

GYÉMÁNTVASALT MUNKADARAB-FELÜLETEK FELÜLETI ÉRDESSÉGÉNEK 3D-S VIZSGÁLATA

Dr. Varga Gyula¹, Ferencsik Viktória²

¹Egyetemi docens, *Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet*

²II. évf. MSc Gépészmérnök hallgató, *Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet*

ABSZTRAKT

Napjainkban jelentős figyelmet fordítanak az olyan befejező fémmegmunkálásokra, mint a gyémántvasalás. A gyémántszerszám felületvasalás a finomfelületi megmunkálások csoportjába tartozik, az eljárással javítható a felületi érdesség, a felület keménysége, mikro-szerkezete. Így a gyémántvasalás helyettesítheti, illetve sok esetben hatásosabbnak is bizonyul a hagyományos finomfelületi megmunkálásoknál (pl. köszörülés, leppelés, polírozás). Az eljárást használják külső és belső hengeres felületek megmunkálásakor, fő alkalmazási területét pedig az autóiipari főtengelyek, a belső és külső csapágy futógyűrűk, stb. alkotják. A dolgozat gyémántvasalt munkadarab-felületek felületi érdességének 3D-s paramétereit közül a felület érdesség aritmetikai középértéke (S_a) értékeinek változását vizsgálatát mutatja be különböző vasalási paraméterek esetén.

BEVEZETÉS

A gyémántszerszám felületvasalás eljárásának elve, hogy egy adott paraméterekkel rendelkező szerszám egyenes vonalú mozgást végezve végighalad a vasalandó, forgó mozgást végző munkadarab felületén. A vasalást végző szerszám kialakítása lehet rugalmas vagy merev. A vasalást végző betét alakja hengeres vagy gömbfelület alakú, legfőbb anyagai: gyémánt, keményfém, ill. kőbős bórnitrid. Vizsgálatainknál gyémánt anyagú, gömb megmunkáló felületű vasaló szerszámot alkalmazunk.

A felületi tulajdonságokat befolyásoló paraméterek közé tartoznak a vasalási előtolás, sebesség, erő, a vasalási ismétlési szám, a vasalórész anyaga, a munkadarab anyaga, valamint a vasaló gyémánt geometriai mérete. Ezek közül vizsgálatainknál az előtolást, vasalási sebességet és a vasaló-erő értékét változtattuk két érték között, melyek közül a kisebbet minimálisnak, míg a nagyobbikat maximálisnak neveztük el. A kísérletek megtervezéséhez és végrehajtásához a Taguchi-féle teljes faktoriális kísérlettervet alkalmaztuk, mellyel empirikus összefüggések hatékonyan képezhetők. A felületi érdesség méréséhez a Gyártástudományi Intézetben lévő AltiSurf 520 típusú 3D-s felületi érdességmérő berendezést használtuk. A mért eredményeket egy speciálisan meghatározott viszonyszám összehasonlításával értékeljük ki.

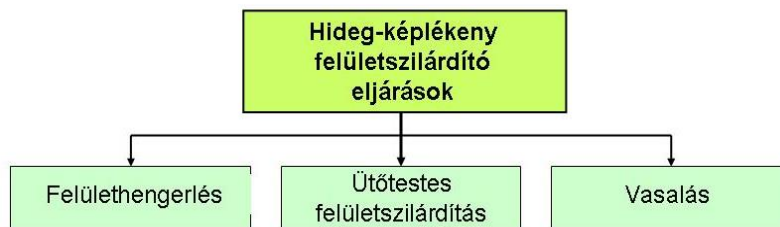
FELÜLETSZILÁRDÍTÓ ELJÁRÁSOK

Az anyagszerkezet és a tulajdonságok kapcsolatrendszerének elemzése során számos szilárdságnövelő mechanizmust megismerhetünk, ezek egyike az alakítási keményedés, a hidegalakítás következményeként fellépő szilárdságnövekedés. A

felületi rétegre korlátozott hidegalakítás révén ez a szilárdságnövelő mechanizmus is kihasználható a terhelhetőség növelésére és mindenekelőtt a kifáradással szembeni ellenállás fokozása révén az élettartam növelésére.

A mechanikai felületszilárdítás anyag- és energiatakarékos megoldásainak, eljárásainak közös jellemzője, hogy csökkentik a felületi érdességet, az anyagszerkezeti hibákat, a diszlokációk átrendezése révén növelik a felületi réteg keménységét és jelentős mértékű nyomófeszültséget elérhető a felületi rétegben [1]. A különböző fémforgácsolási eljárással eredményeződő felületi érdesség profilok jól meghatározhatók pl. a [2], [3] irodalmak alapján.

A mechanikai felületszilárdítás technológiai megoldásai abban különböznek egymástól, hogy a munkadarab és a szerszám működő felületeinek relatív elmozdulása milyen jellegű. Eszerint megkülönböztethetők a csúszó relatív elmozdulást alkalmazó vasalás, a gördülő relatív elmozdulásra épülő görgőzés, és a dinamikus hatással alakító ütötestes felületszilárdító technológiai eljárások [4], melyek főbb típusait az 1. ábra mutatja.



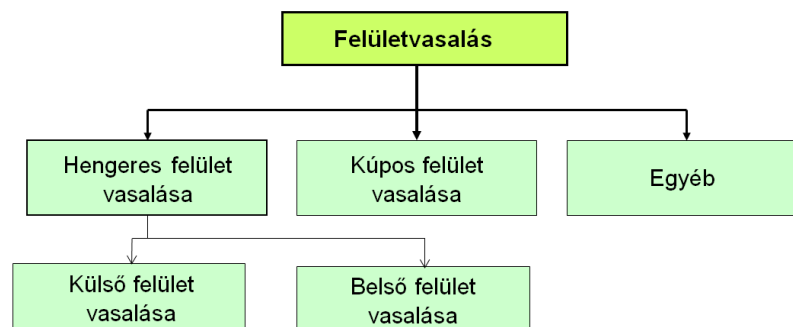
1. ábra

Hidegképlékeny felületszilárdító eljárások főbb típusai

FELÜLETVASALÁS

Felületvasaláskor a felület érdességének csökkenését és a felületi réteg szilárdítását a megmunkálendő anyagnál jóval keményebb anyagú szerszám és a szilárdítandó felület csúszási súrlódásakor végbemenő kölcsönhatása jellemzi. A szerszám anyaga lehet edzett acél, keményfém, ásványi kerámia, természetes vagy mesterséges gyémánt. A hidegalakítás megvalósulásához szükséges nyomás a szerszám működő és a munkadarab alakítandó felülete közötti átfedés hatására jön létre [4], [5], [6].

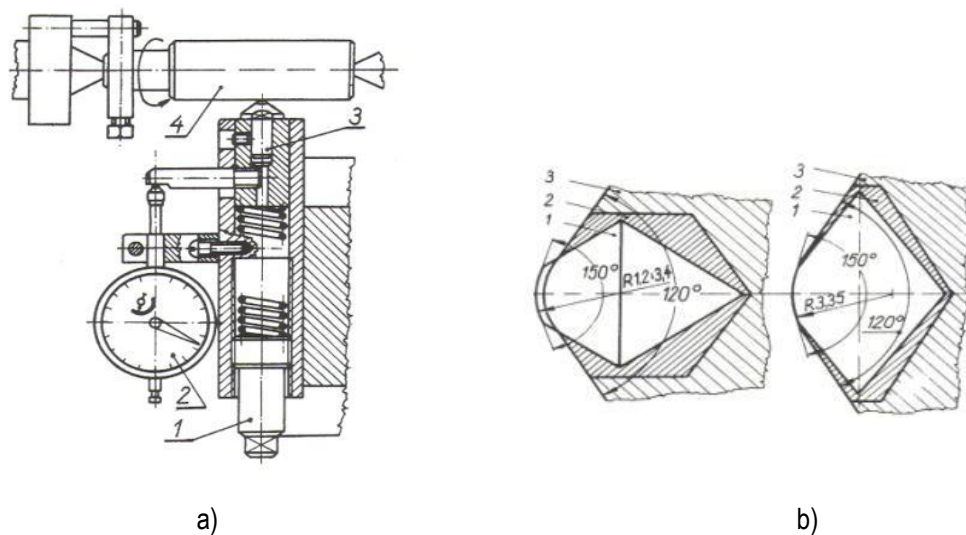
A felületvasalás a külső és belső hengeres felületek nagy pontosságú és kis érdességű, működő felületeinek befejező művelete. Az alakítóelem és a munkadarab felületének statikus érintkezése révén bekövetkezett képlékeny alakváltozás jellegzetesen 0,01-0,2 mm vastagságú felületi rétegben alakul ki.



2. ábra

Vasalási eljárások osztályozása

Külső hengeres felületek vasalását hagyományos egytetemes, vagy modern CNC esztergákon végzik a gyakorlatban. A gyémánt vasalófejet hordozó szerszámbefogót a késtartóba fogják be (3. ábra).



1. fesztítőcsavar, 2. mérőóra, 3. gyémánt végű foglalat, 4. munkadarab

1. vasalógyémánt, 2. befoglaló-fém, 3. foglalat

3. ábra

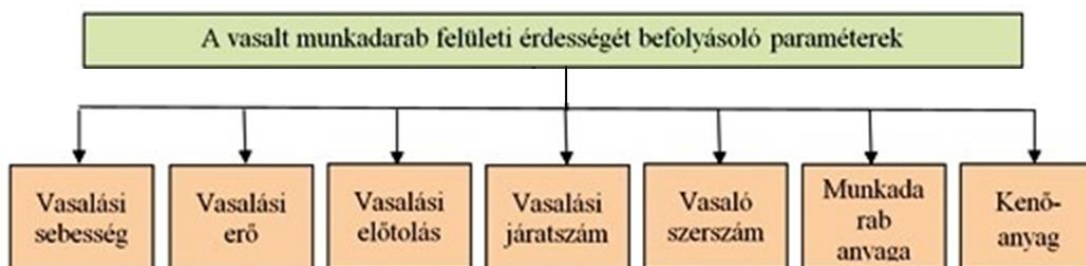
A gyémántvasalás kivitelezési vázlata

a) vasaló szerszám; b) gyémánt-rögzítés változatok [4]

A gyémánt vasalófejben alacsony olvadáspontú fémnel rögzítik a vasalógyémántot, amelyet hengeresre vagy szférikusra csiszolnak (3. ábra).

FELÜLETI TULAJDONSÁGOKAT BEFOLYÁSOLÓ PARAMÉTEREK

Több kutató kísérletileg tanulmányozta a vasalási folyamat során alkalmazott technológiai paraméterek felületi minőségre gyakorolt hatását [7], [8], [9]. Az eredmények alapján ezeket az alábbi ábrán foglaltuk össze.



4. ábra

A vasalt felület érdességét befolyásoló paraméterek [8]

KÍSÉRLETI MUNKA

Vizsgálatainknál gyémánt anyagú, gömb megmunkáló felületű vasaló szerszámot alkalmazunk.

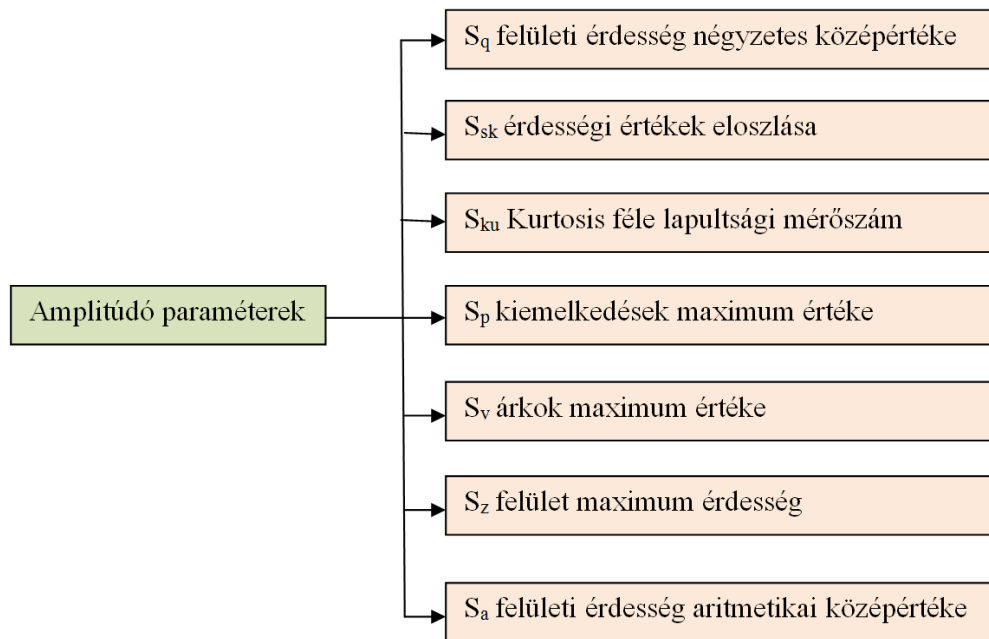
A vasalandó munkadarab anyagminősége és keménysége széles tartományban változhat. Vizsgálatunk tárgya C60 jelű edzetlen acél volt.

A faktoriális kísérlettervezéssel az említett paraméterek közül a vasalási sebesség-, előtolás- és a vasalóerő változás felületminőségre gyakorolt hatását vizsgáljuk és kísérleti eredményeinket egy adott méretű külső hengeres felület vasalása során mutatjuk be egy 220 mm²/s kinematikai viszkozitású kenőanyag alkalmazásakor.

A vasalási műveleteket a Gyártástudományi Intézet műhelyébe telepített OPTIMUM (OPTIturn L-Series 440) típusú síkágyas CNC esztergagépen végeztük el. A megmunkálás során szférikus felületű, R = 3,5 mm sugarú PCD szerszámot alkalmaztunk. Ezen szerszámtípus alkalmazásának nagy előnye, hogy nagyobb stabilitást kölcsönöz a vasalási rendszernek [10].

A próbadarabok felületi érdességének 3D-s mérését a Gyártástudományi Intézetben található AltiSurf 520 típusú 3D-s felületi érdességmérő-gépen végeztük el.

A 3D-s felületi érdességet jellemző paramétereket az ISO 25178 szabvány [11] öt nagy csoportba sorolja, ezek egyike az amplitúdó paraméter melyek közé tartozó paraméterek megnevezését és betűjeleit a 6. ábra tartalmazza.



6. ábra

Amplitúdó-paraméterek jelei és megnevezései

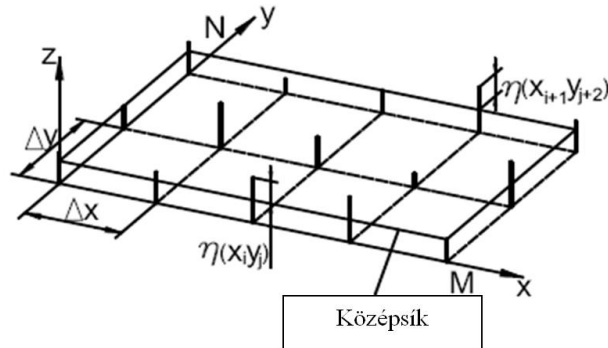
A 6. ábra utolsó felületi érdességi paramétere a felület középsíktól való eltérésének számtani középértéke az S_a .

Számítása [12]:

$$S_a = -\frac{1}{M \cdot N} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m |\eta(x_i, x_j)| \quad (1)$$

ahol:

- M – az x tengelyirányú mintavételi pontok száma
- N – az egymással párhuzamos letapogatási vonalak, vagyis az y tengely irányába eső mintavételi pontok száma
- $\eta(x_i, y_j)$ – a j-dik sor i-dik pontjának, mint felületi pontnak a közép síktól mért távolsága



7. ábra

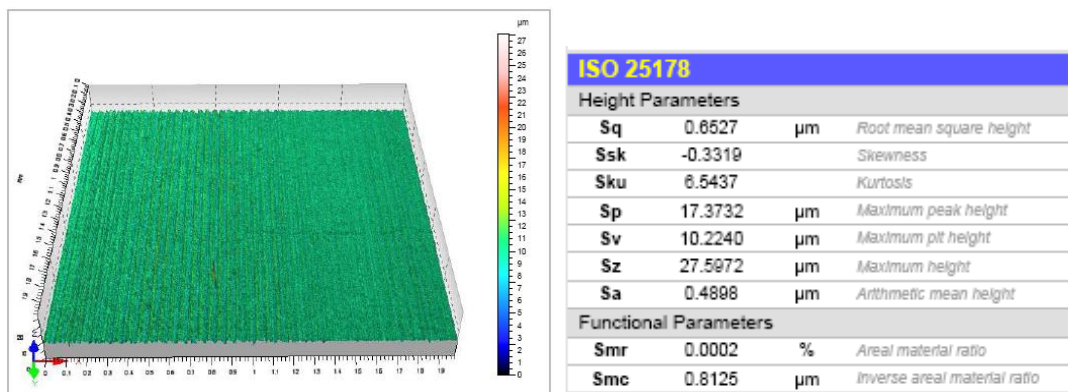
A fő dimenziók 3D-s kiértékeléskor

Lényege: a mintavételi felület közép síktól számított eltéréseinek abszolútértékeinek számtani középértéke. Matematikailag az $\eta(x_i, y_j)$ közép sík körüli szórását fejezi ki [11].

A vasalási erő, előtolás és vasalási sebesség értékeit két különböző szintre (minimális, maximális) állítottunk be (2. táblázat).

A vasalt felület teljes jellemzéséhez topográfiai vizsgálatokat végeztünk a próbadarab meghatározott részein. A mérési értékek kiértékeléséhez az érdességmérő berendezés saját szoftverét (PhoeNix) használtuk. Az optikai szenzorral készített topográfiai felvétel jól mutatja a jellegzetes megmunkálási nyomokat, valamint a felület magasság irányú érdességváltozását és azok számszerűsíthető jellemzőit is szolgáltatja [9].

Ezen felvételek közül a hármassal jelölt próbadarab-rész $v = 180 \text{ m/min}$, $f = 0,10 \text{ mm/ford}$, $F = 45 \text{ N}$ paraméterek beállítása esetén kapott vasalt felület topográfiai képét és kiértékelésének eredményét mutatjuk be a 8. ábrán.



8. ábra

Vasalt érdességi 3D-s topográfia és mért paraméterei

A mért értékek közül, jelen esetben, az amplitúdó paraméterek közé tartozó a felületi érdesség aritmetikai középérték (S_a) változását elemezzük. A kísérletterv mátrixa a beállított paraméterek értékeivel az 1. táblázatban található.

1. táblázat
A kísérletterv paraméterei valós és transzformált értékekkel

Sorszám	v m/min	f mm/ford	F N	Transzformált értékek		
				x ₁	x ₂	x ₃
1	180	0,05	45	-1	-1	-1
2	277	0,05	45	1	-1	-1
3	180	0,10	45	-1	1	-1
4	277	0,10	45	1	1	-1
5	180	0,05	82	-1	-1	1
6	277	0,05	82	1	-1	1
7	180	0,10	82	-1	1	1
8	277	0,10	82	1	1	1

ahol:

- v – vasalási sebesség, m/min
- f – vasalási előtolás, mm/ford
- F – vasalási erő, N

A (-1) érték jelöli a faktor alsó szintjét, míg a (+1) érték a felső szintjét.

A felületi érdesség javulási arányát az alábbi képlettel számítottuk ki:

$$\rho_{S_a} = \frac{S_{a_u}}{S_{a_e}} \cdot 100\% \quad (2)$$

ahol:

- ρ_{S_a} Az S_a paraméter javulási száma, egy dimenziótlan viszonyszám, mely jellemzi a megmunkálás hatására bekövetkező felületváltozást
- S_{a_e} Vasalás előtti S_a paraméter
- S_{a_u} Vasalás utáni S_a paraméter

Ha ρ_{S_a} értéke 1-nél kisebb, akkor az S_a felületérdességi paraméter javul a vasalás következtében.

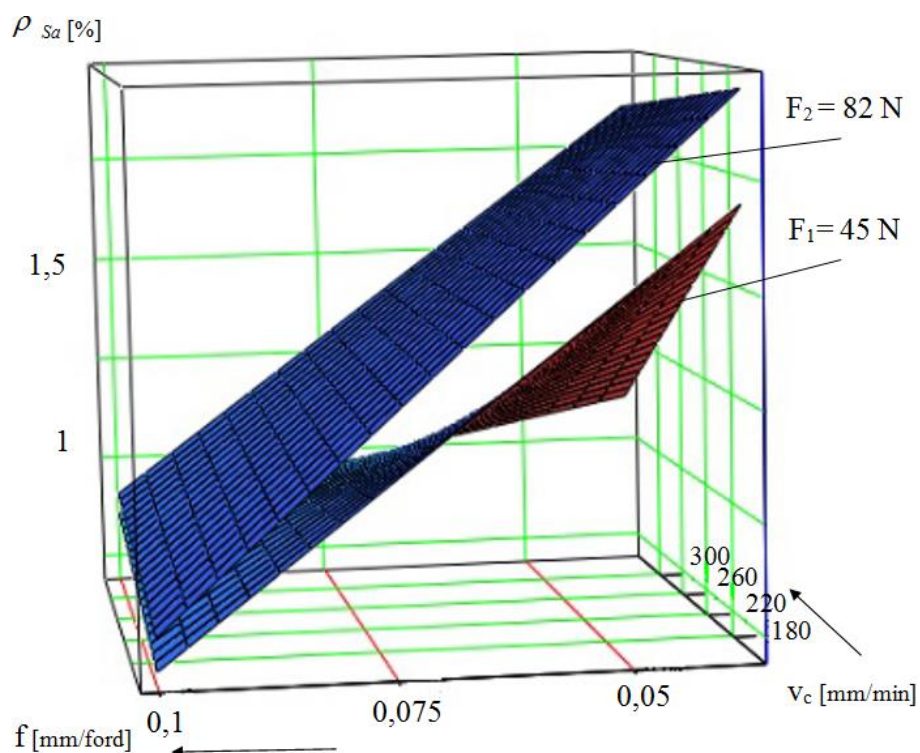
AZ EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

A mért kísérleti adatokból kiszámított ρ_{S_a} paraméterekből empirikus képletek alkothatók a faktoriális kísérlettervezés módszerének alkalmazásával. A számításokat a MathCAD program segítségével végeztük. A (3) képlet a vizsgált felületérdességi javulást jellemző értékekre vonatkozik.

2. táblázat

A $v=220 \text{ mm}^2/\text{s}$ kinematikai viszkozitású olaj alkalmazása esetén kapott értékek

Sor- szám	v m/min	f mm/ford	F N	Sa		ρ_{Sa}
				Vasalás előtt, Sa _e	Vasalás után, Sa _u	
1	180	0,05	45	0,3603	0,4898	1,36
2	277	0,05	45		0,3193	0,89
3	180	0,10	45		0,2085	0,58
4	277	0,10	45		0,2489	0,69
5	180	0,05	82	0,3733	0,5841	1,56
6	277	0,05	82		0,5510	1,48
7	180	0,10	82		0,2393	0,64
8	277	0,10	82		0,2725	0,73



9. ábra

Kísérleti eredmény $v=220 \text{ mm}^2/\text{s}$ kinematikai viszkozitású olaj használata esetén

$$\rho_{\text{Sa}} = k_0 + k_1 v + k_2 f + k_3 F + k_{12} v \cdot f + k_{23} v \cdot F + k_{23} f \cdot F + k_{123} v \cdot f \cdot F \quad (3)$$

ahol:

$$\begin{aligned} k_0 &= -636.879 & k_1 &= 2.898 & k_2 &= 1.005 \times 10^4 & k_3 &= 17.664, \\ k_{12} &= -40.291 & k_{13} &= -0.077 & k_{23} &= -254.005 & k_{123} &= 1.031 \end{aligned}$$

ÖSSZEGZÉS

A kísérleti eredmények kiértékelése alapján megállapításaink a következők:

- A vizsgált paraméterek közül a vizsgált paramétertartományon belül a ρ_{Sa} felületi érdességi javulás jellemzőre az előtolás változása a legmeghatározóbb, a jobb ρ_{Sa} felületi érdesség javulás a nagyobb ($f = 0,10$ mm/ford) előtolás alkalmazásakor volt tapasztalható
- A legkedvezőbb felületi érdességet eredményező paraméterek jelen kísérletben az alábbi paraméterek esetén adódtak: $F = 45$ N, $v_c = 180$ m/min, $f = 0,10$ mm/ford.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg. A kutatómunka készítését a K116843 számú OTKA projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GÁL G., KISS A., SÁRVÁRI J., TISZA M., (2008). **Képlékeny hidegalakítás.** Tankönyvkiadó, Budapest, p:315
- [2] FELHO C, KUNDRÁK J: (2012) **Characterization of topography of cut surface based on theoretical roughness indexes**, KEY ENG MATER 496: pp.: 194-199,
- [3] SZTANKOVICS I, KUNDRÁK J: (2013) **Theoretical value of total height of profile in rotational turning**, APPL MECH MATER 309: pp.: 154-161,
- [4] BÁLINT L., GRIBOVSZKI L., (1975). **A gépgyártástechnológia alapjai**, Miskolc, p: 442
- [5] LUO H, LIU J, WANG L, ZHONG Q, (2006) **Investigation of the burnishing force during the burnishing process with a cylindrical surfaced tool.** Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture June 1, 220: pp.: 893-904
- [6] YU XINBO, WANG LIJIANG, (1999). **Effect of Various Parameters on the Surface Roughness of an Aluminum Alloy Burnished with a Spherical Surfaced Polycrystalline Diamond Tool.** International Journal of Machine Tools & Manufacture 39, pp.: 459-469
- [7] LUCA L, NEAGU-VENTZEL S, MARINESCU I, (2005). **Effects of working parameters on surface finish in ball-burnishing of hardened steels.** Precision Engineering, Elsevier 29 pp.: 253-256
- [8] T.A. EL-TAWEEL, M.H. EL-AXIR, (2009). **Analysis and optimization of the ball burnishing process through the Taguchi technique.** International Journal Advertising of Manufacture Technology 41 pp.: 301-310
- [9] VARGA GY. (2013) **Effects of Technological Parameters on the Surface Texture of Burnished Surfaces**, Key Engineering Materials, Volume 581: Precision Machining VII, pp.: 403-408, , ISSN 1013-9826
- [10] FRIDRIK L. (1989), **Válogatott fejezetek a gépgyártástechnológiai kísérletek tervezése témaköréből**, Budapest, p: 109
- [11] ISO 25178 Part 2 (2012) **Geometrical product specification (GPS) - surface texture: areal - part 2: Terms, definitions and surface texture parameters.** International Organization for Standardization
- [12] KOVÁCS K. – PALÁSTI KOVÁCS B. (1999) **Műszaki felületek mikrotopográfiájának jellemzése háromdimenziós paraméterekkel.I.** A háromdimenziós topográfiai paraméterek áttekintése, Gépgyártástechnológia, pp.: 31-38
- [13] HORVÁTH S. (2008). **A felületi hullámosság 2D-s és 3D-s jellemzése, a működési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata és elemzése (Doktori értekezés)**, Budapest, p:117