

# DINAMIKUSAN TERHELT CSŐ ALAKVÁLTOZÁSÁNAK VÉGESELEMES VIZSGÁLATA

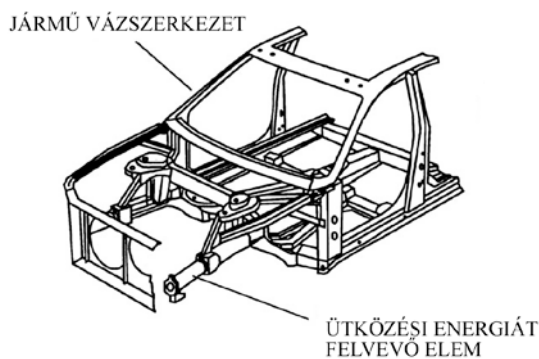
## FINITE ELEMENT ANALYSIS OF TUBES UNDER AXIAL CRUSHING

Szalai Judit PhD hallgató, Dr. Váradi Károly egyetemi tanár  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gép- és Terméktervezés Tanszék  
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9.

**ABSTRACT** This article deals with dynamically loaded tube deformation studies using finite element analyses. The tubes are prepared in different thickness, containing symmetrically arranged indentations which provides opportunity to examine the axial load induced processes, deformation and stress distributions. According to the results, at the edges of the cross-section the uniform stress distribution changes from constant to irregular stress distribution showing peak values.

### 1. BEVEZETÉS

Az energiaelnyelés fontos szerepet játszik a járműipari alkatrészek tervezésében, ahol a nagy intenzitású dinamikus terhelések enyhítésére jelentenek megoldást az ütközéscsillapító megoldások (1. ábra).



1. ábra: Energiaelnyelő elem alkalmazása a járműiparban [1]

A tervezők gyakorlati célja az, hogy a megfelelő merevséget és a strukturális terhelési maximumot megtalálják a járművek ütközésekor fellépő deformációs folyamatok figyelembevételével, ezért az ütközések során lejátszódó folyamatok modellezése fontos szerepet játszik az ütközésállóság tervezésében. A járművek ütközés szimulációjánál az utóbbi években egyre nagyobb teret nyertek a számítógéppel segített közelítő módszerek, melyekkel, az ütközési folyamatoknál térben és

időben lejátszódó folyamatok jó közelítéssel modellezhetők [2].

A deformációt leíró modellek leginkább a jármű elejének energiaelnyelő képességére és deformációjára fókuszálnak, mivel a leggyakrabban előforduló balesetforma a frontális ütközés a baleseti statisztikák szerint. A frontális ütközés során a jármű vázszerkezet deformációs és energiaelnyelő képességének erő, energia és alakváltozási kritériumoknak kell megfelelnie [3].

A vázelemek tervezett stabilitásvesztésnek megfelelő sorrendben történő tönkremenetele szempontjából fontos tényező, hogy az ütközés esetén ne sérüljön meg kritikus vázelem, és a jármű mozgási energiáját az előre meghatározott, kijelölt elemeknek kell deformációs munkával elnyelniük.

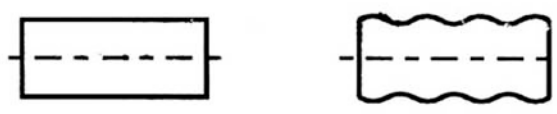
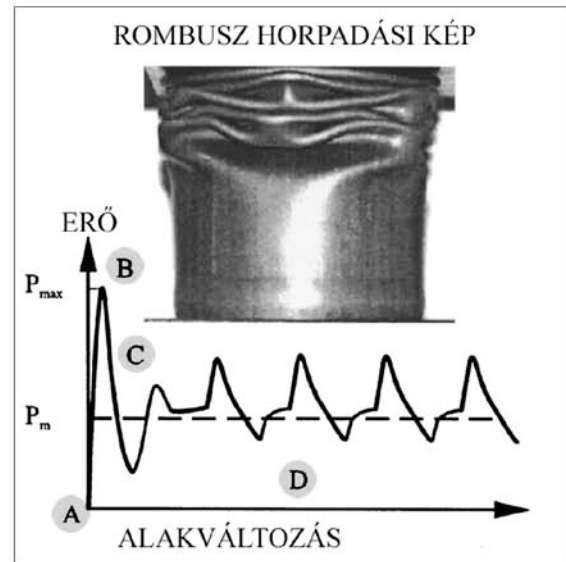
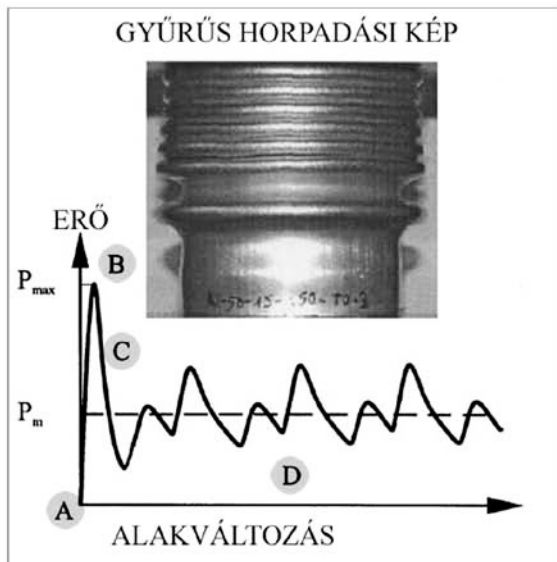
Az energiaelnyelő elem tervezése során tehát lényeges, a terhelés közben fellépő deformáció, horpadási mód és a hozzá kapcsolódó erőalakváltozás görbe paraméterfüggőségét előtérbe helyezni.

Az alakváltozás és energiaelnyelés befolyásoló főbb tényezők:

- geometria (méretek, bemetszések),
- anyagtulajdonságok (merevség, anyagi viselkedés),
- peremfeltételek (pl. befogott vagy nem befogott terhelt cső),
- terhelési feltételek (terhelés bevezetése, terhelés időtartalma).

Az ütközéscsillapító elemként alkalmazott, tengelyirányú terhelésnek kitett acél csövek optimális méretének meghatározása során, azok kísérleti horpadási képeiről számos szakirodalmi anyag lelhető fel.

A geometria, a csőhossz, a falvastagság és átmérő függvényében létrejövő gyűrűs és rombusz típusú gyűrődési minták (2. ábra) bizonyultak a legelőnyösebbnek az energiaelnyelés során [1].



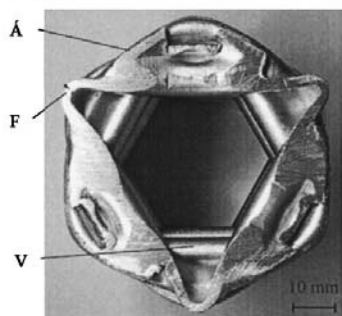
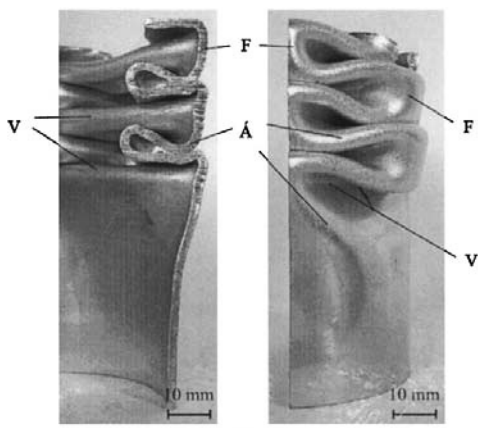
**A** DEFORMÁLATLAN ALAK    **B** DEFORMÁCIÓ KEZDETE

**C** GYŰRŐDÉS KEZDETE    **D** GYŰRŐDÉS TOVÁBBFEJLŐDÉSE

2. ábra: Tengelyirányú erővel terhelt cső jellemző horpadási módjai [1]

Az alakváltozási folyamat felbontható három horpadási szakaszra: átlós, vízszintes és függőleges horpadási módra, amit a 3. ábra töréseszt után félbevágott csöveken mutat be.

2. CSŐ GEOMETRIA ÉS VEM MODELLJE  
Munkánk során, végesselemez modellek segítségével azt vizsgáltuk, hogy a speciális kialakítású, szabályos benyomódásokat tartalmazó csőgeometria esetén, különböző falvastagság mellett, hogyan változik meg az energiaelnyelés és a horpadási folyamat egyenletessége.



**V:** VÍZSZINTES HORPADÁS. **F:** FÜGGŐLEGES HORPADÁS  
**Á:** ÁTLÓS HORPADÁS

3. ábra: Az energiaelnyelési folyamat során létrejövő gyűrődési minták [1]

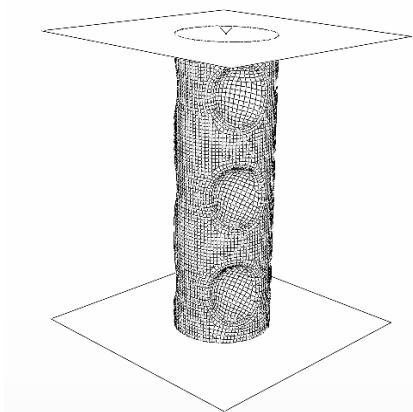
A kezdeti geometriai paraméterek kiválasztásában [4] a cső axiális, tengelyirányú horpadási viselkedésében a szakirodalomban fellelhető kísérletek alapján meghatározott deformációs folyamatok voltak a támpontok. A vizsgálat során használt anyagjellemzőket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: A modellezéshez felhasznált főbb anyagjellemzők

Anyagjellemzők	
Rugalmassági modulus ( $E_1, E_2$ )	210000MPa
Poisson-tényező ( $\nu_1, \nu_2$ )	0.3

Az ütközés egyszerűsített modelljeként, a cső tengely irányú nyomásnak volt kitéve, és az egyik véglapot mozgónak a másikat merevnek tekintettük.

A terhelt cső fő méretei: átmérő  $d=60\text{mm}$ , csőhosszúság  $L=170\text{mm}$ , falvastagság  $t_1=1\text{ mm}$ ,  $t_2=1,5\text{ mm}$  (4. ábra).



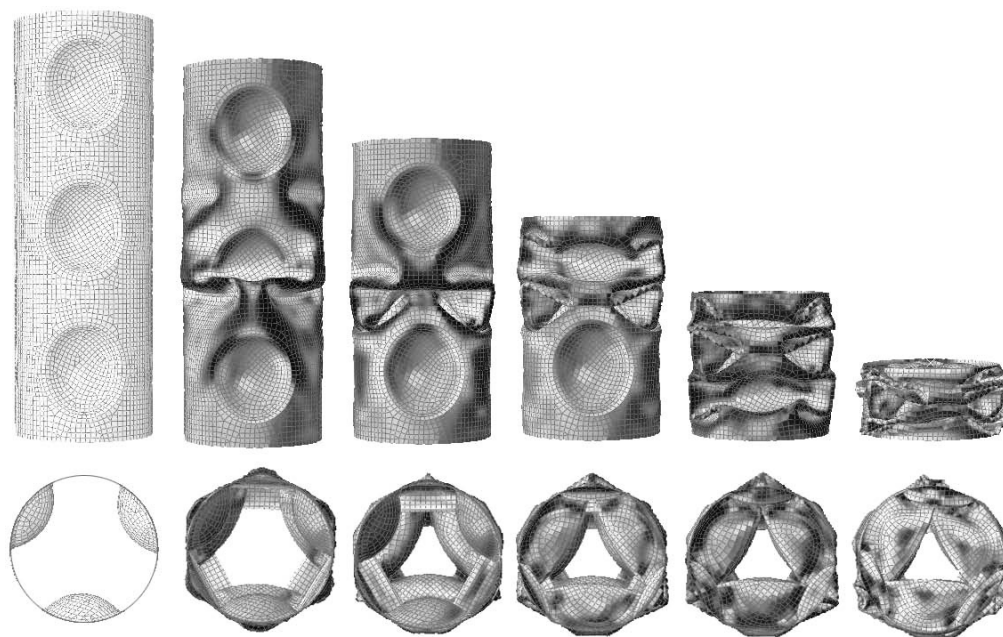
4. ábra: A felhasznált modell geometria

A ütközés időtartama 0,1 másodperc, az ütközés sebességét 30km/h-nak feltételezve, az ütközés kezdetekor a mozgó véglap kezdeti sebessége 8300mm/s, a rá ható tömegként 1000kg-ot adtunk meg.

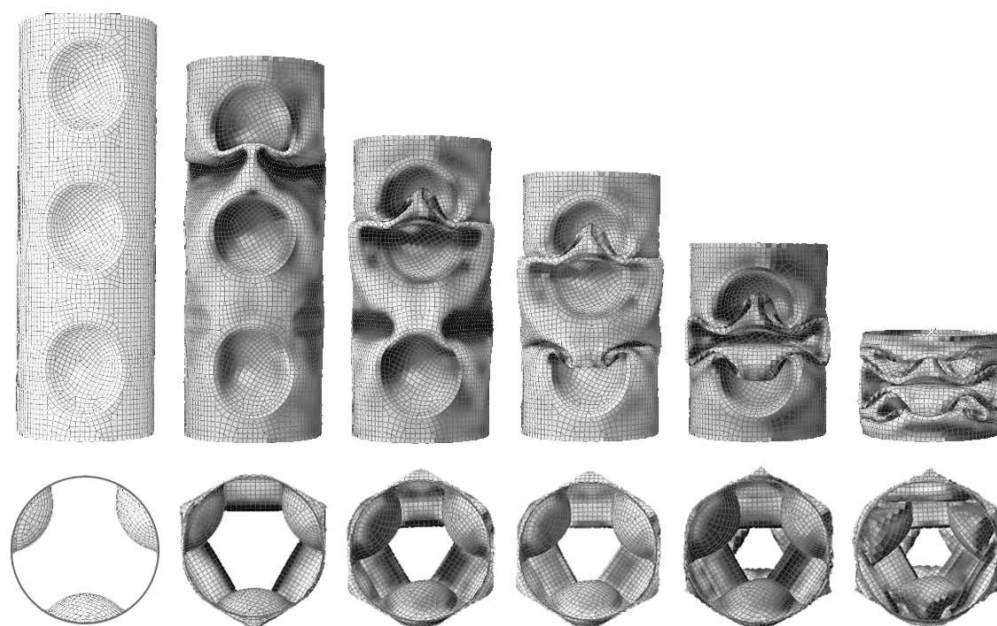
### 3. EREDMÉNYEK

01 cső esetén

A cső megfelelő merevséggel bír, falvastagsága 1 mm, viszonylag egyenletesen, folyamatosan nyeli el az energiát, a meggyengített keresztmetszetek gyűrődnek elsőként (5. ábra).

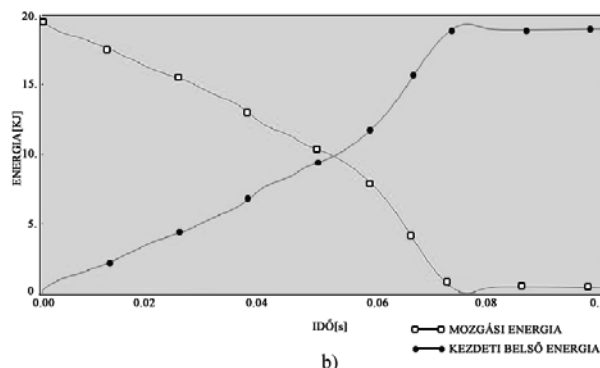
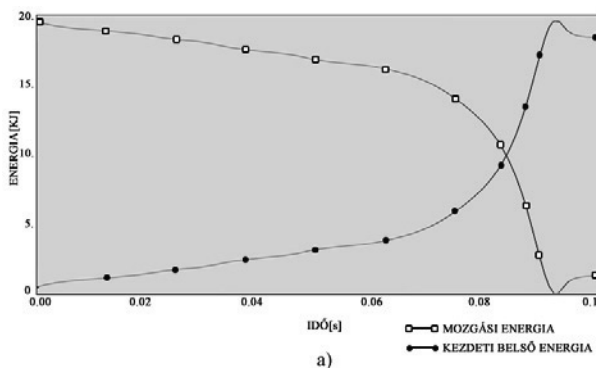


a) 01 cső ( $t_1=1\text{ mm}$ )



b) 02 cső ( $t_2=1,5\text{ mm}$ )

5. ábra: Horpadási kép oldal- és felülnézeti képe, változó falvastagság esetén



6. ábra: Mozgási és a kezdeti belső energia alakulása az idő függvényében  
a) 01 cső esetén, b) 02 cső esetén

#### 02 cső esetén

Az előző geometriájú cső falvastagságát 1,5 mm-re növeltük, ekkor a cső sokkal merevebb, erősebb.

Erőteljes horpadási viselkedés definiálható; a tönkremenetel a fedőlaphoz közeli területen érzékelhető elsőként jellegzetes horpadásként (5. ábra).

A belső energia függvény szintén folyamatosan, egyenletesen nagy merevséggel emelkedik, ami megmutatja, milyen jól torzul a cső (6. ábra).

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A merevséget összességében a falvastagság, lokálisan pedig a bemetszések határozzák meg.

Ha a cső bármely keresztmetszet környezetében a nyomóerő nagysága meghaladja a kritikus értékét, a felületen a nyomóerő irányában jelentkező hullámzással, horpadás alakul ki.

A bemetszések által okozott keresztmetszet csökkenések helyén, az eddig egyenletes eloszlású feszültség szintek követik a bemetszés alakját. Az energiaelnyelés során feszültségkoncentrációk lépnek föl.

A "feszültségáram" határozottan eltérül, a bemetszések környezetében, legnagyobb értéke jelentősen befolyásolja a cső alakváltozását.

A gyengített keresztmetszetek környezetében bekövetkező alakváltozások feszültségkoncentrációs érzékenysége lényegesen nagyobb.

A kapott eredményekből látható, hogy a szabályos benyomódásokkal kialakított forma a gyúrt alakot illetve a gyűrődést irányítottá teszi, ami jól mutatja azt, hogy alkalmazásával egyenletesebb horpadási kép jön létre.

A keresztmetszet változásoknak a csőbeli feszültségre gyakorolt összesített hatását az alak és feszültségkoncentráció együttesen befolyásolja.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1-2010-0009 program támogatja.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Marsoleka, J.- Reimerdesb, H.-G.: Energy absorption of metallic cylindrical shells with induced non axsymmetric folding patterns, International Journal of Impact Engineering 2004, pp.1209–1223.
- [2] Harmati, I.- Várlaki, P.: Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles, Acta Polytechnica Hungarica, 2007, pp. 19-20.
- [3] Vincze-Pap, S.: Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai, PhD dolgozat, Bp., 2008
- [4] Szalai, J.- Fodor, L.: Ütközésállóság vizsgálat és optimális méretezés lökhárító energiaelnyelő elemeinek esetén, XX. Nemzetközi Gépészeti Találkozó 2012, Kolozsvár, Románia, pp. 425-427.