

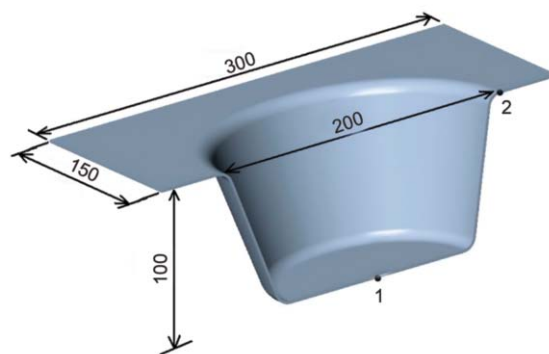
Falvastagság alakulása hőformázott termékeknél

A hőformázás termelékenységének köszönhetően egyre jobban terjedő eljárás. A melegalakítás során kialakuló falvastagság azonban sokszor nehezen megjósolható és ellenőrzése is nehézkes, mivel a vastagságot nem csak egy pontban, hanem egy adott út mentén, például az oldalfal magassága mentén kell meghatározni. Emiatt egyre újabb előrejelző, illetve szimulációs megoldásokat fejlesztenek.

Tárgyszavak: hőformázás, falvastagság-eloszlás, szimuláció

A hőformázással költséghatékonyan lehet előállítani megfelelően szívós és hajlékony termékeket, akár nagy méretben is, kis falvastagsággal. Az eljárást a fröccsöntéshez képest csekélynek tekinthető szerszámzá-
mozási költség, és ennek is köszönhetően a piaci igényekhez történő gyors alkalmazkodás, az egyik leg-
gyorsabban fejlődő feldolgozási ágazattá tette a műanyagiparon belül. Maga a hőformázás több techno-
lógiaira bontható: a legelterjedtebbek a sűrített levegős és vákuumformázás, a szerszámkiakítást tekintve
pedig alkalmazható pozitív és negatív forma. Használják ún. ikerlemezes gyártási eljárást is, ennek során
két felmelegített lemezt tesznek két negatív forma közé. A melegítés hatására kilágyult lemezeket a talál-
kozási pontokon összenyomják így ott összehegednek, közéjük pedig sűrített levegőt juttatnak, így zárt,
üreges alkatrészek is gyárthatóak. A hőformázás egyik hátránya azonban az, hogy a termékek kialakuló
falvastagsága nehezen szabályozható, így méretpontosságuk elmarad a fröccsöntött termékekétől.

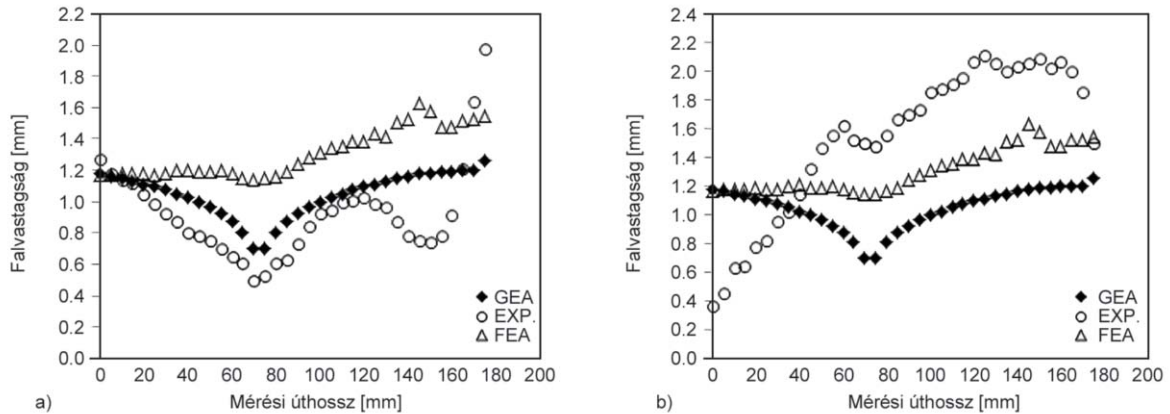
A különböző gyártástechnológiai paraméterek ha-
tása a falvastagság alakulására, illetve a kialakuló ge-
ometria pontos előrejelzése intenzíven kutatott terü-
let. Török kutatók többféle lemez esetén vizsgálták
a falvastagság alakulását szimulációs és kísérleti
módszerekkel. Ennek során többféle vastagságú po-
lisztirol (PS), továbbá 5 és 15% szénszál erősítésű
polipropilén (PP) mintákat vákuumformáztak kúpos,
hengeres és kocka geometriájú negatív szerszámok-
kal. A formázási hőmérséklet a PS esetében 180 °C,
a szénszálerősítésű PP anyagok esetében pedig
190 °C volt. A gyártás után megvizsgálták a darabok
falvastagságának alakulását a keresztmetszet mentén,
az 1. ábrán látható vizsgálati útvonalat követve.



1. ábra. Vákuumformázott kúpos féltermék geometriai jellemzői, jelölve az 1. és 2. pont közötti mérési utat.

A mérési eredmények (2. ábra – EXP jelölés) eltérést mutattak a geometriai elemalízissal (GEA) kalkulált vastagságeloszláshoz (2. ábra – GEA jelölés) és a végelelemes analízishez (2. ábra – FEA jelölés) képest. A GEA metódus egy ismert geometriájú felülettel deformált, elméletileg végtelenül nyújtható membrán alakítását leíró modell, ami nem veszi figyelembe az anyagjellemzőket. A szerzők a szimulációkhoz az LS-Dyna szoftvert használták. A PS lemez esetén a görbék jellege hasonló, az erősített PP esetén azonban a mért eredmények alakulása a mérési úthossz függvényében jelentősen eltért GEA és FEA szimulációkkal kalkulálttól s a minimális falvastagságú szakasz pozíciója is különböző.

Az Achen-i Egyetem Műanyag-feldolgozási Ipari és Kereskedelmi Intézete (IKV) által kidolgozott falvastagság-előrejelzési eljárás során első lépésként az előmelegített lemez infravörös kamerával felvett hőtérképéből meghatározták a valós formázási hőmérsékletet. Ennek közvetlen mérésére ugyanis



2. ábra. A falvastagság alakulása a mérési úthossz mentén. a) PS lemezből készült termék; b) 15% szénszállal erősített PP lemez. (GEA: geometriai elemzés; EXP: mért eredmények; FEA: végelelemzés)

nincs mód, mivel a zárt szerszámban már nem megoldható a formázásig tovább hűlő lemez hőmérsékletének nyomon követése. A valós hőmérséklet és az alakítási sebesség ismeretében a (hiper)elastikus viselkedést leíró Yeoh modellt használva meghatározhatók a formázás során kialakuló falvastagságok. A szimuláció használatához előzetesen biaxiális vizsgálatokat végeztek különböző hőmérsékleteken, ezek alapján pontosítva a modell paramétereit.

A félkész termék alakítási hőmérséklet-eloszlása alapján a formázási folyamatot Abaqus-szal szimulálták. A hőmérséklet-eloszlás automatikusan átkerül a szimulációs környezetbe az Abaqus bemeneti fájl Python interfészével. Ez tartalmazta az összes lényeges adatot, például a szerszám geometriáját, a folyamatparamétereket és a felhasznált anyagmodellt. A bemutatott példa során egy forgásszimmetrikus, 40 mm mélységű és 60 mm átmérőjű joghurtos poharat szimuláltak a valódi összehasonlítási folyamatnak megfelelően a kísérleti üzemben.

Mivel a nyújtószerszám és a félkész termék érintkezési körülményei nehezen írhatók le, a poharat kizárólag levegőnyomással (maximum 5 bar) alakítják ki. Az alakítási szimuláció célja az volt, hogy meghatározzák a falvastagság eloszlását egy meghatározott mérési útvonal mentén a gyártott termékben. Vizsgálataik eredményei alapján arra a megállapításra jutottak, hogy a szimulációs modell a nem egyenletes falvastagságot is nagy pontossággal írta le.

Az előmelegített lemez hőmérséklet-eloszlásán alapuló szimulációval a falvastagság eloszlása körülbelül 5 perc alatt meghatározható. A számítási idő a hálózás finomságának függvénye, a pontosabb eredmények hosszabb feldolgozási idővel járnak.

Összeállította: dr. Ronkay Ferenc

Erdogan E. S., Eksi O.: Prediction of wall thickness distribution in simple thermoforming moulds = Journal of Mechanical Engineering, 2014, 60. évf., 195–202

Hopmann C., Grüber D., Witte T., Schön M.: Vorhersage der Wanddickenverteilung. = Kunststoffe, 2022, 50–52