

2.2 Számítógépes szimuláció a műanyagok tervezésében és feldolgozásában

Tárgyszavak: tervezés; műanyag-feldolgozás; anyag kiválasztás; számítógépes szimuláció; véges elem; Moldflow program; hordozható elektronikus eszköz; orvosi rehabilitációs eszköz; vizsgálóeszköz.

Műanyagok viselkedésének előrejelzése a használat körülményei között

A hordozható elektronikus eszközök terjedésével (telefonok, magnetofonok, CD-lejátszók stb.) a tervezőknek olyan műanyag tárgyakat kell létrehozniuk, amelyek több leejtést vagy más előre nem látható mechanikai igénybevételt (pl. valaki ráül) is elviselnek meghibásodás nélkül. Az igénybevételi kísérleteket prototípusokon végzik, de a tervezők megpróbálják csökkenteni a szükséges újratervezési és prototípus-gyártási lépéseket azzal, hogy véges elemes módszerrel szimulálják a bonyolult alakú berendezések mechanikai viselkedését. Ilyen számítások végezhetők pl. az Abaqus programmal (Karlsson & Sorensen Inc.) vagy az LS Dyna programmal (Livermore Software Technology Corp.). A számítások megbízhatósága a helyes bemenő adatoktól, vagyis a rendelkezésre álló anyagtulajdonságoktól függ. Sajnos a gyártóktól kapott adatok nem elegendők a valós életben előforduló sokféle helyzet leírására, hiszen pl. az ütésállósági adatokat csak standard körülmények között (adott sebességgel, adott hőmérsékleten) veszik fel. A szingapúri egyetem ütésállósági laboratóriumának vezetői a piaci igényekből kiindulva megalapították a Robus Dynamics nevű céget, amely adatbázist épített fel 45-féle anyag (polikarbonát, PS/ABS keverékek, elasztomerek, habok) különféle körülmények közötti viselkedésének szimulációjára. Az adatok lehetővé teszik ütés, nyomás, húzás és más igénybevételek szimulációját lassú (kvázisztatikus) és hirtelen (ütésszerű) hatások mellett, -10 és 55 °C közti hőmérsékleten. Az adatbázis összekapcsolható az olyan véges elemes programokkal, mint a fent említett Abaqus vagy az LS-Dyna, és lehetővé teszi annak vizsgálatát, hogy pl. mi történik egy mobiltelefonnal, ha leejtik vagy ha ráülnek.

Az adalékok is hatással vannak az anyagtulajdonságokra, pl. arra, hogy hogyan hülnek le a szerszámban. A Robust Dynamics képes arra, hogy méré

sekkel határozza meg az ilyen adalékok és a feldolgozási paraméterek hatását a végső anyagjellemzőkre, és ez is beépíthető az adatbázisba. A program felhasználói között olyan gyártók vannak, mint a Nokia, az Ericsson vagy a Motorola cég. Elmondásuk szerint a program használata sok gyakorlati probléma sikeres kiküszöböléséhez járult hozzá. A DuPont cég és egy kanadai autórádiós vállalat is érdeklődik a program alkalmazása iránt.

A Robust Dynamics cég másik fejlesztése egy szabadalmaztatás alatt álló ütésállóság-vizsgáló berendezés, amely lehetővé teszi a hordozható elektronikai berendezések adott irány szerinti vizsgálatát. A speciális befogókkal a próbatestet megadott irányba mozgatják, majd közvetlenül a becsapódás előtt elengedik, hogy az biztosan adott irányban ütközzön. A jelenlegi berendezések, amelyek zsinórokkal rögzítik a leeső tárgy helyzetét, kevésbé alkalmasak a pontos mérésre. A Robust Dynamics berendezésével reprodukálható eredményeket kapnak, amelyek a Motorola és a Nokia vizsgálati eredményei szerint jól összevethetők a szimulációs eredményekkel.

Anyagkiválasztás és szerszámtervezés a Moldflow MPI program segítségével

Egy frissen alapított izraeli cég, a Ness Ltd., amely az ingeráramos terápiára szakosodott, kifejlesztett egy „Handmaster” nevű rehabilitációs eszközt, amelynek segítségével agyvérzés következtében lebénult betegek alkarját és kézfejét feszültséggel stimulálják, hogy megállítsák az izmok sorvadását, és elősegítsék azok regenerálódását. Ahhoz azonban, hogy a Ness cég által kidolgozott programot végrehajthassák, ki kellett fejleszteni egy olyan, a karhoz illeszkedő vázrendszert, amely egyszerre szolgál támasztékul, és biztosítja az elektródok érintkezését. A prototípusvizsgálatokat Izraelben végezték el, és most Németországban készülnek az első sorozattermék előállítására. Mivel a befektetők egy kezdő cégtől különösen gyors megtérülést várnak, a sorozatgyártás megkezdéséhez is igen rövid idő áll rendelkezésre. Általános jelenség, hogy a piaci bevezetéshez rendelkezésre álló idő egyre rövidül, ezért a szerszám- és terméktervezőnek már a tervezési fázisban lehetőleg figyelembe kell vennie minden gyártási és felhasználási szempontot, nincs idő az utólagos korrekcióra. Korábban pl. a beömlési helyeket empirikus úton határozták meg, majd egy kísérleti szerszámon optimalizálták. Ma lehetőség van arra, hogy az optimális beömlési helyet előre, számítógépes szimulációval állapítsák meg.

A szerszámban az anyagáramlást szimuláló Moldflow program segítségével nem csak a beömlési helyeket vagy a termékhez legjobban illeszkedő hűtési programot lehet kiválasztani, hanem az összehasonlító számítások segítségével azt is meg lehet állapítani, hogy a rendelkezésre álló anyagok közül melyik optimális a vetemedés vagy a felületminőség szempontjából. Miközben a terméktervező még a modellen gondolkodik, bizonyos kérdésekre gondolat-kísérletekből is választ lehet kapni.

18 műanyag-alkatrészből álló rehabilitációs eszköz

A tervezés és fejlesztés jellemzően csapatmunka; itt is egy mérnökiroda végezte a tervezési feladatokat, egy másik cég foglalkozott a szerszámfejlesztéssel és a fröccsöntéssel, és egy harmadik végezte a termék menedzselését. A cél az volt, hogy a már tulajdonképpen meglévő, megtervezett terméket 18 alkatrészre bontva 16 héten belül megszervezzék a gyártást és a piaci bevezetést. Mivel mindegyik alkatrész bonyolult, háromdimenziós felületekkel határolt forma, az egyik legfontosabb követelmény az volt, hogy minél kisebb legyen a vetemedés, és az alkatrészek egymáshoz jól illeszkedjenek. Az anyagot a termékre ható terhelések figyelembevételével kellett kiválasztani a Moldflow vizsgálatok segítségével. A tervezők két anyag közül választottak: az egyik a DuPont cég Rynite SST35, a másik a GE Valox 830 nevű anyaga. A két fő szempont a 30% üvegszálat tartalmazó anyagok erősítőszálainak orientációja és a felületminőség volt. Ehhez azonban ki kellett jelölni a beömlés helyét, mert a vetemedés 80%-át az üvegszálak rendezettsége határozza meg. Mint azt a számítások igazolták, a szerszám hűtése csak a vetemedés mintegy 20%-os változtatására képes.

Anyagkiválasztás a vetemedés figyelembevételével

A két kritikus alkatrésze (a fődarabra és a lengő kar formájú elemre) számos szimulációs számítást végeztek a Moldflow program segítségével. A beömlőnyílások optimális elhelyezése mellett választ kellett adni arra a kérdésre is, hogy a két alapanyag közül melyik vetemedik kevésbé, és melyik ad jobb felületminőséget (pl. a forradási felületeknél). A lengő karhoz számításokat végeztek központi beömléssel és egy, a homlokfelületen elhelyezkedő beömlési ponttal is. Az eredmény kicsit váratlan volt: a második esetben ugyan nagyobb beömlési nyomást kellett alkalmazni, de ezt kompenzálta a jóval egyenletesebb száleloszlás és az ebből adódó kisebb vetemedési hajlam. Homlokfelületi beömlést alkalmazva a Valox térfogati zsugorodása mintegy 50%-kal kisebb volt, ezért emellett a kombináció mellett döntöttek.

A lengő kar esetében a különböző anyagokra számított értékek még közelebb voltak egymáshoz, a nagyobb eltérések a legbonyolultabb alakú fődarabnál adódtak. A fődarab egy nyitott gyűrű, pontosabban spirálszerű részletet tartalmaz, amely az emberi kar körvonalát követi. Ahhoz, hogy ez a részlet jól illeszkedjék, a fődarabot lehetőleg minél kisebb zsugorodással kell fröccsönteni. Ha nem tudják kézben tartani a vetemedést, a berendezést nem is lehet összeszerelni. Ezt tovább nehezíti az a tény, hogy a falvastagság éppen a csavart részleten a legnagyobb.

A fődarab fröccsöntésének szimulációjakor a lengő karnál nyert tapasztalatok alapján három különböző helyre próbálták tenni a beömlést. Az egyik

esetben (A1) a spirális szerkezeti részlethez tették, amely egyben a legnagyobb anyagfelhalmozódás helyét is jelenti. Ennek a számításnak csak összehasonlító szerepe volt, mert ezen a szakaszon öt csúszka van, és ebből az egyikben helyezték el a beömlést. A második esetben (A2) a beömlést lehetőleg a darab közepénél próbálták kialakítani, de valamivel közelebb a spirális szerkezeti részlethez. A harmadik esetben (A3) – a teljes tulajdonság-spektrum lefedése érdekében – a kritikus részlettől a lehető legtávolabb helyezték el a beömlést.

A szimulációs számítások eredményei és hasznosításuk

Az A2 esetben 24,9 MPa volt a számított nyomás az A1-nél kapott 55,2 MPa-val szemben, ha a számításnál a Valox 830 paramétereit használták. A megfelelő értékek Rynite SST 35 esetében 31,2 MPa ill. 61 MPa voltak. Az A3 eset vizsgálatát nem is folytatták, mert kiderült, hogy ennél a konfigurációnál nem lehet megtölteni a szerszámot. Ez nem csoda, hiszen itt a műanyag-ömladéknek először egy hosszú, vékony falú szakasz mentén kell áramlania, majd onnan kellene feltölteni egy vastag falú szakaszt. A döntő tényező a térfogati zsugorodás és az ebből adódó vetemedés volt. A számítások azt mutatták, hogy a kritikus spirális területen az A1 és A2 beömlések közti különbség kevesebb volt, mint 10%, vagyis az elméletileg legkedvezőbb A1 beömlés nem hoz túl sok előnyt a könnyebben megvalósítható A2-höz képest. A vetemedés és beszívódás szempontjából a többi, kevésbé kritikus területen sem adódtak nagy eltérések az A1 és A2 beömlések esetében. Ami az anyagokat illeti, a Valox 830 mintegy 30%-kal kisebb zsugorodást mutatott, mint a Rynite SST 35. Mindezt figyelembe véve végül az A2 beömlés mellett döntöttek, és filmbeömlést alkalmaztak.

A fenti esettanulmány is azt mutatja, hogy a Moldflow program bonyolult alakú, több darabból álló műanyag tárgyaknál is jelentősen megkönnyíti az optimális beömlés helyének megválasztását, ill. az optimális anyag kiválasztását, ezzel is gyorsítva a termék piacra kerülését.

(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)

Moore, S.: Materials modeling. = Modern Plastics International, 32. k. 4. sz. 2002. p. 53.

Hossinger, A.: Das Handmaster-Projekt. = Kunststoffe, 91. k. 11. sz. 2000. p. 42–45.