

FÉM HABSTRUKTÚRA ELEMZÉSE CT FELVÉTELEK ALAPJÁN

STRUCTURAL ANALYSIS OF METAL FOAMS WITH COMPUTED TOMOGRAPHY

Varga Tamás Antal¹, Budai István², Gábora András³, Kozma István⁴, Manó Sándor⁵, Mankovits Tamás⁶

¹Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótmető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77780, varga.tamas@eng.unideb.hu

²Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótmető utca, 2-4, budai.istvan@eng.unideb.hu

³Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótmető utca, 2-4, andrasgabora@eng.unideb.hu

⁴Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, 9026, Magyarország, Győr, Egyetem tér 1, kozma@sze.hu

⁵Debreceni Egyetem, Ortopédiai Klinika, 4028, Magyarország, Debrecen, Nagyerdei körút 98, manos@med.unideb.hu

⁶Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótmető utca, 2-4, tamas.mankovits@eng.unideb.hu

Abstract

The development of an efficient procedure for 3D modelling and finite element simulation of metal foams is one of the greatest challenges to engineer researchers nowadays. Creating 3D CAD model from its structure is alone a demanding engineering task due to its extremely complex geometry, and the proper finite element analysis process is still in the center of the research. In this paper the evaluation of the records of the X-ray computed tomography inspection is introduced for the investigated specimen.

Keywords: metal foam, modeling, computed tomography, volume analysis

Összefoglalás

A mérnöki kutatások egyik nagy kihívása a mára már széles körben alkalmazott fémhabok geometriai modellezése, valamint a megalkotott 3D-s modell numerikus szilárdságtani vizsgálata. A fémhab struktúrája meglehetősen bonyolult, így a valóságot jól megközelítő CAD modell előállításában is komoly mérnöki feladat, annak adott terhelésre történő véges elemes szimulációja pedig a kutatások középpontjában áll. A projekt ezen részének célja, hogy a próbatestekről készített CT felvételek alapján elemezzük a belső cellák térfogatát.

Kulcsszavak: fémhab, modellezés, CT, térfogatelemzés

1. Bevezető

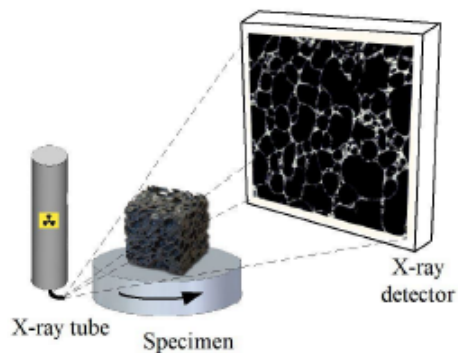
A fémhab viszonylag régóta ismert, de ipari és orvosi alkalmazása csak az elmúlt pár évben kezdett széles körben elterjedni. Ez annak köszönhető, hogy mára már megbízható eljárások léteznek a gyártási technológiára, amely technológia eredményeképpen szabályozható az előállításra kerülő fémhab belső szerkezete. Köztudott, hogy a fémhaboknak kicsi a sűrűsége, de ennek ellenére kiváló mechanikai és fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek [1-3]. Emellett számos olyan pozitív tulajdonságuk van, amelynek eredményeként nemcsak rezgés-, vagy ütközéscsillapításra alkalmasak, hanem teherviselő elemként (járműalkatrészként, protézisként) is kiválóan helytállnak [4-9]. Ezek a területek, leginkább teherviselő anyagként alkalmazzák a fémhabokat, ezért azt várjuk, hogy az alkalmazás során rugalmasan viselkedjen, így megfelelő biztonsággal kell ismernünk, vagy képeseknek kell lennünk megbecsülni az anyagunk választását az adott terhelésre. Annak érdekében, hogy egy geometriai modellt tudjunk előállítani a fémhabról, ami egy komoly mérnöki feladat, kellő információval kell rendelkez-nünk annak a belső szerkezetéről [10]. A fémhabok fizikai és mechanikai tulajdonságai közvetlenül függnak a fémhab struktúrájától és sztochasztikus jellegétől. Mivel a fémhabok belső szerkezete meglehetősen bonyolult, így felületelemzéssel csak hiányos, sok esetben pedig félrevezető információhoz juthatunk.

Jelenleg leghatékonyabban CT berendezéssel lehet meghatározni a fémhabok belső struktúráját. Ez az eljárás nagyon hatékony, de egyben elég komplex feladatot ad az ebből kidolgozni kívánt modell előállítására. Az eljáráshoz CT berendezésre van szükségünk, amely nem mindig áll rendelkezésre, illetve az ilyenfajta modellalkotásnak komoly számítási igénye van, amelyet egy átlagos teljesítményű számítógép nem ké-

pes elvégezni. Kijelenthető, hogy ez ma a legkorszerűbb olyan eljárás, amely segítségével pontos információkhoz juthatunk a vizsgált szerkezetünk belsejéről is. Jelenlegi cikkünkben, bemutatni kívánunk egy újszerű struktúra elemzési eljárást a fémhab belső szerkezetével kapcsolatban.

2. CT berendezés működése

A CT berendezés az egyedüli mérés-technikai eszköz, amellyel olyan térfogat-információ szerezhető a vizsgált alkatrésztől, ami nemcsak a külső burkolófelület topológiáját határozza meg nagy pontossággal, hanem adatot szolgáltat a belső struktúráról, inhomogenitásról is [11]. Napjainkban a CT berendezéseket számos vizsgálathoz alkalmazzák. Az egyik legismertebb alkalmazási területi az orvostudomány, de számos műszaki alkalmazási területe van. A CT berendezés 2D-s felvételt készít az adott munkadarabról, majd a munkadarabot az asztallal együtt egy bizonyos szögben elfordítja, és újabb felvételt készít róla (1. ábra). Ez addig folytatódik, amíg az adott munkadarab teljesen körbe nem fordul. Az alkatrész ellentétes oldalán elhelyezett detektor érzékeli a különböző röntgen intenzitást. A vizsgálat elvégzése után rendelkezésünkre áll minden egyes egységnyi szögelfordulás után egy 2D-s kép. A CT berendezés működési elvét az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra. CT berendezés működése

3. Térfogatelemzés CT felvételek alapján

A CT felvételek alapján a fémhab próbatesteken porozitás vizsgálatot lehet elvégezni egy célszoftver segítségével, amellyel meghatározhatóak a fémhab modelleket felépítő cellák adatai. A kiértékelő szoftverbe a próbatestekről készült CT felvételek kerülnek importálásra, majd a szoftver ezeket feldolgozza, tehát elmondható, hogy az eredeti CT képekkel dolgozik, azokat nem alakítja át, így az eljárás hitelesnek mondható. Számunkra a következő adatok bizonyulhatnak hasznosnak:

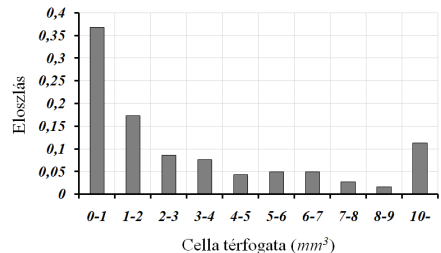
- cella körülírható gömbjének átmérője;
- cella középpontja;
- cella térfogata;
- cella felülete;
- két cella közötti legkisebb távolság;
- cella gömbisége;
- cellát körülírható téglatest méretei.

A szoftver által meghatározott adathalmazból a későbbiekben lehetőségünk nyílik jobban megismerni a fémhabunk struktúráját, és ez a későbbiekben hasznos lehet egy idealizált modell felépítéséhez is. A vizsgálatból látható majd, hogy a fémhabstruktúránk teljesen rendezetlen cellákból állnak. Ez a legfőbb ok, amiért nehéz modellezni a fémhabstruktúrát idealizált modellekkel, és ezért előnyös CT alapú valós modelleket használni, és azokat szimulálni.

A következőkben a vizsgálati eljárás által meghatározott adatokat kívánjuk bemutatni egy próbatesten. Az általunk vizsgált alumíniumhab alapanyaga Al-SiC, amely kelesztéses eljárással lett előállítva. A próbatest mérete 14,5 mm x 14,5 mm x 14,5 mm. A térfogatelemző szoftver a próbatesten 185 cellát detektált, és meghatározta az általunk meghatározni kívánt adatokat. A szoftver csak az 1 mm³-nél nagyobb cellákat vizsgálta.

3.1. Cellák térfogatának eloszlása

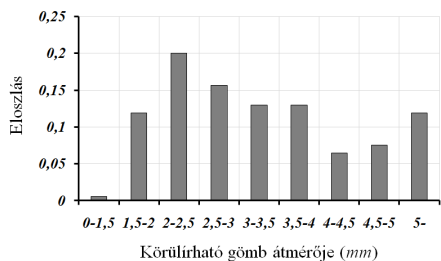
A fémhab számos cellából épül fel, amelyek jelen gyártási technológiának köszönhetően nem azonos alakúak és méretűek. Az idealizált modell kialakításához ezekről a cellákról minél több információt kell megtudnunk, hogy komplex képet kapjunk a fémhabunk struktúrájáról. A térfogatelemző szoftverünk segítségével lehetőségünk van ezeknek a celláknak a térfogatát meghatározni. A **2. ábrán** láthatjuk a fémhabot felépítő cellák térfogateeloszlását.



2. ábra. Cellák térfogatának eloszlása

3.2. Cellaátmérők eloszlása

A térfogatelemző szoftver képes meghatározni a cellát körülíró kör átmérőjének nagyságát meghatározni. Ez az átmérő egyben az cella két legszélsőbb pontjának távolsága. Ezeknek az átmérőknek az eloszlását a **3. ábrán** láthatjuk.

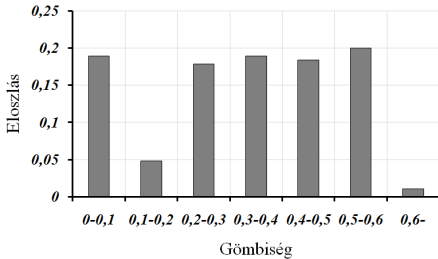


3. ábra. Cellát körülíró gömb átmérői

3.3. Cellák gömbisége

A fémhabunkban lévő cellák nem szabályosak így érdemes megvizsgálni ezeknek gömbiségét. A gömbiség egy arányszám, amely annak az értéke, hogyan aránylik az

cella térfogata a cellát körülíró gömb térfogatához. Ezzel megkapjuk, hogy az általunk vizsgált cellák mennyire szabályosak (4. ábra).



4. ábra. Cellák gömbiségének eloszlása

4. Összefoglalás

A CT felvételek alapján megvizsgáltuk a fémhab belső struktúráját és elemeztük azt. A vizsgálat során meghatároztuk a fémhab celláinak nagyságát, elhelyezkedését. A vizsgálat során arra a következtetésre jutottunk, hogy a fémhabot felépítő cellák nem szabályos gömb alakúak, így a modell geometriáját nehezen lehet gömb elemekből felépíteni.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma megbízásából az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által 2015-ben meghirdetett „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” (NTP-EFŐ-P-15) című pályázati kiírása alapján a Nemzeti Tehetség Program támogatta.



Szakirodalmi hivatkozások

[1] Ashby, M.F., Evan, A.G., Fleck, N.A., Gibson, L.J., Hutchinson, J.W., Wadley, H.N.G: *Metal Foams: A Design Guide*. Butterworth-Heinemann, 2000.

- [2] Czekanski, A., Attia, M.S., Meguid, S.A., Elbestawi, M.A: *On the Use of a New Cell to Model Geometric Asymmetry of Metallic Foams*. Finite Elements in Analysis and Design, 41(13), 1327-1340, 2005.
- [3] Banhart, J: *Manufacture, Characterization and Application of Cellular Metals and Metal Foams*. Progress In Materials Science, 46(6), 559-632, 2001.
- [4] Vendra, L.J., Rabieie, A: *Evaluation of Modulus of Elasticity of Composite Metal Foams by Experimental and Numerical Techniques*. Materials Science and Engineering: A, 527(7-8), 1784-1790, 2007.
- [5] Tuncer, N., Arslan, G: *Designing Compressive Properties of Titanium Foams*. Journal of Materials Science, 44(6), 1477-1484, 2009.
- [6] Kádár, Cs., Chmelik, F., Rajkovits, Zs., Lendvai, J: *Acoustic Emission Measurements on Metal Foams*. Journal of Alloys and Compounds, 378(1-2), 145-150, 2004.
- [7] Djebbar, N., Serier, B., Bouiadjra, B.B., Benbarek, S., Draï, A: *Analysis of the Effect of Load Direction on the Stress Distribution in Dental Implant*. Materials&Design, 31(4), 2097-2101, 2010.
- [8] Kashef, S., Asgari, A., Hilditch, T.B., Yan, W., Goel, V.K., Hodgson, P.D: *Fracture Toughness of Titanium Foams for Medical Applications*. Materials Science and Engineering: A, 527(29-30), 7689-7693, 2010.
- [9] Mankovits, T., Tóth, L., Manó, S., Csernátóny, Z: *Mechanical Properties of Titanium Foams, a Review*. Proceedings of the 1st International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, 10-11 October, Debrecen, Hungary, 2013.
- [10] Saadatfar, M., Mukherjee, M., Madadi, M., Schröder-Turk, G.E., Garcia-Moreno, F., Schaller, F.M., Hutzler, S., Sheppard, A.P., Banhart, J., Ramamurty, U: *Structure and Deformation Correlation of Closed-cell Aluminium Foam Subject to Uniaxial Compression*. Acta Materiala, 60(8), 3604-3615, 2012.
- [11] Kozma, I: *A komputertomográf ipari alkalmazásai*. A jövő járműve járműipari innováció, Volume 5/3-4, Győr, Hungary, 2006, 8-11.