

Fémhabok képi elemzése és geometriai modellezése

Visual analysis and geometric modeling of metal foams

T. A. VARGA, T. MANKOVITS

University of Debrecen, varga.tamas@eng.unideb.hu

University of Debrecen, tamas.mankovits@eng.unideb.hu

Absztrakt. 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 előállítását önmagában is komoly mérnöki feladat, annak adott terhelésre történő véges elemes szimulációja pedig a kutatások középpontjában áll. A projekt ezen részének célja az előzőekben tárgyalt témakörökre vonatkozó nemzetközi szakirodalom kritikai elemzése és az eredmények adaptálási lehetőségei, továbbá egy térfogatelemzési eljárás bemutatása a fémhab celláival kapcsolatban.

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 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. The aim of this project is to analyze the related literature and to adapt the results may be considered.

Bevezetés

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. Emellett számos olyan pozitív tulajdonságuk van, amelynek eredményeként nemcsak rezgés-, vagy ütközéscsillapításra alkalmasak, hanem teherviselő elemként (járműalkatrészként, protézisként) is kiválóan helytállnak. Számos tanulmány foglalkozott és számolt be a fémhabok alkalmazási lehetőségeiről, amelyekből jól látható, hogy a mérnöki és orvosi alkalmazásuk rohamosan terjed, és egyértelműen a jövő egyik meghatározó anyag típusává válnak. Teherviselő fémhabok esetén különösen előtérbe kerül a terméktervezési folyamat problematikája, amelynek központi kérdése a geometriai modellezés és a numerikus szimuláció. Teherviselő anyagként azt várjuk a fémhabtól, hogy az alkalmazás során rugalmasan viselkedjen, így megfelelő biztonsággal kell ismernünk, vagy képeseknek kell lennünk megbecsülni az anyagunk válaszát az adott terhelésre. Annak érdekében, hogy egy geometriai modellt tudjunk előállítani a fémhabról, ami egy komoly mérnöki feladat, kellő információval kell rendelkezünk annak

a belső szerkezetéről. A fémhabok fizikai és mechanikai tulajdonságai közvetlenül függenek 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 képes elvégezni. Kijelenthető, hogy ez ma a legkorszerűbb olyan eljárás, amely segítségével pontos információkhoz juthatunk a vizsgált szerkezetünk belsejéről is.

1. Fémhabok modellezési lehetőségei

A fémhab geometriai modellezését alapvetően kétféle stratégiával lehet megvalósítani. Az egyik az, amikor a komputertomográf felvételekből generált statisztikai adatokból felépítünk egy olyan idealizált modellt, amely hasonlóan viselkedik terhelés hatására, mint az eredeti. A másik lehetőség az, hogy a legyártott fémhabról készült CT felvételek segítségével építjük fel a valós geometriai modellt. Mindkét eljárásnak van előnye és hátránya is. Az idealizált modell előnye, hogy néhány előre meghatározott adatból képesek vagyunk felépíteni egy modellt, de a nagy hátránya az, hogy csak megközelítőleg tudjuk szimulálni a fémhab reakcióját, hiszen ez a 3D-s modell nem teljesen egyezik meg a legyártott próbatesttel. A CT felvételnél nagy előnye, hogy ugyanazt a 3D-s geometriát tudjuk vizsgálni, mint a vizsgált fémhab. Hátránya, hogy a gyártástechnológiából fakadó nehéz reprodukálhatóság miatt csak a konkrét fémhab szerkezetre tudunk információt szolgáltatni. Mindkét eljáráshoz szükséges tehát egy olyan drága berendezés, amely nem mindenhol érhető el. Jelenleg sok idealizált modell létezik, de ezek egyike se szolgál teljesen pontos eredményekkel. CT alapú modellalkotással és rekonstrukcióval is számos kutató próbálkozik, de senkinek sem sikerült egy olyan modellalkotási eljárást kifejleszteni, amely mindennapokban használható lehetne.

2. Fémhabok modellezési lehetőségei

A fémhab geometriai modellezését alapvetően kétféle stratégiával lehet megvalósítani. Az egyik az, amikor a komputertomográf felvételekből generált statisztikai adatokból felépítünk egy olyan idealizált modellt, amely hasonlóan viselkedik terhelés hatására, mint az eredeti. A másik lehetőség az, hogy a legyártott fémhabról készült CT felvételek segítségével építjük fel a valós geometriai modellt. Mindkét eljárásnak van előnye és hátránya is. Az idealizált modell előnye, hogy néhány előre meghatározott adatból képesek vagyunk felépíteni egy modellt, de a nagy hátránya az, hogy csak megközelítőleg tudjuk szimulálni a fémhab reakcióját, hiszen ez a 3D-s modell nem teljesen egyezik meg a legyártott próbatesttel. A CT felvételnél nagy előnye, hogy ugyanazt a 3D-s geometriát tudjuk vizsgálni, mint a vizsgált fémhab. Hátránya, hogy a gyártástechnológiából fakadó nehéz reprodukálhatóság miatt csak a konkrét fémhab szerkezetre tudunk információt szolgáltatni. Mindkét eljáráshoz szükséges tehát egy olyan drága berendezés, amely nem mindenhol érhető el. Jelenleg sok idealizált modell létezik, de ezek egyike se szolgál teljesen pontos eredményekkel. CT alapú

modellalkotással és rekonstrukcióval is számos kutató próbálkozik, de senkinek sem sikerült egy olyan modellalkotási eljárást kifejleszteni, amely mindennapokban használható lehetne.

3. Tértfogatelemzés CT felvételek alapján

A CT felvételek alapján, a fémhab próbatesteken különböző elemző vizsgálatokat lehet végezni egy célszoftver segítségével, amellyel meghatározható a fémhab modelleket felépítő cellák adatai. A kiértékelő szoftverbe a próbatestekről készült CT felvételek kerülnek importálásra, majd ezeket dolgozza fel, tehát elmondható, hogy az eredeti CT képeket dolgozza fel, azokon nem került átalakítás, így az eljárás hitelesnek mondható. A fémhab struktúra elemzése során számunkra legfontosabb adatok, hogy maguk ezek a levegővel teli cellák hol helyezkednek el a térben, illetve mekkora ezeknek a térfogata, felülete, gömbisége. A szoftver képes meghatározni számunkra ezeket az adatokat, így lehetőségünk nyílik jobban megismerni a fémhabunk struktúráját, és a későbbiekben hasznos lehet egy idealizált modell felépítéséhez is. A szoftver alkalmas vizuális megjelenítésre is, amelyben láthatjuk az adott cellák helyét, és alakját. Itt jól látható, hogy az analizált cellák térfogatának nagyságát színskálával látja el így szemmel látható az cellák nagysága. Az cellák metszeti képeit is láthatjuk, amelyből következtetni tudunk az cella alakjára, illetve a próbatesten belül való elhelyezkedésére.

A szoftveren belül számunkra két vizsgálati módszer bizonyulhat hasznosnak amelyek a következők:

- porosity/inclusion analysis (porozitás vizsgálat)
- foam structure analysis (hab struktúra vizsgálat)

A hab struktúra vizsgálat a szoftvercsomag idejében szerepel mint új funkció, ez konkrétan hab struktúrájú anyagok vizsgálatára szolgál, míg a porozitás vizsgálat a szoftvercsomag régebbi kiadásában is szerepelt. A porozitás vizsgálat az alapanyagban lévő különböző anyagok (jelen esetben levegő) vizsgálatára szolgál.

A kutatásunk során a hab struktúra elemzés a bizonyul számunkra pontosabbnak. A hab struktúra vizsgálat során a szoftver olyan komplex algoritmus használ, amellyel olyan cellák is detektálhatók, amelyeknek a fala esetlegesen be van szakadva, tehát a gömböt körülvevő fal nem egységes, homogén. Az 1. ábrán ez teljes mértékben láthatóvá válik, míg a porozitás vizsgálat során csak a teljesen egységes falú cellákat elemezte, addig a hab struktúra elemzés már a nem egységes falúakat is elemezte.

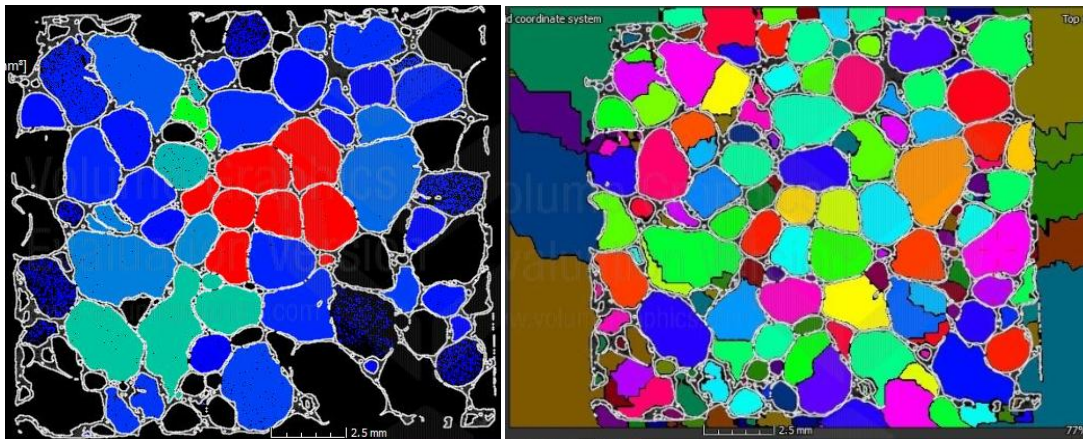


Figure 1. Porozitás vizsgálat és a habstruktúrák elemzés által meghatározott cellák

A habstruktúrák vizsgálat egyedül csak annyiban bizonyult rosszabbnak a porozitás vizsgálatával szemben, hogy a hab struktúra vizsgálat során a szoftver a próbatest oldallapján lévő tört cellákat úgy érzékelt, hogy az a térben tovább folytatódnak, így ebből az okból a próbatesten kívül érzékelt tévesen cellákat. Ez a probléma könnyen eszközölhető egy szűrés segítségével, mivel ezek a cellák jóval nagyobbak a próbatest belsejében lévőkénél, továbbá ezen celláknak a középpontja a próbatesten kívül esik, tehát ilyen módon is kiszűrhetőek a tévesen detektált cellák.

4. Összegzés

Amint látható számos lehetősége van a fémhabok modellezésének. A modellezési stratégia kialakításánál el kell dönteni, hogy a statisztikai adatokból felépített idealizált modellt használunk, vagy a valós modellt próbáljuk felépíteni. Az mindenképp kijelenthető, hogy a legpontosabb eredményt a CT felvételek alapján alkotott geometriai modell nyújtja.

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.

A Debreceni Egyetem kutatói az utóbbi években komoly eredményeket értek el a fémhabok geometriai modellezésében és numerikus szilárdságtani vizsgálataiban.

Köszönetnyilvánítás

AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK
TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA