

Perlites alumínium habok gyártása, fizikai és mechanikai vizsgálata

Manufacturing, physical and mechanical testing of perlite reinforced aluminum foams

GÁBORA András¹, BALOGH Gábor¹, THALMAIER György², MANKOVITS Tamás¹

¹Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Óttemető utca 2-4.
andrasgabora@eng.unideb.hu, balogh.gabor@eng.unideb.hu, tamas.mankovits@eng.unideb.hu

²Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Bulevardul Muncii, nr. 103-105, 400641, Cluj-Napoca, Románia,
gyorgy.thalmaier@sim.utcluj.ro

Abstract

During our research, several aluminum foams with different compositions and different additives were produced. Using different additives changes in physical and mechanical properties in a targeted manner were created. It was also possible to mix perlite granules of different sizes into the matrix material. The examination of the mechanical and physical properties of different aluminum foams was essential. Compression test as well as a short- and high-cycle fatigue tests were done. As a result of the research work a database was obtained, so the correlation between porosity and mechanical behaviour became comparable. The improvement of the mechanical properties due to the different additives as well as the improvement of special physical properties were analyzed. This paper presents a summary of the production and the results of the performed tests. The full evaluation and the description of the laws of the dependence of the mechanical properties will appear in a later publication.

Keywords: metal foam, perlite foam, manufacturing, fatigue test of foams

Kivonat

Kutatómunkánk során több különböző összetételű és különbözően adalékolt alumínium habot állítottunk elő. A különböző adalékanyagoknak köszönhetően célorientáltan fizikai és mechanikai tulajdonságokban bekövetkezett változást hoztunk létre. Sikerült a Duralcan ötvözetben különböző nagyságú perlit granulátumot is bekeverni. Természetesen a különböző alumínium habok mechanikai és fizikai tulajdonságának vizsgálata elengedhetetlen volt. Nyomóvizsgálatot, valamint kis és nagyciklusú fárasztó vizsgálatot is végeztünk. A kutatómunka eredményeképpen egy meglehetősen nagy számból álló adatbázist kaptunk, melynek segítségével összehasonlíthatóvá vált a porozitás és a mechanikai viselkedés közti összefüggés. Elemeztük a különböző adalékanyagoknak köszönhető mechanikai tulajdonságok javulását, továbbá különleges fizikai tulajdonságok javulását. Jelen publikációban bemutatjuk a gyártást, valamint összefoglaltuk az elvégzett vizsgálatokat és azok által szolgáltatott eredményeket. A teljesszű kiértékelés és a mechanikai tulajdonságok függése, annak törvényszerűségeinek leírása egy későbbi publikációban fog megjelenni.

Kulcsszavak: fémhab, perlites hab, gyártás, fémhab fárasztóvizsgálata

1. Fémhabok gyártása

Kísérleteinkhez A359/SiC/20p típusú fémmátrixú kompozit (MMC) alapanyagot használtunk, ami Duralcan F3S.20S jelöléssel közismert. Ez az alumínium alapú kompozit kb. 20 m% szilícium-karbid (SiC) részecskét tartalmaz, amelyek átlagos átmérője 10-12 μm . Mint ismert, ez a kompozit a SiC szemcsék miatt nehezen forgácsolható. Az első megoldandó feladat ennek a tömbnek a számunkra megfelelő méretre történő darabolása volt. Ahhoz, hogy a kísérlethez szükséges méretre vágjuk fel a darabot, több módszer is kipróbálásra került. Két úton sikerült kisebb tömegű (500-600 g) darabokat kivágni. Az egyik a nagynyomású homokszemcsés vízvágó volt, a másik a Struers Labotom 3 típusú vágógép SiC-os tárcsával. A vízvágási szolgáltatások költségei, illetve a SiC-os tárcsák elhasználódása miatt a végső méretek eléréséhez egy harmadik megoldást alkalmaztunk. Egy acéltégelyben a 600 g-os kompozit darabot olvadáspont fölé melegítettük, megolvasztottunk és kisebb kb. 100 g-os habosításra alkalmas méretűekre öntöttük. A habosítandó darabok tömegéhez viszonyítva 1-2 m%-nyi gázképző TiH_2 -et mértünk ki precíziós mérlegen (Kern EW400). A kimért TiH_2 -et alumínium fóliába csomagoltuk. A rendelkezésre álló elektromos kemencét

használtuk az alumínium ötvözet felmelegítéséhez, illetve megolvasztásához. A Duralcan 660,3 °C-os olvadáspontja feletti optimálisnak vélt különböző hőmérsékleteken 700-800 °C-on addig melegítettük, míg a folyékony halmazállapot nem következett be. A tetején összegyűlt salakanyagot eltávolítottuk.



1. ábra A habosításhoz használt eszközök és a kész zártcellás aluhab.

Bekeveréskor az alufóliába csomagolt TiH_2 port az olvadékra helyeztük. Ezt követően egy fúrógéppel és a keverőszárral $n=1000-3000$ 1/perc-es fordulatszámon folyamatosan kevertük, majd kis idő múlva (5-10 s) megkezdődött az intenzív habképződés. Az így létrejött habot ezután hűtéssel kell stabilizálni, hogy a megfelelő kristálytani folyamatok gyorsan végbe menjenek, mielőtt a hidrogén gáz eltávozik, illetve összeesik. Ebből kifolyólag a szabad levegőn történő hűtés nem jöhetett szóba, mert a szerkezetükben lévő cellák összehullanak, vagy a darab felső részében összegyűlő gáz nagy üreges teret alkot, így tulajdonságai nem érik el a megkívánt porozitást.

Az elkészült fémhab kiemelése a kemencéből kézi tűzifogóval történt. Kivettük az edényt a kemencéből és szakaszosan, vízbe merítve hűtöttük. A hűtéssel kapcsolatosan már a korábbi kísérletek során kiderült, hogy a 30 °C szakaszos vízbe merítéses hűtés kedvezőbb végeredményt ad az intenzív gyorshűtéssel szemben. Az edényből a hűtést követően a formaleválasztó anyagnak köszönhetően könnyedén kivehető volt az elkészült fémhab.

Szakirodalmi kutatásaink [1-6] során kiderült, hogy készültek vizsgálatok fémhabok sugárvédő pajzs használatára. Alkalmazási területek közé sorolható a reaktortechnika, tárolástechnika. Korábban ilyen alkalmazásokra is gyártottunk alumíniumhabot.

A legutóbbi habmintáinkhoz a kertészetben is használt perlitet használtuk. Különböző szemcseméretű perlitmintákat kevertünk a Duralcan ötvözetünkhöz hagyományos kézi módszerrel, de vákuum alatt is. Az ábrán látható a vákuumos berendezés. Az olvasztó tégelybe perlitet tettünk, a tetejére az alumínium alapanyagot, majd lezártuk. Egy olvadécsapda után rácsatlakoztunk a vákuumszivattyúra. Ráfördítottuk a fedél nélküli kemencét, majd bekapcsoltuk. Az olvadás után (15 perc) bekapcsoltuk a vákuum szivattyút. Ezzel a módszerrel sikerült homogén eloszlású perlites habot készíteni.



2. ábra A perlites habkészítés berendezése és kész habminták

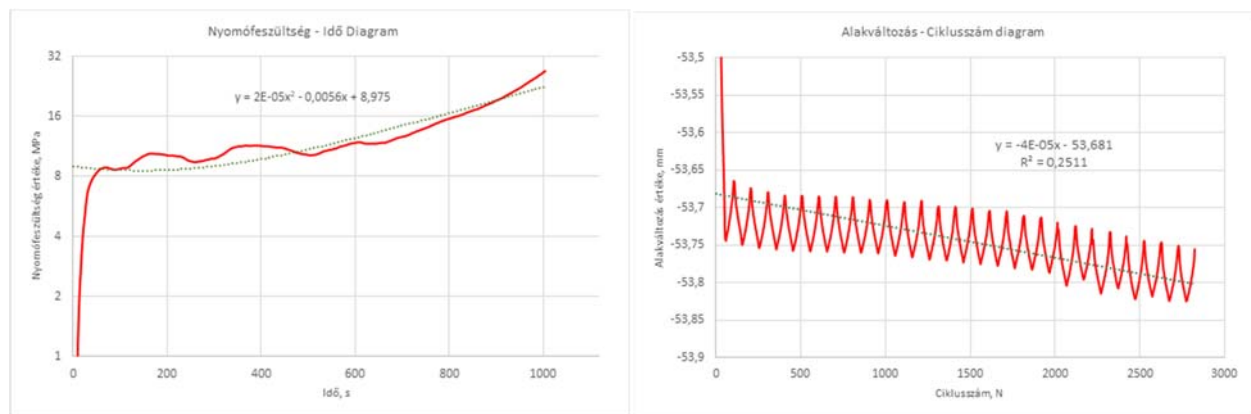
2. Fémhabok Anyagvizsgálata

2.1. Mechanikai vizsgálatok

Jelenleg elvégzett anyagvizsgálataink előzménye a Duralcan ötvözetben elvégzett nyomó- és fásztóvizsgálatok voltak. Az előzőekben ismertetett módon elvégzett anyagvizsgálatokra építve végeztünk nyomó- és fásztóvizsgálatokat a jelenleg kísérleti úton legyártott zárt cellás perlites habokon, melyek tanszékünk laboratóriumában készültek. A témakörben Dr. Orbulov Imre kutatásai [4,5] kiemelkedő eredményeket hoztak és stabil alapot biztosítanak a szintaktikus habok mechanikai vizsgálatával és a kapott eredmények kiértékelhetőségével kapcsolatosan.

2.2. Anyagvizsgálat összefoglalása

Az alumíniumhab fásztóvizsgálatának első lépése a vizsgált anyagon elvégzett nyomóvizsgálat, mely a minta teljes tönkremenetelig tart. A vizsgálat során képet kaptunk az anyag mechanikai és alakváltozási jellemzőiről, melyet az alábbi ábrán látható bal oldali függvény reprezentál. Az itt felvett nyomószilárdsági diagram alapján meghatározható az a ciklikusan alkalmazható mechanikai feszültség (nyomóerő), melyet alkalmazva a próbatest feszültségi viszonyai a rugalmas alakváltozás zónájában maradnak. A kísérletből származó eredményen alapuló fásztóvizsgálatból kinyerhető diagram a jobb oldalon látható.



3. ábra Dinamikus nyomószilárdság értékek, valamint ciklusszám diagram és a kapcsolódó trendfüggvények a vizsgált fémhabokra

Jelen fásztóvizsgálatok tehát a tanszékünk laboratóriumában készült zárt cellás alumínium habra és perlites alumínium habra vonatkoznak. Az anyagvizsgálatot az Instron 8801 típusú anyagvizsgáló berendezésen végeztük el.

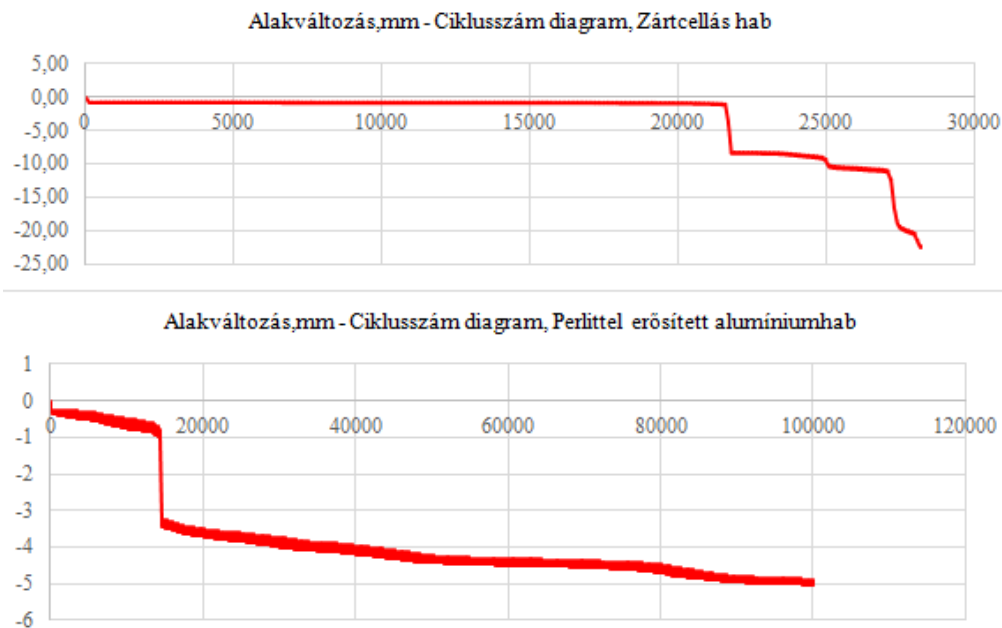
A jelenlegi publikáció alapjául szolgáló vizsgálatok annyiban különböznek az előzőekben ismertetett előzményektől, hogy itt már nem csak rugalmas alakváltozásig terheljük a próbatesteket, hanem akár a teljes tönkremenetelig. Először tehát egy nyomóvizsgálatot végeztünk el, meghatározva ezzel a ciklikusan alkalmazható terhelést. Esetünkben ez 500N volt. Ezek után végeztünk el ciklusszámonként 3-3, $N=10^6$ és $N=10^7$ ciklusszámú fásztóvizsgálatot. A berendezés és a vizsgálati elrendezés a következő ábrán látható.



4. ábra Próbatest a fásztóvizsgálat kezdetén és a vizsgálat befejezése után

Az alábbi két diagramban összefoglalható a vizsgálatok eredménye. Rendre az első a zárt cellás hab fásztó vizsgálata, ahol 27000 ciklusnál bekövetkezett a tönkremenetel. Ez amiatt érdekes a diagram, hogy könnyen kivehető a rétegösszeomlás. A második diagramon a perlites hab eredménye láthatók, mely kiválóan

teljesített a vizsgálat során, ugyanis az alaplátrixba adagolt ásványi anyag jelentősen növelte a habstruktúra nyomószilárdságát, ezáltal élettartamát, és a dinamikai hatásokkal szembeni ellenállását is.



5. ábra A fárasztóvizsgálatok eredményei

Összefoglalás

Az alumíniumhabok gyártása terén és az anyagvizsgálatok kapcsán az eredményeinket kívántuk felsorakoztatni cikkünkben. Amennyiben kutatócsoportunk sikeresen rekonstruálja a habstruktúra modellt, és ezt az információhalmazt megfelelő módon tudjuk végeselemes szimulációs szoftverbe, mint anyagmodellt bevinni, természetesen figyelembe véve a relatív sűrűséget is, akkor teljes körben lefedhető, és predesztinálható lesz az adott struktúra viselkedése a mechanikai igénybevételek hatására. Ennek köszönhetően további irányokban indulhat még kutatás.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program (TKP2020-NKA-04) támogatta, a Debreceni Egyetem (Járműipar) tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

- [1] Shuo Chena, Mohamed Bourhamb, Afsaneh Rabieia: Applications of open-cell and closed-cell metal foams for radiation shielding, *Procedia Materials Science*, 4, pp. 293 – 298, 2014.
- [2] Shuo Chen, Mohamed Bourham, Afsaneh Rabiei: Novel light-weight materials for shielding gamma ray, *Radiation Physics and Chemistry*, 96, pp. 27-37, 2014.
- [3] Orbulov, Imre Norbert; Szlancsik, Attila ; Kemény, Alexandra ; Kincses, Domonkos Compressive mechanical properties of low-cost, aluminium matrix syntactic foams, *Composites Part A - Applied Science and Manufacturing*, 135 Paper: 10592 , 11 p., 2020.
- [4] Orbulov, Imre Norbert; Szlancsik, Attila: On the Mechanical Properties of Aluminum Matrix Syntactic Foams, *Advanced Engineering Materials*, 20 : 5 Paper: 1700980, 12 p., 2018.
- [5] Matthieu Zinet;Roula Ghazal;Hervé Issard; Olivier Bardon: Spent fuel transportation cask under accidental fire conditions: Numerical analysis of gas transport phenomena affecting heat transfer in shielding materials, *Progress in Nuclear Energy*, 117, 103045, 2019.
- [6] Shuo Chen; Mohamed Bourham; Afsaneh Rabiei: Attenuation efficiency of X-ray and comparison to gamma ray and neutrons in composite metal foams, *Radiation Physics and Chemistry*, 117, pp. 12-22, 2015.