

## JÁRMŰKAROSSZÉRIA VÁZSZERKEZETI ELEMEK KÉPLÉKENYALAKÍTÁSA

### FORMING OF VEHICLE-FRAME ELEMENTS

Béres Gábor<sup>1</sup>, Danyi József<sup>1</sup>, Végvári Ferenc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai KAR, Anyag-technológia Tanszék, Magyarország, 6000. Kecskemét, Izsáki út 10. Telefon: +36-76/516377, levelezési cím, beres.gabor@gamf.kefo.hu

#### Abstract

The motor of automotive materials' developers is to reduce the car weight, and increase the energy absorption at the same time. Possibilities to decrease car body structures, seems to be using of higher strength steels, and formed tubes as parts of the loaded elements. The manufacturing of tubes, with constantly variable cross-sections along the longitudinal axis requires special technologies. There are many different forming technologies of modern tube forming, in which the force-transmitter mediums differ. This report presents the results of the experimental work of tube forming by high inner pressure, with different transmitter medium.

**Keywords:** vehicle-body, hydroforming, elastic medium, explosion forming.

#### Összefoglalás

A fejlett járműkarosszéria megoldásoknak köszönhetően valós cél, a komoly energia elnyelő képességgel rendelkező, csökkentett súlyú járművek megalkotása. A célnak megfelelően úttörő szereppel bírnak, az egyre nagyobb szilárdságú acélok kifejlesztésére törekvő anyag-, és a szerkezeti elemek keresztmetszeti tényezőjének növelését célzó alap kutatások. Ennek felismerése tette lehetővé a váz szerkezet teherhordó elemeinek, csőszerű, zárt profilú termékekből történő gyártását. A hossztenge lyűk mentén, akár folyamatosan változó keresztmetszetű csövek különböző alakra, illetve méretre való kényszerítése sok esetben különleges technológiát igényel. A modern csőformázásnak több módszere ismert, melyek közötti fő különbséget az energia-átadó közeg adja. Kutatásunk során, csövek képlékenyalakítását végeztük nagy belső nyomással, és különböző mechanikai tulajdonságokkal rendelkező energia-átadó közegek felhasználásával.

**Kulcsszavak:** járműkarosszéria, hydroforming, rugalmas közeg, robbantásos alakítás.

#### 1. Bevezetés

A járműipar nagy mennyiségben használ fel különböző anyagminőségű, keresztmetszetű és falvastagságú csöveket. Alkalmazásuk a kerékpár, a motorkerékpár, sőt a gépjárművek vázszerkezetének építésében is jelentős. A csövek alakítására, tágitására, keresztmetszetük és

keresztmetszeti tényezőjük megváltoztatására alkalmazható eljárások:

- a belső nyomással végzett alakítások (hydroforming, vagy rugalmas közeggel történő alakítás),
- az elektrodinamikus (elektro-hidraulikus, elektromágneses) alakítások,
- és a robbantásos alakítás.

Nagyméretű lemezalkatrészek gyártásánál, ahol a kis darabszám a

felszerszámozást gazdaságtalanná tenné, mint például a repülőgépgyártás esetén, már a múlt században is alkalmazták a rendszerint a negatív formát helyettesítő gumipárnás, rugalmas közeggel történő alakítást. [1] A Kecskeméti Főiskola Anyagtechnológia Tanszéke is jelentős tapasztalatokkal, nagyszámú kísérleti eredménnyel rendelkezik, elsősorban rugalmas közeggel történő mélyhúzás területén [2]. A merev szerszámokkal történő alakításokkal szemben, rugalmas közeg alkalmazása esetén a lemez síkjára merőlegesen is ébred nyomó feszültség. Így ezeket a technológiákat a tudomány, a feszültségi állapot hatását kihasználó eljárások közé sorolja [4].

Kísérleteinkben rugalmas közeggel, poliuretán párnával, illetve robbantással történő csőtágítást valósítottuk meg.

## 2. Csőtágítás rugalmas közeggel

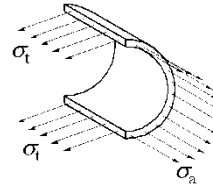
A kísérleteket Ø30x1mm falvastagságú S235JR anyagminőségű acélcsőveken végeztük. A csőből kimunkált próbatestekkel meghatároztuk azok mechanikai tulajdonságait (1. táblázat). Az erőátadó közeg 25 és 46 ShoreD keménységű poliuretán henger volt.

**1. táblázat.** Az alakított darabok mechanikai tulajdonságjellemezői

$R_{p0,2}$	$R_m$	$A_{80}$
[N·mm <sup>-2</sup> ]	[N·mm <sup>-2</sup> ]	[%]
307	425	29

### 2.1. Az alakítás erőszükségletének meghatározása

Az alakításhoz szükséges nyomóerő számításához a kazánformulát használtuk.



**1. ábra.** A csőfalban ébredő axiális, és tangenciális feszültségek

A kazánformula szerint a  $\sigma_t$  feszültség az alábbiak szerint számítható:

$$\sigma_t = \frac{D \cdot p}{2s} \quad (1)$$

ahol:

- $\sigma_t$  - a csőfalban ébredő tangenciális húzófeszültség [MPa];
- $D$  - a cső külső átmérője [mm];
- $p$  - a belső nyomás [MPa];
- $s$  - a cső falvastagsága [mm].

A megengedhető legnagyobb tangenciális feszültség ismert, hiszen megegyezik a mért szakítószilárdsággal. Az (1) összefüggésből kiszámítható az alkalmazható maximális nyomóerő mértéke:

$$p_{max} = \frac{2s \cdot R_m}{D} \quad (2)$$

Számításaink alapján  $p_{max}=28\text{MPa}$ . Irodalmi adatok és saját méréseink szerint [2, 3] a nyomás alatti poliuretán párnában a nyomáseloszlás nem teljesen felel meg a Newtoni folyadékban fellépő állapotnak. Méréseink során kimutattuk, hogy a köpenyben ébredő oldalirányú nyomás csak mintegy 0,8...0,9-szerese az axiális irányban ható nyomásnak. Ha a középértékkel számolunk (0,85), a poliuretán párna axiális irányú nyomása:

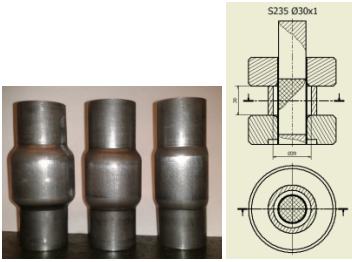
$$p_0 = p_{max} / 0,85 = 32,94 \text{ [MPa]} \quad (3)$$

Az axiális irányú csövet felszakító nyomóerő, Ø28mm nyomott felület esetén ~20300N.

### 2.2. Hengeres alakra történő tágítás

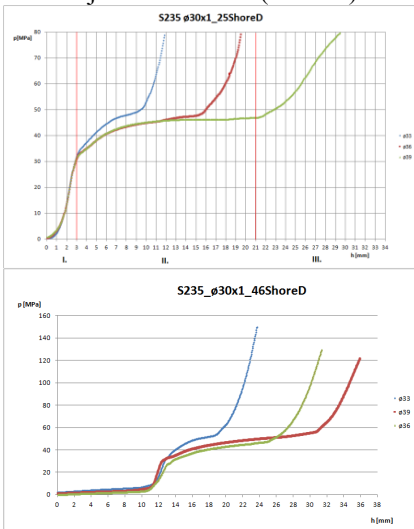
A különböző átmérőjű (Ø33, Ø36, és Ø39) hengeres darabok, és az azok elkészí-

téséhez gyártott szerszám vázlata a **2. ábrán** látható.



**2. ábra.** Különböző átmérőre tágított darabok, és a tágításhoz használt szerszám

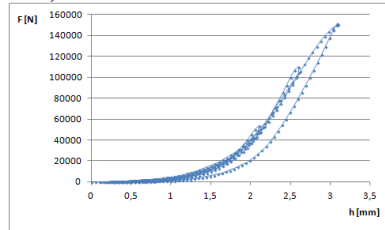
Az alakítás közben rögzítettük az erő-út diagramokat, amik a deformáció különböző szakaszait jól szemléltetik (**3. ábra**).



**3. ábra.** Eltérő ShoreD keménységű közeggel tágított darabok nyomás-út diagramja

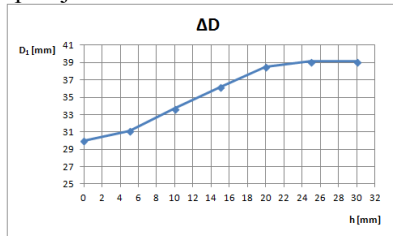
A diagramokból megállapítható, hogy az erő-átadó közeg tulajdonságainak változása nincs hatással a diagram egyenes alakváltozás szakaszának (II) és a formakitöltés kényszerítés szakaszának (III) jellegére. A különbség az I-es szakaszban, a közeg karakterisztikájára jellemző felfutásban (ami egy időben a cső rugalmas alakváltozását eredményezi) jelentkezik. Az egyes szakaszokban lejátszódó rugalmas, képlékeny, és nem egyenes képlékeny alakvál-

tozások közötti átmenet, illetve azok jellemzői, a tágítás folyamata közbeni leterheléssel (**4. ábra**), és a darabok legnagyobb átmérőjének mérésével vizsgálhatók (**5. ábra**).



**4. ábra.** Alakítási hiszterézis diagramok

Az alakítási hiszterézis diagramok egyértelműen kijelölik a képlékeny alakváltozás megindulását létrehozó nyomóerőt, ami megegyezik a **3. ábrán** látható diagramok ~30 MPa axiális nyomásnál jelentkező töréspontjaival.



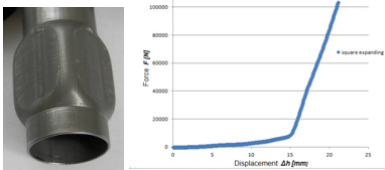
**5. ábra.** A legnagyobb külső átmérő változása a tágítás során.

A tágítás különböző szakaszaiból kivett minták átmérő növekedésének megváltozása azt a pontot jelöli ki, ahol az addig egyenesen alakváltozó csőfal eléri a szerszám belső felületeit. Ettől a ponttól kezdve, a forma hibátlan kitöltéshez szükséges alakváltozások, csak egyre növekvő nyomással hozhatók létre.

## 2.2. Négyzetes alakra történő tágítás

A négyzetes keresztmetszetre alakított darabot és erő-út diagramját a **6. ábra** mutatja. A csőfal egyes részei, a képlékeny alakváltozás megindulását követően közvetlenül felfekszenek a szerszám belső felületére, így az egyenes, és nem egyenes

deformációs szakaszok nem különíthetők el élesen egymástól.



6. ábra. Négyzetes alakítás

### 3. Robbantással történő csőtágítás

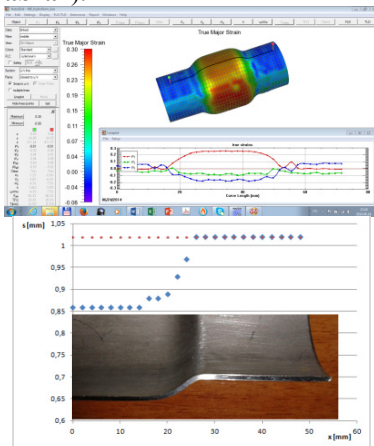
A robbantásos alakítás során a felszabaduló energiameennyiség, és annak alakító hatása nehézkesen tervezhető. A technológia beállítása sok kísérletet igényel.



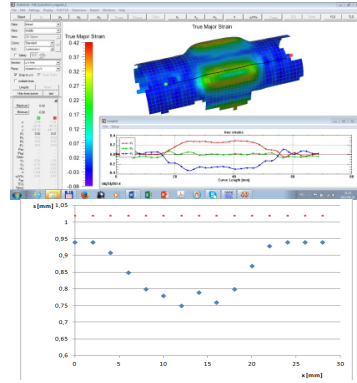
7. ábra. Robbantással készült csődarabok

### 4. Alakváltozások vizsgálata

Az egyes szegmensek alakváltozásának vizsgálatát mérőhálós darabokon, illetve a csövek metszeteiben vizsgáltunk. A mérőhálós elemzés, és a falvastagság mérés eredményei jó egyezést mutatnak (8-as és 9-es ábrák).



8. ábra. Ø30-ról Ø39-re tágított darab főalakváltozásainak vizsgálata a hossztengetly mentén



9. ábra. Ø30-ról □30-ra alakított darab mérőhálós vizsgálata és a falvastagság változása az egyik sarok környezetében

### 5. Következtetések

Rugalmas erőátadó közegként alkalmazott poliuretán párnával, és robbantással alakított csövek képlékeny alakváltozásának jellege nem függ a közeg jellemzőitől. Míg a robbantásos alakításnál a főalakváltozások eloszlása kevésbé egyenletes, a poliuretán közeggel történő alakítás jól kézben tartható, drága szerszámozást nem igénylő technológia.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Komarov, A.D.: *Stampovka Lisztovih i trubstih detalej poliuretanom*. L. LDNTP, 1975., 36.
- [2] Végvári, F.: *Sheetforming with elastic medium – Doctoral Dissertation University of Miskolc* 1995.
- [3] Popov, E.A.: *Osnovü teorii lisztovoj stampovki*, Moszkva, 1977. Masinosztroenie
- [4] Sheng, S., Tonghai, W.: *Research into the bulge forming of a tube under axial-radial compound forces and its application*, Journal of Materials Processing Technology 51 1995, sides 346-357

### Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 projekt részeként, Az Új Széchenyi Terv keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.