

## Virtuális termék- és szerszámtervezés

A napjainkban egyre komplexebbé váló szerkezeti elemek és alkatrészek tervezésénél nagy szerepet játszhat a virtuális terméktervezés. Különösen nagy a jelentősége ennek a habosított műanyagtermékeknel. A cikk bemutatja a terméktervezés egyes lépéseit és az azokat befolyásoló tényezőket. A szerszámgyártók és a megrendelők kapcsolatát az elkészült szerszámok átadását és kipróbálását a Covid járvány terelte a virtuális térbe.

*Tárgyszavak: terméktervezés; fejlesztési ciklus; szimuláció; habosítás; speciális szoftverek; virtuális szerszámbe mutatás*

A könnyű szerkezeti elemek területén folyamatosan nő a virtuális terméktervezés továbbfejlesztése iránti igény. Vonatkozik ez elsősorban az autóparrára, amely a CO<sub>2</sub> emisszió csökkentés tekintetében egyre szigorúbb követelményekkel néz szembe. Ebben az összefüggésben a fröccsöntési technológia fejlesztése egyre nagyobb jelentőségű. Indokolja ezt az alkatrészek növekvő komplexitása, valamint az az igény, hogy csökkenjen a gyártási részfolyamatok száma. Mindez úgy, hogy a termékek mechanikai tulajdonságaival szembeni követelmények is nőnek.

### A fröccsöntés szimulációja habosított termékek esetén

Ez a kérdés különösen aktuális a habosított műanyag elemek területén, amelyek nagy szerepet játszanak a súlycsökkentés elérésében. Nyilvánvaló, hogy a habosított termékek gyártásához nem egyszerűen új berendezésekre és infrastruktúrára van szükség, hanem fejleszteni kell a termékfejlesztést, a személyzet képzését, hiszen az új technológia a munkafolyamatok átszervezését is magával hozza. Nem véletlen, hogy a habosítási technológiára való átállás nem egyszerű, amit az is mutat, hogy általában nem mindig sikeres a kompakt fröccsöntéshez használt szerszámok használata.

A habosított termékek fejlesztésénél általában elválnak egymástól az egyes termékfejlesztési feladatok, pedig éppen itt a kompakt termékeknel is nagyobb együttműködésre van szükség. A terméktervezőnek ismernie kell, hogy miképp viselkedik a habosított termék mechanikai terhelés alatt. A terhelési szimuláció eredménye határozza meg a falvastagságokat, a szükséges erősítéseket, ami alapját képezi a szerszámtervezésnek. A végső kialakításnál természetesen a gyártási folyamatok által támasztott követelményeket is figyelembe kell venni. A fejlesztési feladatok integrációjának nehézsége abban van, hogy az egyes részfeladatokat különböző teamek végzik, amelyek tudása, kompetenciája természetesen különböző. Fokozza az integrált termékfejlesztés szükségességét az, hogy néhány éve a habosítás a szálerősítésű műanyagok feldolgozásánál is aktuálissá vált. A fenti helyzet megoldására szükséges eszközök már gyakran rendelkezésre állnak. A kérdés nem az, hogy hogyan használjuk ezeket az eszközöket, hanem az, hogy miként értékeljük és használjuk a kapott eredményeket.

A terméktervezés szokásosan a termék mechanikai tervezésével indul általában azzal a feltevéssel, hogy a mechanikai tulajdonságok a termékben mindenhol azonosak. De éppen ez, a mechanikai tulajdonságok kezelése a kulcskérdés a habosított termékeknél. A virtuális terméktervezésnél is egyértelmű, hogy a tervezéshez felhasznált adatok konzisztenciája jelenti az egyes lépések szilárd alapját. Még ma is az egyik fő kihívás a különböző CAD programok használata. Gyakran előfordul, hogy más programot használnak a terméktervezők és a szerszámtervezők, és vannak speciális szoftverek, amelyek adatokat adnak a szimulációhoz. Éppen a folyamat szimulációja a legfontosabb eszköz a habosított termékekkel kapcsolatos kihívások megoldására. A szimuláció során számításokat, elemzéseket, optimalizálást végeznek a teljes folyamatra a betöltéstől a deformációig. A szimuláció során a habosítással kapcsolatban két fontos, a végső eredményt befolyásoló tulajdonságot lehet meghatározni: a cellák méretét és a cellák sűrűségét. Ez a két tulajdonság információt ad arra is, hogy milyen lesz a külső réteg, milyen valószínűséggel keletkeznek a felületen csíkok, és mekkora deformáció várható. Ezekon kívül útmutatást is adhatnak technológiai paraméterekre, például a hőmérsékletekre.

## A folyamatszimuláció összekapcsolása az anyag modellel és a végeelem-analízissel

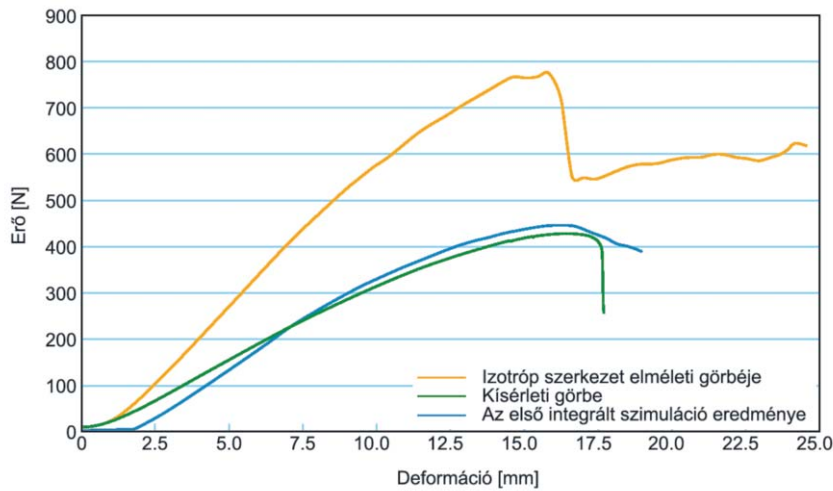
Hosszú ideje azt tartották, hogy nem lehetséges a folyamatszimuláció és a mechanikai szimuláció integrálása. Valójában, azonban bizonyos szempontok figyelembe vételével ez igenis lehetséges. A *Moldex3D* folyamatszimulációs programból kapott porozitási adatok felhasználásával a cellatulajdonságokat át lehet vinni a *Digmat* szoftverbe, amely az anyagszerkezetet modellezi. Az anyagtulajdonságokban megmutató helyi eltérések a *Digmat*-ból átvihetők a szerkezeti-mechanikai szimulációs modulba. Ez a fontos lépés azt biztosítja, hogy az anyagállapot helyi eltérései alapján lehet a mechanikai tulajdonságok érdekében szükséges korrekciókat elvégezni. A geometriai korrekciót ezután a folyamatszabályozási szimulációban újra lefuttatva hitelesítik. Az így kapott optimalizált folyamatszimulációs adatokat újból a mechanikai modulba exportálják, és ezáltal a tervezési ciklus bezárult. Ezeket a műveleteket kézzel is el lehet végezni, de mód van a részbeni vagy teljes automatizálásra is. A fent leírt optimalizálás előnye a hagyományos kísérleteken alapuló (DoE – Design of Experiments) megközelítéssel szemben éppen az, hogy lehetővé teszi a geometriai, illetve az automatikus topológiai optimalizálást is.



1. ábra. Példa a sikeres virtuális tervezésre: egy háztartási kisép panelje.

A fenti virtuális tervezési folyamat helyességének, hasznának igazolására a cikk egy háztartási eszköz habosított paneljének (1. ábra) tervezését mutatta be. A folyamatszabályozás szimulációjával kiszámították az optimális hőmérsékleti rendszert és az olvadék eloszlást. Az ebből számított cellaszerkezetet azután CT kép alapján összehasonlították a kiszámított paraméterekkel előállított panellel, és jó egyezést találtak.

További összehasonlítás céljából a porozitás adatokat átvitték a *Digmat*-ba. Az ott generált adatokból kiszámították egy hárompontos hajlítási teszt lefutását a végeelem-analízis modulban, majd a tesztet a valóságos terméken is elvégezték. A kapott eredményeket a 2. ábra tartalmazza. Jól látható, hogy az izotróp szerkezetet feltételező görbe (—) jelentősen eltér a



2. ábra. A hárompontos hajlítási teszt eredménye.

katrészt hasonlították össze a hab-fröccsöntéssel. Ez 10,1%-kal csökkentette a termék súlyát. Ezt követően a terméktervezés második lépésében a panel alsó felületén a bordák helyzetét optimalizálták a követelményekhez igazítva. Ez további 5%-kal csökkentette a tömeget. Ezután a folyamat optimalizálásából kapott adatokat vitték be a virtuális terméktervezési folyamatba. Ennek a holisztikus folyamatnak a végső eredménye 25%-os súlycsökkentés volt a gyártási deformáció 50%-os, a ciklusidő 10%-os csökkentése mellett.

1. táblázat.

A cikkben bemutatott virtuális, holisztikus termékfejlesztési ciklust az alábbi műveletek alkotják

Művelet	Szoftver	Cég
Adatelőkészítés	3D Evolution	Core technology GmbH
Folyamatszimuláció	Moldex 3D	CoreTech System Co. Ltd
Anyagmodellezés	Digimat	MCS Software Corp. US/California
Végelem-analízis	MSC FEA	MCS Software Corp. US/California
Optimalizálás	SmartDO	FEA-Opt Technology, Tajvan

## Fröccsöntő szerszámok minősítése és elfogadása virtuális kapcsolatban

A NyproMold amerikai szerszámgyártó cég fejlesztőiben több évvel ezelőtt megszületett az általuk elkészített szerszámok virtuális kipróbálásának és minősítésének ötlete. Az ötletet a fejlesztők win-win szituációnak gondolták, hiszen ezzel a vevők időt és pénzt takaríthattak volna meg. A szerszámot használók azonban nem kívántak élni az újdonsággal. A helyzet a Covid járvány hatására változott, amikor egy év után a virtuális szerszámminősítést újra felajánlották megrendelőiknek, akik a járvány miatt ezúttal már lemondtak a személyes jelenlétről.

A virtuális folyamat a szerszám elkészülése előtt 2–4 héttel elindul, amikor a tesztszobában lefoglalják és rögzítik a vizsgálat időpontját. Ezzel egyidőben a cég felveszi a kapcsolatot a megrendelővel, és tájékoztatja a virtuális folyamat részleteiről. Közös rögzítik az elvárásokat és megállapodnak a vizsgálat résztvevőiben és azok pontos feladataiban. A szerszám virtuális bemutatására a szokásos platformokat (Microsoft Teams vagy a Zoom) nem találták megfelelőnek,

ezért speciális kamerát, videokapcsolatot és jó minőségű streaming szolgáltatást használnak. Azt is megállapították, hogy a résztvevők száma sem lehet akármekkora, 4–5 kapcsolat felett már romlott a minőség. Kulcskérdés ugyanis a tényleges formázás (molding) és annak a streamingje közötti időkülönbség, különösen rövid ciklusidő esetén. Rövidciklusú szerszám esetén, például 3 másodpercnél nagyobb időeltolódás már nehezíti a kommunikációt a fröccsöntési tesztet végzők és a partnereik között.



3. ábra Nagy felbontó képességű kamera mutatja a felhasználóknak az új szerszámjuk működését.

A videokapcsolat során nemcsak élőben mutatják a szerszám működését (3. ábra), hanem bemutatnak előre felvett videókat, amelyeken megmutatják a szerszám össze-és szétszerelését és eközben felvételeket mutatnak a szerszám kritikus felületeiről a használat előtt. Az élő kapcsolat során a megrendelő cég is módosíthatja a beállításokat. A vevő természetesen kérheti, hogy mutassák nagyítva a számára fontos részleteket. A vevők a járvány miatt ma már gyakran veszik igénybe a virtuális minősítést, de már látszik,

hogy az eljárásnak van jövője a járvány után is, hiszen jelentős előnyöket kínál a partnereknek.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

- (1) Hinse, C., Schäfer, T.: Cracking Product Development – Kunststoffe international 2021/4 és [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)
- (2) Deligio, T.: Virtual Mold Qualifications Become Reality – Tooling 5/1/2021 | Plastics Technology, 2021. május és <https://www.ptonline.com/articles/virtual-mold-qualifications-become-reality>