

## A GYÉMÁNTSZERSZÁMOS VASALÁS 3D-S FELÜLETI ÉRDESSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

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**

*Jelen kutatómunka célja a gyémántszeres vasalás 3D-s érdességi paraméterekre gyakorolt hatásának vizsgálata gyenge ötvöztetésű alumínium anyagminőség esetén. A cikk bemutatja a 3 szinten vizsgált vasalási paramétereket (vasalóerő, előtolás, sebesség és járatszám), illetve a geometriai struktúra változását 3 érdességi paraméter vizsgálatán keresztül. Az eredmények lehetővé teszik az eljárás közben lezajló folyamatok pontosabb megértését, az ipari felhasználás tekintetében pedig segíthetnek csökkenteni a megmunkálási időt és költségeket a beállítási paraméterek hatékonyabb meghatározásával.*

**Kulcsszavak:** 3D érdesség, felületvasalás, felületi topográfia, Talysurf 520

### **Abstract**

*The aim of this research work is to investigate the effect of diamond burnishing on 3D roughness parameters in case of low-alloy aluminum material. The article presents the burnishing parameters (burnishing force, feed rate, speed, and number of passes) examined at 3 levels, as well as the change of the geometric structure through the examination of 3 roughness parameters. The results could make it possible to better understand the processes taking place during burnishing and in terms of industrial use, it could help reduce time and costs of machining by determining more effectively the setting parameters.*

**Keywords:** 3D roughness, surface burnishing, surface topography, Talysurf 520

### **1. Bevezetés**

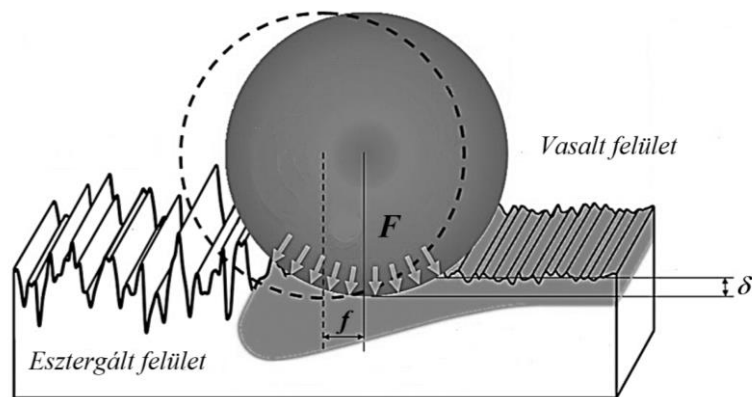
A felületi érdesség és annak vizsgálata mindig is fontos szerepet játszott a műszaki, mérnöki területeken, mivel az közvetlenül befolyásolja a korrózió- és kopásállóságot, a hűtő-kenő folyadék megtartását, a csúszásátló jellemzőket, mindezek által a gépelem élettartamát (Bulaha et al., 2016; Bulaha et al., 2021; Blawucki and Zaleski, 2015; Deltombe et al., 2014). A felületvasalás egyike azoknak a hideg képlékeny befejező megmunkálásoknak, amely biztosítja az alkatrész előírt méretét és alakhelyességét, miközben csökkenti a felületi érdességet, növeli a mikro-keménységet, javítja az alakhelyességet és kedvező nyomó maradó feszültséget okoz a felszínközeli rétegben (Kluz et al., 2021; Jerez-Mesa et al., 2020; Lluma et al., 2020; Basak et al., 2019). Tehát, ha a vasalási paramétereket oly módon szabályozzuk, hogy azok a lehető legkisebb felületi érdességet eredményezzék, javul az élettartam. A gazdasági okokon túlmenően, ez a magyarázata annak, hogy a vasalás miért helyettesítheti az olyan hagyományos technológiákat, mint a köszörülés, hónolás, leppelés vagy polírozás (Khanh et al., 2021; Swirad, 2019).

Számos kutató kísérletileg igazolta, hogy ez a forgácsleválasztás-nélküli technológia javítja a felület integritását (Revankar et al., 2017; Kato et al., 2018), azonban a 3D-s érdességi paraméterek vizsgálata

még mindig egy kevésbé kutatott terület a 2D-s típusokhoz képest (Molnár, 2021). Így ebben a kutatómunkában a különböző vasalási paraméterek 3D-s érdességi jellemzőkre gyakorolt hatását taglalom, megvizsgálva a köztük lévő korrelációkat EN AW-2011 anyagminőségű tengelyszerű munkadarabok esetén.

## 2. Külső hengeres felületek vasalása

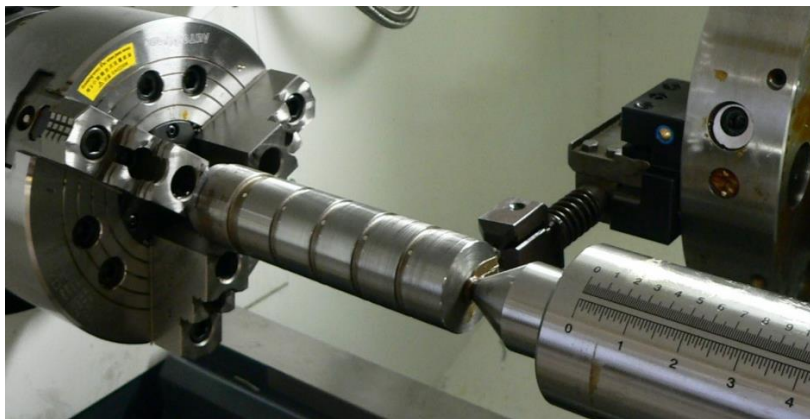
A vasalást nagy pontosságú, kis érdességű befejező műveletként alkalmazzák. A hidegalakítás megvalósulásához szükséges nyomás a szerszám működő és a munkadarab alakítandó felülete közötti átfedés hatására jön létre, ennek az interakciónak a következménye a felületi réteg felkeményedése, az alakheység javulása, illetve a felületi érdesség csökkenése, ahogy azt az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A felületérdesség változása vasalás során. (Amdouni et al., 2017)

$F$  – vasalóerő,  $f$  – előtolás,  $\delta$  - bemélyedési mélység

Az eljárás alkalmas nemcsak külső, hanem belső hengeres felület, illetve síkfelület megmunkálására is. A vizsgálat tárgya amiatt tengelyszerű darab, mivel a vasalás fő alkalmazási területét autóiipari, légiipari alkatrészek, főtengelyek, belső és külső csapágy futógyűrűk stb. megmunkálása alkotják. A 2. ábrán látható a befogott munkadarab és szerszám, mely a beépített rugó segítségével biztosítja a megmunkáláshoz szükséges meghatározott nagyságú erőt.



2. ábra. Az eljárás megvalósítása előtti állapot

### 3. Kísérleti körülmények

#### 3.1. A vizsgálat tárgya

A vasalendő munkadarab anyagminősége és keménysége széles tartományban változhat, jelen kísérletben EN AW-2011 jelű gyenge ötvöztetésű alumínium vizsgálata történt, melynek kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

**1. táblázat.** A vizsgált alumínium ötvözet kémiai összetétele térfogatszázalékban kifejezve (alumeco.com)

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Bi	Pb	Al
Min			3,3	0,5	0,4			0,3	0,2	89,3
Max	0,4	0,8	4,6	1	1,8	0,1	0,2	0,6	0,6	95,1

A darabot a vasalási folyamatot megelőzően  $f_1 = 0,2$  mm/ford, majd  $f_2 = 0,15$  mm/ford előtolással E400 típusú egytetemes esztergán finomesztergálták, majd ugyanezen a szerszámgépen történt a felületek vasalása is 3,5 mm sugarú mesterséges gyémánt szerszám alkalmazásával.

#### 3.2. A beállított vasalási paraméterek

A vasalási feltételek meghatározása közelítő számításokon, azonos vagy hasonló tulajdonságokkal bíró vasalt anyagok már meglévő kísérleti eredményein, valamint a rendelkezésre álló univerzális nomogramokon és speciális szabványokon alapul.

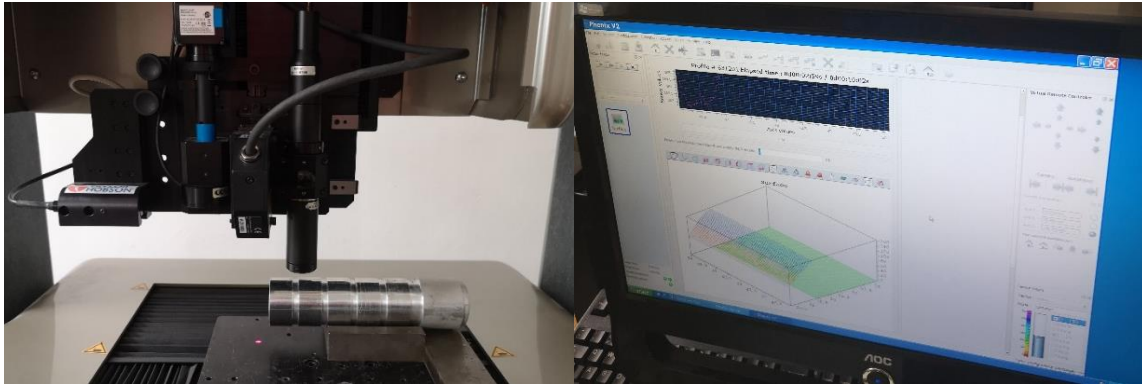
A számos érdekességet befolyásoló tényező közül a vasalóerő (F), az előtolás (f), a sebesség (v) és a járatszám (i) hatását vizsgáltam, ezek értékeit 3 szintre állítottam be (1 bázisérték és ahhoz képest egy pozitív és negatív mértékű eltérés), ahogy a 2. táblázat tartalmazza.

**2. táblázat.** Vasalási paraméterek

Ssz.	F [N]	f [mm/min]	v [m/min]	i [ø]
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

#### 3.3. Az felületi érdesség mérése

A felületek érdességének mérése - a vasalást megelőzően és követően - Altisurf 520 háromdimenziós felületi topográfia mérő berendezésen történ, MG140 nagyítóval ellátott CL2 konfokális kromatikus szenzor használatával. A mérések kiértékelése AltiMap Premium szoftverrel történt az ISO 25178:2021 szabvány ajánlásainak figyelembevételével háromszor 2x2 mm-es területen 120°-os elfordítással. A 3. ábra egy mérés közbeni állapotot mutat.



3. ábra. Az érdességmérés folyamata

A 3D-s érdességi paraméterek egyik csoportját alkotják az úgynevezett amplitúdó paraméterek (Del-tombe et al., 2014), a vizsgálat alá vontakat tartalmazza a 3. táblázat:

3. táblázat. Vizsgált 3D-s érdességi paraméterek EN ISO 25178 (ISO 22081:2021) alapján

Jel	Megnevezés	Definíció	Számítása
$S_a$	Felületi érdesség aritmetikai középértéke	A mért terület abszolút $z(x,y)$ értékeit fejezi ki	$\frac{1}{A} \iint  Z(x,y)  dx dy$
$S_q$	Felületi érdesség négyzetes középértéke	A kiemelkedésekre és bemélyedésekre érzékenyebb paraméter, amely viszonylag sima felület domborzatának minősítésére használható	$\sqrt{\frac{1}{A} \iint  Z^2(x,y)  dx dy}$
$S_z$	Felület maximum érdessége	A legmagasabb kiemelkedés ( $S_p$ ) és a legmélyebb bemélyedés ( $S_v$ ) távolságát fejezi ki	$S_p + S_v$

#### 4. Eredmények

Az egyes felületeken mért érdességi paraméterek átlagolt értékeit foglalja össze a 4. táblázat, amely tartalmazza továbbá a dimenzió nélküli viszonzyszámokat is, melyeket El-Taweel és El-Axir (El-Taweel and El-Axir, 2009) egyenlete alapján számítottam ki, annak érdekében, hogy a vasalás okozta változás még érzékletesebb legyen.

$$\Delta\rho_{S_x} \% = \left( \frac{S_{x_{előtte}} - S_{x_{utána}}}{S_{x_{előtte}}} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

ahol:

- $S_{x_{előtte}}$  Esztergált (vasalást megelőző) felület érdessége,
- $S_{x_{utána}}$  Vasalt felület érdessége,
- $\Delta\rho_{S_x} \%$  A javulási viszonzyszám százalékos értéke.

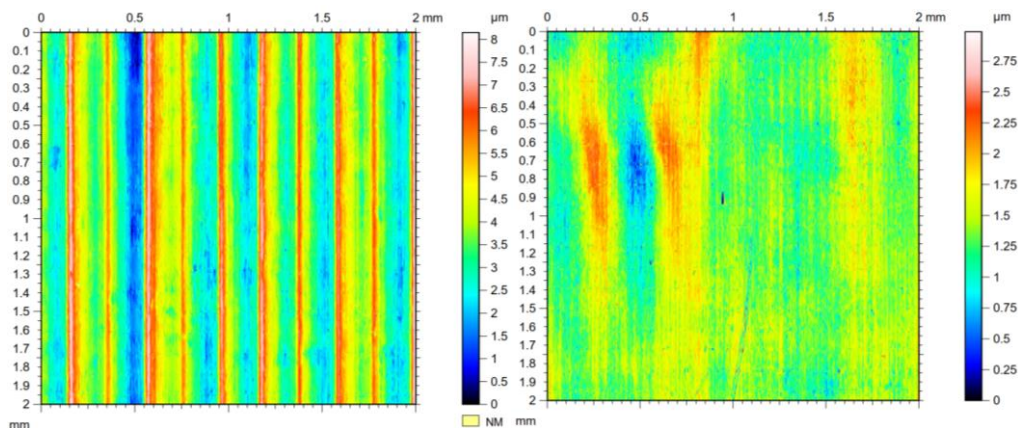
Minél nagyobb  $\Delta\rho_{S_x}$  értéke, annál nagyobb a vasalás okozta javulás mértéke.

4. táblázat. A kísérlet eredményei és a javulási viszonyszámok

Ssz	S <sub>a</sub> [μm]		Δρ <sub>S<sub>a</sub></sub> [%]	S <sub>q</sub> [μm]		Δρ <sub>S<sub>q</sub></sub> [%]	S <sub>z</sub> [μm]		Δρ <sub>S<sub>z</sub></sub> [%]
	előtte	utána		előtte	utána		előtte	utána	
1	1,0089	0,7919	21,51	19,41	0,9934	19,41	7,5197	5,9848	20,41
2	0,9186	0,2912	68,29	66,99	0,3764	66,99	7,2186	3,5849	50,34
3	0,2913	0,2959	-1,58	6,41	0,3768	6,41	4,2589	3,1247	26,63
4	0,2713	0,2769	-2,06	0,55	0,3464	0,55	3,3896	3,0668	9,52
5	0,2706	0,3769	-39,28	-43,86	0,5018	-43,86	4,1262	5,1916	-25,82
6	1,0938	0,2878	73,69	73,33	0,3620	73,33	8,2312	3,5353	57,05
7	1,0291	0,2898	71,83	71,22	0,3639	71,22	7,2150	3,1132	56,85
8	1,0911	0,4219	61,33	60,11	0,5361	60,11	7,9095	4,5292	42,73
9	1,0831	0,3420	68,42	65,99	0,4504	65,99	7,7909	5,4069	30,59

A viszonyszámok számszerű értékei alapján egyértelműen megállapítható, hogy a legkedvezőbb mértékű változás a 6-os sorszámú jelölt felület esetében volt tapasztalható. Ez alapján F = 25 N vasalóerő, f = 0,05 mm/ford előtolás, 35, 71 m/min sebesség és i = 2 járatszám beállítása eredményezi a legelőnyösebb felületi érdességet ezen a paramétertartományon belül.

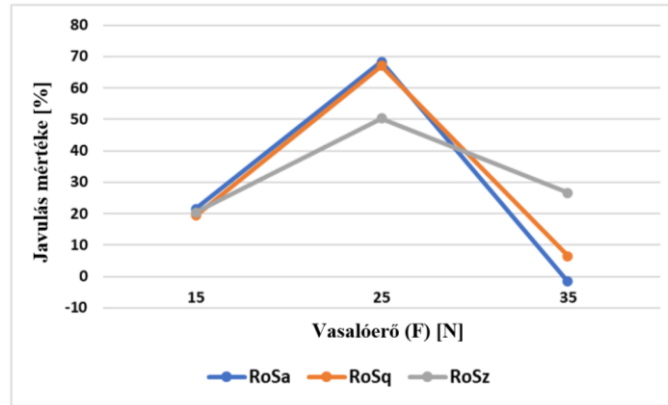
A 4. ábra a 6-os sorszámú jelölt felület vasalás előtti és vasalás utáni topográfiáját mutatja.



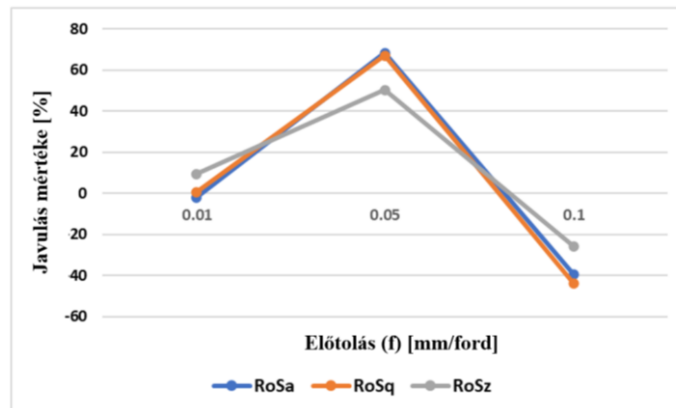
4. ábra. Felület "6" felületi topográfia vasalás előtt (bal) és után (jobb)

Ahogy az a topográfiákon látható, a vasalás korrigálta az esztergálás okozta mikromenetet és csökkentette a kiemelkedések és bemélyedések mértékét.

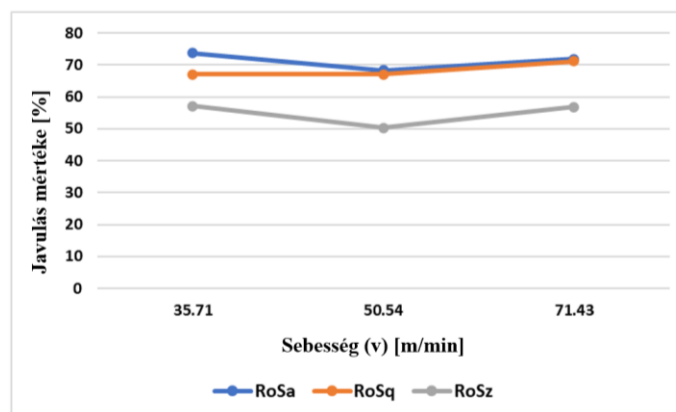
Az egyes vasalási paraméterek (vízszintes tengely) javulási viszonyszámokra (függőleges tengely) gyakorolt hatását szemléltetik az alábbi diagrammok:



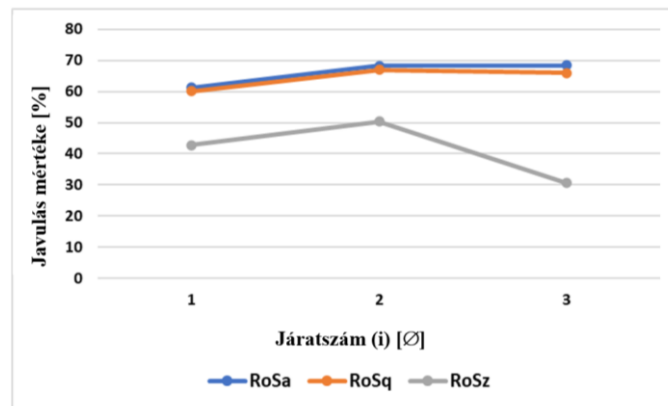
1. diagram. A vasalóerő hatása a felületi érdesség változására



2. diagram. Az előtolás hatása a felületi érdesség változására



3. diagram. A sebesség hatása a felületi érdesség változására



4. diagram. A járat szám hatása a felületi érdesség változására

## 5. Összefoglalás

A cikk gyenge ötvözesű alumínium anyagminőségen végzett gyémántszerszámú vasalási kísérletet mutatott be, melynek során a vizsgálat tárgya a vasalási erő, előtolás, sebesség és járat szám 3D-s felületi érdességre gyakorolt hatásának elemzése volt. A mért, számított, illetve a diagrammokban formájában ábrázolt eredmények alapján az alábbiak állapíthatók meg:

- A legkedvezőbb mértékű változás a "6" jelölésű felület esetén volt tapasztalható és a további eredmények is azt igazolták, hogy  $F = 25 \text{ N}$  erő és  $f = 0,05 \text{ mm/ford}$  előtolás beállítása az ideálisabb. Ez a hatás még inkább kihasználható a sebesség csökkentésével.
- A számszerű eredmények is azt mutatják, hogy a nagyobb mértékű előtolás és sebesség kedvezőtlenül befolyásolja a felületi érdesség változását, ld.: felület "5"
- Az előző megállapítást alátámasztják az 1.-4. diagramok is, melyeken az is látható, hogy a vasalási járat számnak csak az  $S_z$  érdességi paraméter esetén volt szignifikáns hatása,
- Továbbá, a diagramok alapján az is megállapítható, hogy a vasalási erő és előtolás hatása a felületi érdességre jelentősebb mértékű, mint a sebessége vagy járat számé a vizsgált paramétertartományon belül.

Jövőbeni terveim között szerepel további olyan 3D-s érdességet jellemző paraméterek vizsgálata, melyek lehetővé teszik a vasalás közben lejátszódó folyamatok minél jobb érthetőségét.

## 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] Bulaha, N., Rudzitis, J., Lungevics, J., Cudinovs, V. (2016). Measurement principles of 3D roughness parameters. *Engineering for Rural Development*, 15, 1059–1064.
- [2] Bulaha, N., Linins, O., Avisane, A. (2021). Application of 3D roughness parameters for wear intensity calculations. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 58(5), 27–37. <https://doi.org/10.2478/lpts-2021-0037>

- [3] Blawucki, S., Zaleski, K. (2015). The effect of aluminum alloy surfaces roughness on the restitution coefficient. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 9(27), 66–71. <https://doi.org/10.12913/22998624/59086>
- [4] Deltombe, R., Kubiak, K. J., Bigerelle, M. (2014). How to select the most relevant 3D roughness parameters of a surface. *Scanning*, 36, 150–160. <https://doi.org/10.1002/sca.21113>
- [5] Kluz, R., Antosz, K., Trzepiecinski, T., Bucior, M. (2021). Modelling the influence of slide burnishing parameters on the surface roughness of shafts made of 42CrMo4 heat-treatable steel. *Materials*, 14(5), 1175. <https://doi.org/10.3390/ma14051175>
- [6] Jerez-Mesa, R., Plana-Garcia, V., Lluma, J., Travieso-Rodriguez, J. A. (2020). Enhancing surface topology of Udimet®720 superalloy through ultrasonic vibration-assisted ball burnishing. *Metals*, 10(7), 915. <https://doi.org/10.3390/met10070915>
- [7] Lluma, J., Gomez-Gras, G., Jerez-Mesa, R., Rue-Mascarell, J., Travieso-Rodriguez, J. A. (2020). Mechanical strengthening in S235JR steel sheets through vibration-assisted ball burnishing. *Metals*, 10(8), 1010. <https://doi.org/10.3390/met10081010>
- [8] Basak, H., Ozkan, M. T., Toktas, I. (2019). Experimental research and ANN modelling on the impact of the ball burnishing process on the mechanical properties of 5083 Al-Mg material. *Kovove Mater.*, 57(1), 61–74. [https://doi.org/10.4149/km\\_2019\\_1\\_61](https://doi.org/10.4149/km_2019_1_61)
- [9] Khanh, C. X., Ba, L. X., An, N. T., Hung, T. Q., Thanh, N. T. (2021). An intelligence-based optimization of the internal burnishing operation for surface roughness and Vickers hardness. *Transport and Communications Journal*, 72(4), 395–410. <https://doi.org/10.47869/tcsj.72.4.1>
- [10] Swirad, S. (2019). Surface texture analysis after hydrostatic burnishing on X38CrMoV5-1 steel. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 32, 91. <https://doi.org/10.1186/s10033-019-0407-x>
- [11] Revankar, G. D., Shetty, R., Rao, S. S., Gaitonde, V. N. (2017). Wear resistance enhancement of titanium alloy (Ti-6Al-4V) by ball burnishing process. *J. Mater. Resear.*, 6(1), 13–32. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2016.03.007>
- [12] Kato, H., Ueki, H., Yamamoto, K., Yasunaga, K. (2018). Wear resistance improvement by nanostructured surface layer produced by burnishing. *Mater. Sci. Forum*, 917, 231–235. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.917.231>
- [13] Molnár, V. (2021). Minimization method for 3D surface roughness evaluation area. *Machines*, 9(9), 192. <https://doi.org/10.3390/machines9090192>
- [14] Amdouni, H., Bouzaiene, H., Montagne, A., van Gorp, A., Coorevits, T., Nasri, M., Iost, A. (2017). Experimental study of a six new ball-burnishing strategies effects on the Al-alloy flat surface integrity enhancement. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 90, 2271–2282. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9529-9>
- [15] <https://www.alumeco.com/aluminium/bars/square-bars/en-aw-2011/10-mm/p/472/8999> (Megtekintés dátuma: 2021/01/07)
- [16] 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)
- [17] El-Taweel, T. A., El-Axir, M. H. (2009). Analysis and optimization of the ball burnishing process through the Taguchi technique. *Int. J., Adv. Manuf. Tehvno.*, 41, 301–310. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1485-6>