

## Hőre lágyuló műanyagok habosított fröccsöntése

A habosított fröccsöntésben a fő célkitűzés, a tömegcsökkentés mellett a termék tulajdonságaira is ügyelni kell. Német kutatók a hab cellaméretének és a héjréteg vastagságának hatását vizsgálták a termék ütésállóságára. Egy új technológiával fényes felületű fröccsöntött habtermékek is előállíthatók.

*Tárgyszavak: habosított fröccsöntés; polikarbonát; ütésállóság; felületi minőség; új technológia.*

### A mag-héj szerkezet fontossága

A habosított fröccsöntés a tömegcsökkentés mellett számos más előnnyel is jár, például rövidebb lesz a ciklusidő és a termék kevésbé lesz hajlamos a vetemedésre. Az ehhez a technológiához kapcsolódó berendezések, alapanyagok fejlesztése és a feldolgozási paraméterek optimalizálása évek óta intenzíven folyik. A gazdaságos termelés mellett egyre fontosabb a termékek mechanikai tulajdonságainak tervezhetősége az alapanyag jellemzői és a feldolgozási paraméterek ismeretében. *A fröccsöntött szerkezeti habok soha nem homogén szerkezetűek*: mindig van egy tömör héj és egy habosított mag. A viszonylag bonyolult szerkezet és a sok befolyásoló paraméter miatt mindaddig nem tudták megbízhatóan megjósolni a késztermék jellemzőit.

### Feldolgozási paraméterek hatása a habszerkezetre

Az aacheni Műanyag-feldolgozási Intézet (**Institut für Kunststoffverarbeitung**) kutatási programot indított a *fröccsöntött habok ütésállóságának vizsgálatára*, aminek keretében sokféle paraméteregyüttes mellett állítottak elő 3 mm vastag, lap alakú próbatesteket. Ha „lélegző” szerszámot használnak, akár teljesen habos (héjréteg nélküli) próbatest is előállítható. Ilyenkor a hajtóanyagot tartalmazó ömledéket egy kis kamrába nyomják be, majd rövid utónyomási fázis után a végtermék rendelkezésére álló térfogatot valamelyest megnövelik. Annak érdekében, hogy a hajtóanyag eloszlása egyenletes legyen, a hajtóanyagot (CO<sub>2</sub>) előzetesen, autoklávban juttatták be a kísérletek során használt polikarbonát granulátumokba. A szerkezet-tulajdonság összefüggést egy bonyolult kísérletterv szerint összeállított paraméterrendszernek megfelelő mintasorozaton vizsgálták. A habszerkezetet három paraméterrel jellemezték: a sűrűségváltozással, a héjréteg vastagságával és a cellamérettel, amelyet a negatív nyomáslöket

időpontjával, sebességével és időtartamával állítottak be. Összesen 27 habszerkezetet állítottak elő és vizsgáltak.

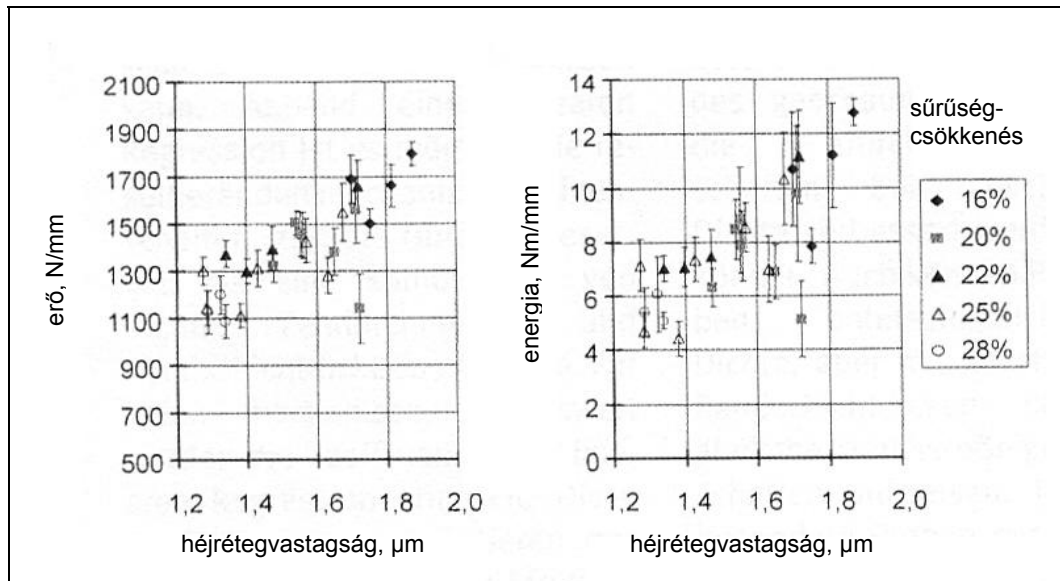
A sűrűségcsökkenés mértéke a vizsgált mintákban 15 és 28% között, a két héjréteg együttes vastagsága 1,0 és 1,8 mm között, a közepes cellaméret 46 és 132  $\mu\text{m}$  között változott. A habszerkezetet minden egyes mintán megvizsgálták úgy, hogy egy-egy mechanikai vizsgálat után kiválasztottak egy nem deformált tartományt, abból metszetet készítettek, és a mikroszkópos képet egy képfeldolgozó szoftver segítségével analizálták. Tekintettel arra, hogy a habszerkezet csak a szerszámüreg kitágításakor alakul ki, amikor a minta felülete már rögzül, a felületi érdesség közel azonos volt minden minta esetében, ez nem befolyásolta a mérési eredményeket.

A vizsgálatok célja az volt, hogy összefüggést keressenek és találjanak a habszerkezet és a mechanikai jellemzők között. Korrelációkat, lineáris összefüggéseket kerestek, amivel pl. a törési energia kiszámítható a sűrűség, a cellaméret és a héjréteg vastagsága függvényében. A lineáris regressziós együtthatók mutatják, hogy milyen viszonylagos „súly” van az adott szerkezeti paraméternek az adott mechanikai jellemző meghatározásában, vagyis hogy melyik paraméter „beállítására” kell adott esetben koncentrálni. Természetesen ezek a paraméterek nem változtathatók egymástól teljesen függetlenül, amit keresztkorrelációkkal lehet leírni.

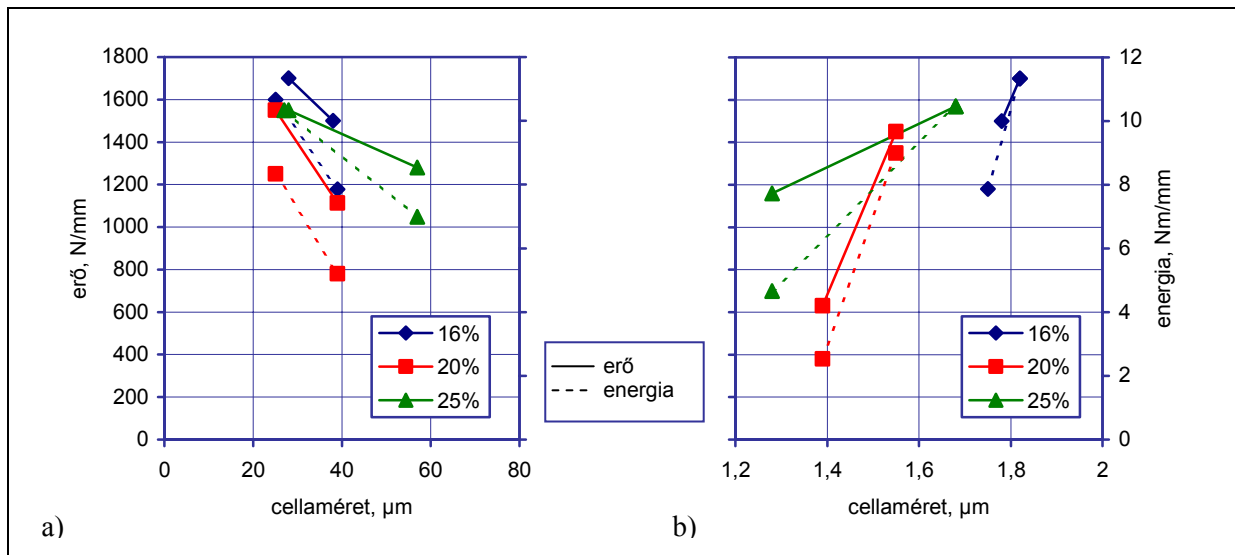
## **Összefüggés a habszerkezet, a héjréteg vastagsága és az ütésállóság között**

Az 1. ábrán a maximális törőerő és az törési energia normált értékei láthatók egy dárdás ütésállósági vizsgálatban a héjréteg vastagságának függvényében. Mindkét paraméter nő a héjréteg vastagságával és a kisebb sűrűségcsökkenési értékekkel. A két érték egymással is korrelál, de nincs szó szigorú arányosságról, vannak eltérések. Ha két azonos sűrűségű mintát hasonlítanak össze, a rétegvastagság növelésével nem feltétlenül lesz nagyobb az ütségi szilárdság. Ez azt is jelenti, hogy *azonos héjrétegvastagság mellett a magréteg szerkezetével befolyásolni lehet az ütésállóságot*. Más esetekben megfigyelhető, hogy azonos héjrétegvastagság, de különböző sűrűségi értékek mellett is lehet hasonló ütésállóságot mérni, ami azt jelenti, hogy adott héjrétegvastagság mellett is elképzelhető a sűrűség csökkentése a mechanikai jellemzők romlása nélkül.

Az azonos sűrűségű és azonos héjrétegvastagságú mintákból kiválasztottak olyan párokat, amelyeknél a cellaméret eltérő volt. Ezeknek maximális törőerejét és törési energiáját mutatja be a 2/a ábra. Mindkét érték csökken a cellamérettel, de az energiafelvétel gyorsabban, mint a törőerő. A 2/b ábrán olyan mintapárok vannak összevetve, amelyek sűrűsége és cellamérete azonos, héjrétegvastagsága viszont különböző. A héjréteg vastagsága pozitív hatással van a törési jellemzőkre, és itt is nagyobb a hatás az energiára, mint a törőerőre. Úgy tűnik, hogy a héjréteg vastagságával jobban lehet befolyásolni a törési jellemzőket, mint a cellamérettel. *A héjrétegvastagság 5%-os növekedésének kb. ugyanolyan hatása van, mint a cellaméret 50%-os csökkentésének.*



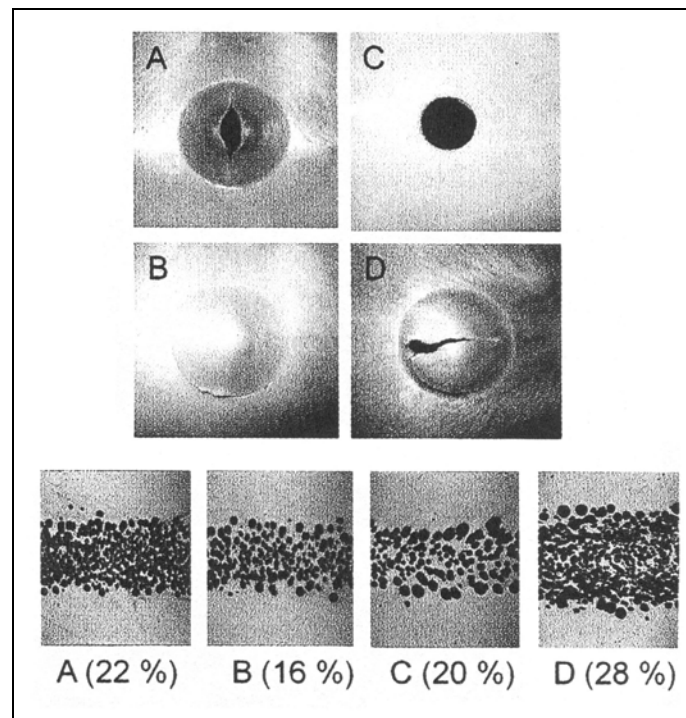
1. ábra A héjrégvastagság hatása az ütési jellemzőkre dárdás ütőművel vizsgálva



2. ábra A cellaméret és a héjrégvastagság hatása az ütési jellemzőkre dárdás ütőművel mérve

A mért értékek mellett a habszerkezet is hatással van a törési viselkedésre, ami a tönkremenetel módjában is megmutatkozik (3. ábra). A minták tönkremeneteli mechanizmusa névlegesen egyforma mintáknál is lehet 2–3-féle, de az eredmények statisztikai kiértékelése alapján elmondható, hogy a minták mintegy 80%-a az ábrán bemutatott módok egyike szerint megy tönkre. Az egyik tönkremeneteli mód a *duktilis* (A), amely vastag, kompakt héjrég esetében lép fel. A (C) mód hasonló mintáknál alakul ki, amelyeket az különböztet meg az (A) módon tönkremenő mintáktól, hogy a magré-

tegen finomabb a cellastruktúra. A leggyakoribb tönkremeneteli mód a (B). Ennél az (A) módhoz hasonlóan a minta deformálódik, de a törés a nem deformált réteg határán következik be. A (D) típus esetében a törés mind a deformálódott, mind a nem deformálódott részben fellép. A deformált részben különösen akkor lépnek fel repedések, ha vékony a héjréteg. Ilyen esetekben kisebb törőerő alakul ki, a deformáció jellege a (B) vagy a (C) típushoz hasonló. Ez azt jelenti, hogy a nagymértékben csökkent tömegű és kis héjrétegvastagságú minták esetében is a minta a katasztrofális tönkremenetel előtt jelentős mértékben deformálódni képes.



3. ábra Habosított polikarbonátminták tönkremeneteli módjai  
(a zárójelben lévő százalékos értékek a sűrűségcsökkenés mértékét mutatják)

A regressziós számításokból kiderült, hogy a leghatékonyabb eszköz az ütésállóság javítására nem a sűrűség, hanem a héjréteg vastagságának növelése. Noha az átütéses vizsgálatban a terhelés jellege a hajlításhoz hasonló, a nagy deformációs sebesség miatt a mintára gyakorolt hatás meglehetősen eltérő. Szemben a hajlítással, ahol a sűrűség hatása domináns, ebben a vizsgálatban a héjréteg vastagsága a döntő. A cellaméret növelésével mindkét esetben romlanak az ütési jellemzők (a törőerő és az ütési energia). Ez azzal magyarázható, hogy a növekvő cellamérettel csökken a habcellák sűrűsége. Mivel minden cellából új repedés indul meg, ami új energiát kíván, a nagyobb cellakoncentráció nagyobb energiafelvételt jelent.

Eddig úgy gondolták, hogy a fröccsöntött habosított próbatestek legfontosabb paramétere a cellaméret, és ennek optimalizálására törekedtek. Ebből a vizsgálatból az

derült ki, hogy legalábbis az ütésállóság szempontjából a héjrteg vastagságának nagyobb jelentősége van, ezért oda kell rá figyelni a feldolgozási paraméterek megválasztásakor. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a *héjrteg vastagsága állandó, a magréteg porozitása egy határig növelhető az ütésállóság lényeges csökkenése nélkül*. Emellett arra kell törekedni, hogy a hab lehetőleg finomszemcsés legyen.

## **Habosított fröccsöntött tárgyak felületi fényességének javítása**

A habosított fröccsöntött tárgyak mentesek olyan hibáktól, mint a beszívódások, a vetemedés, és könnyebbek, mint az azonos alakú, tömör darabok. Hátrányt jelent viszont, hogy többnyire nincs fényes, esztétikus felületük, inkább felhős, viszonylag durva felületek alakulnak ki. Ebből a szempontból nincs jelentősége annak, hogy kémiai vagy fizikai habosítást használnak-e. Ezért a szerkezeti habokat elsősorban ott alkalmazzák, ahol jó mechanikai jellemzőkre, pontos méretekre és kis feszültségre van szükség, a felületminőség viszont nem kritikus. Ma már létezik azonban olyan eljárás, amellyel *fényes felületű fröccsöntött habok* is előállíthatók. Az így előállított termékek felületminősége nemcsak hogy eléri, de meg is haladja a tömör fröccsöntött tárgyakét. Eközben a hagyományos habfröccsöntéshez képest csak jelentéktelen mértékben nő a ciklusidő. Az új technológia kulcselemei a következők:

- hajtóanyaggal ellátott ömledék befröccsöntése,
- a szerszám ciklusos, induktív felfűtése,
- a szerszám ciklusos temperálása és lehűtése két hőkörös temperáló berendezéssel.

A technológiát a lüdenscheidi Műanyagkutató Intézet (**Kunststoff-Institut Lüdenscheid**) dolgozta ki, és a *Fakuma* kiállításon mutatta be egy ABS-ből készült sörnyítő példáján. A feldolgozást egy habfröccsöntésre optimalizált *Wittman-Battenfeld HM 110/210* berendezésen végezték kémiai térhálósító alkalmazásával, amelyet a granulátumhoz keverték. A fémbetét behelyezését és a késztermék kivételét egy Wittman gyártmányú robot végezte.

### *Az Indumold technológia részletei*

A vásáron bemutatott termék felülete fényes, nincsenek beszívódások és nem láthatók az összecsapási vonalak sem. A különbség bemutatására csak az első felületen alkalmazták az indukciós hevítést, a hátsó felületen a szokott, durvább habfelszín volt megfigyelhető. A módszer másik előnye, hogy amikor az ömledéket a felhevített felületű szerszámfészekbe befröccsöntik, nemcsak a felület lesz jó minőségű, hanem a kialakuló héjrteg is tömör lesz, ami javítja a hab mechanikai jellemzőit. A magrétegben kialakuló finom és egyenletes eloszlású habcellák megakadályozzák a beszívódások és vetemedések kialakulását. A kiállításon bemutatott feldolgozóegység és az *Indumold* néven piacra vitt technológia a lüdenscheidi Műanyagkutató Intézet és a Wittman cég eredményes együttműködésének eredménye. Az *Indumold technológia* azonban nem korlátozódik a szerkezeti habok fröccsöntésére, mindenhol használható, ahol magas szerszámhőmérsékletre van szükség. Ilyen területként említhető pl. a műanyag optikai

lencsék gyártása, ahol kiváló felületminőségre, beszívódás- és vetemedésmentességre van szükség. Az induktív fűtés lehetővé teszi, hogy érintésmentesen jól meghatározott helyeken melegítsék át a szerszámot. A fűtés gyors, pl. 60 °C-ról 170 °C-ra 5 másodperc alatt fel lehet melegíteni a szerszámot. A lokális melegítés után a hűtés is gyorsabban megy, ami hozzájárul a ciklusidő csökkentéséhez.

A Wittman külön temperálási technikát fejlesztett ki ehhez az alkalmazáshoz, ami két vízkörös hűtéssel oldható meg. Ez biztosítja a gyors felfűtést az egyik oldalon és a gyors, hatékony lehűtést a másik oldalon. A temperáló berendezés a *Tempo Plus C* nevet kapta. A hűtőcsatornában 60 °C-os vizet cirkuláltatnak az egész ciklus alatt. A hűtési fázisban egy másik berendezés ennél 15 °C-kal hidegebb vizet juttat ugyanabba a körbe a hatékony hűtés érdekében.

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

Michaeli, W.; Flórez, L.; Obeloer, D.: Auf die Randschicht kommt es an = K-Berater, 54. k. 11. sz. 2009. p. 28–30.

Hinzpeter, U.: Hochglanz für Geschäumtes = K-Berater, 53. k. 11. sz. 2008. p. 41–42.

## **Öntisztuló keverőfej helyben habosított PUR-hoz**

Az olaszországi **Magma Macchine** cég PUR komponensek nagy nyomás alatti keveréséhez kézzel vagy automatikusan működtethető öntisztuló keverőfejet fejlesztett ki. Ebben kemény vagy lágy habok, de ragasztók vagy elasztomerek alapanyagai is összedolgozhatók. A berendezést elsősorban az építőipar számára, tetők, homlokzatok, külső falak helyszíni habosítással végzett hőszigetelésére ajánlják, de 30 cm-nél nagyobb átmérőjű olaj- és gázvezetékek szigetelésére is alkalmazzák. Az Olaszországban épülő nagy sebességű vasutat keresztező olajvezetékeket is ilyen módon szigetelték, hogy megvédjék őket a néhány méterre futó járművek hatásaitól.

P. K-né

Macplas International, 2010. 1. negyedév. p. 27–28.