

# XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

## LÉZERSUGARAS TECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE NITINOL SZTENTEK VÁGÁSÁHOZ

**NAGY Péter, KATONA Bálint, LENGYEL Ákos, BOGNÁR Eszter,  
HIRSCHBERG Kristóf, DOBRÁNSZKY János**

### Abstract

In the European Union the most often reason of deaths is the disease of the cardiovascular system. The so called stent is a biocompatible metal mesh which is inserted in the narrowed section of the artery to dilate and prop it up; hereby it ensures continuous flow of blood. In pursuance of our research stents made of shape memory Ni-Ti alloy (nitinol) were investigated which can be exceedingly applied in peripheral arteries.

During our experiments, we examined a laser cut and etched nitinol tube. In the course of cutting the amount of burr and the surface quality after etching is the most important in the later usage of the stent. So our primary goal is to define the optimal parameters of laser cutting, and time interval of etching.

If we know these parameters, than we can create equal quality stents with high confidence for further researches and contingent medical usage.

**Keywords:** nitinol, stent, laser cutting, chemical etching

### Összefoglalás

Az Európai Unióban a halálesetek leggyakrabban a szív- és érrendszeri betegségekre vezethetőek vissza. A sztent egy olyan speciális biokompatibilis fémháló, amelyet a szűkült érszakaszba helyezve kitágítja és megtámasztja az eret, így biztosítja a vér akadálymentes átáramlását. Vizsgálatainkban alakemlékező nikkeltitán-öt-vözetből (nitinolból) készült sztentekkel foglalkoztunk, amelyeket kiválóan alkalmazhatunk perifériás erekben.

Kutatásunk során egy nitinol csőből lézerrel kivágott, majd maratott sztentet vizsgáltuk. A vágás során keletkező sorja mennyisége és a maratással elért felületi minőség döntő szempont a sztent későbbi felhasználása szempontjából, így elsődleges célunk a lézervágás optimális paramétereinek meghatározása, és az így kialakított sztent megfelelő maratási idejének meghatározása volt.

Az optimális vágási és maratási paraméterek ismeretében nagy biztonsággal lehet azonos minőségű sztenteket készíteni a további kutatások és az esetleges orvosi felhasználások céljából.

**Kulcsszavak:** sztent, lézERSUGARAS VÁGÁS, kémiai maradás

### 1. Bevezetés

Az Európai Unióban a halálesetek leggyakrabban a szív- és érrendszeri betegségekre vezethetőek vissza. A sztent egy olyan speciális biokompatibilis fémháló, amelyet a szűkült érszakaszba helyezve kitágítja és megtámasztja az eret, így biztosítja a vér akadálymentes átáramlását. Vizsgálatainkban alakemlékező nikkeltitán-öt-vözetből (nitinolból) készült sztentekkel foglalkoztunk, amelyeket a nitinol különleges tulajdonságait kihasználva kiválóan alkalmazhatunk perifériás erekben [1,2].

A nitinol sztentek vágásához leggyakrabban Nd:YAG lézERSUGARAS berendezéseket alkalmaznak. A

szakirodalomban az említett lézersugaras berendezésen változtatható paraméterek hatásvizsgálataival foglalkoznak elsősorban. A vágási paraméterekkel és a felület minőségével számos tanulmány foglalkozik, de csak kevés esetben találunk olyan alkalmazási példát, amelyben a vágott felület minősége és a berendezésen változtatható paraméterek hatásait együttesen vizsgálják [3-5]. Az általunk elvégzett kísérletek nehézségét a kis átmérő, valamint az egyedi mintázat kialakítása jelentette.

A lézeres vágást követően a sztentek felületkezeléséhez, a megfelelő felületi minőség kialakításához kémiai maratást és elektropolírozást alkalmaznak [5]. A sztent részegységeként bordának nevezzük a sztent-mintázatot kialakító elemeket.

## **2. Nitinol csövek vágása Nd:YAG lézerrel**

A sztenteket 1,04 mm belső átmérőjű és 0,10 mm falvastagságú Ni-Ti (nitinol) csőből Nd:YAG lézerrel vágtuk ki. A lézersugaras vágás paramétereinek meghatározásához kísérletsorozatokon keresztül jutottunk. Tekintettel arra, hogy egy adott paraméter megváltoztatása hatással van az összes többi beállításra, ezért adott kísérletsorozatban csak az adott paramétert módosítottuk. Célunk egy olyan munkatartomány meghatározása volt, amelynél az anyagot át lehet vágni. Az alábbiakban bemutatjuk a kísérletek során elért főbb eredményeinket:

- 3 mJ vagy annál nagyobb energiabeállítás átvágta az anyagot, azonban az 5 mJ energiával való vágás során az anyag már beégett. A sztent bordáinak kialakításához 3 mJ energia is elegendő, és ekkor a vágással szemközti oldal nem károsodik, így a későbbiekben ezt tekintettük irányadó értéknek;
- megállapítottuk, hogy nitinol cső vágásához megfelelő a szokásosan alkalmazott 6 bar nyomású argon gáz;
- kisebb, 2,8 mJ energia is elegendőnek bizonyult, viszont a mintázatból a kivágott darabok nem estek ki, amelyre a maratás azonban megoldást adhat;
- a fókuszávolság optimális beállítását a gyártó tudásbázisából felhasznált paraméterhalmaz segítségével tettünk meg, így a kivágott darabok is kiestek a mintából;
- a teljes sztent-mintázat kivágásához 2,4 mJ energia is elegendő, és így kisebb a kialakult hőhatás-övezet, mint a nagyobb energiával történő vágás során.

A kísérletek eredményeinek kiértékelésével kapott paraméterhalmaz alkalmas nitinol sztentek gyártására. Ezekkel a paraméterekkel elkészítettük a maratási kísérletekhez megfelelő számú mintadarabot.

## **3. Nitinol sztentek maratása**

A finomabb felületi minőség eléréséhez a legyártott sztenteket kémiai maratással kezeltük. Ennek során egy ultrahangos tisztító berendezést és maratópácot (hidrogén-klorid (HCl) és salétromsav (HNO<sub>3</sub>) elegye, 1:3 arányban hígítva, 50 ml maratópác és 150 ml desztillált víz keverékeként) alkalmaztunk. Célunk a maratási idő meghatározása volt, amelyhez 18 darab nitinol sztentet használtunk fel. A maratási folyamatot 60 másodperccel kezdtük és minden egyes mintánál 30 másodperccel növeltük ezt az i-

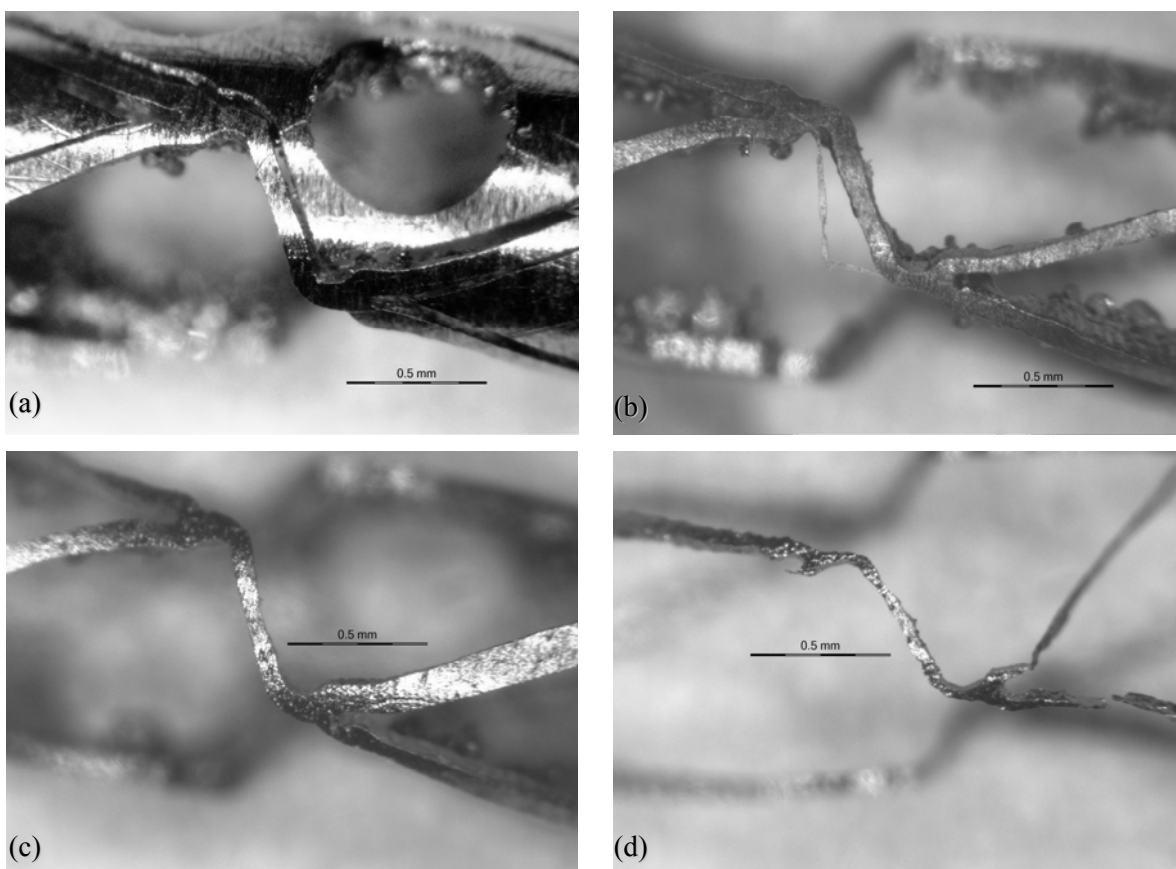
dőt, amelyet az 1. táblázat mutat.

*1.táblázat. A lézervágott sztentek maratási ideje*

Minta sorszáma	Maratási idő (sec)	Minta sorszáma	Maratási idő (sec)	Minta sorszáma	Maratási idő (sec)
1. minta	60	7. minta	240	13. minta	420
2. minta	90	8. minta	270	14. minta	450
3. minta	120	9. minta	300	15. minta	480
4. minta	150	10. minta	330	16. minta	510
5. minta	180	11. minta	360	17. minta	540
6. minta	210	12. minta	390	18. minta	570

A maratást akkor tekintettük sikeresnek, ha a vágás során keletkezett sorja eltűnt és a ki nem esett részek kiestek (segédvágások), továbbá a sztent nem fogyott el.

A kísérletek elvégzését követően a mintákat megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a 180 másodpercnél rövidebb maratási idő nem elegendő, mivel ekkor a lézervágás után bent maradt darabok nem estek ki. Azonban azt is megállapítottuk, hogy az 300 másodpercnél hosszabb maratási idő a sztentet annyira roncsolja, hogy az a későbbiekben nem használható fel, ekkor ugyanis a hidak és bordák túlságosan elvékonyodtak, bizonyos esetekben pedig el is tűntek (1. ábra). Az optikai mikroszkópos vizsgálatok alapján arra az eredményre jutottunk, hogy a sztenteket ~240 másodpercig kell maratni.



*1. ábra A nitinol sztent felületkezelésének lépcsői: (a) maratás előtt, (b) 90 sec maratást követően, (c) 240 sec maratást követően, (d) 360 sec maratást követően*

## 4. Összefoglalás

Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy 1,04 mm belső átmérőjű és 0,10 mm falvastagságú nítinol csőből Nd:YAG lézerrel megvalósítható a megfelelő minőségű sztent kivágása, az optimális paraméter-beállítások mellett. A minimális vágási energia 2,4 mJ. A pontos fókusz távolság beállítása jó vágási minőséget eredményezett. Az optikai mikroszkópos vizsgálatok alapján arra az eredményre jutottunk, hogy a sztenteket ~240 másodpercig kell maratni, mert így a sztent eléri azt a felületi minőséget, amely megfelelő a későbbi felhasználáshoz.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Stefán Gábornak a lézersugaras vágásban nyújtott segítségével. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

### Felhasznált irodalom

- [1] E.G. Nabel: *Cardiovascular Disease*, N Engl J Med. 349 (2003) 60-72.
- [2] T.A. Pearson et al: *AHA Guidelines for Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Stroke*, 2002 Update. *Circulation* 106 (2002) 388-391
- [3] R. Pfeifer, D. Herzog, M. Hustedt, S. Barcikowski: *Pulsed Nd:YAG laser cutting of NiTi shape memory alloys-Influence of process parameters*, *Journal of Mat. Proc. Techn.* 210 (2010) 1918–1925
- [4] X.J. Yan, D.Z. Yang, X.P. Liu: *Influence of heat treatment on the fatigue life of a laser-welded NiTi alloy wire*, *Materials Characterization* 58 (2007) 262–266
- [5] M.P.C. Heßing, J. Frenzel: *Electrolytic processing of NiTi shape memory alloys*, *Materials Science and Engineering A* 378 (2004) 191–199

**Nagy Péter**, PhD-hallgató,

**Katona Bálint**, BSC-hallgató,

**Lengyel Ákos**, BSC-hallgató,

**Bognár Eszter**, egyetemi adjunktus

Munkahely: BME, Gépészmérnöki Kar,  
Anyagtudomány és Technológia Tanszék.

Cím: H-1111 Magyarország, Budapest,  
Bertalan Lajos utca 7.

Telefon / Fax: +36 (1) 463-1934

E-mail: npeter@eik.bme.hu

E-mail: eszter@eik.bme.hu

**Hirschberg Kristóf**, tudományos munkatárs

Munkahely: Semmelweis Egyetem, Kardiológiai  
Központ; Labor Herzchirurgie,  
Universitätsklinikum Heidelberg

Cím: Universitätsklinikum Heidelberg  
Im Neuenheimer Feld 326. II.Stock, 297a  
69120 Heidelberg

Telefon / Fax: 06-22-156-60-95

E-mail: hirschbergkristof@gmail.com

**Dobránszky János**, tudományos főmunkatárs

Munkahely: MTA–BME, Fémtechnológiai  
Kutatócsoport.

Cím: H-1111 Magyarország, Budapest,  
Bertalan Lajos utca 7.

Telefon / Fax: +36 (1) 463-1934

E-mail: dobi@eik.bme.hu