjellemzőkre még nem számítható.

Több fizikai jellemző párhuzamos szimulációja

Vannak olyan fizikai jellemzők, amelyeket külön-külön szoktak szimulálni, ekkor azonban elvész a köztük esetlegesen fellépő kölcsönhatás. Ilyenek például a fröccsszimuláció és a mechanikai jellemzők összefüggései vagy a mikroszerkezet és a makroszkópos mechanikai jellemzők összefüggései habok esetében. Ezen a területen nagy előrehaladásról lehet beszámolni, de még messze van az út vége, a pontos előrejelzés. Sokféle bonyolult anyagrendszer tulajdonságait próbálják szimulálni, pl. hosszú szálakkal erősített műanyagokét préselés során, elasztomerek fáradását vagy műanyagok anizotrop jellemzőinek alakulását a feldolgozás során. *Minden előrejelzés jóságát alapvetően befolyásolja a bemeneti paraméterek (anyagjellemzők) minősége.* Különösen igaz ez az olyan érzékeny jellemzők szimulációjára, mint a *töréstesztek, amelyek jelentősége egyre nő,* és nem csak az autóiparban. Ezekhez szükség van a nyújtási, nyomási, nyíró- és nyomóvizsgálatok végeredményére, amelyeket lemezből kivágott vagy cső alakú próbatesteken határoznak meg. A habokra ez különösen igaz, mert ott a jellemzőket igen erősen befolyásolják a feldolgozás körülményei és a mikroszerkezet. Az ütésállóság mérésére itt is ingás ütőmű szolgál, az adatokat azonban különleges módon dolgozzák fel. A haboknál meg kell különböztetni egymástól a nyílt és a zárt cellás habokat, mert a nyílt cellás habokban a levegő mozoghat, és ez erős vastagságfüggést eredményez a terméktulajdonságokban.

A modern szimulációs technikák jó eredményeket szolgáltatnak a habok rugalmas helyreállása és visszapattanása számításához is, ami különösen azért jelentős, mert a habokat igen gyakran alkalmazzák a biztonságtechnikában, pl. az emberi test védelmére. Ma már egyre nagyobb figyelmet szentelnek a szimulált töréstesztekben a ragasztott kötésekre. Tekintettel arra, hogy a ragasztórétegek általában vékonyak, itt különösen jelentős a végelelemháló finomságának megválasztása.

A fröccsöntés szimulációja 3D-ben

A szoftvergyártók véleménye szerint a szerszám fel- és kitöltésének, hűtésének, zsugorodásának és vetemedésének 3D szimulációja elég magas szinten van, ezért olyan „csúcspontot” ostromolnak, mint a többkomponensű fröccsöntés, a mikrofröccsöntés vagy a gyors fűtés/hűtés szimulációja. Megpróbálják szimulálni a kettőstörést az optikai öntvényekben, a vetemedést gázzal segített vagy hőre keményedő fröccsöntésben, hosszú szálak orientációját vagy a kidobótüskék által okozott feszültségeket és deformációkat. A programok legújabb változatai már lehetővé teszik a beömlési pontok és típusok optimalizálását vagy a forró- és hidegcsatornák elhelyezését. A modern szimulációs szoftverek összekapcsolhatók a CAD/CAM programokkal, és figyelembe veszik az ömledékeknek és a megszilárduló polimereknek mind a rugal-

mas, mind a viszkózus tulajdonságait. A matematikai eljárások folyamatos fejlődése gyorsítja a szoftverek működését, javítja az automatikus hálógenerálást. Az alábbiakban négy nagy szoftvergyártó (**Moldflow**, **Coretech**, **Vero Software** és **Sigma Engineering**) újdonságairól lesz szó.

A Moldflow újdonságai

A cég és a nevét viselő szoftver vezető helyet foglal el a 3D szimulációs szoftverek piacán. A program (különösen nagyobb feladatoknál) kb. feleannyi időt igényel a számítások elvégzéséhez az új szoftverek használata következtében. *Az új hálógeneráló szoftverekkel a teljes projektek idejének 5–10%-a takarítható meg.* Az beömlést optimalizáló programmal megkereshetők azok a beömlési pontok, amelyekkel a legkisebb szerszámnyomás érhető el. Az új változat használható valódi 3D és pszeudo-3D szimulációkhoz is (ahol a középsíkot szimulálják). Az esztétikai vagy gyártási okokból kizárható beömlési helyeket már az optimalizálás előtt ki lehet jelölni a végelelemhálón.

Mivel az utóbbi időben egyre nagyobb az érdeklődés az olyan fröccsciklusok iránt, ahol először nagyobb a szerszámhőmérséklet (a vékony falú részek kitöltése érdekében), majd gyors szerszámhőmérséklet-csökkenés után kerül sor a szerszám maradékának feltöltésére, *az új program lehetővé teszi a változó szerszámhőmérséklet figyelembevételét.* Lehetőség van a többkomponensű fröccsöntvények zsugorodásának szimulációjára is, amihez arra volt szükség, hogy a különböző komponensek fröccsöntésekor használt hálók egymáshoz illeszkedjenek. Ez különösen görbült határfelületeknél nem egyszerű feladat. Lehetőség van fémbetétek szimulációjára is, amelyek egyik, másik vagy mindkét komponenssel érintkezhetnek.

A Moldflow program legújabb változata jobban kezeli az erősen anizotrop LCP (folyadékkristályos polimer) zsugorodását és vetemedését, még a szálerősített típusét is. Lehetőség van a hőre keményedő anyagok és a reaktív fröccsöntésnek a szimulációjára is. Bevezették a szellőzés szimulációját a korábban feltételezett tökéletes szellőzés helyett, ami akár 20%-os hibát is okozhatott a nyomásesés számításában. Most ki lehet jelölni a szellőzőnyílások helyét, sőt optimalizálni is lehet azok elhelyezkedését. Új modulok támogatják a gázzal segített fröccsöntéssel előállított tárgyak vetemedésének analizését, sőt arra is lehetőség van, hogy kiderítsék a vetemedés okát. Javították a program kompatibilitását egyéb végelelemmodellekkel és CAD programokkal. A gyárthatóság analizését elősegítő *Moldflow Plastics Advisers* csomag lehetővé teszi a költségek előrejelzését.

Más szoftvergyártók újdonságai

A Coretech cég *Moldex3D* programja is újításokat tartalmaz a viszkoelaszticitás, a hűtés, a többkomponensű fröccsöntés és az optikai fröccsöntés területén. A viszkoelasztikus ömledék figyelembevétele lehetővé teszi az áramlásból származó belső feszültségek előrejelzését. Ilyen feszültségek lépnek fel a gyorsan hűlő felületek mentén és az áramlási csatornában a beömlő csomak közelében. A viszkoelasztikus ömledékkel

való számolás természetesen megnöveli a számítás idejét, de pl. ez tette lehetővé a pontos optikai fröccsimulációt. Az akrilát, polikarbonát és ciklusos olefinkopolimer (COC) anyagokból készülő optikai termékekben lehetőség van a kettős törés szimulációjára is. A *Modlex3D* program is képessé vált a „variotherm” (változó szerszámhőmérsékletű) eljárások szimulációjára. A *Solid-RIM* modul reaktív fröccsöntés szimulációjára alkalmas, amivel poliuretánokra új modellt dolgoztak ki.

A Vero cég *VISI Flow 3D* szimulációs szoftverje egy olyan, teljes mértékben integrált szoftverrendszer része, amely alkalmas a modellezésre (*VISI Modeling*), a szerkesztésre (*VISI Mold*) és a számítógépes gyártásra (*VISI Machining*). A Vero cég eredetileg CAD/CAM programokkal foglalkozott, de egy olasz cég felvásárlásával hozzájutott egy fejlett 2,5D/3D szimulációs rendszerhez, amelyet most már saját termékei között kínál.

A Sigma Engineering *Sigmasoft* csomagjának új elemei a forrócsatorna-szimuláció és a kidobótüskék hatásának vizsgálata a termék alakjára és a befagyott feszültségekre. Ennek a cégnek specialitása az öntvények termikus analízise. A kidobás vizsgálatakor nézik, hogy pontosan hol alakul ki a kontaktnyomás, milyen feszültségrelaxáció lép fel, elég merev-e a feltámaszkodó szerkezeti részlet a kidobáshoz stb. A Sigma kifejlesztett egy olyan szimulációs modult is, amely pl. háztartási eszközöknél vizsgálja, hogy milyen hatással van a felhasználás során fellépő melegedés a termék geometriájára és egyéb jellemzőire.

A felsorolt példákból kiderül, hogy modern szimulációs szoftverek hatékonyan segíthetik a tervezést és a gyártást is, és a folyamatos fejlesztésnek köszönhetően egyre komplexebb problémák kezelését teszik lehetővé.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Baur, E.; Otremba, F.: Kunststoffe berechnen. = Kunststoffe, 98. k. 11. sz. 2008. p. 42–44.
Knights, M.: New frontiers in process prediction. = *Plastics Technology*, 2008. 8. sz. www.ptonline.com/articles/200808fa1.html

Röviden....

PP ampullák

A francia **Seriplast** (Oyonnax) sugárzással térhálósított PP-ből gyárt injekciós ampullákat, amelyeket eddig üvegből készítettek. A fejlesztésben a besugárzások specialistája, a német **BGS Beta-Gamma-Service GmbH&Co KG** (Wiehl) is részt vett. A PP-nek azt a tulajdonságát használják ki, hogy viszonylag már kis sugárdózis hatására keményebb lesz, és mechanikai szilárdsága csökken. A BGS-nél elvégzett besugárzással egyben sterilizálják is az ampullákat, amelyeket ezután a megfelelő helyen gyógyszerrel, vegyszerrel, kozmetikai vagy élelmiszeripari termékkel töltenek meg. Az ampullák nyakánál kialakított kör alakú bemetszésnél a sugárzás hatására az anyag olyan merev lesz, hogy a hüvelykujjal enyhén megnyomva, az ampulla feje azonnal

www.quattroplast.hu

letörnek. A betöltés az ampulla nyitott végén (a talpán) történik, amelyet egy dugóval zárnak le utána. Ez lerövidíti a töltés idejét, és az üvegnél alkalmazott, hőközléssel járó lehegesztést is feleslegessé teszi. A PP további előnye az üveggel szemben, hogy nem törnek, ami a gyűjtőcsomagolásokat egyszerűsíti és a szállítási veszteségeket gyakorlatilag nullára csökkenti.

KI 213380 (08.05.2009)

O. S.