

# Lézerszinterelt próbatestek kopás vizsgálata

## Wear measurements of laser sintered parts

*HATOS István, HARGITAI Hajnalka PhD*

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológia Tanszék,  
H-9026 Győr, Egyetem tér 1.  
e-mail: hatos@sze.hu, hargitai@sze.hu

### Abstract

*Metal laser sintering is a production method for producing prototypes and real parts. The laser sintered parts have very good mechanical properties, so printing parts for heavy operation is possible now. The present paper deals with the wear behavior of materials produced by DMLS from MaragingSteel MSI powder.*

### Összefoglaló

*A fémporok lézeres szinterezésével már funkcionális darabok is készíthetők. Az ismert alap mechanikai tulajdonságaik alapján nagy igénybevételű alkatrészekként gyártásánál is alkalmazhatóak. Mechanikusan működtetett alkatrészekként való használatukhoz a koptató igénybevétellel szembeni ellenállásuk megismerése szükséges. Cikkünkben MaragingSteel MSI acélporból szinterezett próbatesteken és referencia anyagokon végeztünk koptató vizsgálatokat.*

### Kulcsszavak

DMLS, lézer szinterezés, maraging acél, koptatás

## 1. BEVEZETÉS

A gyors prototípusgyártó (Rapid Prototyping, RP) eljárások a bonyolult, komplex 3D modelleket rétegről-rétegre építik fel az adott modell szeletelésével, majd a vékony, jellemzően 0,02-0,15 mm vastagságú szeletek egymásra szinterezésével. A szelektív lézer szinterelési (Selective Laser Sintering, SLS) technológia többféle alapanyagból is képes háromdimenziós modelleket előállítani. Az építés során minden egyes rétegben az elterített porszemcséket lézersugár olvasztja össze, pontosan azon a területen, ahol arra szükség van az adott modellben [1, 2].

A direkt fém szinterelési (Direct Metal Laser Sintering, DMLS) eljárás alkalmazásával fémporokból közvetlen módon tudunk terméket felépíteni. Az így készült alkatrész a hagyományos anyagokéval megegyező módon hőkezelhető, forgácsolható, hegeszthető és bevonatolható. Összehasonlítva az azonos alapanyagú és ötvöző tartalmú anyagokból felépített termékeket, megállapítható, hogy a DMLS technológiával előállított alkatrészek nem maradnak el alap mechanikai jellemzőik tekintetében a hagyományos technológiával gyártottaktól. A DMLS technológiával készített termékek mérettűrései jelentős mértékben függenek technológiai paraméterektől. Optimális beállításokkal, kisméretű darabok esetében akár  $\pm 50 \mu\text{m}$ -es tűréssel, nagyobb méretű darabok esetében 0,1-0,2 mm-es tűrésekkel gyárthatók termékek. A lézer szinterelt darabok egyedül a felületi minőség szempontjából maradnak el a hagyományos úton (forgácsolás, öntés) készített munkadaraboktól. A jellemző gyártás utáni átlagos felületi érdesség  $R_a = 9-12 \mu\text{m}$ . A munkadarabok durva felületi érdességét a rétegről-rétegre való építés szeletelési lépcsői, a technológiai felületi érdesség és a felülethez kapcsolódó részlegesen átolvasztott porszemcsék okozzák. A durva felületi érdesség értékek miatt az egymáson elmozduló felületek utólagos finomítása (sörétezés, forgácsolás, csiszolás, polírozás) szükséges, amivel akár tükrös felület is nyerhető.

Cikkünkben 200 W névleges teljesítményű EOS EOSINT M270 típusú lézeres szinterezővel EOS MaragingSteel MS1 (1.2709) fémorból szinterezett és hagyományos szerszámanyagokból kimunkált próbatetek koptató igénybevétellel szembeni ellenállását határoztuk meg.

## 2. ALAPANYAGOK, ELŐÁLLÍTÁS

A koptató vizsgálatokhoz három anyagból készítettünk próbatesteket: a DMLS rendszerekben gyakran alkalmazott EOS MaragingSteel MS1 (1.2709) fémorból szinterezéssel, valamint rúd alapanyagból forgácsolással kimunkált, a kémiai összetétel szempontjából közel azonos W722 VMR (~1.2709) (Bohler-Uddeholm) maraging acélból és Vanadis6 nagy kopásállóságú szerszámacélból (1. táblázat).

A vizsgált próbatetek kémiai összetétele [4,5,6]

1. táblázat

Anyag	C	Cr	Ni	Mn	Si	Al	Co	Mo	Ti	V
MS1	<0.03	<0.5	17-19	<0.1	<0.1	0.05-0.15	8.5-9.5	4.5-5.2	0.6-0.8	
W722	<0.005		18				9.25	4.85	1.00	
Vanadis 6	2.1			0.4	1.0		6.8	1.5		5.4

A vizsgálatokhoz korong alakú próbatesteket készítettünk (átmérő: 30 mm, magasság: 5,5 mm). Az azonos vizsgálati feltételek biztosítása érdekében a próbatesteket felület előkészítést (csiszolás, polírozás) ugyanazon paraméterek mellett végeztük (1. ábra).



1. ábra  
Előkészített próbatetek

A darabok felületi keménységének növelésére a szokásos térfogati hőkezelésen kívül karbonitridálást alkalmaztunk. Az MS1 és W722 acél a kiválóan keményíthető ötvözetek közé tartozik. A maximális keménység eléréséhez a szokásos hőkezelési folyamat: ~500 °C-on való 3-5 óra hőtartás, majd levegőn hűtés. Az MS1 és W722 darabokat nitridálás, illetve karbonitridálás esetén nem szükséges több lépcsőben hőkezeltetni, a nitridálással egy műveletben a kiváló keményítés is végbemegy. A különböző alapanyagok hőkezelési paramétereit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Az alapanyagokon végzett hőkezelések paramétereit

2. táblázat

Hőkezelés	anyag	hőmérséklet [°C]	időtartam [h]	közeg
kiválásos-keményítés	MS1, W722	500	4	levegő
vákuum edzés / (megeresztés)	V6	1050 / (550)	0,5 / (4)	vákuum
karbonitridálás	MS1, W722 V6 (edzés / megeresztés után)	550	12h	50% nitrogén (4 m <sup>3</sup> /h); 45% ammónia (3,7 m <sup>3</sup> /h); 5% szén-dioxid (80 l/h).

### 3. VIZSGÁLATOK

#### 3.1. Keménységmérés

A próbatetek felületi keménységét Vickers módszerrel KB 30 típusú keménységmérő gépen mértük. A vizsgálatot az MSZ EN ISO 6507-1 előírásai szerint végeztük. A terhelés  $F = 98,1 \text{ N}$  (10 kp) volt.

#### 3.2. Koptató vizsgálat

A koptató vizsgálatokat UNMT-1 (Universal nano & micro tester) pin-on-disk felépítésű tribométerrel végeztük. Koptató anyagnak cirkónium oxid kerámia golyókat használtunk (HV 1280), minden koptatást új golyóval végeztünk, az alábbi vizsgálati paraméterekkel: koptatási átmérő: 5 mm, kerületi sebesség: 100 mm/s, időtartam: 60 min. Felületenként 3-3 koptatást végeztünk azonos feltételekkel (2. ábra).

#### 3.3. Kopásnyom vizsgálata

A kopás számszerűsítése a kopási nyomok mérésével történt. A vizsgálatokat TALYSURF CLI2000 érdességmérő berendezéssel végeztük, optikai (konfokális) érzékeléssel, 100 Hz frekvenciával,  $0,5 \mu\text{m}$  pontsűrűséggel.

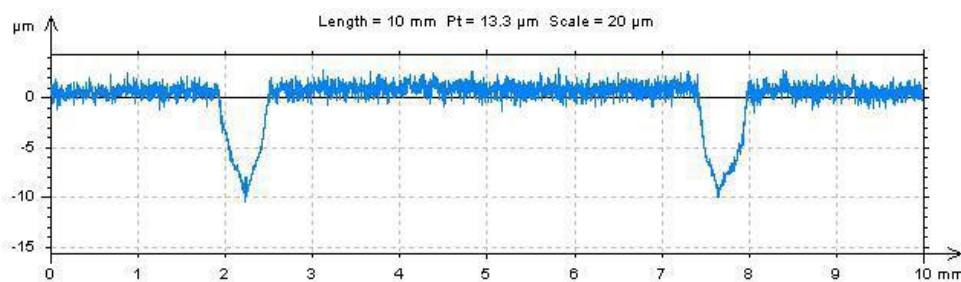
### 4. KIÉRTÉKELÉS

A próbatetek felületi keménység értékeit a koptató vizsgálat megkezdése előtt ellenőriztük. A két maraging acél keménysége 590 HV10 a Vanadis 6 acél keménysége 820 HV10 volt. A koptató vizsgálat során a berendezésbe befogott próbatestről készített felvételek a 2. ábrán láthatók.



2. ábra  
Koptatott próbatetek

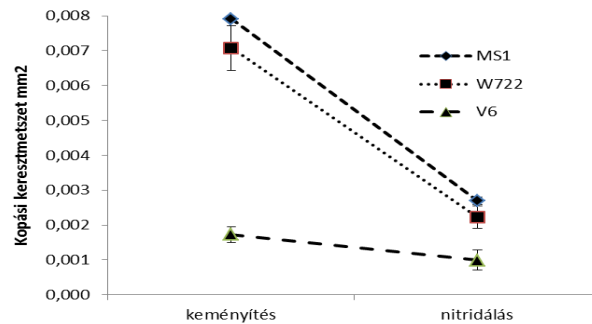
A kopásnyomok vizsgálatának számszerűsítésére a TALYSURF CLI2000 érdességmérő berendezéssel a felületről 2D profilokat vettünk fel. A vizsgálatokat un. *non-contact* módban, optikai érzékeléssel végeztük. Minden profilmérés előtt meghatároztuk a kopási kör középpontját. A kopási nyomokat a kopási kör középpontján átmenő egymásra merőleges átmérők mentén digitalizáltuk. A 3. ábrán egy jellegzetes kopási profil látható.



3. ábra  
A kopásvizsgálatot követő profilmérés eredménye

A mérés eredménye szöveges állományban tárolt pontpárok sorozata. Az adatok feldolgozása, azaz a kopási árkok területének meghatározása szoftveresen történt. Az un. kikopott terület vagy keresztmetszet meghatározására saját szoftvert fejlesztettünk.

A különböző anyagok profilgörbéinek kiértékelése után a 4. ábrán látható eredményeket kaptuk. Ahogy az ábrán is látható a kiválásos keményítés hatására MS1 és W722 anyag közel azonos, de a nagy kopásállóságú Vanadis 6 anyagét többszörösen meghaladó kopásértéket mutat.



4. ábra  
MS1, W722 és V6 anyagok kikopott keresztmetszete

Nitridálás hatására mindhárom anyag esetében csökkent a kopási keresztmetszet értéke, de jelentős javulás a felületi hőkezelés hatására csak az MS1 és W722 anyagoknál volt mérhető. A DMLS technológiával előállított próbatesteken nagyobb kopást mértünk az azonos keménység értékek ellenére, mint az azonos összetételű hagyományos gyártású darabokon.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A DMLS technológiával gyártott darabok mechanikai tulajdonságaikban lényegesen nem különböznek a hagyományos alapanyagú daraboktól. A koptató igénybevétellel szembeni ellenállásuk felületi hőkezeléssel nagymértékben növelhető.

### Köszönetnyilvánítás

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A cikk az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 azonosító számú "Járműipari anyagfejlesztések: célzott alapkutatás az alakíthatóság, hőkezelés és hegeszthetőség témaköreiben" című projekt támogatásával készült. Köszönetünket fejezzük ki Vass Zoltánnak és dr. Solecki Leventének a vizsgálatokban nyújtott szakmai segítségért.

### Irodalomjegyzék

- [1] Falk Gy, Bartha , Kovács J. G: Rapid Prototyping – Rapid Tooling a gyakorlatban, Műanyag és Gumi, 2005, 3, 84-87.
- [2] Falk Gy: Formakövető hűtés fröccsöntésnél, Gyártástrend, 2010, 1, 32-33.
- [3] Hatos I, Kovács J. G: Szinterezett fém alkatrészek felületi érdessége és méretpontossága a gyártási orientáció függvényében, XXI. Nemzetközi Gépészeti Találkozó - OGÉT 2013 konferencia kiadványa, 2013, 146-149.
- [4] Maraging Steel MS1 material data sheet, (<http://www.eos.info>, 2015.február15.)
- [5] Bohler W722 VMR, (<http://web.boehler.kunden.cmszwo.de/Info/W-Staehle/W722de.pdf>, 2015. február 15.)
- [6] Vanadis 6 szerszámacél ismertető, (<http://www.uddeholm.hu/hungarian/files/Vanadis6.pdf>, 2015. február 15.)