



# FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

## TITÁNLEMEZ LÉZERSUGARAS GRAVÍROZÁSA

### LASER ENGRAVING OF A TITANIUM PLATE

**BITAY Enikő<sup>(1)</sup>, DOBRÁNSZKY János<sup>(2)</sup>**

(1) Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C., [ebitay@ms.sapientia.ro](mailto:ebitay@ms.sapientia.ro)

(2) MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. [Dobranszky.Janos@eik.bme.hu](mailto:Dobranszky.Janos@eik.bme.hu)

#### Abstract

The present paper gives a short synthesis about the basic principle and advantages of laser marking and continues with the presentation of the laser engraving procedure. It gives also introspection in an experiment of laser engraving of Grade 2 type titanium plate realized by serious combination of technological parameters. The change of surface and bulk properties on / near to the processed surface, for example surface roughness, penetration depth, X-ray diffraction phase analysis and the influence of laser parameters on the surface properties were investigated. The paper finalizes with the evaluation of the obtained results.

**Keywords:** titanium, laser marking, laser engraving.

#### Összefoglalás

Jelen tanulmány röviden átfogja a lézersugaras jelölések előnyeit, alapelvét, majd a lézersugaras gravírozást mutatja be. Betekintést kapunk Grade 2 típusú titánlemezen nagyszámú paraméterkombinációval végzett lézersugaras gravírozás kísérletébe. Vizsgáltuk a kezelt felületeken kialakult jelölések minőségét, az anyagszerkezetben létrejött változásokat (felületi érdesség, sugárbehatolás, fázisanálízis), a lézertechnológiai tényezők felületre gyakorolt hatását, majd mindezen eredményeket kiértékeljük.

**Kulcsszavak:** lézer, titánlemez, lézersugaras jelölés, gravírozás.

#### Bevezetés

Az ipar különböző területén alkalmazzák a termékek (meg)jelölését, egyrészt azért, hogy a gyártást követően, a felhasználása során a termék beazonosítható, követhető legyen. Másrészt egyszerű esztétikai jellegű minta kerül a termékek felszínére. Ugyanakkor egyes termékekre funkcionális feliratok, minták is szükségesek (pl. a mérőórán az egységek, a műszerfalon a kezelőegységek feliratai, a fecskendőn az úrtartalom mértékét jelölő vonalak stb.). Az utóbbi években a lézersugaras jelöléstechnika, számos előnye miatt, egyre inkább kiszorította a hagyományos jelöléstechnikákat, pl. a címkenyomtatást, tintasugaras nyomtatást, (kézi) mechanikus gravírozást stb. [1].

#### 1. A lézersugaras jelölés előnye, alapelve

A lézersugaras jelölés előnye, hogy széles anyagválasztékon alkalmazható. A lézersugaras technológiákra általában jellemző a nagyfokú ismételtetési pontosság, a nagy megmunkálási sebesség, nincs szükség elő-, illetve utómunkára, kiváló minőség és felbontás, nagyfokú flexibilitás, érintésmentes megmunkálás, nehezen hozzáférhető helyeken és nagy megmunkálendő felületeken is alkalmazható, s ugyanakkor környezetbarát is.

A lézersugaras jelölés alapelve röviden: a lézerfény kilép a fényforrásból, majd megtörik két mozgatótükrön, amelyek X és Y irányba kitérítik, végül egy lencse fókuszálja a tükrök által eltérített lézersugarat, s a jelölendő munkadarab felületére irányul [2]. A lézersugaras jelölés főleg termikus hatáson alapul. A kölcsönhatás kimenetele az anyag elnyelő (abszorpció) képességétől és a lézeres megmunkálás technológiai tényezőitől függ. Az abszorpció mértéke továbbá az anyag (felületi) szerkezetének, a lézersugár hullámhosszának, illetve a beesési szögnek a függvénye. Az intenzitás és a behatási idő függvényében az elnyelődött lézersugár felhevíti a kezelt anyag felületét, avagy elpárologtatja a felszínen levő atomokat, molekulákat.

A fémek esetében a jellegzetes lézersugaras jelölési mechanizmusok a következők: hőszínezés és fázisátalakító hőkezelés, gravírozás, rétegeltávolítás és bevonateltávolítás.

## 2. A lézersugaras gravírozás

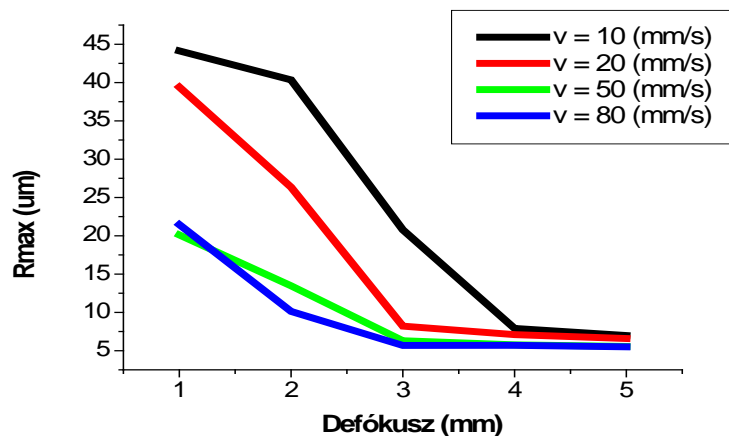
A lézersugaras gravírozás során a nagy hőhatás miatt néhány  $ns$  alatt az anyag felforr. A felhevített olvadáék valósággal lerobban a felszínről, illetve egy része elpárolog. Ezáltal kúpos mélyedés keletkezik a felszínen az előírt, előrajzolt vonalmintának megfelelően.

A lézersugaras jelölési kísérleteket titánlemezeken (Grade 2) különböző technológiai tényezőkkel végeztük TruMark 3000 típusú jelölőlézerrel. Az alkalmazott technológiai tényezők: a hullámhossz 1064 nm; a teljesítmény 5,5 W, folyamatos üzemmód. Változtatott tényezők: pásztázási sebesség,  $v = 10\text{--}80$  mm/s, illetve a fókuszeltolás,  $def = 1\text{--}5$  mm.

## 3. A lézersugárral gravírozott titánlemez vizsgálatai

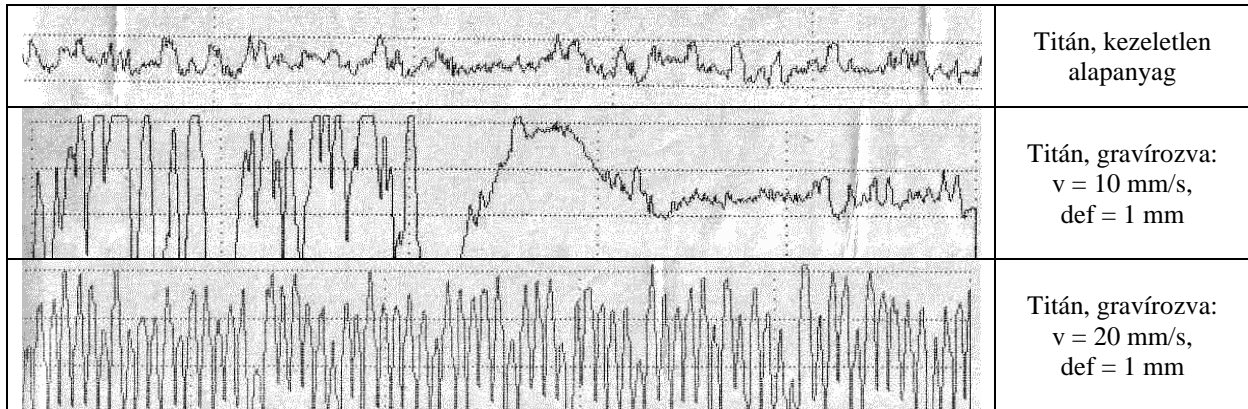
Ahhoz, hogy összefüggést találjunk a lézersugaras gravírozás technológiai tényezői és a gravírozott felület tulajdonsága között, a kezelt felületet többféle vizsgálatnak vetettük alá: mértük a felületi érdességet, elektronmikroszkópos és optikai mikroszkópos felvételeket készítettünk a mintákról, EDS- és röntgendiffrakciós fázisanalízist végeztünk, hogy a kialakult felület tulajdonságairól, minőségéről információt nyerhessünk.

A lézersugárral gravírozott titánlemezek felületi minőségének meghatározásához a mikrogeometriai jellemzőinek számszerűsítéséhez tapintócsúcsos érdességmérőt használtunk (Mitutoyo SurfTest 211). A vizsgálandó felület kétdimenziós metszetét tapintócsúcs tapogatja le, az elmozdulás villamos úton érzékelhető. Eredményként a különböző felületi érdességi jellemzőket számszerűen olvashattuk le, illetve profilogram formájában is kirajzolódtak. Az alapanyag érdessége:  $R_a = 0,71 \mu\text{m}$ ,  $R_z = 2 \mu\text{m}$ ,  $R_{\text{max}} = 5,68 \mu\text{m}$ ,  $L_t = 4,8$  mm. A maximális egyenetlenséget a defókusz függvényében, különböző sebességeknél a **1. ábra** szemlélteti.



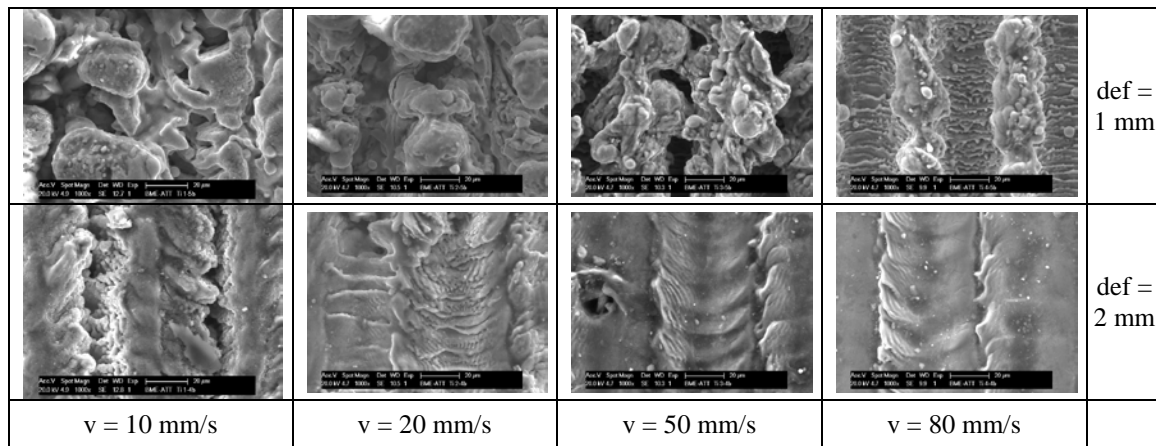
1. ábra. A felületi érdesség mérési eredményeinek összehasonlítása

Megállapítható, hogy minél távolabb került a fókuszpont, annál kevésbé roncsolta a lézersugár a felület mélyebb rétegeit. Optimális a felület megolvasztása a 4–5 mm-es eltolásnál, melynél a kezelt felület érdessége csekély különbséget mutat a kezeletlen titánlemez felületéhez képest. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a pásztázási sebesség növekedése csökkentette a felületen kialakult barázdák mélységét. A lézersugár a felülettel való rövidebb idejű kölcsönhatás következtében kisebb csúcsokat eredményezett az érdességben is [3]. Ez látható a készült diagramokon is (**2. ábra**).



2. ábra. A titánlemez felületi érdesség-profiljai

Az **elektronmikroszkópos vizsgálatok** egyértelműen kimutatták az oxigén és a nitrogén jelenlétét a kezelt felületekben. A felvételeket elemezve megállapítható, hogy a lézersugár a felületet megolvasztotta. Az anyag részben felforrt, hiszen kisebb levált darabok észlelhetők (visszafröccsenve) az alapanyaghoz dermedve. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy milyen irányba haladt a lézersugár a felület megmunkálásakor. A lézernyaláb átmérő átfedésben volt a lépések között, és a barázdák is az eltolás irányáról tanúskodnak (**3. ábra**).

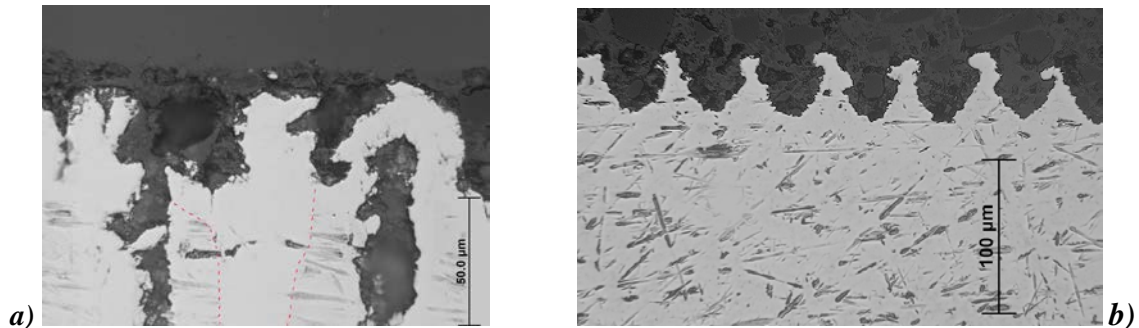


3. ábra. A vizsgált felületek pásztázó elektronmikroszkópos képei

A **röntgendiffrakciós vizsgálat** kimutatta a titán-dioxid két változatának jelenlétét: a rutilt és az anatózt. A titán gyakori két oxidja mellett azonban főleg olyan kristályos fázisok jelentek meg a lézergravírozott felületen, amelyek nemegyensúlyi fázisok: a titán-nitrid, illetve a titán  $Ti_2O$  oxidja.

Vizsgáltuk a keresztcsiszolatokon a **sugárbehatolási mélységet**. Megállapítható, hogy a 2 mm-es és ennél nagyobb fókuszeltolásnál kevésbé változik/roncsolódik a minta felülete, mint az 1 mm-es defókusz esetében. A rétegben jól elkülöníthető a felületi, illetve a

hőhatásövezet. Ugyanakkor megfigyelhető a mikroszkópos felvételeken (4. ábra), hogy nagyobb pásztázási sebességnél kisebb mélységre hatolt a sugár ( $def = 1$ ,  $v = 80$  mm/s, a behatolási mélység átlagértéke:  $36 \mu\text{m}$ ), a kisebb sebesség pedig mélyebb bevágást eredményezett ( $v = 10$  mm/s, a behatolási mélység átlagértéke:  $155 \mu\text{m}$ ).



4. ábra. Optikai mikroszkópi képek a titánlemez keresztcsiszolatokon:  $def = 1$  mm;  
a)  $v = 10$  mm/s, b)  $v = 80$  mm/s

## 6. Összefoglalás, következtetések

Ha a lézersugaras kezeléskor a titánlemez felülete megolvad, akkor jelentős mennyiségű titán-oxid jön létre a felületen. Ezek különböző kristálmódosulatai különböző színeket eredményeznek, ami a jelöléstechnikában hasznosítható. A lézersugaras gravírozásnál alkalmazott technológiai tényezők hatását értékelve megállapítható, hogy a 4–5 mm-es fókuszeltolásnál kevésbé roncsolta a lézersugár a felület mélyebb rétegeit, a pásztázási sebesség növekedése csökkentette a felületen kialakult barázdák mélységét. Mindezen adatok segítségünkre lehetnek a gyakorlatban, a titánlemezek lézersugaras gravírozásánál, a megmunkálási tényezők kombinációinak beállításánál, hogy az elvárt felületi minőséget érhesük el.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Bella Szabolcsnak és Reisz Juditnak a kísérletek és a vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségükért.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

### Acknowledgement

This research was supported by the European Union and the State of Hungary, co-financed by the European Social Fund in the framework of TÁMOP 4.2.4. A/1-11-1-2012-0001 ‘National Excellence Program’.

### Irodalom

- [1] Bakó Levente: *Lézeres gravírozó- és vágógépek szerte a nagyvilágból*. Jelöléstechnika. TechMonitor, 2013. március, 9–16. [colop.hu/techmonitor\\_2013\\_03\\_web.pdf](http://colop.hu/techmonitor_2013_03_web.pdf) (2014-02-20)
- [2] Bella Szabolcs: *Lézersugaras mikromegmunkálás*. [ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG19/2010-2011-II/ea/04-05\\_ea\\_2\\_BellaSz\\_mikromegmunk%E1%E1s.pdf](http://ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG19/2010-2011-II/ea/04-05_ea_2_BellaSz_mikromegmunk%E1%E1s.pdf) (2014-02-20)
- [3] Juhászné Reisz Judit: *Orvostechnikai anyagok lézergravírozhatósága*. Diplomamunka, BME ATT, Budapest, 2009.