

# Szentbevonatok tapadásának vizsgálata és fejlesztése

Ozsváth Péter<sup>1,a</sup>, Bognár Eszter<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>BME, Járműgyártás és –javítás Tanszék. 1111 Budapest, Bertalan L. u. 2. Hungary

<sup>2</sup>BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék. 1111 Budapest, Bertalan L. u. 7. Hungary

<sup>a</sup>ozsvath@kgtt.bme.hu, <sup>b</sup>eszter@eik.bme.hu

**Kulcsszavak:** koszorúerszent, poliuretán bevonat, felületi érdesség, tapadás

**Kivonat.** Cikkünkben bemutatjuk az általunk elvégzett, koszorúerszentbevonatok tapadási tulajdonságainak vizsgálatára és fejlesztésére irányuló kísérleteket, amelyek során a felület érdességét módosítottuk és a felvitt polimer (Chronoflex<sup>®</sup>) bevonat tapadását vizsgáltuk. Saját kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a csak maratással kezelt sztentek a feltágítás során kivághatják a ballont. Megállapítottuk továbbá, hogy a Chronoflex<sup>®</sup>-bevonat tapadási jellemzőit, illetve a sztentgyártási technológia anyagleválasztási követelményeivel alkalmazható lehetséges maximumot egyaránt figyelembe véve a sztentbevonatok legerősebb tapadásához a külső felületre vonatkoztatva  $R_a=1,5-2,0$   $\mu\text{m}$  érdességet eredményező elektrokémiai kezelést célszerű alkalmazni.

## Bevezetés

A szív- és érrendszeri betegségek az Európai Unióban a halálosetek majdnem felét okozzák, így a férfiak és nők körében egyaránt a leggyakoribb halálokok. Az érendi változtatások, a testmozgás és a korszerű gyógyszeres kezelés hatására a szív- és érrendszeri betegségek okozta (szív- és érrendszeri betegség: koszorúér-betegség, agyérrendszeri és környéki érbetegség, illetve aortabetegség együttevén) halálozások jelentősen lecsökkenthetők. Az életmód, a környezet valamint az egészségügy döntően meghatározzák e betegségek alakulását [1,2,3].

Mivel az életmód és az egészségügy változása lassú folyamat, így a leghatékonyabb megoldás az orvosi eszközök fejlesztése, amelyekkel számos tragikus kimenetelű megbetegedés elkerülhető. Tekintve, hogy az említett megbetegedések esetében nagy segítséget jelent a sztentbeültetés, az ezzel kapcsolatos kutató-fejlesztő tevékenység rendkívül fontos.

A BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéke, a Minvasive Kft. és a fémtechnológiai kutatócsoport közösen dolgozik az értágítóbetétek (sztentek) fejlesztésén. Ezek a munkák mintegy 15 évre nyúlnak vissza [4]. A fejlesztésbe beletartozik a Sanocor<sup>®</sup> Stent sztentcsalád bordázatának módosítása, a sztent ballonkatéterre való rögzítésének javítása, különböző funkcionális tulajdonságok vizsgálata, valamint a bevonatok összetett elemzése és fejlesztése [5-9]. Utóbbi, azaz a bevonatfejlesztés egy fontos részét mutatjuk be cikkünkben, az általunk felvitt bevonatok komplex tapadási jellemzőit.

## Kísérleti paraméterek és eredmények

### Mintatípusok

A sztenteken a kis és görbült felület miatt a mérések egy része nem, vagy csak nagyon nehezen végezhető el, ezért egyes kísérleteknél helyettük lapkákat és csőszeleteket alkalmaztunk. A felhasznált mintatípusok paramétereit az alábbiakban mutatjuk be.

**Lapka.** A felhasznált lapkák mérete 50 mm×13 mm volt (1. ábra), illetve az atomierő-mikroszkópos vizsgálatokhoz a lapkákat még kisebbre vágtuk (13 mm×10 mm). A lapkák alapanyaga a sztentekével megegyező, 316LVM auszteni korrózióálló acél. Az elektropolírozás paramétereit a sztentekre megadott ajánlások alapján a felület méretével arányosan alkalmaztuk a lapkákon. A lapkák esetében a felület görbültségével nem kellett számolni, így ezek esetében a tapadási vizsgálat gyorsabb és könnyebb, hiszen egy minta a tapadás esetében több mérést is lehetővé tesz, míg a konfokális mikroszkóppal történő vizsgálatnál a görbület nélkül elegendő egy kép is az elemzéshez.



1. ábra. Az elektropolírozott lapka makrofotója

**Csőszelet.** A csőszeltek méretükben, átmérőjükben, anyagukban, és felületi előkészítésükben is megegyeznek a sztentekkel. A csőszelteket 316LVM alapanyagú, 1800 µm átmérőjű és 120 µm falvastagságú cső 120 fokos tengelyirányú szeletelésével, lézervágással állították elő (2. ábra). A csőszeltek két végébe kis átmérőjű furatot helyeztek el a minták roncsolásmentes rögzítéséhez. Az egyes csőszeltek 11 mm hosszúságúak.



2. ábra. A csőszelet makrofotója

**Szent.** A Minvasive Kft. által kifejlesztett Sanocor sztenteket használtuk a kísérletekhez (3. ábra), amelyek névleges átmérője 3 mm és névleges hossza 15 mm volt.



3. ábra. A Sanocor sztent makrofotója

### Minták felületelőkészítése

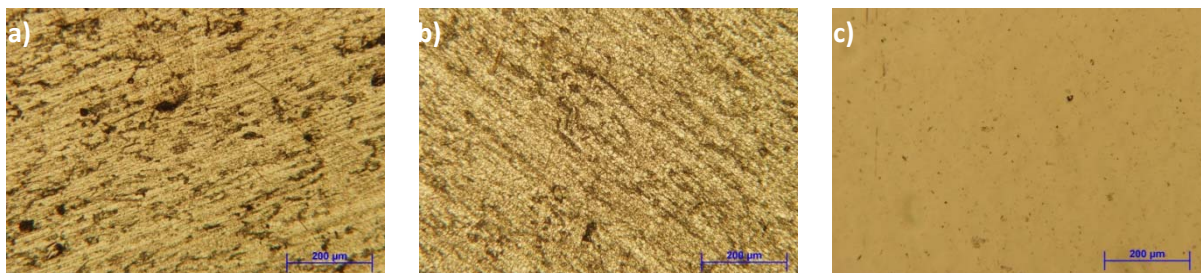
**Maratás.** A minták lézeres vágást követő felületkezelése kulcsfontosságú a bevonat tapadását, rétegvastagságát, egyenletességét illetően. Ugyanazokat a felületkezelési folyamatokat alkalmaztuk a lapkákon, a csőszelteken és a sztenteken egyaránt.

Az ideális, azaz a legkisebb érdességű felület elérésére számos kísérletet végeztek már [10,11], azonban azok bevonat nélküli felületet vettek figyelembe, ezért a bevonat tapadását illetően vizsgálni kell, hogy milyen az optimális felület.

A minták maratását mind a három típusú minta esetében maratópáccal és ultrahangos tisztító készülék segítségével végeztük el. A maratópác sósav (HCl; 37%) és salétromsav (HNO<sub>3</sub>; 65%) 3:1 arányú elegye, amelyet 1:3 arányban hígítva, 50 ml maratópác és 150 ml desztillált víz keverékeként alkalmaztunk. A maratási folyamat minden minta esetében öt percig tartott, mert így biztosítható, hogy a lézervágáskor keletkező sorja megszűnjön.

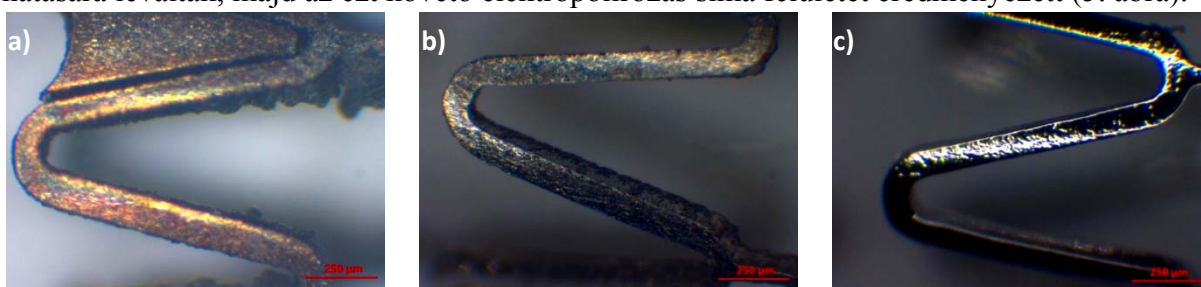
**Elektropolírozás.** A maratást követően a mintákat megtisztítottuk nagy tisztaságú etanol segítségével, amely gyorsan és foltmentesen szárad. A száradást követően a mintákat egyenként elektropolíroztuk (H<sub>2</sub>O (desztillált víz)+88 %-os H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (foszforsav)+96 %-os H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (kénsav)), különböző polírozási paraméterekkel.

A 4. ábrán a lapkák különböző állapotai láthatóak: kezeletlen, maratott és elektropolírozott.



4. ábra. Kezeletlen (a), maratott (b) szobahőmérsékleten, 90 s és  $0,01 \text{ A/mm}^2$  áramsűrűséggel elektropolírozott (c) lapkák fémmikroszkópos felvételei

A csőszeletek felületének nagysága megegyezik a Sanocor sztentcsalád FMC 15 típusú sztentjének felületével ( $73,68 \text{ mm}^2$ ), így az optimális maratási és elektropolírozási paraméterek azonosak. A sztentek lézersugaras vágásakor a felületre került anyagcseppek a maratás hatására leváltak, majd az ezt követő elektropolírozás sima felületet eredményezett (5. ábra).



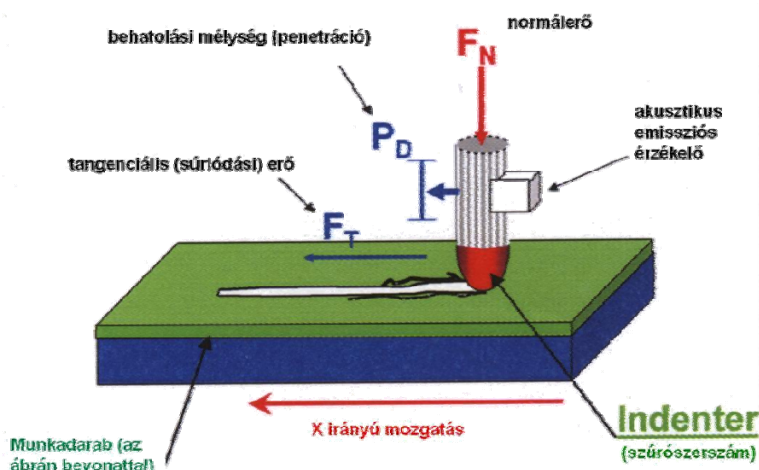
5. ábra. Lézerrel vágott (a), maratott (b), szobahőmérsékleten, 90 s és  $0,01 \text{ A/mm}^2$  áramsűrűséggel elektropolírozott (c) Sanocor sztentek sztereomikroszkópos felvételei

## Bevonatok felvitele

Bemártásos technológiával passzív, azaz egyenletes felületű poliuretán bevonatokat hoztunk létre. A maratott és elektropolírozott lapkákat és csőszeleteket 2 tömegszázalékos oldatból, 3 rétegben Chronoflex<sup>®</sup> poliuretánnal vontuk be. Szobahőmérsékletű, nem kevert oldatból, egyenletes szárítással készítettük a bevonatokat.

## A bevonat tapadása

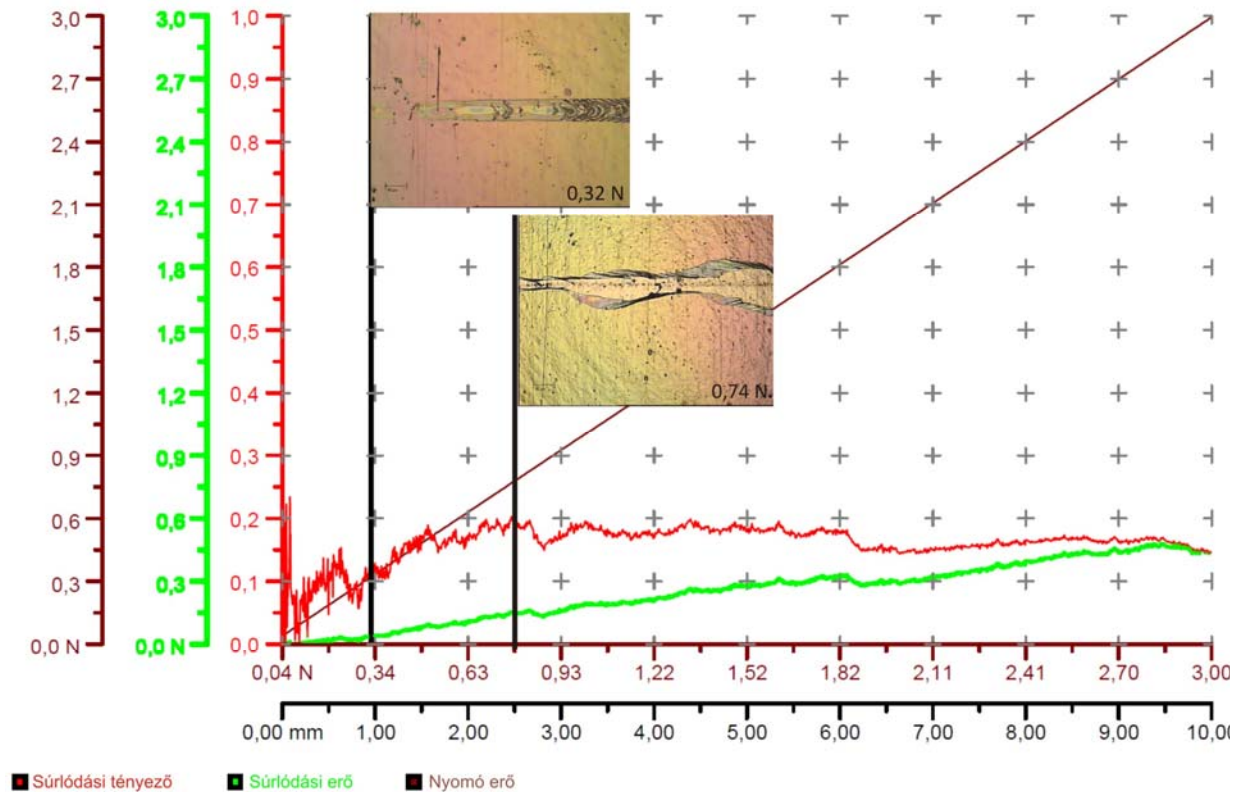
A bevonat tapadásának elemzéséhez CSM Micro Combi Tester-t (MCT) alkalmaztunk. A vizsgálati eljárás során az MCT egy gyémánt Rockwell karctűt, szabályozott normál nyomóerővel húz végig egyenes vonal mentén a minta felületén (6. ábra). Ezalatt regisztráljuk a tangenciális (súrlódási) erőt, az akusztikus emissziót és a karctű behatolási mélységét. A kiértékelés alapja a karcolatok vizuális mikroszkópi elemzése és a bevonat jellegzetes leválási módjainak adott szakaszon érvényes normálerőhöz rendelése.



6. ábra. A bevonat tapadásának vizsgálati eljárása

A 7. ábrán példaként bemutatott mérést 200 µm sugarú gyémánt karctűvel végeztük elektropolírozott poliuretánbevonatos 316L lapkán. A normálerőt 0,04 N-tól 3 N-ig növeltük 1,46 N/min sebességgel. A karctű mozgatási sebessége 10 mm/min volt.

Az ábrán is nyomon követhető, hogy a bevonat felszakadása 0,32 N normálerőnél (0,05 N súrlódási erőnél) kezdődött meg. A 0,74 N normálerő (0,15 N súrlódási erőnél) elérésekor a bevonat már teljesen felszakadt és itt a tű már behatolt az alapanyagba is.



7. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye (a képek léptékvonala 40 µm), a karcolás balról jobbra történt

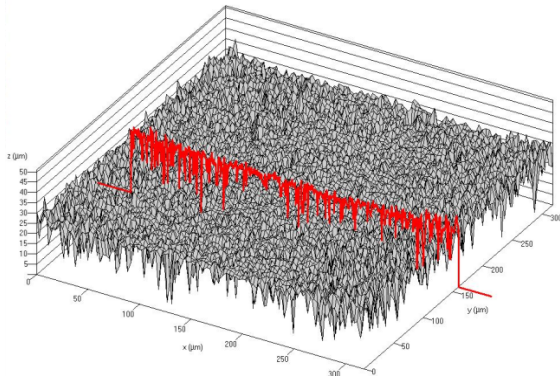
## A felületi érdesség változtatása és mérése

A csőszeletek esetében az elektropolírozási paraméterek segítségével befolyásoltuk a felület egyenletességét, simaságát, hogy a felületi érdesség és a tapadás kapcsolatát vizsgáljuk (0,01 A/mm<sup>2</sup> és 30 s – 60 s – 90 s – 120 s – 150 s – 180 s – 210 s). Az elektropolírozás áramsűrűségét 0,01 A/mm<sup>2</sup>-re választottuk, mert ennél a mintatípusnál az áramerősség további növelése durva felületet és az elektrolit habosodását eredményezte. Az áramerősség csökkenése jelentősen megnövelte a szükséges polírozási időt, mert a nagyobb érdességcsúcsok eltávolításának nagyobb az időigénye. Az elektropolírozás során a csőszelet egyik furatát használtuk megfogásként és az elektrolitba lógatva políroztuk a mintákat. Az így elkészített minták felületi érdességét megvizsgáltuk konfokális mikroszkóppal, így objektív, számszerű értékeket kaptunk az átlagos érdesség tekintetében.

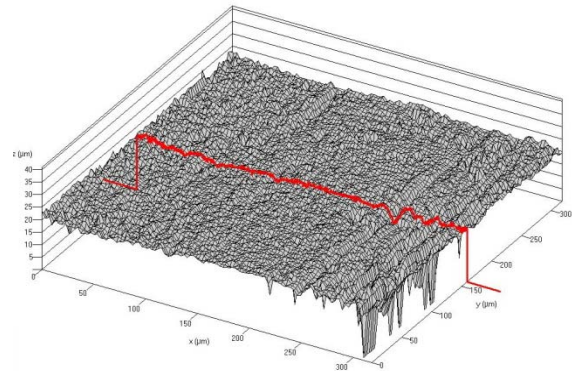
Minden felületkezelési típushoz 3-3 mintát készítettünk el és még a bevonat felvitele előtt megvizsgáltuk a különböző elektropolírozási paraméterek hatását a felületi érdességre. A mintákat azonos beállítással, azonos helyen, azaz a minta közepén vizsgáltuk. A minták

felületi érdességének méréséhez Zeiss LSM 510 META típusú konfokális mikroszkópot használtunk.

A 8-9. ábrák jól mutatják a különbséget a maratással kezelt és az elektropolírozott felületen.

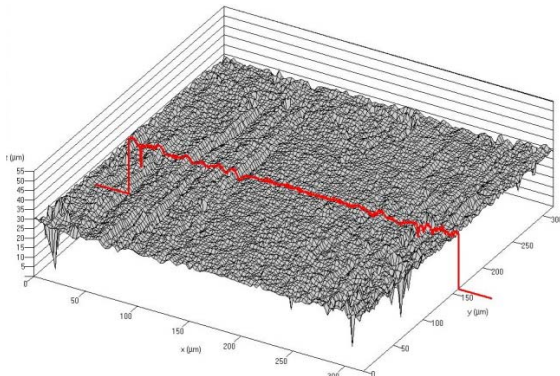


8. ábra. Csőszelet külső, maratott felülete, konfokális mikroszkóppal topográfia módban készült felvétel

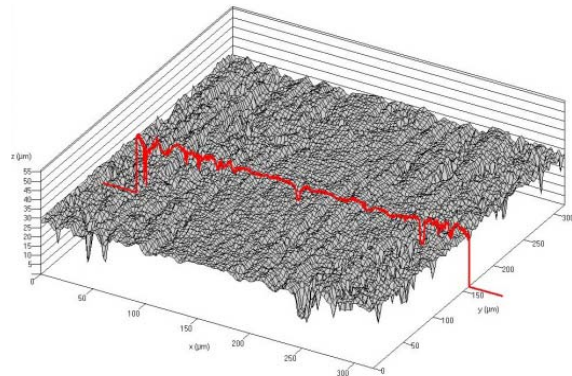


9. ábra. Csőszelet külső, polírozott (0,01 A/mm<sup>2</sup> és 210 s) felülete, konfokális mikroszkóppal topográfia módban készült felvétel

A mintáknak vizsgáltuk a külső és a belső felületét egyaránt, amelynek azért van nagy jelentősége, mert a sztent is ilyen csőből készül és ezáltal vizsgálható, hogy a belső és a külső felület érdessége eltér-e egymástól. A 10-11. ábrákon is látható, hogy a cső belső felülete érdesebb, mint a külső.

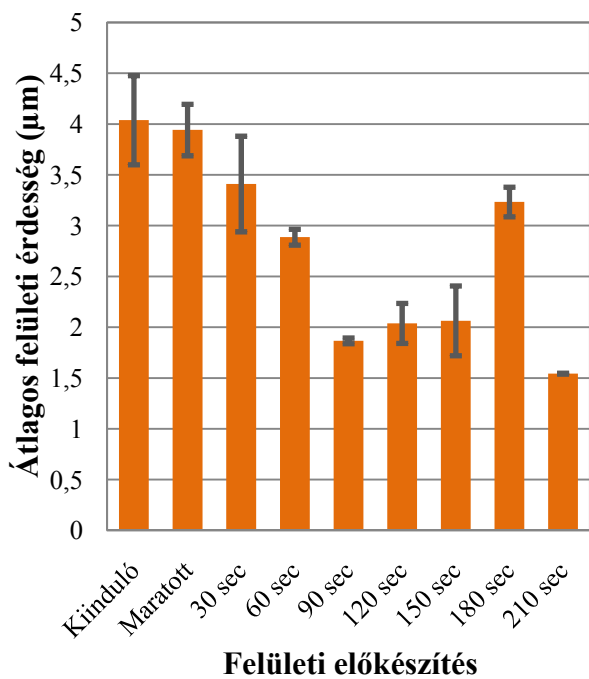


10. ábra. Csőszelet külső polírozott felülete (0,01 A/mm<sup>2</sup> és 150 s), konfokális mikroszkóppal topográfia módban készült felvétel

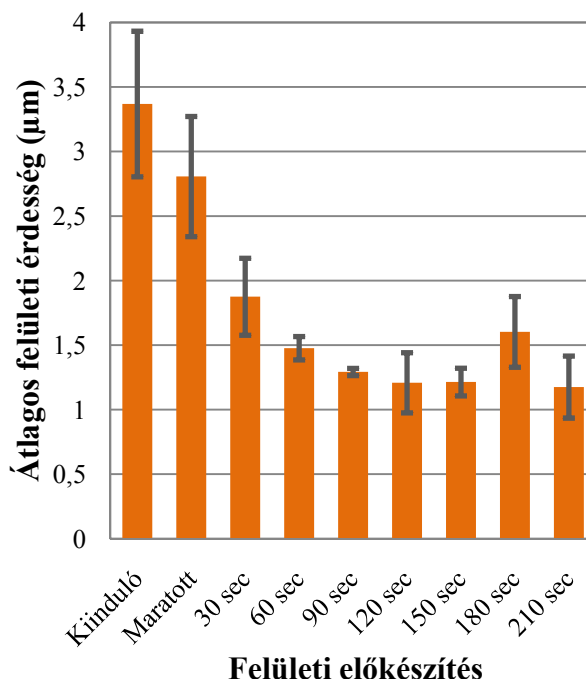


11. ábra. Csőszelet belső polírozott felülete (0,01 A/mm<sup>2</sup> és 150 s), konfokális mikroszkóppal topográfia módban készült felvétel

A 12-13. ábra a vizsgált minták átlagos felületi érdességét mutatja, a minták belső és külső felületére számítva. Látható, hogy mind a belső, mind pedig a külső felület esetében az elektropolírozási idő növelése egy adott határig csökkenti a felület érdességét. A 150 másodpercet elérve a minta felülete egyenletessé válik, csak a kisebb gödrök maradnak meg rajta, de tovább növelve az időt, először érdesebb lesz a felület a túlpolírozás hatására, majd ismét simul. A vizsgálataink szempontjából a külső felületet tekintettük mérvadónak, mert ez az a terület, amely az érfallal érintkezik és a legtöbb igénybevételt elszenved, de a külső felületre tett megállapításaink kis eltéréssel a belső felületre is igazak. A legkisebb felületi érdesség eléréséhez 0,01 A/mm<sup>2</sup> és 90-150 s beállítási paraméterek vezettek egymáshoz képesti minimális eltérésekkel. A bevonat jobb tapadásához viszont a legkisebb érdességnél érdesebb felületre van szükség.

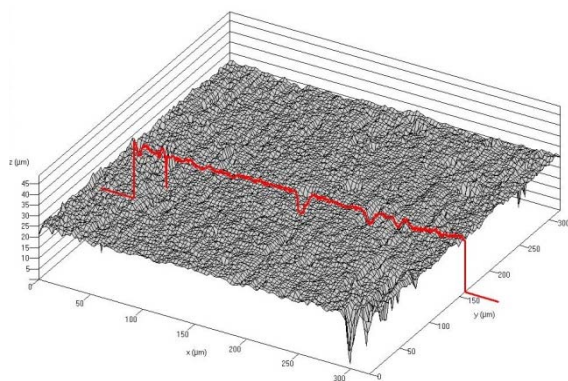


12. ábra. A különböző ideig elektropolírozott minták belső részének átlagos felületi érdessége

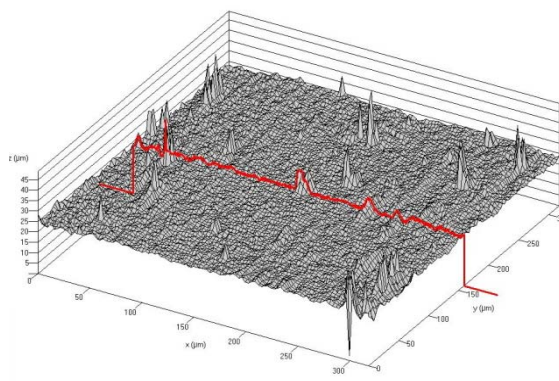


13. ábra. A különböző ideig elektropolírozott minták külső részének átlagos felületi érdessége

A konfokális mikroszkóppal készített felületi topológiát, egyrészt normál módban (14. ábra), másrészt pedig inverz módban (15. ábra) értékeltük ki. Ezeket összehasonlítva jól látható, hogy számos mélyedés van a felületeken, amelyeket az elektropolírozás sem tud megszüntetni, ezért ezeken a helyeken a bevonat mindenképpen vastagabb lesz, amely jelenség nem kedvezőtlen, sőt az üreget kitöltve alakzárással is javítja a bevonat tapadását.



14. ábra. Csőszelet külső polírozott felülete ( $0,01 A/mm^2$  és 210 s), konfokális mikroszkópos, topográfia módban készült felvétel



15. ábra. Csőszelet külső polírozott felülete ( $0,01 A/mm^2$  és 210 s), inverz konfokális mikroszkópos, topográfia módban készült felvétel

A csőszeleteket a felületkezeléshez az egyik furaton átvezetett huzallal rögzítettük és így, lógatva helyeztük bele az elektrolitba, ezért vizsgáltuk azt is, hogy a lógatva történő elektropolírozás okoz-e különbséget a minta tetején és alján. Azt tapasztaltuk, hogy a felületi érdességben nincs különbség a minta felső és alsó részén, ebben az esetben a minta elhelyezése nem befolyásolta az elektropolírozás eredményét.

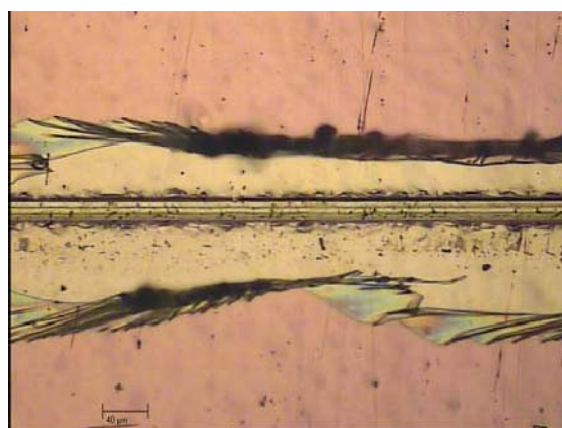
A 1. táblázat adatai alapján megállapítottuk, hogy a hosszabb ideig elektropolírozott minta különböző részein mért felületi érdességnek nem csak az értéke, de a szórása is kisebb.

Paraméterek	Átlag ( $\mu\text{m}$ )	Szórás ( $\mu\text{m}$ )	Terjedelem ( $\mu\text{m}$ )	Szórási együttható (%)
0,01 A/mm <sup>2</sup> és 60 s	1,50	0,06	0,12	4,03
0,01 A/mm <sup>2</sup> és 90 s	1,41	0,06	0,11	3,94
0,01 A/mm <sup>2</sup> és 120 s	0,93	0,04	0,08	4,41

1. táblázat. Lógatva történő elektropolírozás hatása

A konfokális mikroszkópos mérések eredményeire támaszkodva bemártással, 2 tömegszázalékos oldatból, 3 rétegben Chronoflex<sup>®</sup> poliuretánból bevonatot vittünk fel a maratott és elektropolírozott lapkákra, illetve a fenti elektropolírozási paramétereknek megfelelően 3-3 darab csőszeletre, amelyek között voltak maratottak, 0,01 A/mm<sup>2</sup> és 60 s, 0,01 A/mm<sup>2</sup> és 90 s paraméterekkel polírozottak. Kezeletlen mintát is bevontunk, de a minta nagy felületi érdessége miatt a bevonat nem fedte mindenhol a felületet, így ezt kizártuk a további vizsgálatokból.

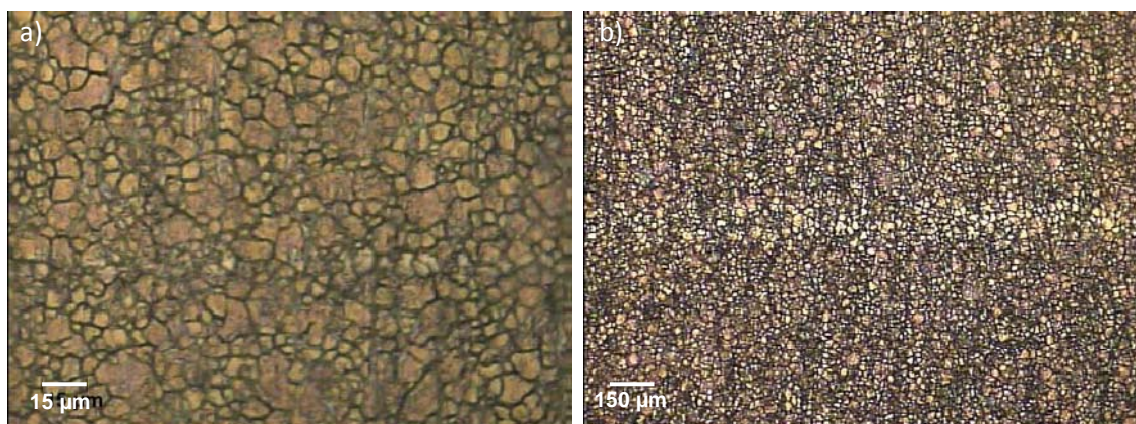
A bevonat tapadásának elemzését először lapkákon végeztük el, majd csőszeleteken is. Előkísérletek keretében határoztuk meg azt a karcolási technikát (terhelési program és karctű sugár), amivel a viszonylag érzékeny rétegek az MCT berendezés nyújtotta mN mérési tartományában vizsgálhatók. Kezdetben 10  $\mu\text{m}$  és 50  $\mu\text{m}$  sugarú karctűvel is dolgoztunk, de ezekben az esetekben a bevonat azonnal levált és a tű szinte azonnal elkezdte karcolni a 316L alapanyagot is (16. ábra).



16. ábra. Karc elektropolírozott lapkán, 50  $\mu\text{m}$  sugarú gyémánt karctűvel ( $F_N=0,57\text{N}$ )

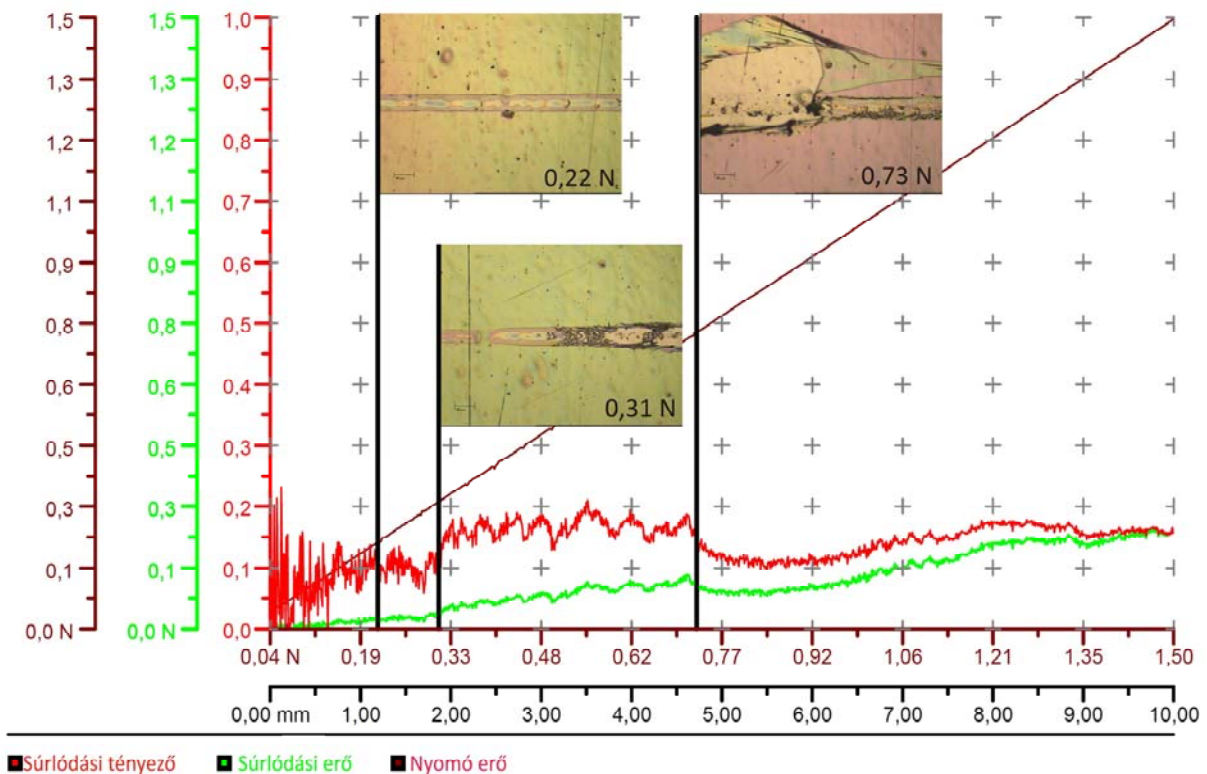
A mérésekhez végül 200  $\mu\text{m}$  sugarú gyémánt karctűt használtunk. A karctű terhelését 0,04 N-től 1,5 N-ig lineáris program szerint növeltük 1,46 N/min sebességgel miközben a karctű mozgási sebessége 10 mm/min volt, a karcok hossza 2,5..7 mm között változott.

A 17. ábra a maratott Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos lapkán végzett tapadásvizsgálat eredményét mutatja. A bevonat nem szakad fel, nem vált le hordozójáról, még az 1,5 N-os erőnél sem.



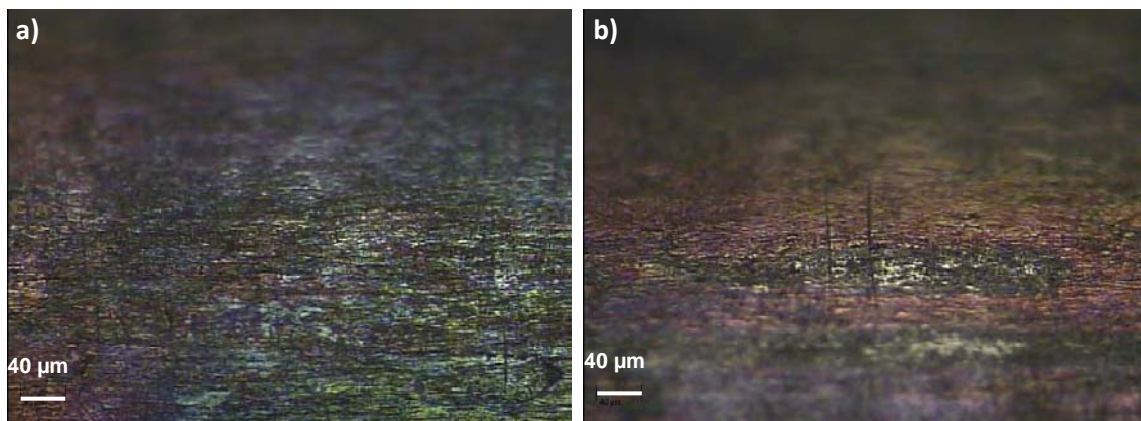
17. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye, a karcolás balról jobbra történt, 200  $\mu\text{m}$ -es karctűvel, maratott, Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos lapkán, 0,5 N-nál (a), 1,5 N-nál (b)

A 18. ábrán az elektropolírozott, Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos lapkán végzett tapadásmérés eredményét mutatjuk be. Látható, hogy 0,22 N normálerőnél (0,02 N súrlódási erőnél) a bevonat még nem szakadt fel, csupán összenyomódott a tű alatt. A bevonat felszakadása 0,31 N normálerőnél (0,03 N súrlódási erőnél) kezdődött meg. Tehát a bevonat tapadására jellemző értéknek ez utóbbi tekinthető.



18. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye (a képek léptékvonala 40  $\mu\text{m}$ ), a karcolás balról jobbra történt, elektropolírozott, Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos lapkán

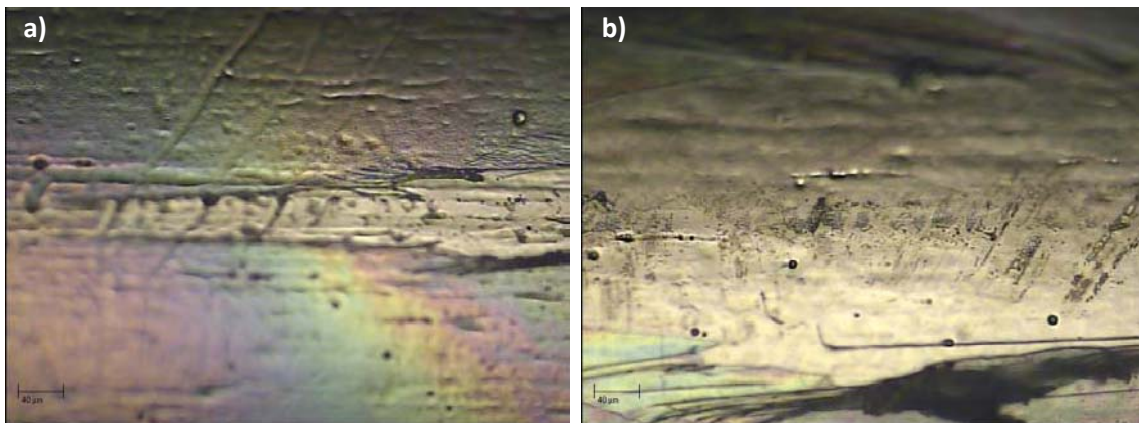
A méréseket elvégeztük a különböző paraméterekkel kezelt és Chronoflex<sup>®</sup> bevonattal ellátott csőszeletek külső oldalán is. A bevonat csőszeletek esetében sem vált le a karcolás közben (19. ábra).



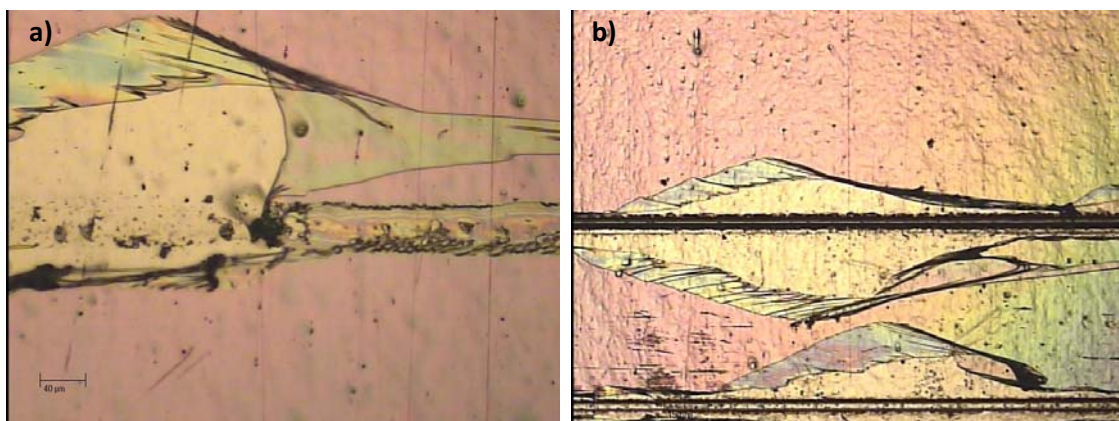
19. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye (a képek léptékvonala 40  $\mu\text{m}$ ), a karcolás balról jobbra történt, 200  $\mu\text{m}$ -es karctűvel, maratott, Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos csőszeleten, 0,5 N-nál (a), 1,5 N-nál (b)



A  $0,01 \text{ A/mm}^2$  és  $60 \text{ s}$  paraméterekkel elektropolírozott csőszeleten a bevonaton átlagosan  $0,3 \text{ N}$ -nál jelennek meg elsőként sérülések, de például a 20. a) ábra alapján csak az  $1,38 \text{ N}$  érték elérésekor szakadt fel teljesen a bevonat, de ekkor is csak a bevonat közvetlen környezetére korlátozódott a károsodás. Ehhez képest a legkisebb felületi érdességű minták esetében a bevonat átlagosan már  $0,2 \text{ N}$ -nál megsérült és ezt követően hártyszerűen levált a karcolástól távolabbra is (20. b) ábra). Emellett pedig meg kell említeni, hogy a bevonat több esetben úgy vált le, hogy néhány tized mm után ismét ellenállt és így a karc vonala mentén szigetszerűen felszakadások voltak megfigyelhetők. Gyakori volt a bevonat féloldalas leválása is.



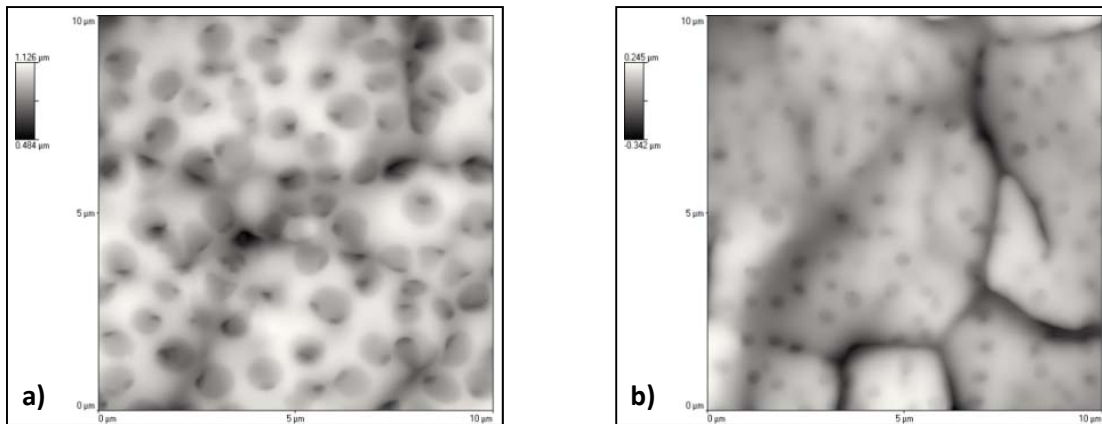
20. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye, a karcolás balról jobbra történt,  $200 \mu\text{m}$ -es karctűvel, elektropolírozott ( $0,01 \text{ A/mm}^2$  és  $60 \text{ s}$ ) Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos csőszeleten  $1,38 \text{ N}$ -nál (a), elektropolírozott ( $0,01 \text{ A/mm}^2$  és  $90 \text{ s}$ ) csőszeleten  $0,92 \text{ N}$ -nál (b)



21. ábra. „Micro-Combi tester”-rel végzett tapadásmérés eredménye, a karcolás balról jobbra történt, elektropolírozott ( $0,01 \text{ A/mm}^2$  és  $60 \text{ s}$ ) Chronoflex<sup>®</sup>-bevonatos lapkán  $0,73 \text{ N}$ -nál  $200 \mu\text{m}$ -es karctűvel (a), elektropolírozott ( $0,01 \text{ A/mm}^2$  és  $90 \text{ s}$ ) lapkán  $1,26 \text{ N}$ -nál  $50 \mu\text{m}$ -es karctűvel (b)

A mintákon tehát azt vizsgáltuk, hogy a felület simasága hogyan befolyásolja a bevonat tapadását. A tapadási mérések azt igazolták, hogy a maratott felületen a bevonat tapadása kiváló, nem válik el a felülettől, míg az egyre finomabbá polírozott felületeken hártyszerűen jött le a bevonat. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a bevonat tapadása szempontjából a maratott, azaz az érdesebb felület a kedvezőbb.

A bevonandó felület érdességének hatását is vizsgáltuk a bevonat egyenletességére. A marószerszám elsősorban a nagymértékben kiemelkedő érdességcsúcsokat és a szemcsehatárokat támadja, ezért a csak maratott sztenteket nem javasoljuk felhasználni, mert a kimaródott szemcsehatárok okozta nagy szintkülönbségeket a bevonat nem képes elfedni.



22. ábra. Maratott lapkára 1 tömegszázalékos Tecothane® oldatból felvitt két (a) és három réteg (b) [12], kontakt módban készült AFM képek

Az atomerő-mikroszkópos felvételeken is jól látszik, hogy a maratott felületen a bevonat nem tapadt meg egyenletesen (22. ábra), tehát mindenképpen szükséges a sztentek elektropolírozása.

## Összefoglalás

A maximális érdesség megállapításakor figyelembe kell venni a sztentgyártási technológia követelményeit is. Saját kísérleteink alapján a csak maratással kezelt sztentek a feltágítás során kivághatják a ballont. Emellett az elektropolírozás a kialakult oxidréteggel ellenállóbbá teszi a felületet a korrózióval szemben, passziválja a felületet.

Ezek alapján a Chronoflex®-bevonat tapadási jellemzőit, illetve a sztentgyártási technológia anyagválasztási követelményeivel alkalmazható lehetséges maximumot egyaránt figyelembe véve a sztentbevonatok legerősebb tapadásához a külső felületre vonatkoztatva  $R_a=1,5-2,0 \mu\text{m}$  érdességet eredményező elektrokémiai kezelést célszerű alkalmazni.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Hrotkó Istvánnának és Portkó Mihálynak a minták előkészítésében nyújtott segítségüket. Köszönettel tartozunk Puskás Zsoltnak az alapanyagokért és a Sanacor® sztentekért. Köszönjük továbbá Cselenyák Attilának (SE Humán Élettani Intézet), Molnár László Milánnak (BME ETT) és Domján Dánielnek (BME ETT) segítségüket.

Munkánkat az Oktatási és Kulturális Minisztérium támogatta (Deák Ferenc ösztöndíj).

## Felhasznált irodalom

- [1] EG Nabel: Cardiovascular Disease. N Engl J Med. 349. (2003) 60-72.
- [2] Európai Parlament, elfogadott szöveg: A szív- és érrendszeri betegségek leküzdésére irányuló cselekvési program. P6\_TA (2007) 0346.
- [3] TA Pearson, NS Blair, RS Daniels et al: AHA Guidelines for Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Stroke: 2002 Update. Circulation. 106. (2002) 388-391.
- [4] V Izápy, Zs Puskás, J Ginsztler L Dévényi, J Dobránszky: A hőkezelés szerepe a koszorúérsztentek gyártásában. In: Tóth T (szerk.): Előadások; XXIII. Hőkezelés és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia és Szakkiállítás; Balatonfüred; 2008. október 1-3. 53-58.

- [5] Gy Meszlényi, J Dobránszky, Zs Puskás: Laser cutting of high precision tubes. *Materials Science Forum*, 589 (2008) 427-431.
- [6] P Szabadits, J Dobránszky: Trackability Measurement of Coronary Stent in a Coronary Vessel Modell. In: Penninger A, Váradi K, Vörös G (szerk.) *Gépészet 2008: Proceedings of Sixth Conference on Mechanical Engineering*. Budapest, Magyarország, 2008.05.29-2008.05.30. pp. 1-5. Paper n13.pdf. (ISBN:978-963-420-947-8)
- [7] P Szabadits, Zs Puskas, J Dobranszky: Flexibility and Trackability of Laser Cut Coronary Stent System. In: *DAS 2008: 25th Danubia–Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics*. Ceské Budejovice, Csehország, 2008.09.24-2008.09.27. pp. 245-250.(ISBN:978-80-01-04162-8)
- [8] Gy Meszlényi, J Dobránszky, Zs Puskás: Laser cutting of high precision tubes. *Materials Science Forum* 589: pp. 427-431. (2008)
- [9] Zs Bálint-Pataki, J Dobránszky, Zs Puskás: Examination of mechanical and medical application properties of coronary stents. In: Penninger A (szerk.) *Gépészet 2006 : Proceedings of fifth conference on mechanical engineering*. Budapest, Magyarország, 2006.05.25-2006.05.26. Budapest: BME OMIKK, pp. 1-6.(ISBN:963-593-465-3)
- [10] P Sojitra, C Engineer, D Kothwala, A Raval, H Kotadia, G Mehta: Electropolishing of 316LVM Stainless Steel Cardiovascular Stents: An Investigation of Material Removal, Surface Roughness and Corrosion Behaviour. *Trends Biomater. Artif. Organs*, Vol23(3), pp 115-121 (2010)
- [11] H Zhao, J V Humbeeck, J Sohler, I D Scheerder: Electrochemical polishing of 316L stainless steel slotted tube coronary stents. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, ISSN 0957-4530 Vol 13 pp 911-916 (2002)
- [12] LM Molnár, Sz Nagy, I Mojzes: Structural entropy in detecting background patterns of AFM images. *VACUUM* 84: pp. 179-183. Paper DOI:10.1016/j.vacuum.2009.04.025 . (2009)