

## A FELÜLETVASALÁS FERDESÉGI ÉS LAPULTSÁGI ÉRDESSÉGI MÉRŐSZÁMRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE

Ferencsik Viktória 

egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [ferencsik.viktoria@uni-miskolc.hu](mailto:ferencsik.viktoria@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

A publikáció a felületvasalási eljárás ferdeségi és lapultsági 3D-s érdességi jellemzőkre gyakorolt hatását taglalja EN AW-2011 tengelyszerű darabokra vonatkozóan. A cikk bemutatja a 3 szinten vizsgált vasalási paramétereket (vasalóerő, előtolás, sebesség és vasalási járatszám), illetve azok 2 mikrotopográfiai jellemzőre gyakorolt hatását. A továbbiakban ismertetett kutatómunka célja annak feltérképezése, hogy ezen jellemzők milyen módon korrelálnak egymással, ezáltal elősegítve az eljárás gyakorlatban való hatékonyabb alkalmazhatóságát. A vasalás előtti, illetve utáni mérési folyamatok megvalósítása - 120°-os elfordítással 3 felületen - Altisurf 520 háromdimenziós felületi topográfia mérő berendezésen történt.

**Kulcsszavak:** vasalás, felületi érdesség, Altisurf 520

### **Abstract**

In the publication the effect of the surface burnishing process on the skewness and kurtosis of the scale limited surface 3D roughness parameters for EN AW-2011 shaft workpieces is discussed. The article presents the burnishing parameters (burnishing force, feed, speed, number of passes) examined at 3 levels and their effect on 2 microtopographic features. The purpose of the research work is to describe how these characteristics correlate with each other, thereby promoting the more effective applicability of the procedure in industrial practice. Measurement of the surface topography – before and after burnishing on 3 areas by rotated 120°- were implemented with Altisurf 520 3D surface topography measuring device.

**Keywords:** burnishing, surface roughness, Altisurf 520

### **1. Bevezetés**

A felületi minőség egy komplex fogalom, a felület rendkívül sok tulajdonságát foglalja magába, ráadásul a gyártás és működés oldaláról is nagyszámú jellegzetes hatás befolyásolja. Számos tudományterület foglalkozik a felület jellemzőinek megismerésével, megbízható és pontos mérésével, kiértékelésével (Whitehouse, 2000; Farkas, 2010; Czifra, 2017). Számos tanulmány bizonyította, hogy a megmunkálás hatására létrejövő felület minősége befolyásolja a gépalkatrész későbbi működését, a kapcsolódó felületek mikrotopográfiája hatással van az élettartamra, így nagy szerepe van a befejező megmunkálások között az olyan hideg képlékeny alakító technológiáknak, mint a hengerlés vagy a vasalás (Felhő és Varga, 2022; Varga et al., 2022; Ravenkar et al., 2014). A technológia alkalmazásának előnyei és egyben alkalmazási céljai közé tartozik, hogy csökkenti a felületi érdességet, növeli a felszínközeli réteg keménységét és korrózióállóságát, illetve kedvező módon változtatja meg az anyag feszültségi állapotát,

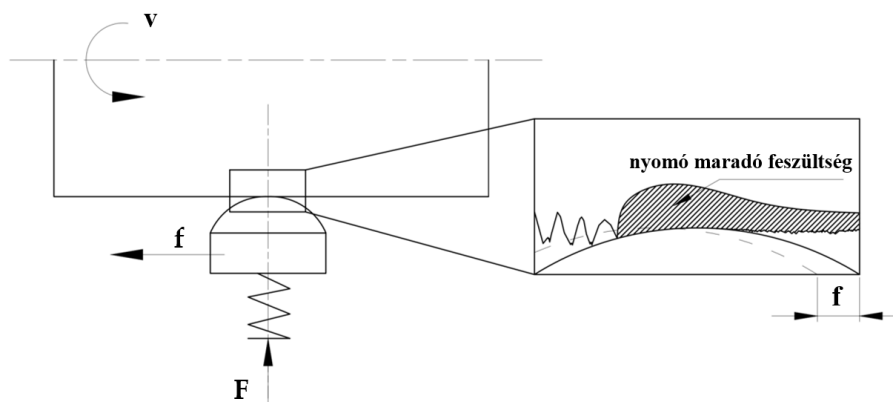
ezáltal is növelve az élettartamot (Kumara és Purohit, 2018; Rababa és Al-Mahasne, 2011; Malleswara et al., 2014).

Hazai és nemzetközi szinten is több kutató foglalkozott a felületvasalás érdességi jellemzőkre gyakorolt hatásának elemzésével, pl. Sagbas (Sagbas, 2011) tanulmányában a kívánatossági függvény megközelítésen és a válaszfelületi módszertanon alapuló optimalizálási stratégiát alkalmazta 7178-as alumínium-ötvözet vasalási folyamatának optimalizálására. Az elméleti és kísérleti vizsgálat alapján arra a következtetésre jutott, hogy az  $R_a$  átlagos felületi érdességet leginkább az erő és a járatszám értéke befolyásolja. Esme (Esme, 2010) kutatómunkájában felhasználta a Taguchi-féle ortogonális kísérlettervezést, illetve a varianciaelemzés statisztikai módszerét is AA 7075 alumínium ötvözetten végzett vasalási kísérletei során. Vizsgálatai célja annak megállapítása volt, hogy a vasalóerő, járatszám, előtolás és sebesség milyen hatást gyakorol az átlagos felületi érdesség és Vickers keménység változására. Eredményei alapján ugyancsak arra a következtetésre jutott, hogy a vasalóerő a leginkább domináns paraméter a vizsgáltak közül. Polanowski és Labuda (Polanowski és Labuda, 2016) pedig közelítő elemzéssel vizsgálta szintén az erő, előtolás, sebesség paraméterhármassá átlagos felületi érdességre gyakorolt behatását, az előzőektől eltérően acél anyagminőség esetén tengeri szivattyútengelyek élettartamának növelése érdekében.

Mivel a 3D-s, vagyis mikrotopográfiai paraméterekkel történő jellemzés a felület térbeli egyenetlenségeinek lényegesen valóságosabb kiértékelését teszi lehetővé, jelen cikk - a felületvasalás hatásának vonatkozásában - olyan háromdimenziós egyenetlenség-magasságirányú, ún. amplitúdó paraméterek vizsgálatát ismerteti, mint az  $S_{sk}$  ferdeségi és  $S_{ku}$  lapultsági mérőszámok.

## 2. A vasalási eljárás

A felületvasalás egyike azoknak a képlékeny alakító technológiáknak, melyek az anyag újrakristályosodási hőmérséklete alatt növelik meg a diszlokációsűrűséget, ezáltal nyomó maradó feszültséget generálva a felszínközeli rétegben. Külső hengeres felület vasalása során, a szerszámot adott nyomóerővel a forgómozgást végző munkadarab felületére szorítjuk, majd végighúzzuk rajta (1. ábra)



1. ábra. A felületvasalás megvalósítása (Travieso-Rodriguez et al., 2015; Tobola et al., 2015)

Az eljárás fő alkalmazási területei a gépipar, járműgyártás és repülési iparág (Wang et al., 2015; Sayahi et al., 2013).

### 3. Kísérleti körülmények

#### 3.1. A megmunkálás realizálása

A kísérlethez választott vizsgált anyagminőség EN AW-2011 jelű gyengén ötvözött alumínium, mivel a mérnöki gyakorlatban egyre több ipari szektor használ fel, illetve követeli meg a nem-vasalapú anyagok használatát, köszönhetően azok alacsony sűrűségének és kedvező mechanikai tulajdonságaiknak (Luo et al., 2006). Ugyanakkor ezeknek az anyagoknak a hagyományos, abrazív módon történő megmunkálása a nagy hőfejlődés miatt is nehézkes, hatékony megoldásként alkalmazható a felületvasalás.

A munkadarabok vasalását simító esztergálás előzte meg  $f_1 = 0,2$  mm/ford, majd  $f_2 = 0,15$  mm/ford előtolással 51 mm átmérőig, ezt követte a felületvasalás megvalósítása, melynek során a pereméterek számszerű értékeinek megválasztása a már megvalósított korábbi kísérletek eredményein alapult, meghatározva egy alapértéket, valamint egy az alatti és feletti értéket (1. táblázat).

1. táblázat. Vasalási paraméterek

Ssz.	F [N]	f [mm/ford]	v [m/min]	i
1	15	0,05	50,54	2
2	25	0,05	50,54	2
3	35	0,05	50,54	2
4	25	0,01	50,54	2
5	25	0,10	50,54	2
6	25	0,05	35,71	2
7	25	0,05	71,43	2
8	25	0,05	50,54	1
9	25	0,05	50,54	3

A megmunkálás E400 típusú egytetemes esztergán történt  $r = 3,5$  mm sugarú PCD anyagú szerszám alkalmazásával,  $v = 70$  mm<sup>2</sup>/s kinematikai viszkozitású olaj kézi adagolása mellett. A munkadarab

#### 3.2. A 3D felületi érdesség mérése

Számos módszer és eljárás létezik egy felület karakterisztikájának jellemzésére és érdességének mérésére. 3D topográfia mérése és értékelése során kiemelten fontos a mérési feltételek és beállítások szabványban rögzített követelményeinek ismerete, a mérési gyakorlat megfelelő mértékű elsajátítása.

Ebben a vizsgálatban szelvényenként 3 darab  $2 \times 2$  mm<sup>2</sup> területű felület mérése történt 120°-os elforgatással Altisurf 520 3D felületi topográfia mérőberendezésen CL2 konfokális kromatikus szenzor használatával. Az eredmények kiértékelése AltiMap Premium szoftver segítségével történt az ISO 25178:2001 szabvány ajánlásainak figyelembevételével, az egyes szelvényekre vonatkozóan pedig a három irányban mért értékek számtani középértékét vettem figyelembe.

A háromdimenziós mikrotopográfia amplitúdó jellemzői közül az ún ferdeségi ( $S_{sk}$ ) és lapultsági ( $S_{ku}$ ) mérőszámokat elemeztem (2. táblázat).

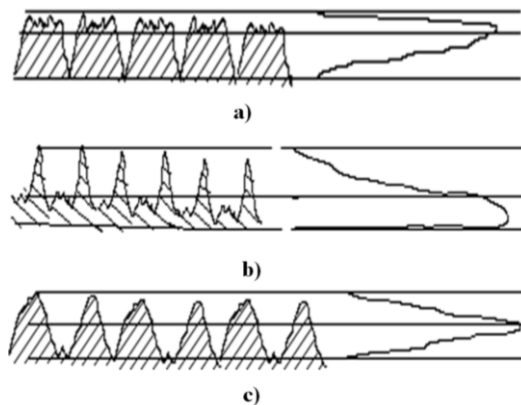
$S_{ku}$  a topográfia magaseloszlás-görbéjének csúcsosságát, hegyességét, vagyis a szórásterjedelmét jellemzi és gaussi felületek esetében  $S_{sk} = 3$  értékű.

Gaussi felületek esetében, vagyis ahol az egyes felületi pontok magasságeloszlásának függvénygörbéje szimmetrikus, a ferdeségi mérőszám értéke nulla.  $S_{sk}$  értéke akkor negatív, ha a magasságeloszlás-

görbének hosszabb része a középsík feletti oldalon jelenik meg, míg fordított esetben pozitív az értéke, ahogy azt a 2. ábra szemlélteti.

2. táblázat. A vizsgált 3D-s érdességi paraméterek (iso.org)

Jel	Megnevezés	Definíció	Számítása
$S_{sk}$	A felületi topográfia magasságeloszlásának ferdesége	A felületi topográfia magasságeloszlás-függvényének alakját, középsíkhöz viszonyított aszimmetriáját jellemzi	$\frac{1}{S_q^3} \left[ \frac{1}{A} \iint_A Z^3(x,y) dx dy \right]$
$S_{ku}$	A felületi topográfia magasságeloszlásának hegyessége	A felületi topográfia magasságeloszlás-görbéjének csúcsosságát, tehát szórását (szórásterjedelmét) jellemzi	$\frac{1}{S_q^4} \left[ \frac{1}{A} \iint_A Z^4(x,y) dx dy \right]$



2. ábra. A ferdeségi mérőszám geometriai értelmezése (Kovács et al., 2000)

a)  $S_{sk} < 0$ , b)  $S_{sk} = 0$ , c)  $S_{sk} > 0$

$S_{sk}$  negatív értéke esetén egy jó hordozótulajdonságú, kopásálló felületről van szó, ezzel a szemben, pozitív érték esetén a felületen lévő több-kevesebb hegyes csúcs gyors kezdeti kopást eredményez.

#### 4. Eredmények

A 3. és 4. táblázat foglalja össze a kísérlet számszerű mérési eredményeit, illetve az azokból generált dimenzió nélküli viszonyszámokat, melyek még szemléletesebbé teszik a keletkezett változásokat.

Az  $S_{sk}$  paraméterhez tartozó viszonyszám meghatározása El-Taweel és El-Axir [20] munkája alapján történt:

$$\Delta\rho_{S_{sk}} \% = \left( \frac{S_{sk_{előtte}} - S_{sk_{utána}}}{S_{sk_{előtte}}} \right) \cdot 100\% , \tag{1}$$

ahol:

- $S_{sk_{előtte}}$  A felületi érdesség értéke esztergálás után (vasalás előtt)
- $S_{sk_{utána}}$  A felületi érdesség értéke vasalás után
- $\Delta\rho_{S_{sk}}\%$  A számított viszonyszám százalékos értéke

3. táblázat.  $S_{sk}$  értékei a számított viszonyszámokkal

Ssz.	$S_{sk}$ [ $\mu\text{m}$ ]		$\Delta\rho_{S_{sk}}$ [%]
	előtte	utána	
1	0,4033	-0,5941	247,31
2	0,3373	-0,4502	233,47
3	-0,5299	0,2204	-141,59
4	-0,1326	-0,1361	2,64
5	0,0988	0,5335	-439,98
6	0,5559	-0,0160	102,88
7	0,5461	0,0015	99,73
8	0,3335	-0,3031	190,88
9	0,2222	-0,0068	103,06

A 3.2. számú fejezetpontban ismertetett jellemzők szerint,  $S_{sk}$  értéke minél kisebb, annál nagyobb mértékű javulás tapasztalható a vasalási eljárás következtében.

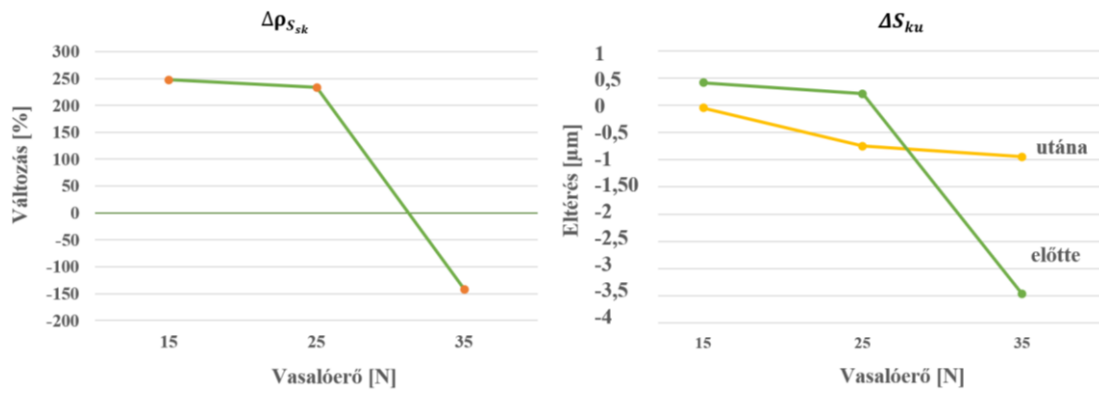
Az  $S_{ku}$  érdességi jellemzőhöz társuló eltérést mutató viszonyszám esetében a 3-as értékhez való eltérést vettem alapul, mivel gaussi felületeknél  $S_{ku} = 3$  értékű (Kovács et al., 2000). Így  $\Delta S_{ku}$  értéke minél inkább közelít 0-hoz, annál kedvezőbb a vasalás okozta változás. A képletekben  $S_{ku_e}$  a vasalás előtti, míg  $S_{ku_u}$  a vasalás utáni értéket jelenti.

$$\Delta S_{ku} = 3 - S_{ku_e/u} \quad (2)$$

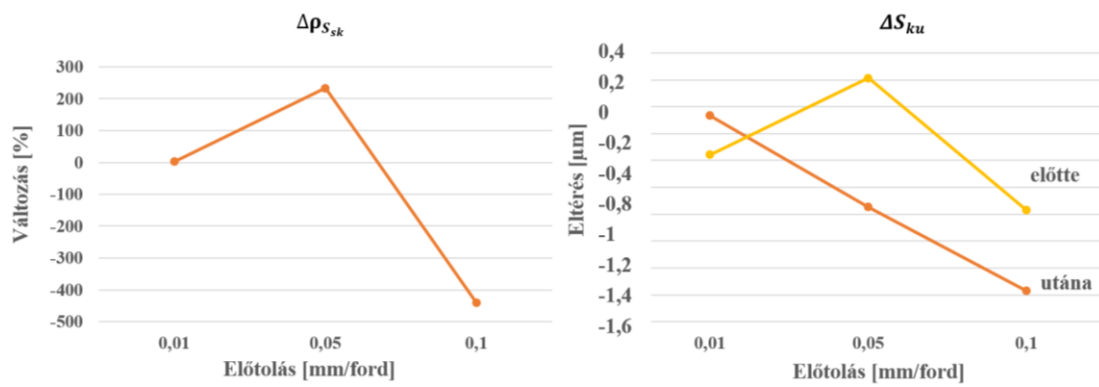
4. táblázat.  $S_{ku}$  értékei a számított viszonyszámokkal

Ssz.	$S_{ku}$ [ $\mu\text{m}$ ] előtte	$\Delta S_{ku_e}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$S_{ku}$ [ $\mu\text{m}$ ] utána	$\Delta S_{ku_u}$ [ $\mu\text{m}$ ]
1	2,5835	0,4165	3,0478	-0,0478
2	2,7854	0,2146	3,7455	-0,7455
3	6,4683	-3,4683	3,9387	-0,9387
4	3,3558	-0,3558	3,0667	-0,0667
5	3,7699	-0,7699	4,3709	-1,3709
6	2,7839	0,2161	3,2129	-0,2129
7	2,6563	0,3437	3,0571	-0,0571
8	2,6515	0,3485	3,4251	-0,4251
9	2,5508	0,4492	4,9857	-1,9857

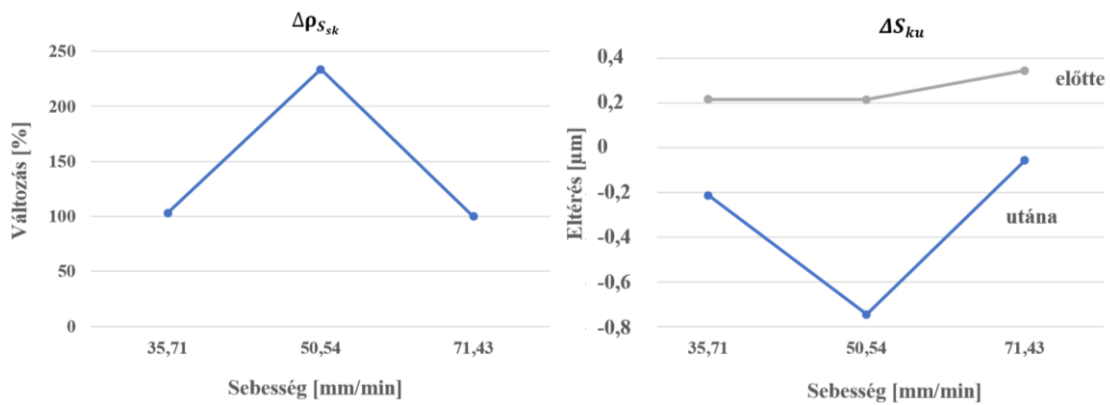
Az 1.-4. digrammok szemléltetik a vizsgált vasalási paraméterek (vízszintes tengely) hatásait a viszonyszámok és eltérések értékeire (függőleges tengely) vonatkozóan.



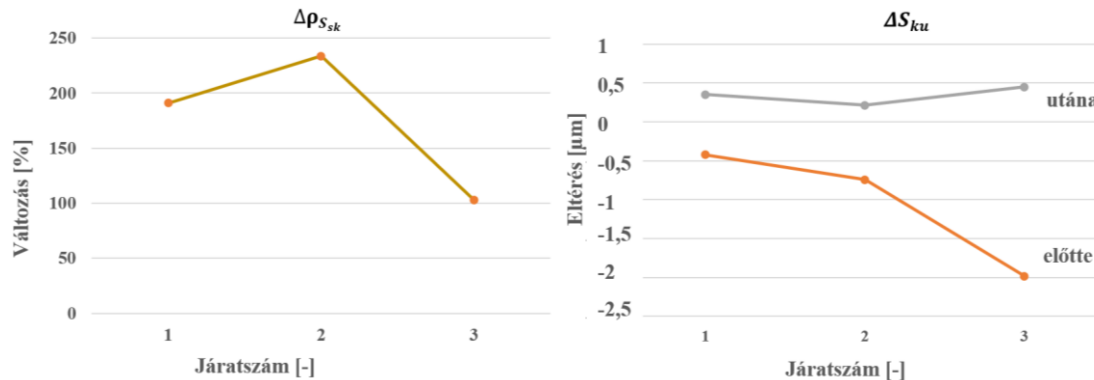
1. diagram. A vasalóerő vizsgált paraméterekre gyakorolt hatása



2. diagram. Az előtolás vizsgált paraméterekre gyakorolt hatása



3. diagram. A sebesség vizsgált paraméterekre gyakorolt hatása



4. diagram. A járatszám vizsgált paraméterekre gyakorolt hatása

## 5. Összefoglalás

A cikkben bemutatott kutatómunka során külső hengeres felület vasalási megmunkálás során vizsgáltam meg az egyes beállítandó technológiai paraméterek ferdeségi és lapultsági 3D-s érdességi jellemzőkre gyakorolt hatását. Az eljárás okozta változások szemléletesebbé tételéhez dimenzió nélküli viszonyszámokat alkottam, valamint diagrammok formájában is szemléltettem a számszerű eredményeket, melyek alapján a következő megállapításokat vontam le:

- Mindkét érdességi paramétert figyelembe véve, a legnagyobb mértékű javulás az "1" sorszámú felület esetén volt tapasztalható, melyhez az alábbi beállítások tartoztak:

$$F = 15 \text{ N}$$

$$f = 0,05 \text{ mm/ford}$$

$$v = 50,54 \text{ m/min}$$

$$i = 2$$

- A diagrammok és a számszerű eredmények is igazolják, hogy az erő, előtolás és járatszám növelése hátrányosan befolyásolja a megmunkált felület minőségét az adott anyagminőség esetében, így ezek értékét ajánlott olyan mértékben alacsonyan tartani, melynek beállítása esetén még nem hosszabbodik meg aránytalanul a megmunkálás időtartama.
- A vasalási sebesség  $S_{sk}$  és  $S_{ku}$  jellemzőkre gyakorolt hatása nem állapítható meg egyértelműen a rendelkezésre álló adatokból, így annak további gyakorlati vizsgálata részét képezi jövőbeni kutatómunkámnak is, illetve további elemzésnek kívánom alávetni ezeket a paramétereket teljes faktoriális kísérlettervezése felhasználásával.

## 6. Köszönetnyilvánítás

„Az NKFI-125117 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K\_17 pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

## Irodalom

- [1] Whitehouse, D. J. (2000). Surface characterization and roughness measurement in engineering. *Photomechanics, Topics Appl. Phys.*, 77, 413–461. [https://doi.org/10.1007/3-540-48800-6\\_12](https://doi.org/10.1007/3-540-48800-6_12)

- [2] Farkas, G. (2010). *Esztergált műszaki műanyag felületek mikrotopográfiai jellemzői*. Ph.D. értekezés. 1–138.
- [3] Czifra, Á. (2017). Műszaki felületek osztályozása mikrotopográfiai paraméterek alapján. *GÉP*, LXVIII, 23–26.
- [4] Felhő, C., Varga, G. (2022). CAD and FEM modelling of theoretical roughness in diamond burnishing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 23, 375–384. <https://doi.org/10.1007/s12541-022-00622-5>
- [5] Varga, G., Dezső, G., Szigeti, F. (2022). Surface roughness improvement by sliding friction burnishing of parts produced by selective laser melting of Ti6Al4V titanium alloy. *Machines*, 10(5), 1–25. <https://doi.org/10.3390/machines10050400>
- [6] Ravenkar, G. D., Shetty, R., Rao, S. S., N. Gaitonde, V. (2014). Analysis of surface roughness and hardness in ball burnishing of titanium alloy. *Measurement*, 58, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.08.043>
- [7] Kumara, P., Purohit, G. K. (2018). Improving surface roughness of burnished components using abrasive particles. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 15(3), 5592–5606. <https://doi.org/10.15282/ijame.15.3.2018.15.0430>
- [8] Rababa, K. S., Al-Mahasne, M. M. (2011). Effect of roller burnishing on the mechanical behavior and surface quality of O<sub>1</sub> alloy steel. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3(3), 227–233.
- [9] Malleswara Rao, J. N., Chennakesava Reddy, A., Sumalatha, M. (2014). Experimental investigation of the influence of roller burnishing tool passes on surface roughness and hardness of brass specimens. *IJRMET*, 4(1), 142–145.
- [10] Sagbas, A. (2011). Analysis and optimization of surface roughness in the ball burnishing process using response surface methodology and desirability function. *Advances in Engineering Software*, 42, 992–998. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2011.05.021>
- [11] Esme, U. (2010). Use of grey based Taguchi Method in ball burnishing process for the optimization of surface roughness and microhardness of AA 7075 aluminium alloy. *Materials and Technology*, 44(3), 129–135.
- [12] Polanowski, S., Labuda, W. (2016). Experimental study on the influence of burnish parameters on the surface roughness reduction index. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 23(3), 395–402.
- [13] Travieso-Rodriguez, A. J., Gomez-Gras, G., Dessein, G., Carillo, F., Alexis, J., Jorba-Peiro, J., Aubazac, N. (2015). Effects of ball-burnishing process assisted by vibrations in G10380 steel specimens. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 81, 1757–1765. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7255-3>
- [14] Tobola, D., Rusek, P., Czechowski, K., Miller, T., Duda, K. (2015). New indicators of burnished surface evaluation – reasons of application. *Metrology and Measurement Systems*, 22(2), 263–274. <https://doi.org/10.1515/mms-2015-0018>
- [15] Wang, X., Zhu, L., Zhou, Z., Liu, G., Liu, E., Zeng, Z., Wu, X. (2015). Tribological properties of WC-reinforced Ni-based coatings under different lubricating conditions. *Journal of Thermal Spray Technology*, 24(7), 1323–1332. <https://doi.org/10.1007/s11666-015-0290-7>
- [16] Sayahi, M., Sghaier, S., Belhadjsalah, H. (2013). Finite element analysis of ball burnishing process: comparison between numerical results and experiments. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 67, 1665–1673. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4599-9>



- 
- [17] Luo, H., Liu, J., Wang, L., Zhong, Q. (2006). The effect of burnishing parameters on burnishing force and surface microhardness. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 28, 707–713. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2412-0>
- [18] ISO 22081:2021, Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — General geometrical specifications and general size specifications, (2021), <https://www.iso.org/standard/72514.html> (Megtekintés dátuma: 2022/06/01)
- [19] Kovács, K., Váradi, K., Palásti, K. B.: *Microtopographic analysis of technical surfaces by 3D parameters*, Gépészet 2000, Second Conference on Mechanical Engineering, Budapest, pp. 235-240.