

# SODRONYKÖTELEK KÖTÉSE

## ROBBANTÁSSAL

*Dr. habil. Lukács László, tanszékvezető egyetemi docens,  
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Műszaki Építőmérnöki Tanszék*

*Szalay András, okl. villamosmérnök, robbantásvezető  
Bérczes Imre, okl. villamossági technikus, robbantásvezető,  
S-METALLTECH Kft. – Budapest*

### **1. A robbantásos fémalakítás elméleti alapjai**

A szilárd testek mechanikájában feltételezzük, hogy a test egy tetszőleges pontjában ható erő egyidejűleg hozza mozgásba az adott térfogatú test minden elemét, és az erővel arányos gyorsulást eredményez. Másik oldalról – a rugalmasságtanban megengedett, hogy a külső erők és a szilárd testben keletkező belső feszültségek között egyensúlyi állapot alakuljon ki. A nagy sebességgel végbemenő folyamatban, a lejátszódó jelenségek a testben létrejövő lökéshullámon keresztül jellemezhetőek.

A robbanás során létrejövő hatalmas nyomás csak néhány mikroszekundumig hat. A detonációsebességgel tovaterjedő (rövid idejű) nyomásimpulzus hatására, a fémfelületen kialakuló feszültségek, a sebesség nagyságától függően különböző módon terjedhetnek a céltárgy belseje felé. Ha a detonációsebesség nem éri el a hangsebességet, akkor a felületen képlékeny alakváltozás jön létre, mely elnyeli a robbanás során a fémmel közölt energia egy részét. Ez a képlékeny alakváltozás csak bizonyos mélységig terjed a fém belseje felé. Az alakváltozás mértéke a detonációs termékek közvetlen hatásának

helyétől távolodva gyorsan csökken. A detonáció során keletkező gáz halmazállapotú termékek nyomásának következtében kialakuló húzófeszültségek hulláma ebben az esetben viszonylag kis amplitúdójú, és rendszerint nem okozza sem a fém, sem a kialakuló kötés sérülését. Ezt használják ki a robbantástechnika egy speciális ága, a robbantásos fémalakítás és plattírozás (hegesztés) során. E műveletek során igen lényeges még a fémfelületről visszaverődő, valamint a különböző közegek fázishatárán áthaladó feszültség-hullámok hatása, továbbá a hullámok találkozási effektusa is. A test szabad felületével párhuzamos frontú sík lökeshullám, azonos amplitúdójú síkhullám formájában verődik vissza, de ellenétes feszültségű előjellel. A nyomóhullám ugyanakkor húzóhullám alakjában verődik vissza.

## **2. Robbanóanyagok alkalmazása a fémalakításban**

A fenti törvényszerűségeket felismerve, már az 1930-as években folytak kísérletek a robbanóanyagok alkalmazására, különböző fémalakítási eljárások során. Ezek eredményeként az 1950-es évek elején már ipari méretekben került felhasználásra a robbanóanyag robbanása során keletkező energia, lemezek és csövek alakítására.

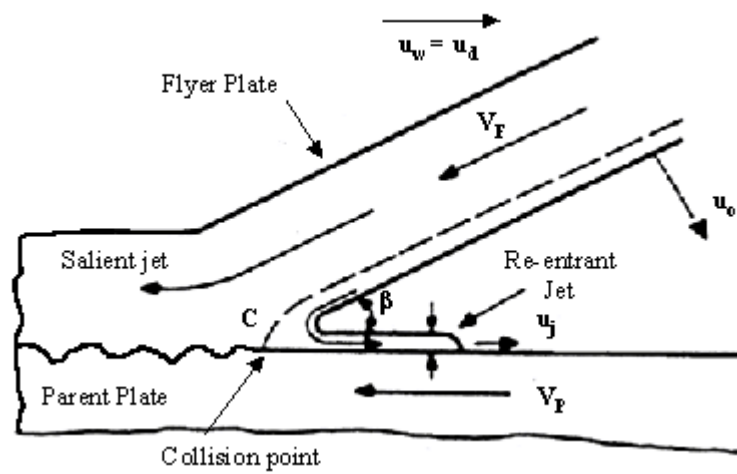
Alapvetően három fő területen találkozhatunk a robbantásos fémalakítással, fémmegmunkálással:

- Fémlamezek plattírozása, hegesztése során;
- Fémlamezek és fémcsövek képlékeny alakításakor;
- Fém- és kerámiaporok tömörítésekor.

### **2.1. Robbantásos plattírozás:**

A robbantásos plattírozás fémek kötésére alkalmazható eljárás, mellyel a legkülönbözőbb paraméterekkel rendelkező fémlamezek, illetve rudak és csövek szemben fekvő felületei között folyamatos, fémes kötés hozható létre. Külön kiemelő, hogy az eljárás során olyan fémeknél is létrehozható kötés,

melyeknél más, pl. hideg, vagy meleghegerlési, sajtolási módszerekkel ez nem valószínű meg.

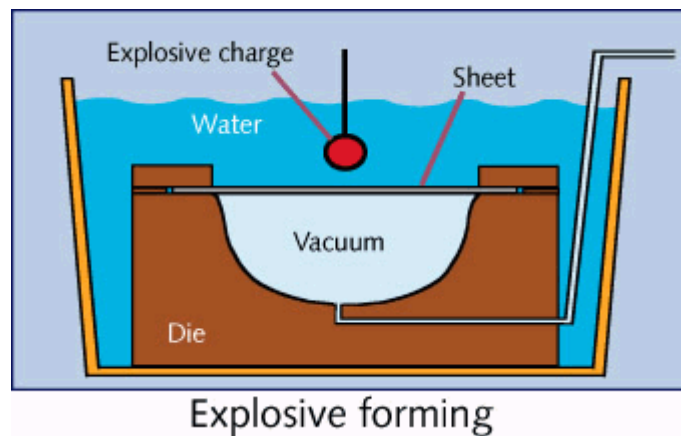


1. ábra: A robbantásos plattírozás elvi vázlat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <http://er6s1.eng.ohio-state.edu/~daehn/Panshikar/index.html>: Hemant M. Panshikar, B.Tech - COMPUTER MODELING OF ELECTROMAGNETIC FORMING AND IMPACT WELDING

## 2.2. Fémlemezek és fémcsövek képlékeny alakítása

Az eljárás során, az elkészített mintába (szerszámba) préselik bele robbantással, a fémlemezt, illetve csövet, mely ezáltal, felveszi annak a formáját. A robbanási lökeshullám energiáját általában víz segítségével juttatják az alakítandó felületre. Mivel csak a formát kell elkészíteni, továbbá egy medencére, és minimális robbanóanyagra van szükség, a módszer különösen gazdaságosan alkalmazható nagyméretű, ugyanakkor kis darabszámban szükséges munkadarabok, pl. tartályfenékek elkészítésekor.

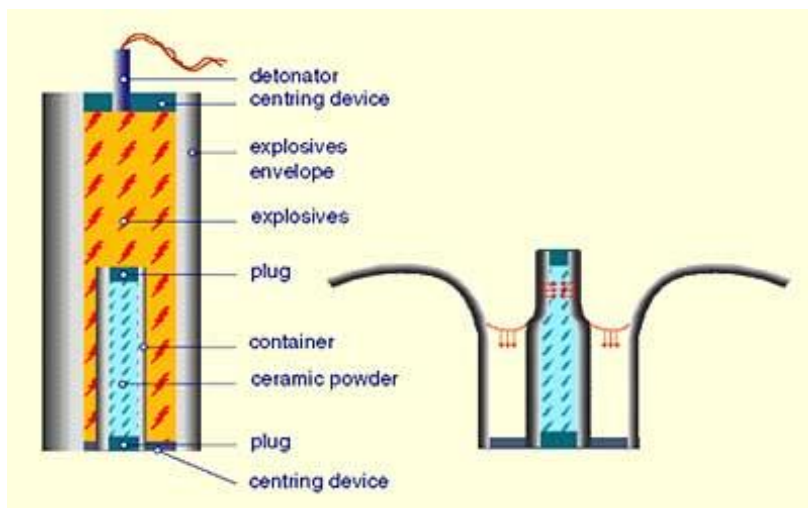


2. ábra: Robbantásos fémalakítás elvi vázlata<sup>2</sup>

## 2.3. Fém- és kerámiaporok tömörítése

Speciális anyagok előállításakor, pl. szupravezető gyártásnál került előtérbe a fém- és kerámiaporok robbantásos tömörítésének lehetősége.

<sup>2</sup> <http://www.exploform.com/old/Zindex2.htm>



3. ábra: A kerámia-por robbantásos tömörítésének elvi vázlata<sup>3</sup>

### 3. Hurok robbantása acélsodrony kötélre

A különböző külső munkahelyeken úgy az erdőgazdaságban, mint a bányauzemekben, az elektromos távvezetéseket üzemeltető szerveknél, vagy a katonai gyakorlatban széleskörűen alkalmaznak drótköteleket. Ezek igénybevétele során gyakori a szakadás, melynek helyszíni javítása nem, vagy csak nehézségek révén valósítható meg.

#### 3.1. Az alkalmazandó anyagokkal szembeni követelmények

A fenti fémalakítási technológiák, módszerek tanulmányozása során, először csak ötletként vetődött fel, az acélsodrony kötélre hurok robbantásának lehetősége. Elgondolásunk szerint, a kötélből kialakított hurokra egy fém csövet húzva, majd azt a cső hengerpalástja mentén megrobbantva, a cső rásajtolódik a hurkot alkotó kötelekre, megfelelő szilárdságú kötést biztosítva.

A *fémcsőnél* elsődleges szempontként, annak anyagának képlékeny alakíthatóságát tekintettük. Számításaink szerint, a cső anyagát a robbanás lökéshullámának be kellett préselnie a kötélpázmái közé. Ezért választásunk, a kereskedelmi forgalomban beszerezhető, Al 99,9 anyagú alumínium csőre esett.

<sup>3</sup> <http://www.pml.tno.nl/en/em/ceramic.html>

***A robbanóanyag kiválasztásánál több szempontot is figyelembe kellett vennünk:***

- A kereskedelmi forgalomban beszerezhető, az ipari és a katonai robbantástechnikában széleskörűen elterjedt robbanóanyag legyen, hiszen elsődlegesnek tekintettük azt, hogy ne kelljen külön, speciális robbanóanyagot beszerezni, mert ezáltal pont a módszer gyors, a sérülés helyén történő azonnali alkalmazhatósága veszett volna el;
- Könnyen felszerelhető legyen a csőre;
- Pontosán meghatározható, könnyen adagolható legyen a szükséges töltet mennyiség;
- Időjárástól függetlenül alkalmazható legyen a robbanóanyag, akár nedves körülmények között is;
- Gyutacsindítható legyen.

A fenti kritériumok alapján döntöttünk a robbanózsínór alkalmazása mellett. A kísérleteknél a magyar NIPENTEX robbanózsínórt alkalmaztuk, melynek töltet 13 g flegmatizált nitropenta folyóméterenként. A robbanózsínór ennek megfelelően jól adagolható, a felhasználandó mennyiség a technológiai utasításban pontosan meghatározható, a cső hengerpalástja mentén könnyen elhelyezhető és rögzíthető. Indítása akár villamos, akár pedig robbantógyutaccsal végrehajtható.

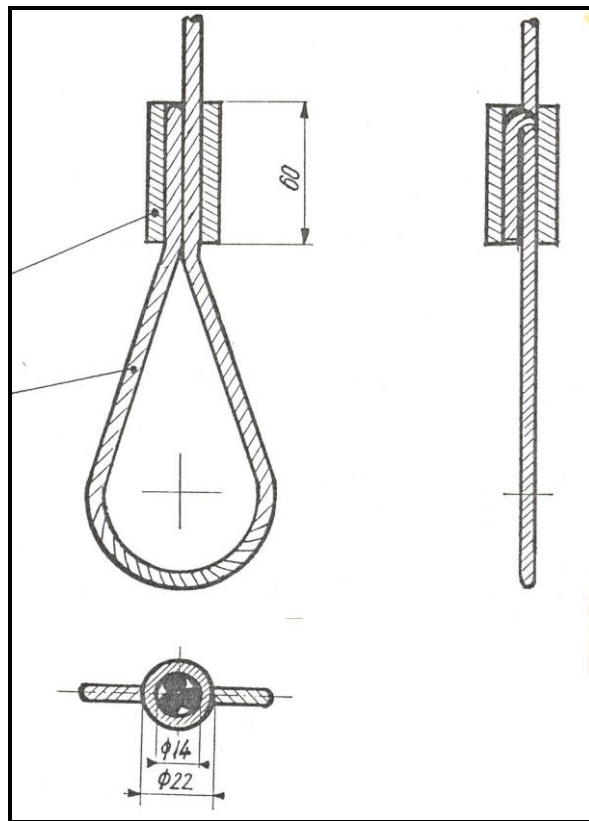
### **3.2. A kísérlet elve:**

Az acélsodrony kötélből az alumínium cső segítségével hurkot képezünk oly módon, hogy a rövidebb szálát visszahajtjuk a csőbe. Ezáltal a kötelek kitöltik a cső belsejét, kb. 120°-os elrendezéssel (lásd az ábrán).

A kötélből kialakított hurokra húzott cső adott hosszúságú szakaszán – annak teljes palástfelületén – akkora nyomást kell a robbanás lökéshullámával

létrehozni, hogy ez a cső anyagát képlékenyen alakítva, a kívánt mértékű alakváltozást (beszűkítést) hozza létre, ugyanakkor ne roncsolja a cső anyagát.

A cső palástfelületét körülvevő, egyenletes vastagságú, homogén robbanóanyag réteg detonációjának kiváltása után, a robbanás gázhalmazállapotú termékeinek nyomásfrontja, az adott robbanóanyag fajtára jellemző detonációsebességgel (az általunk alkalmazott robbanózsínórnál  $v=6500$  m/s) mozgó „húzógyűrűként” halad a cső tengelye mentén, elvégezve a csövön a kívánt alakváltoztatást.



4. ábra: Az acélsodrony kötelek elhelyezése a csőben

***Az eljárással az alábbi feltételeket kellett biztosítani:***

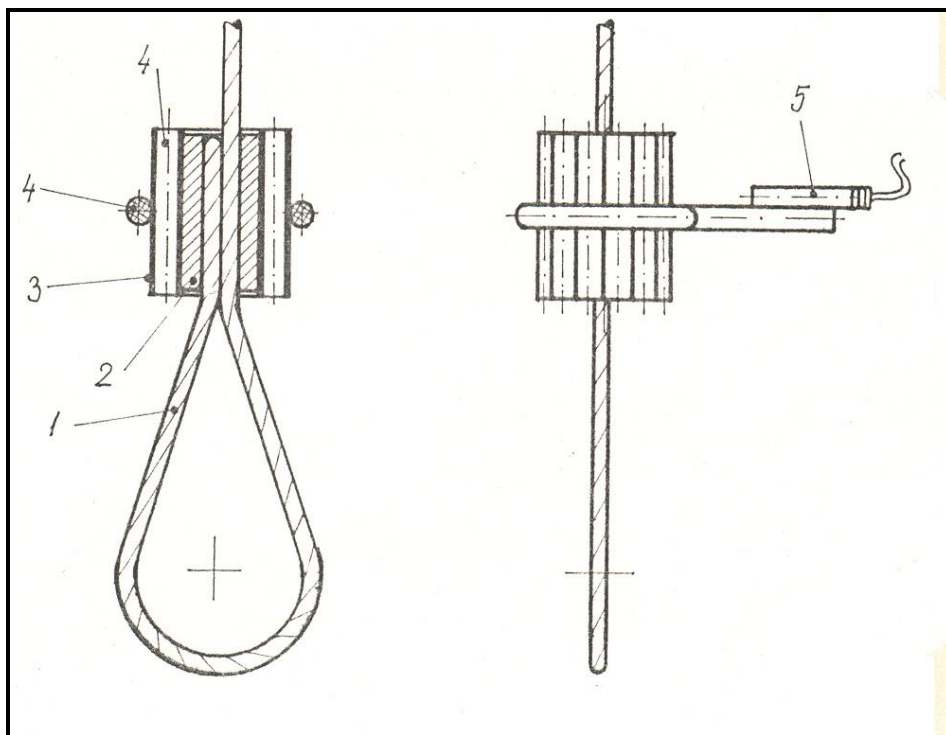
- Az alumínium cső rásajtolása a hurokra, a cső és a sodronykötél tönkremenetele nélkül menjen végbe;

- A képződő hurok a kötéltől által elviselendő szakítóerőt, de legalább a kötélen – a rendeltetésszerű használat során jelentkező húzóerőt – bírja ki.

### 3.3. A kísérleti robbantások tapasztalatai:

A hurkot tartalmazó alumínium csövön, 5 különböző módon elhelyezve a robbanószinórt, próbáltuk a legkedvezőbb megoldást megtalálni kísérleti robbantásaink során. A legkedvezőbbnek az alábbi ábrán bemutatott módon történő előkészítést találtuk, melynél egy elektródatartó szövet „heveder”-be helyeztük a robbanószinór szálakat, melyet az egész átmérőn körbetekert robbanószinórral indítottunk.

A robbanás eredményeként a cső bordázottá vált, de falai sehol nem vékonyodtak el olyan mértékben, hogy ezáltal szilárdsága csökkent volna.



5. ábra: A kísérlet elvi vázlata

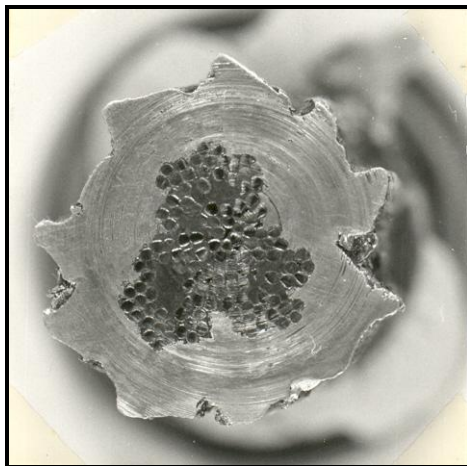
- 1 – drótkötél; 2 – alumínium cső; 3 – szövet „heveder”; 4 – robbanószinór;  
5 – villamosgyutacs



### 3.4. A kísérletek hatékonyságának ellenőrzése

A robbantásokat követően, a drótkötél-hurkok, a Műszaki Építőmérnöki tanszék építőanyag laborjának 3 t-ás szakítógépen, húzó igénybevételnek lettek kitéve. A szakítópróbák során, mind az öt kísérleti mintadarab olyan extrém terhelésnek lett kitéve, melynek során az acélsodrony kötelek elszakadtak, miközben egy hurok megcsúszott a kötélben, de nem bomlott ki egészen a kötélnek a tönkremeneteléig. A többi hurkon – így a bemutatott mintadarabnál is – elválkozás nem volt tapasztalható.

A szakítópróbák után, a bemutatott módon robbantott hurok csőborítását, a kötéllel együtt, középen keresztben elvágtuk (lásd a metszeti képet). A metszet tanúbizonysága szerint, az alumínium cső anyaga a várakozásnak megfelelően befolyt a pászmák közé, ezáltal nagyszilárdságú kötést biztosítva. A sodronykötél három szála felvette az ideális  $120^\circ$ -os helyzetet. Sem a sodronykötél, sem a cső anyaga nem sérült meg.



6. ábra: A robbantott hurok metszete

## Összefoglalás

A kísérleti robbantások azt bizonyították, hogy külső munkahelyeken, a rendelkezésre álló robbanóanyaggal és robbantási segédeszközökkel, gyorsan

elvégezhető a sérült kisátmérőjű drótkötelek javítása. A javasolt módszer semmilyen külön felkészültséget nem igényel.

Nem igényli a módszer új eszközök, felszerelések beszerzését, az adott technikai eszköznél alkalmazott drótköteleknek megfelelő alumínium cső, valamint az elektródatartó hevederek tárolandók a szerszámos ládában.

A kísérletek tapasztalatai szerint a robbantásnak repeszhatása nincs, a robbanás ereje a kötélvéget, mintegy 40-60 cm-re megemelte, majd az visszaesett a földre. Így, akár a jármű mellett, annak a robbanással ellentétes oldalán tartózkodva elvégezhető a robbantás.

Nagy előnynek tartjuk végezetül, a szerelés gyorsaságát. Egy-egy mintadarab előkészítésére kb. 2-3 percre volt szükség. Mivel a szerelés egyetlen eleme sem igényel speciális felkészültséget, így a módszer külön oktatás nélkül is alkalmazható.

### **Irodalomjegyzék:**

1. Lukács László: „A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai” – kandidátusi értekezés, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1995.
2. Dr. Bohus – Horváth – Papp: Ipari robbantástechnika – Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.)
3. Szalay András – Bérczes Imre: Robbantásos fémmegmunkálási eljárások – Műszaki Katonai Közlöny, Budapest, 1992/3. szám
4. Köhler J. – Meyer R.: Explosives – Fourth, revised and extended edition – VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1993.
5. Prümmer, Rolf: Explosivverdichtung pulvriger Substanzen – Springer-Verlag, Berlin, 1987.
6. Konon, J. A.: Szvarka vzrivom – Masinosztroenie, Moszkva, 1987.