

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World)* 2 (2015) 1-8

Féknnyereghez használt ötvözött alumínium (7075T6) rugalmassági modulusa VEM vizsgálatokhoz

Á. Horváth¹, I. Oldal², G. Kalácska¹, M. Andó³

¹ Gépipari Technológiai Intézet, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Magyarország

² Mechanikai és Géptani Intézet, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Magyarország

³ Műszaki Intézet, Nyugat-magyarországi Egyetem, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. Magyarország

Tel: +3620-560-0246 Email cím: adam.horvath.tamas@gmail.com

Absztrakt

Vizsgálatainkban a gépjárművekben alkalmazott tárcsafékek féknnyereghez használt alumínium ötvözet (EN AW 7075T6) rugalmassági modulusát határoztuk meg három módon, hogy megállapítsuk, melyik módszerrel lehet a valóságot legjobban leíró paramétert meghatározni. Egyik esetben műszaki táblázatokat vettük alapul (71,6 GPa), második esetben pedig egytengelyű húzással meghatározott rugalmassági modulus értéket (64,8 GPa). Ezen túlmenően a valós terhelt féknnyereg deformációjának és VEM program feszültséganalízisének együttes felhasználásával határoztuk meg a féknnyereg anyagára jellemző rugalmassági modulus (82,4 GPa). A féknnyereg ható összetett igénybevétel miatt a valóságot legjobban leíró paramétert a vége-selemes vizsgálat során kaptuk.

Kulcsszavak: szakító vizsgálat, VEM, féknnyereg, alumínium, rugalmassági modulus, EN AW 7075T6

1. Bevezetés

A mérnöki gyakorlatban különböző gépek és szerkezetek létrehozásához eltérő anyagokat használunk, amelyek képesek ellátni az adott feladatot és működés során ellenállnak a különböző terheléseknek, hatásoknak. Az alkatrészek anyagát [10] és gyártási technológiáját [3] úgy kell megválasztani, hogy működés során tervezett tönkremenetelig ellássa feladatát. Sok esetben nem csak az élettartam fontos, hanem a tömeg, a deformáció és a feszültségállapot is. Alkatrészek tervezésénél elengedhetetlen, hogy különböző igénybevételek és hatások mellett megismerjük az adott alkatrész anyagának jellemző paramétereit. (méretezési paraméterek rugalmassági modulus folyáshatár) Sok esetben szoftverek segítségével határozzuk meg az optimális kialakítást [5], majd utána készítjük el a prototípust. Ezzel a módszerrel gyorsabban tudjuk meghatározni az

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World) 2 (2015) 1-8*

optimális konstrukciót, mert nem kell minden esetben újabb prototípust gyártani. Továbbá gazdaságosan tudjuk létrehozni az adott berendezést, mert a szoftverek segítségével csökkenthetjük a fejlesztési kiadásokat és csökkenthetjük a fejlesztésének idejét, ami által a termék hamarabb képes bevételt termelni. Az optimális konstrukció kiválasztásánál fontos, hogy az anyagra jellemző paramétereket megfelelően határozzuk meg. A tervezés vagy vizsgálat során használt anyagok jellemzőit számos úton meg tudjuk határozni. A legegyszerűbben és leggyorsabban műszaki táblázatok alapján [1]. Műszaki táblázatok áll rendelkezésre, amelyek tartalmazzák a különböző jellemzőket. Ezek az értékek általánosságban használhatóak, de nem teljes mértékben tükrözik a valóságot [12]. A másik eljárás, a mechanikai vizsgálatok alkalmazása, ahol leggyakrabban a szakítóvizsgálat segítségével határozzuk meg az adott anyag jellemzőit. Ebben az esetben próbatest segítségével végzünk egytengelyű szakítóvizsgálatot megadott szabvány szerint. Számos szabvány írja elő a próbatest geometriáját, a vizsgálat menetét (hőmérséklet húzási sebesség) és az anyagra jellemző paraméterek meghatározását (folyáshatár, szakítószilárdság, szakadási nyúlás, stb.) [7], [8], [9]. A szakítóvizsgálat során meghatározott anyagjellemzők egytengelyű igénybevétel esetén használhatóak. Az egytengelyű vizsgálat esetében kapott eredmény alkalmazásakor feltételezzük, hogy az alkatrész tökéletesen izotróp, ami a valóságban nem fordul elő. A harmadik eljárás, amely segítségével képesek vagyunk egy adott anyag jellemzőit meghatározni a valós igénybevételeknek megfelelően a végeselemes program segítségével történik. [6] A program segítségével képesek vagyunk lemodellezni a valós geometriát és meghatározni az adott szerkezetre ható főbb igénybevételeket és valós alkatrész mérésével összehasonlítva képesek vagyunk meghatározni az anyagjellemzőket, amelyek valós körülmények során jól modellezik az anyag viselkedését. [11]

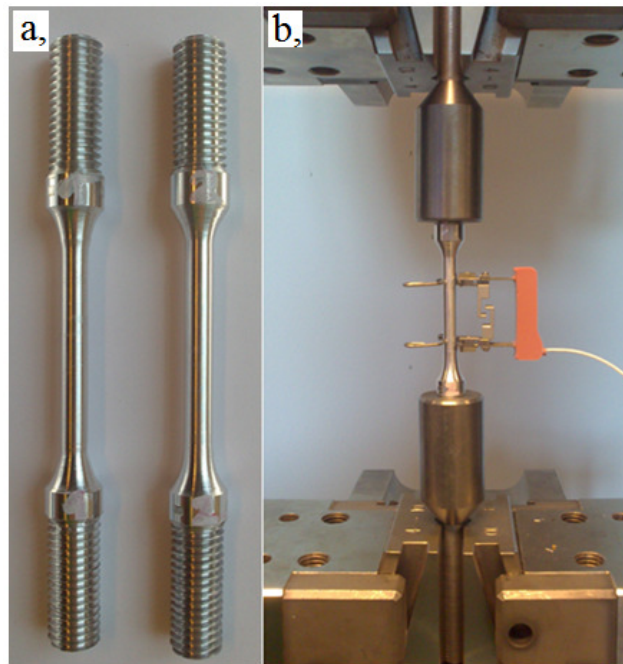
Ennek a kutatásnak a célja, hogy meghatározza a legjobban leíró anyagjellemzőket VEM vizsgálatokhoz ötvözt alumínium féknyereg esetében, amelyek segítségével képesek vagyunk a versenysport által meghatározott követelményeket teljesíteni (minimalizálni a rugózatlan tömeget, növelni a teljesítményt) A vizsgálat során keressük azt a rugalmassági modulus értéket (mint bemeneti paraméterek), amely összetett igénybevétel esetén is a valóságnak megfelelő deformációt eredményez. A bemeneti paramétereket jelentősen befolyásolják a VEM vizsgálatok eredményét ezért fontos jól meghatározni az anyagok jellemzőit. A valóságnak megfelelő anyagjellemzők segítségével a későbbiekben további vizsgálatok végezhetőek el a szimulációs program segítségével.

2. Anyagok és módszerek

A 7075T6-os alumínium ötvözetet olyan helyeken alkalmazzák, ahol nagy erőknek kell ellenállni az adott alkatrészeknek: (pl.: hadiipar, repülőgép ipar, gépjármű ipar, stb.) [2] Az általunk végzett féknyereg vizsgálat során is ezt az anyagot használtuk. Az anyagra jellemző rugalmassági modulusát három különböző módszer segítségével definiáltuk. Az első esetben műszaki táblázatok alapján határoztuk meg a 7075T6 anyag rugalmassági modulusát. A második esetben szakítóvizsgálat segítségével mértük meg az ötvözt alumínium rugalmassági modulusát, amely

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World)* 2 (2015) 1-8

ugyan abból az előgyártmányból készült, mint a féknyereg, a pontos összehasonlíthatóság érdekében. A szakítóvizsgálatot egy Zwick Z100 szakítógéppel végeztük el a ISO 6892-1 szabványnak megfelelően. A szabvány előírja, hogy vizsgálat során milyen próbatesten végezhetjük el a szakítóvizsgálatot. A vizsgálat során extenzométer segítségével határoztuk meg a rugalmassági moduluszt, amelynek mérési hossza 25 mm volt, ennek megfelelően a hengeres próbatest átmérője 5 mm volt (1/b ábra). Így hoztuk létre a szabvány által leírt arányos próbatestet. Menetes próbatestet és befogót készítettünk, amely így megfelelő csúszásmentes befogást eredményezett (1/a ábra)

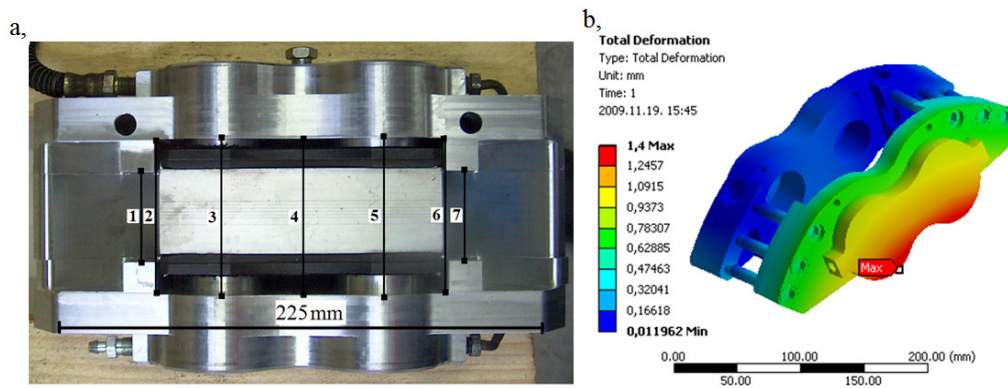


1. ábra. Próbatestek. a, arányos próbatest; b, Extenzométerre történő vizsgálat.

A harmadik módszer esetében deformációs méréseket végeztünk valós féknyergeren (2/a ábra) és ennek a mérésnek a végeselemes szimulációját készítettük el (2/b ábra). A vizsgálat során 7 keresztmetszetben vizsgáltuk a féknyereg deformációját (kinyílását).

A vizsgálat során az általunk tervezett és legyártott féknyergeren végeztünk vizsgálatot, így a szimuláció során használt modell geometriája teljes mértékben megfelelt a valós féknyergernek. Vizsgálataink során vérszfékezésnél 5 MPa nyomást mértünk. A szimuláció során háromszoros biztonsági tényezőt használva a nyomásértékek 0 MPa-tól 15 MPa -ig változtak.

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World)* 2 (2015) 1-8



2. ábra. Deformációs mérések. a, valós féknyergen történő mérés 7 keresztmetszetben; b, végeelem vizsgálat során meghatározott deformáció.

3. Eredmények

Műszaki táblázatok alapján több rugalmassági modulus értéket kaptunk a 7075T6 anyagra, amelyek értéke hasonló egymáshoz. A különböző forrásokból származó garantált rugalmassági modulus értékeket a 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Műszaki táblázatok alapján meghatározott garantált rugalmassági modulusok.

Forrás	Rugalmassági modulus
www.matweb.com[14]	71,7 GPa
www.makeitfrom.com [13]	72 GPa
Műszaki táblázat [4]	71 GPa

Látható, hogy az eredmények csak kis mértékben térnek el egymástól, ez adódhat az értékek kerekítéséből.

A második esetben arányos próbatestenen végeztünk szakítóvizsgálatot. A szakítóvizsgálat során felvett diagram lineáris szakaszán (4000 N és 8000 N között) vizsgáltuk a 7075T6 anyagra jellemző rugalmassági modulusot, amelyet ötször végeztünk el. A szakítóvizsgálat során kapott szakítódiagram a 3. ábrán látható, ami jól láthatóan nem lineáris, így egy állandóval csak önkényesen kiválasztott tartományban írható le, átlagos meredekségként.

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World) 2 (2015) 1-8*



3. ábra. Alumínium 7075T6 anyag szakítódiagramja

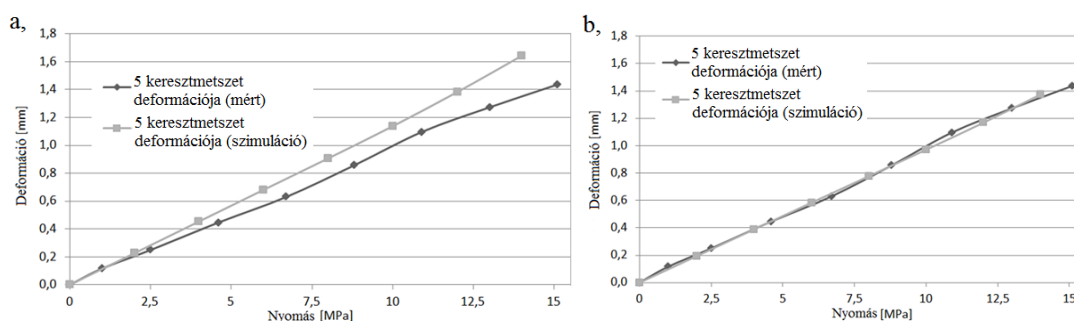
A mérés során 5 esetben vizsgáltuk meg a rugalmassági modulusot. A mérés során kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. Extesométerrel meghatározott rugalmassági modulusok

Mérések száma	Rugalmassági modulus [GPa]
1	65,1
2	64,5
3	64,5
4	65
5	65,2
Átlag	64,86

A harmadik esetben, amikor végelesemes program segítségével határoztuk meg az anyag rugalmassági modulusát. A vizsgálat során 7 keresztmetszetben határoztuk meg a féknyereg kinyílását a valós féknyereg esetében és a szimulációs modellen is. A szimulációs szoftverben meghatározott kezdeti paraméterek műszaki táblázatok segítségével lettek meghatározva, de a deformációs értékek eltértek egymástól (4/a ábra) ezért addig változtattuk a rugalmassági modulus értékét, amíg a vizsgált keresztmetszetekben (5. keresztmetszet: kezdetben itt volt a legnagyobb a különbség) hasonló eredményt nem kaptunk (4/b ábra). A vizsgálat során meg kellett változtatni az alumínium ötvözet rugalmassági modulusát a táblázati értékhez képest, hogy az adott keresztmetszetekben hasonló deformációt kapjunk, mint a valós mérés esetén. A vizsgálat során akkor egyeztek meg a deformációs értékek, ha bemeneti paraméterként 82,4 GPa alkalmaztunk rugalmassági modulusként.

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World) 2 (2015) 1-8*



4. ábra. Deformáció méréseinek paramétereit. a, deformáció az 5 keresztmetszetben kezdeti paraméterekkel; b, deformáció az 5 keresztmetszetben valós paraméterekkel.

4. Következtetések

A vizsgálat célja az volt, hogy szoftveres vizsgálatok során a féknyereg anyagának rugalmassági modulusának értéke mekkora legyen, mint bemeneti paraméter, ami megfelelően közelíti a valóságot. A három módszer szerint határoztuk meg az alumínium 7075T6-nak a rugalmassági modulusát. Első esetben műszaki táblázatok ajánlását használtuk, második esetben szakítóvizsgálat segítségével, majd végelelemes vizsgálat segítségével határoztuk meg az ötvözött alumínium rugalmassági modulusát. Mindhárom esetben más eredményt kaptunk. A különböző esetekben kapott rugalmassági modulus értékeket a következő táblázatban foglaltuk össze, ahol meghatároztuk az eredmények eltérését a végelelemes vizsgálatához képest (3. táblázat).

3. táblázat. *Eltérő módon meghatározott rugalmassági modulusok.*

Adatok meghatározása	Rugalmassági modulus	Rugalmassági modulusok %-ban
Műszaki táblázatok	71,6 GPa	87%
Szakítóvizsgálat	64,8 GPa	79%
VEM szimuláció	82,4 GPa	100%

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a valóságot legjobban közelítő eredményt a végelelemes vizsgálat során kaptuk, ahol a teljes féknyereg viselkedését vizsgáltuk. A vizsgálat során a többi eredményt ezzel az értékkel hasonlítottuk össze. Egy összetett igénybevételű alkatrész esetében nem használhatjuk a szakítóvizsgálat esetén mért értékeket, mert azok 20%-kal

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World) 2 (2015) 1-8*

eltérnek a valós értékektől, amelynek oka, hogy a szakítóvizsgálat során egytengelyű igénybevétel során határozták meg a rugalmassági modulus. A műszaki táblázatok által javasolt érték az egytengelyű szakítóvizsgálat és az összetett igénybevételnek kitett alkatrész vizsgálata által meghatározott értékeknek nagyjából az átlaga. Tervezés vagy optimalizálás első lépéseként kezdeti bemeneti paraméternek használható a táblázatos érték, de a későbbiek során érdemes a szimulációs szoftverben használt paramétereket identifikálni prototípus mérése után, amelyet a későbbi optimalizálásnál fel lehet használni.

5. Összefoglalás

A mérnöki gyakorlatban számos esetben programokat használunk, amelyek segítségével gazdaságosabb és gyorsabb termékfejlesztés valósítható meg. A valós tesztek előtt számos konstrukció megvizsgálható és optimalizálható, ha a bemeneti paraméterek a valóságnak megfelelőek. Az egyik ilyen paraméter az anyag rugalmassági modulusa, ami meghatározza az adott anyag viselkedését. A vizsgálatunk során egy négy dugattyús ötvözött alumínium (7075T6) féknyerget vizsgáltunk. A vizsgálat során 3 módszer segítségével határoztuk meg az anyag rugalmassági modulusát, amelyet felhasználunk további végelelemes vizsgálatokhoz. Egyik esetben műszaki táblázatok segítségével határoztuk meg a rugalmassági modulusát, ami 71,7 GPa volt. A másik esetben szakítóvizsgálattal határoztuk meg az ötvözött alumínium rugalmassági modulusát, ebben az esetben 64,8 GPa-t kaptunk. A harmadik esetben végelelemes szimuláció identifikálásával határoztuk meg a rugalmassági modulusát, ami 82,4 GPa volt. A vizsgálatok során megállapítható, hogy jelentős eltérés tapasztalható egytengelyű igénybevétel és összetett igénybevétel esetén. A műszaki táblázatok esetén meghatározott érték megközelítőleg végelelemes vizsgálat és a szakítóvizsgálat által meghatározott érték átlaga, így ez az érték a tervezés első lépéseként, alap információszerzésre mindenképpen alkalmas, de a pontos eredmény érdekében érdemes identifikálni a modellt valós mérések segítségével. Továbbá megállapítható, hogy a rugalmassági modulus értéke nem állandó, így az adott körülmények közt eltérő állandó értékekkel lehet jól modellezni.

Irodalomjegyzék

- [1.] Adolf Frischherz - Wilhelm Dax - Klaus Gundelfinger - Werner Häffner - Helmut Itschner - Günter Kotsch - Martin Staniczek (2013) Fémtechnológiai táblázatok, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft.
- [2.] Alloy 7075 plate and sheet, Alcoa
- [3.] Beer György (1988) Mezőgazdasági gépek gyártása, Mezőgazdasági Könyvkiadó- műszaki könyvkiadó)

Horvath A., Oldal I., Kalácska G., Andó M., *Anyagok Világa (Materials World) 2 (2015) 1-8*

- [4.] David M. Stobbe , (2005) Acoustoelasticity in 7075-T651 aluminum and dependence of third order elastic constants on fatigue damage, In partial fulfillment of the requirements for the degree masters of science, pp17
- [5.] E. Pintér, L.Kátai, I. Szabó, E. Szabó, T. Nagy, (2013), Stress optimization process of bevel gearbox housing with six axes, 5th International Conference on Sustainable Construction and Design
- [6.] I. Alfonso, O. Navarro, J. Vargas, A. Beltrán, C. Aguilar, G. González, I.A. Figueroa (2015) FEA evaluation of the Al4C3 formation effect on the Young's modulus of carbon nanotube reinforced aluminum matrix composites, Composite Structures, Volume 127, pp. 420–425
- [7.] ISO 527-1:2012
- [8.] ISO 6892-1:2011
- [9.] ISO 6892-2:2010
- [10.] Pék Lajos, (2004), Anyagszerkezet tan és anyagismeret, mezőgazdasági Szaktudás kiadó
- [11.] R.R. Magalhaes, R.A. Braga Jr., B.H.G. Barbosa (2015) Young's Modulus evaluation using Particle Image Velocimetry and Finite Element Inverse Analysis, Optics and Lasers in Engineering, Volume 70, pp. 33–37)
- [12.] www.essom.com/upload/eng_data/23.pdf
- [13.] www.makeitfrom.com
- [14.] www.matweb.com