X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

ALUMÍNIUM KÖRCSŐ ALAKVÁLTOZÁSÁNAK VÉGESELEMES ANALÍZISE

Dúl Róbert, Dr. Jármai Károly

Összefoglalás

A finite element analysis was made to explore the buckling behaviour of an aluminium tube. The tube was exposed to axial compression and the deformation style of the tube was analysed. This quasy-static model is the basis of a dynamic one in which the optimum cross sectional parameters of the tube will be determined.

Alumínium körcső alakváltozását vizsgáltuk végeelem analízis segítségével. A csövet tengely irányú nyomásnak tettük ki és megfigyeltük, hogy az adott geometriai méretekkel rendelkező cső milyen alakváltozást szenved el. E kvázi-statisztikus vizsgálat alapját képezi egy dinamikus analízisnek, melyben hossztengety irányú nyomásnak kitett alumínium körcső optimális keresztmetszeti méreteit határozzuk meg.

1. Bevezetés

Az autóipari fém szerkezetekkel kapcsolatban a megbízhatóság, jó gyárthatóság mellett jelentkezik a tömegcsökkentés igénye illetve az, hogy a karosszériák legyenek egyre biztonságosabbak. A tömegcsökkentés és a biztonság növelése például a szerkezet merevségének fokozásával két, látszólag egymásnak ellentmondó tényező. E két feltétel akár egyidejűleg is megvalósítható könnyűfémek, mint például az alumínium vagy magnézium alkalmazásával.

Az utasok biztonságának növelése egy alumínium térváz esetében energia elnyelő elemek beépítésével történik. Ezek az elemek az ütközési energiát alakváltozás formájában emésztik fel. Formájuk, keresztmetszetük különböző lehet, sőt a baleset közbeni alakváltozást még hideg állapotban végrehajtott képlékeny alakítással – előzetes deformációval - is fokozhatják.

E cikkben leírt vizsgálat során egy első energiaelnyelő elemként funkcionáló alumínium körcső alakváltozását tanulmányoztuk végeelem analízis segítségével. Megvizsgáljuk, hogy a hossztengety

irányú nyomásnak kitett cső alakja milyen módon változik, a cső geometria milyen mértékben befolyásolja ezt az alakváltozást.

A vizsgálat eredményei elősegítik annak a kérdésnek későbbi megválaszolását, hogy adott kezdeti hosszúság mellett milyen optimális átmérő és falvastagság érték eredményezi a minimális tömeg – legnagyobb elnyelt energia célfüggvény értékeit.

2. Cső geometria

A kezdeti geometriai paraméterek kiválasztásában a csövek axiális összerogyása témában keletkezett irodalomra támaszkodunk. Andrews és szerzőtársai [1] kísérleti eredmények alapján meghatározták a körszelvényű alumínium csövek kvázi-statisztikus összenyomása során keletkező horpadási képeket. Cikkükben táblázatot közölnek a különböző L/D (cső hossz / cső belső átmérő) értékek és t/D (falvastagság / cső belső átmérő) értékek függvényében a várható horpadási képekről.

A kísérletek alapján hétféle horpadási képet különböztettek meg: ezek közül a két, energia elnyelés szempontjából legjelentősebb forma az a) harmonika (1.a ábra) és b) gyémánt alak (1.b ábra).

1.a ábra Harmonika alak

1.b ábra 3 oldalú gyémánt alak

A cikk megállapítja, hogy egységnyi hosszra vonatkoztatva a harmonika alak nyeli el a legtöbb energiát horpadása során, ezért arra törekszünk, hogy a vizsgálat alatt mindig ezt a horpadási formát érjük el. Az ilyen típusú alakváltozáshoz a keresztmetszetnek a cikkben közölt táblázat alapján a $0.5 < L/D < 5$ és $0.02 < t/D < 0.1$ határok között kell lennie. D a cső belső átmérője, t a falvastagsága, L a cső kiindulási hossza.

A cső keresztmetszeti méreteinek kiválasztásához az ALCOA-Köfém Kft. Profilkatalógusát használjuk fel. A választást az is befolyásolja, hogy a kiválasztott keresztmetszet a mérettábla „közepén” helyezkedjen el, azaz a későbbi optimalizálás során legyen lehetőség a méretekkel mind a kisebb, mind a nagyobb átmérők és falvastagságok irányába elmozdulni. Ennek megfelelően és $L=250\text{mm}$ csőhosszúságot feltételezve a kiválasztott méretet az 1. táblázat mutatja be, ahol D' a cső külső átmérője.

D' [mm]	t [mm]	L/D	t/D
90	4	3.048	0.048

1. táblázat Katalógusból választott cső keresztmetszeti méretek

3. Alapanyagok

A cső anyagának kiválasztása során is az ALCOA-Köfémekben gyártott ötvözetek adatait használjuk fel [2]. Ezen ötvözetek közül vizsgálatainkhoz az alábbi jelöltük meg.

Ötvözet	Állapot	$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_5 [%]	E [MPa]	ν
6060	T1	65	130	15	69500	0.33

2. táblázat A vizsgálathoz felhasznált alumínium ötvözet jellemzői

4. Analízis

A kvázi-statisztikus vizsgálat végrehajtásához az MSC.Software cég MSC.PARTAN általános elő- és utófeldolgozóját, illetve az MSC.MARC nevű megoldóját használjuk.

A 250 mm magas cső középfelületét modelleztük, e középfelületre a kör kerülete mentén és a cső magasságának irányában is 50-50 db 4 csomópontos négyszögletes elemet helyeztünk el. A cső összenyomására használt két felületet tökéletesen merevnek tételezzük fel. Az egyik véglapot rögzítettnek, a másikat mozgónak vesszük fel, a mozgó felületre terhelésként z-irányban (a hossz tengellyel párhuzamosan) 125 mm-es elmozdulást írunk elő. Peremfeltételként előírjuk még, hogy a cső rögzített végén az elemek elmozdulása 0 legyen (az elemek elfordulását a cső egyik végén sem akadályozzuk).

Az alumíniumot izotróp anyagként vizsgáljuk és két konstitutív modellt veszünk fel:

1. Rugalmas szakasz: megadva a rugalmassági moduluszt és a Poisson-tényezőt.
2. Képlékeny szakasz: azon belül is rugalmas-képlékeny típus Mises folyási kritériummal és lépésenkénti lineáris közelítéssel.

Az analízis során azt várjuk, hogy az elemek a két merev véglappal és egymással is érintkezni fognak, ezért a szimulációba kontakt analízist is beépítünk.

5. Eredmények

Az analízis eredményeit a terhelésként előírt 125mm-es elmozdulás kezdeti szakaszára mutatjuk be. A vizsgálatok részeredményei megegyeznek az irodalomban fellelt kísérleti eredményekkel és elméleti levezetésekkel.

Az irodalomban leírt jellegzetes hordósodás először a két véglaphoz közeli területen érzékelhető a 2.a, 2.b és 2.c ábrán bemutatottak szerint. A deformált alakra elhelyezett színskála az alakváltozás mértékét mutatja be. A megjelenített elmozdulás azért aszimmetrikus, mert csak a pozitív x irányú komponenseket ábrázoltuk. Így ugyanis a kis mértékű, a cső közepénél elkezdődő gyűrű kialakulás – mely az x irányban jelentkezik leglátványosabban - nyomon követhető. A [4] irodalomban közzétett kísérletek azt mutatják, hogy a cső két végén a kihordósodás minden esetben megjelenik, függetlenül a később kialakuló horpadási képtől, legyen az harmonika vagy pedig gyémánt alakú.

Alakváltozás 3mm (5.a), 7mm (5.b) és 18mm (5.c) összenyomódásnál

6. További feladatok

Az irodalom túlnyomó többsége kvázi-statikuss vizsgálatokat ír le, és elsősorban ezen analízis végrehajtását tekintjük elsődleges feladatunknak. Azonban a valóságban e horpadási folyamat nagy sebességgel zajlik le, amely alakváltozás során a szerkezeti anyagok a kvázi-statikuss folyamattól eltérő módon viselkednek. Ezt a modellezést már kifejezetten nagy sebességgel rövid idő alatt lezajló, nagy alakváltozásokkal járó feladatok megoldására kifejlesztett végeselem kóddal, az MSC.DYTRAN-nal kívánjuk elvégezni. A teljes dinamikus horpadási folyamat elemzésével és az egyes lépésekhez tartozó alakváltozási energia értékek kiírásával lehetőség nyílik arra, hogy ezen értékekre függvényt fesszünk, melyet két paramétertől: a cső átmérőtől és falvastagságtól teszünk függővé. Ennek segítségével eljuthatunk egy elnyelt fajlagos energiát leíró célfüggvényhez és az optimaláshoz.

7. Irodalom

- [1] Andrews, K.R.F., England, G.L., Ghani, e.: **Classification of the axial collapse of cylindrical tubes under quasi-static loading.** Int. Journal of Mechanical Sciences. Vol. 25, No 9-10. pp. 687-696, 1983.
- [2] ALCOA EUROPE. **Standard sections.**
- [3] Singace, A.A. **Axial crushing analysis of tubes deforming in the multi-lobe mode.** Int. Journal of Mechanical Sciences. Vol. 41, pp. 865-890, 1999.
- [4] Bouchet, J., Jacquelin E., Hamelin P., **Dynamic axial crushing of combined composite aluminium tube: the role of both reinforcement and surface treatments.** Article in Press at Composite Structures, Cost 1690, Disk 29/10/01

Dúl Róbert, doktorandus

VARINEX Informatikai Rt. 1141 Budapest, Kőszeg u. 4.

Tel.: +36-1-273-3414, dulr@varinex.hu

Dr. Jármay Károly, egyetemi tanár, tudományos vezető

Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tsz., 3515 Miskolc-Egyetemváros

Tel.: +36-46-565-111/20-28, altjar@uni-miskolc.hu