

## Virtuális modellezéssel javítani lehet a műanyag üreges testek ütésállóságát

Az alábbi cikkben bemutatjuk, hogy az 1 gallon (3,8 liter) űrtartalmú, 230 gramm tömegű kannák (töltött össztömeg 4 kg) ütésállósági problémájának megoldásában hogyan segít a virtuális modellezés.

*Tárgyszavak: műanyag kannák; virtuális modellezés; extrúziós fűvás; ütésállóság.*

A csomagolóipar a folyamatváltás határához érkezett, amelybe beletartoznak a gyártás, az anyagok és az alkalmazások is. A számítógép képernyőjén és a virtuális hálózaton új elveket lehet találni, amelyek felhasználása révén kereskedelmileg életképes csomagolóeszközök állíthatók elő. Az újdonság már azelőtt megszületik, hogy megérintenék a szerszámot, megalkotnák a csomagolást vagy elvégeznék a fizikai vizsgálatokat. Fontos, hogy a csomagolások előállításának résztvevői figyelembe vegyék a feldolgozásnak, az anyagok tulajdonságainak, a csomagolás tervezésének, a termék jellemzőinek különböző szempontjait, valamint azokat az előírásokat és elvárásokat, amelyeket a terméknek teljesítenie kell.

A számítógéppel segített tervező (CAD) szoftverek intelligens adatbázisai segítenek a megfelelő koncepció kiválasztásában, azokat megvalósítható, gyártásra kész tervekkel alakítják át, és megadják az ún. konfidenciafokot (megbízhatóság) a csomagolóanyag gyárthatóságára. Ugyanakkor, ebben a fázisban nem adnak információt arról, hogy egy specifikus teljesítményjellemzőt – pl. az ejtési ütésállóságot – elérték-e. Ekkor lép képbe a virtuális modellezés második komponense. A bonyolult CAD geometria segítségével a kanna vastagsága és az anyag tulajdonságai is módosíthatók.

### A műanyag kannák minőségi problémái

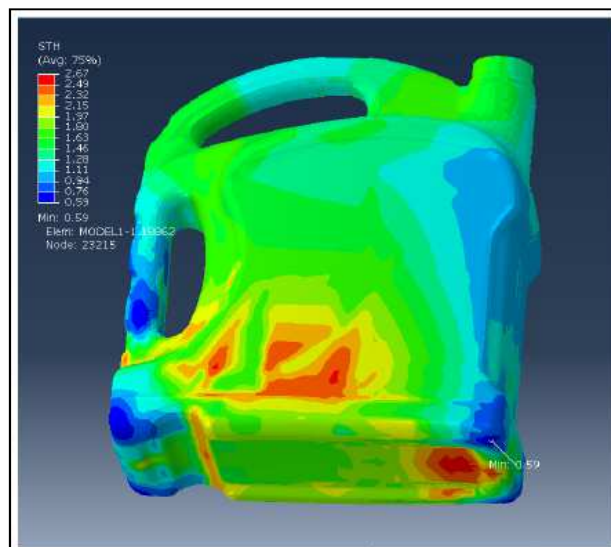
A Parker Plastics Inc. az extrúziós technológiával fűjt üreges testek egyik fő szállítója. Ezeket a flakonokat, kannákat általában poliolefinekből, PE-HD-ből és polipropilénből készítik. Az extrúziós fűvás jellemző eljárás a viszonylag nagy térfogatú, folyadékok tárolására alkalmas füles tárolóeszközök, pl. a tejeskannák, olajos és mosószeres kannák, flakonok gyártásában.

Ez utóbbiak egyik vizsgálata során megfigyelték, hogy az 1 gallonos (3,8 literes), 230 grammos töltött kannák nagyjából egy méterről leejtve megrepednek. A teljesen megtöltött kanna tömege több mint 4 kg, az egy méter pedig jellemzően az a magas-

ság, ahol a kanna általában kicsúszik a kézből és a talajnak ütközik. Elvárható, hogy a tárolóedény ilyen körülmények között ne lyukadjon ki vagy ne robbanjon szét.

Ez a nem várt repedés a kanna szintjelzője mentén alakult ki, vagyis ott, ahol a szerszámosztás elhelyezkedik. Ez az a terület, ahol több anyag folyási frontjai összetalálkoznak, és ahol a gyenge pontok kialakulhatnak a varrat nélküli, egynemű szerkezetekhez képest. A kannák anyaga fehér, szürke és fekete színezőanyagokat tartalmazott, azonban tömeg- és vastagságeloszlásuk hasonló volt. A vizsgálati eredmények alapján megállapították, hogy a színezék nem játszik szerepet az ejtéssel mért ütésállóság változásában.

Az extrúziós fúvánál jellemzően a két szerszámfél vágja el a felfújt előformát. A vastagságeloszlás függ a szerszámgeometriától és az anyag nyújtási jellemzőitől. Az *extrúziósan fújt kannák vastagságának eloszlása az előforma alakjából származtatható*. A vastagságeloszlási térkép (1. ábra) megmutatta, hogy míg az átlagos vastagság a kanna 75%-ára terjed ki, vannak lényegesen vékonyabb részek is (színes képen a kék területek, fekete-fehér képen a fogantyú és a kiöntőnyílás alatti oldalsó rész).



1. ábra A vizsgált kanna vastagságeloszlása

Ennek a munkának a célja a repedésképződés okainak megértése és azoknak a formatervezési javításoknak a megismerése volt, amelyekkel ez a hiba elhárítható. A vizsgált méretkategóriában a kannák tömege jellemzően 190 és 240 g között van, így további célként szerepelt a tömegcsökkentéssel kapcsolatos lehetőségek feltárása is.

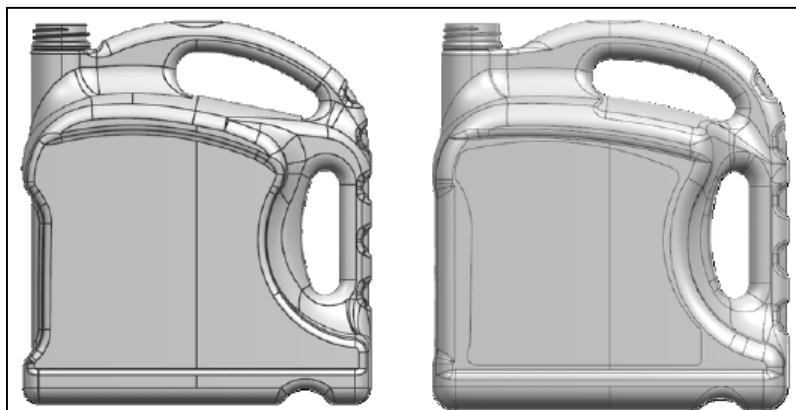
## A probléma elemzése

A kezdeti vizsgálatokban a gyártott kannákat különböző magasságokból ejtették le, és feljegyezték a meghibásodási arányt. Ebben az első lépésben a PTI kutatói a

kannák vastagságeloszlásáról térképet készítettek az Abaqus/CAE program *Mapped Field* opciójával. A húzóvizsgálatokhoz a kanna oldalfalából vágtak ki mintákat és ezeken tanulmányozták az anyag mechanikai tulajdonságait az alakváltozási sebesség függvényében. A modellt az *Abaqus/CEL (Coupled Eulerian Lagrangian)* elemekkel úgy alakították ki, hogy reprodukálja a vízzel töltött kannák viselkedését az ejtés során. A kannákat virtuálisan az előírt magasságokból közel 5 fokos érintkezési szöggel ejtették le, ezáltal megvalósították az aktuális vizsgálatokból származó megfigyeléseket. A CEL elemek megengedik a tehetetlenségi hatások beépítését is, ugyanis a folyadékban lévő üregek nem adnak át kinetikus energiát, ezért a CEL megfelelő választás ebben az analízisben. Ugyanis ha a kannákat tökéletesen függőlegesen ejtik is le a vizsgálóeszköztől, azok talajjal való érintkezése általában kis szöggel történik. Jellemzően a kanna alsó sarkai ütődnek először a talajhoz, amit a szimulációs beállításban is megismételnek.

A szintjelző rovátkajelei is jól jelzik azt a tartományt, ahol a nagy deformációk okozta lehetséges repedezések előfordulnak. A vizsgálatok célja volt továbbá, hogy a kanna geometriájának megváltoztatásával a feszültségek kiterjedését csökkentsék a kanna oldalfalában. A szimulációs képek azt mutatják, hogy a merev talajról visszapatatva a kanna nagy feszültségű tartományai az alsó sarkoktól a felsőbb részek felé terjednek. Az alsó rész deformációja miatt a kanna kidudorodik a címkét hordozó oldalon (címkepanel), ott, ahol a vizsgált kannák közül néhány megrepedt.

A modellkannán végrehajtott változtatások (2. ábra) – a feszültségfront terjedésének csökkentése érdekében – az alsó sarkok lekerekítésével és a címke területének növelésével csillapítják a feszültség kialakulását az ütközés során. Eltávolították a címkepanel sarkán lévő függőleges bordát is, a fül keresztmetszetét kerekébbé tették. A kannák formáját alapvetően nem változtatták meg, azért, hogy a marketing és szállítási követelmények korlátain belül maradjanak.



2. ábra A régi (baloldalt) és a módosított formájú kanna (jobbaldalt) képe

A feszültséget és deformációt ábrázoló szimulációs képek azt mutatják, hogy az új geometriának köszönhetően a lokalizált feszültség és a nyúlásterületek kisebbek

lettek. A csúcsheszültség értéke a szerszámosztásnál 45 MPa-ról 30 MPa-ra csökkent azonos terhelések mellett. A legnagyobb deformációt ugyanezen a területen figyelték meg, ez kb. 25%-kal csökkent az érintett területen. A régi kialakításhoz képest az új formán nagyobb kidudorodás figyelhető meg az oldalfalon. Ez arra utal, hogy a feszültség nagyobb területen oszlik el, mérséklődik a lokális deformáció, ezzel a kanna ütésállósága is javul.

Az új alakú kanna térfogata hirtelen nő az ütközés során, és ez jelentősen csökkenti a feszültséget. A régi kanna térfogatváltozása rövid ideig negatív, ami belső nyomásnövekedést hozhat létre és előmozdítja a repedés kialakulását, amely gyorsan nő.

A Parker Plastics elkészítette az új kanna prototípusát. Az első vizsgálatok azt mutatták, hogy 1 m magasról ejtve az ütés okozta repedések teljesen megszűntek. A kanna tömegének csökkentésére vonatkozó munka (fokozatosan 220, majd 210 grammra) folyamatban van, a célkitűzés megvalósítása azonban kihívásokkal jár.

A vastagságeloszlás csökkenése miatt azonos ütési energiák hatására az erő egy vékonyabb keresztmetszeten fog eloszlni, ami növeli a kialakuló feszültségeket. Ameddig a szintjelző csík területén a feszültségek a kritikus szint alatt maradnak, nem keletkeznek repedések. Különböző műszaki megoldásokkal – pl. az előforma programozása a fűvógépeken – az anyageloszlás módosítható az érintett területeken, hogy a tönkremenetel ne következzen be.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a modellezés használatával a csomagolóanyagok módosíthatók és optimalizálhatók, ami könnyebb terméket és ugyanakkor robusztus kialakítást eredményez. Az anyagmegtakarítás nem csak gazdasági szempontból fontos, hanem az elérhető rövidebb feldolgozási idő miatt is.

Összeállította: Dr. Lehoczki László

Mukherje, S.: How virtual modeling helps improve plastic container impact performance = *Plastics Engineering*, 73. k. 4. sz. 2017. p. 36–40.