

ÜVEGGÖMBHÉJ ERŐSÍTÉSŰ ALUMÍNÍUM MÁTRIXÚ SZINTAKTIKUS FÉM HAB KVÁZI-STATIKUS NYOMÓVIZSGÁLATA

QUASI-STATIC COMPRESSION TESTS OF GLASS HOLLOW SPHERES FILLED ALUMINIUM MATRIX SYNTACTIC FOAM

Keresztes Zoltán¹, Ladányi-Pára Gergely², Katona Bálint³

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.: 00361-463-1114, krzoli10@gmail.com

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8. Tel: 00361-666-5300, gyergyely@gmail.com

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.: 00361-463-1114, katona@eik.bme.hu

Abstract

The human race draws its ideas since the beginning from the nature. The situation is the same, when we talk about metallic foams. These materials have two bigger classes: the open, and the closed celled foams. As the second one if the cells nearly have the same form, the same size and the same relative position to each other, they are called syntactic foams. We studied the basic physical and mechanical properties of these materials like density, space filling factor, different microscopic features, hardness and answers for pressure tests. Our main goal was to recognize the basics of the glass hollow spheres filled aluminium matrix syntactic foam and the reaction for the high temperature pressure test compared to the lower (room) temperature results, furthermore planning a new industrial utilization.

Keywords: metallic foam, density, hardness, compression test, high temperature.

Összefoglalás

Az ember a kezdetek óta meríti ötleteit az őt körülölelő természetből. Épp így van ez a fémhabok esetében is. Ezek az anyagok két nagyobb csoportba sorolhatóak: nyílt és zárt cellás habok. A második esetben, ha a cellák hasonló alakúak, méretűek és egymáshoz viszonyított elhelyezkedésük is azonos, akkor szintaktikus fémhabokról beszélünk. Ezen anyagok olyan alap fizikai és mechanikai tulajdonságaikat vizsgáltuk, mint a sűrűség, térkitöltési tényező, különböző mikroszkópos képek, keménység, nyomóvizsgálatokra adott válaszok. A fő célunk az üveggömbhéj erősítésű alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok alapjainak megismerése és az emelt hőmérsékletre adott válasza összevetve a szobahőmérsékletű eredményekkel, továbbá egy új ipari felhasználás tervezése.

Kulcsszavak: fémhab, sűrűség, keménység, nyomóvizsgálat, emelt hőmérséklet

1. Bevezetés

A természet és a technológia közötti szoros kapcsolat megkérdőjelezhetetlen. Az ember létezésétől kezdve alapozza találmányait a körülötte lévő élő – és élettelen szerkezetekre. A fémhabok esetében a vázszerkezet nagyban hasonlít a fák, korallok, csontok belső lyukacsos (cellás) felépítéséhez. A fémhaboknál, ha ezek a cellák hasonló méretűek, zártak és egymáshoz viszonyítva hasonló elhelyezkedésűek, akkor szintaktikus fémhabokról beszélünk [1].

A paraméterek beállításához segítségül vettünk több kutató kísérleteit. Rohatgi és társai azt vizsgálták, hogy a térkitöltési tényező hogyan befolyásolja az energia elnyelését [2]. Wu és csoportja a sűrűség növelésének hatását vizsgálták nyomószilárdságra [3].

A kapott eredmények alapján egy új ipari felhasználást is terveztünk, ami forradalmasíthatja a finommegmunkálásokat (köszörülés, lepelés, stb..)

2. Anyag és módszer

Az általunk vizsgált fémhab mátrix anyaga AlSi12 öntészeti alumínium ötvözet, erősítőanyaga pedig $\sim 60 \mu\text{m}$ átmérőjű nikkelt bevonatú üveggömbhéjak voltak [4]. A vizsgált anyagot inertgáz nyomásos infiltrációval készítettük [5].

Elsődleges célunk a vizsgált anyag főbb fizikai tulajdonságainak megismerése (sűrűség, keménység), valamint a nyomó terhelésre adott válaszában megfigyelése szoba-, illetve emelt hőmérsékleten.

2.1. Sűrűség

Elsőként meghatároztuk az általunk vizsgált szintaktikus fémhab sűrűségét a kiöntött tömb térfogatából, illetve tömegéből. A tömeget precíziós mérleg segítségével mértük, a térfogatot pedig 3D modellezés segítségével határoztuk meg.

Így a vizsgálat anyag sűrűségére $1,58 \text{ g/cm}^3$ -es adódott, ami majdnem fele az alapfém sűrűségénél ($2,6 \text{ g/cm}^3$).

2.2. Keménység

Ezután a vizsgált anyag keménységét határoztuk meg. Mivel az anyag nem homogén, Brinell keménységmérést alkalmaztunk, amely kiváló inhomogén anyagok átlagos keménységének meghatározására [6].

A kimunkált munkadarabon 9 helyen végeztünk keménységmérést HBS 8,5/25,5/10. Az így kapott keménység értéke 44,8 HBS, ami alul marad az alapfém 60 HBS keménységével szemben.

2.3. Nyomóvizsgálat

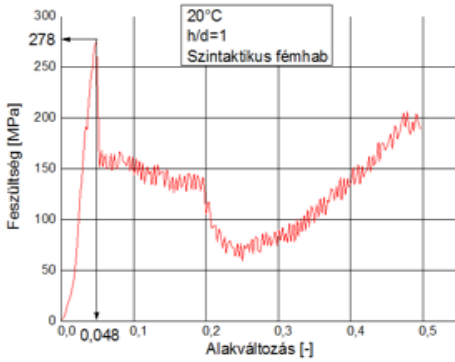
A fémhabok jellemző igénybevétele a nyomó terhelés, így fontos annak vizsgálata.

A vizsgálatához három különböző karcsúságú ($h/d=1$; $h/d=1,5$; $h/d=2$;) 10 mm átmérőjű hengereket munkáltunk ki. A próbatesteket egy MTS 810-es típusú hidraulikus anyagvizsgáló gépen terheltek 5 mm/min-es nyomási sebesség mellett szoba hőmérsékleten (20°C), illetve 100°C -on.

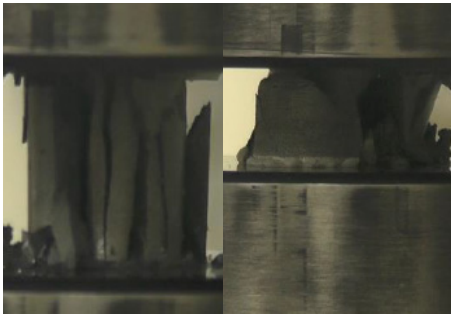
2.3.1. Nyomóvizsgálat 20°C -on

Az **1. ábra** egy 20°C -on zömített $h/d=1$ karcsúságú minta mérnöki feszültség-mérnöki alakváltozás görbét mutatja. Megfigyelhető, hogy a kezdeti maximum érték után (nyomószilárdság) jelentős csökkenés következik be az erő értékében, ami a minta törése miatt jelentkezik. Ezt követően a minta darabjai tömörödnek. Ezen a hosszú platós szakaszon a minta nagy mennyiségű energiát képes elnyelni, melynek értéke arányos a görbe alatti területtel. A **2. ábra** a törési után pillanatban lévő állapotot mutatja.

A különböző karcsúságú minták esetében a nyomószilárdság értéke közel azonos volt, melynek számszerű értéke $272,1 \pm 1,2 \text{ MPa}$ -ra adódott.



1. ábra. 20°C-on történő nyomóvizsgálat feszültség-alakváltozás görbéje



2. ábra. A próbatest 20°C-on történő nyomóvizsgálat során tapasztalt törése: a törés pillanatában (bal), 50%-os alakváltozásnál (jobb)

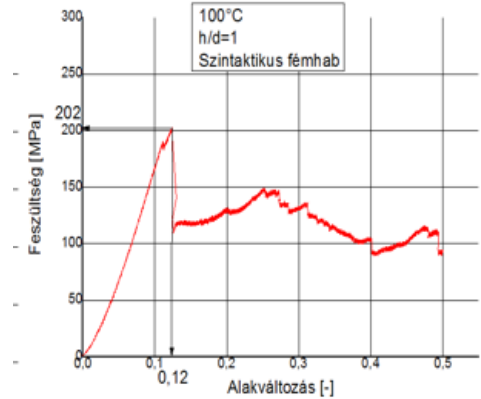
2.3.2. Nyomóvizsgálat 100°C-on

A 3. ábra egy 100°C-on zömített $h/d=1$ karcsúságú minta mérnöki feszültség-mérnöki alakváltozás görbéjét mutatja. Megfigyelhető, hogy a kezdeti maximum érték után (nyomószilárdság) szintén jelentős csökkenés következik be az erő értékében, hasonlóan a 20°C-os méréseknél tapasztalathoz.

A különböző karcsúságú minták esetében a nyomószilárdság értéke közel azonos volt, melynek számszerű értéke $250,0 \pm 5$ MPa-ra adódott.

Megfigyelhető, hogy az emelt hőmérsékletű mérések esetében kisebb

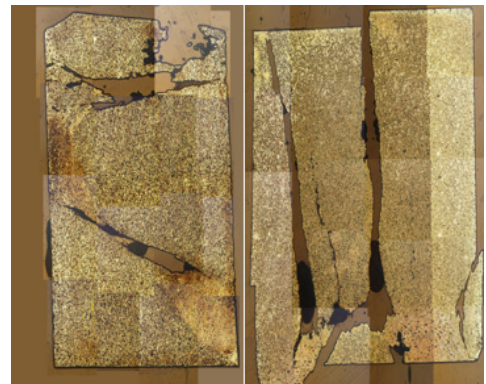
érték adódott az átlagos nyomószilárdság értékére. Ez a mátrix anyag emelt hőmérsékleten való viselkedésének tudható be, amely így kihat az egész kompozitra.



3. ábra. 100°C-on történő nyomóvizsgálat feszültség-alakváltozás görbéje

2.3.3. Belső szerkezet vizsgálata

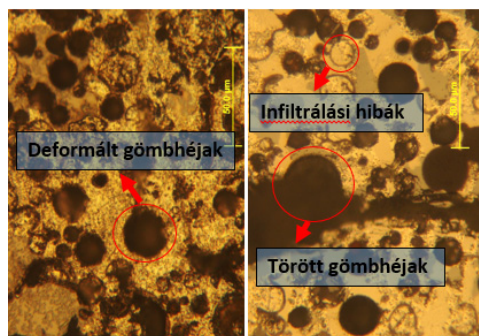
A roncsolódott munkadarabok belső szerkezetét szintén vizsgáltuk. A mintákból metszetet készítettünk, ezeket gyantába öntöttük és políroztuk. A kapott felületekről mikroszkópos képeket készítettünk, aminek elemzésével egy átfogóbb képet kaptunk a minták belső szerkezetében a nyomás hatására lejátszódó folyamatokról.



4. ábra. Összeillesztett mikroszkópos képek a zömített próbatestek keresztmetszetéről

Megfigyelhetők a teljes próbatesten átmenő repedések, amelyek a nyomószilárdság elérésekor keletkeztek, majd ezt követően terjedtek. A repedések átmetszik az üveggömbhéjakat, amelyek töretfelületei így élesek lesznek. Megfigyelhetők mátrix anyaggal feltöltött üveggömbhéjak is. Ezek a hibák az infiltrálás során képződtek.

Nagyobb nagytávú képeket készítettünk a repedésektől távoli (bal) és ahhoz közeli (jobb) területekről.



5. ábra. Zömítés hatása a repedésektől távol (bal) és közel (jobb)

3. Következtetések

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált szintaktikus fémhab sűrűsége ~60%-a az alapfémnek, értéke 1,58 g/cm³.

A 9 mért keménységi érték átlaga (44,8 HBS) azt mutatja, hogy a vizsgált fémhabunk keménysége ~25%-a a mátrixfém keménységének. Ezt érdemes figyelembe venni a felhasználásánál is.

A nyomóvizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált anyag a

nyomószilárdság elérése után széttörik, utána pedig tömörödik. Az emelt hőmérséklet az erősítőanyagra nincs, de a mátrix anyagra jelentősen hatással van, ami a vizsgált kompozit tulajdonságaira is kihat.

A mikroszkópos felvételeken jól látható, hogy az üveggömbhéjak ridegen törtek. Az így kialakuló éles töretfelületek feltételezéseink szerint jók lehetnek anyagleválasztásra, a leválasztott anyag pedig az üveggömbhéj belső üreges felületében tárolódik.

Ezeket figyelembe véve a vizsgált anyag bizonyos feltételek mellett köszörű anyagként alkalmazható lenne.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Dr. Orbulov Imre Norbert: *Szintaktikus fémhabok*, Phd értekezés, Budapest, 2009
- [2] Rohatgi PK, Kim JK, Gupta N, Alaraj S, Daoud A: *Compressive characteristics of A356/fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique*, Volume 37, Issue 3, Március 2006
- [3] Wu Gh, Dou ZY, Sun DL, Jiang LT, Ding BS, He BF: *Compression behaviors of cenosphere-pure aluminium syntactic foams*, Volume 56, Issue 3, Február 2007
- [4] Dr. Ing Catrin Kammer: *Aluminium foam*, TALAT Lecture 1410, EAA, 1999
- [5] Orbulov I. N., Berecz T., Májlinger K., Szabó J.: *Infiltration characteristic and compressive behaviour of metal matrix syntactic foams*, Material science forum 729, 2013
- [6] Ge Leyi, Zhao Wei, Zhou Jing, Huang Songling: *Mechanics analysis and simulation of material Brinell hardness measurement*, Volume 44, Issue 10, December 2011, 2129-2137