

AZ ÉLETTARTAM-NÖVELŐ KÖRNYEZETBARÁT VASALÁSI ELJÁRÁS FELÜLETI MIKRO-KEMÉNYSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Ferencsik Viktória

tanársegéd, Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: ferencsik.viktoria@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Az olyan hagyományos megmunkáló eljárások, mint az esztergálás vagy a marás alkalmazása felületi egyenetlenségek, hibák úgy, mint szerszámmnyomok és karcok kialakulásához vezethetnek, mely energia disszipációt (súrlódást) és felületkárosodást (kopást) eredményez. Ezzel szemben a forgácsleválasztás nélküli környezetbarát vasalási eljárás egyértelműen javítja a megmunkált felület integritását. Jelen tanulmány ennek az élettartam-növelő felületszilárdító eljárásnak a felületi mikro-keménységre gyakorolt hatását vizsgálja gyenge ötvözesű alumínium esetén. A kísérlet megtervezéséhez és végrehajtásához a teljes faktoriális kísérlettervezés módszere került felhasználásra.

Kulcsszavak: élettartam növelése, gyémántvasalás, Vickers keménység, felkeményedés

Abstract

Different surfaces that are machined by conventional processes such as turning and milling have inherent irregularities and defects like tool marks and scratches which cause energy dissipation (friction) and surface damage (wear). In contrast burnishing process is a kind of chip-less environment friendly technique that improves the surface integrity obviously. In this study I examine the effect of this life-enhancing surfaces strengthening method on surface micro-hardness on low alloyed aluminium components. To planning and executing the experiments I use full factorial experimental design method.

Keywords: increasing lifetime, diamond burnishing, Vickers hardness, hardening

1. Bevezetés

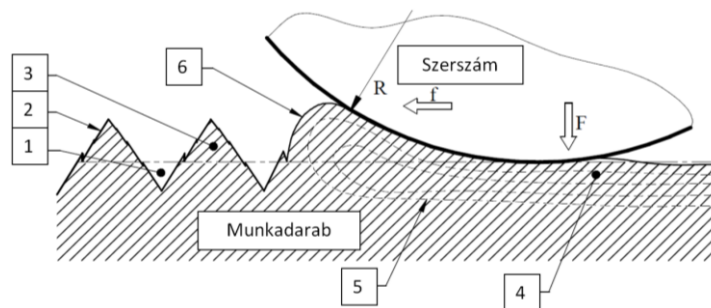
A manapság gyártott alkatrészek alapkövetelményei közt szerepel a tartósság és megbízhatóság, ezek a tulajdonságok pedig nagymértékben függenek a gyártási folyamat eredményeként kialakult felületszerkezettől [1]. A megfelelő felületi struktúra elérését széles körben kutatják többféle technológiai eljárás tekintetében is [2], pl. felületszilárdító eljárással.

A mechanikai felületszilárdítás technológiai megoldásai abban különböznek egymástól, hogy a munkadarab és a szerszám működő felületeinek relatív elmozdulása milyen jellegű. Eszerint megkülönböztethető a gördülő relatív elmozdulásra épülő görgőzés, a dinamikus hatással alakító ütöttestes felületszilárdító technológia és a jelen tanulmány tárgyát képező, csúszó relatív elmozdulást alkalmazó vasalási eljárás. Ennek a technológiának számos előnye van: hatékonyan csökkenthető a felületi érdesség, a diszlokációk átrendezése révén növeli a felületközeli réteg mikrokeménységét, ott jelentős mértékű nyomó maradó feszültséget képez, javítható a hengeres felületek alakhelyessége, nem igényel nagy mennyiségű hűtő-kenő folyadék alkalmazást, tehát gazdaságos és kis környezetterhelésű [3-5].

A felületvasalás egyaránt alkalmas külső és belső hengeres felületek megmunkálására, jelen kísérletsorozat külső hengeres felület gyémántszerszám felületvasalásával, illetve az általa okozott felületi mikro-keménység változásával foglalkozik. A kísérletek megtervezéséhez és végrehajtásához a Taguchi-féle teljes faktoriális kísérlettervet alkalmazom, mellyel empirikus képletek hatékonyan meghatározhatóak, továbbá, az eredményeket speciális viszonzyszámok képzésével értékelem ki, az adott technológiai paramétertartományokon belül a legjobb eredményeket szolgáltatató paraméter-beállítási értékek meghatározása céljából.

2. Gyémántvasalás alkalmazása külső hengeres felületen

Felületvasalás során az alakítóelem, vagyis a szerszám és a munkadarab statikus érintkezése, tehát a csúszási súrlódáskor végbemenő kölcsönhatás eredményeként következnek be a képlékeny alakváltozás jellemzően 0,01-0,2 mm vastagságú felületi rétegben [6-8], ennek folyamatát szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra A vasalási művelet kinematikája. [1]

1 – érdesség bemélyedése, 2 – felületi profil, 3 – érdesség kiemelkedése, 4 anyag-deformációs zóna, 5 – rugalmas és képlékeny deformációs zóna, 6 – anyaggyűrődés a vasalószerszám előtt

A folyamat a forgácsolás utáni felületi zónában lévő húzó maradó feszültséget nyomó maradó feszültséggé alakítja, mely által a munkadarab dinamikus terhelés alatti kifáradási viselkedése javul [9]. A felületi rétegre korlátozott hidegalakítás révén egy másik szilárdságnövelő mechanizmus is fellép, méghozzá az alakítási keményedés, mely szintén hozzájárul az élettartam növeléséhez, a továbbiakban ennek a jelenségnek a vizsgálatával foglalkozom.

3. Anyagminőség és módszerek

3.1. A vizsgálat tárgya

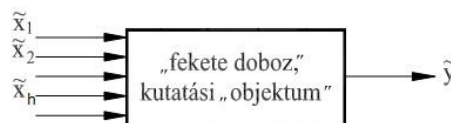
A megmunkálandó anyag keménysége és minősége széles tartományban változhat, ennél a kísérletnél gyengén ötvözött alumíniumot választottam (EN AW-2011), mivel az autó-, repülőgép- és űripari vállalatok egyre inkább megkövetelik a nem-vasalapú anyagok alkalmazását [8], [10-12], köszönhetően azok alacsony sűrűségének és jó mechanikai tulajdonságainak.

A vasalási műveleteket, melyet $f_1 = 0,2$ majd $f_2 = 0,15$ mm/ford előtolással beállított simító esztergálás előzött meg, a Gyártástudományi Intézet műhelyébe telepített OPTIMUM (OPTItturn S600)

gyártmányú CNC esztergagépen végeztem el, gömbfelületű, $R = 3,5$ mm méretű PCD (polycrystalline diamond) szerszámot alkalmazva.

3.2. A kísérlettervezési módszer

A kísérlet megtervezéséhez és végrehajtásához a teljes faktoriális kísérlettervezés módszerét választottuk, amely egy hatékony, aktív kísérlettervezési módszer, jelen vizsgálat szerinti modellje a 2. ábrán látható.



2. ábra A kísérlettervezés alapmodellje. [13]

A cél az \tilde{y} -mal jelölt függő változó és az \tilde{x}_h -mal ($h = 1 \dots f$) jelölt független változó közötti függvénykapcsolat meghatározása. Mindegyik független változó, vagyis faktor több értéket vehet fel, melyeket szinteknek (p_j); ($j = 1 \dots m$) nevezünk. Jelen kísérletben faktorként a vasalási járatszámot (i), előtolást (f) és vasalóerőt (F) vizsgáltam.

3.3. Alkalmazott vasalási paraméterek

Az ismertett kísérlettervezési módszernek megfelelően a kiválasztott faktorok értékeit 2 szintre állítottam be, ezt foglalja össze az 1. táblázat.

1. táblázat. Vasalási paraméterek

Ssz.	Vasalási paraméterek			Transzformált paraméterek		
	$\tilde{x}_1 = i$ [Ø]	$\tilde{x}_2 = f$ [mm/ford]	$\tilde{x}_3 = F$ [N]	x_1	x_2	x_3
1	1	0,001	10	-1	-1	-1
2	3	0,001	10	+1	-1	-1
3	1	0,005	10	-1	+1	-1
4	3	0,005	10	+1	+1	-1
5	1	0,001	20	-1	-1	+1
6	3	0,001	20	+1	-1	+1
7	1	0,005	20	-1	+1	+1
8	3	0,005	20	+1	+1	+1

A számszerű értékek meghatározása során korábbi elméleti és gyakorlati kutatómunkáim eredményeit vettem figyelembe.

3.4. A felület mikro-keménységének mérése

A felület mikro-keménységének mérését 3 ponton 120° -onként valósítottam meg Wilson Instruments Tukon 2100B Vickers keménységet mérő berendezésen. A mérés elve, mint általában minden keménységmérés esetén, annak vizsgálata, hogy egy standard erőforrást alkalmazva, hogyan áll ellen a

kérdéses anyag a plasztikus deformációnak. A mérés során egy 136° -os gyémántgúlat nyomtam 1 N erővel 10 másodpercen keresztül a mérendő felületre, majd a berendezés saját szoftvere generálta a számszerű eredményt.

Vizsgálataim során a keménység változásának szemléletesebbé tételéhez létrehoztam egy dimenzió nélküli viszonzszámot, melyet az alábbi képletek segítségével számítottam ki:

$$\rho_{HV} = \frac{HV_{vasalt}}{HV_{esztergált}} \quad (1)$$

$$\Delta\rho\% = (\rho_{HV} - 1) \cdot 100\%, \quad (2)$$

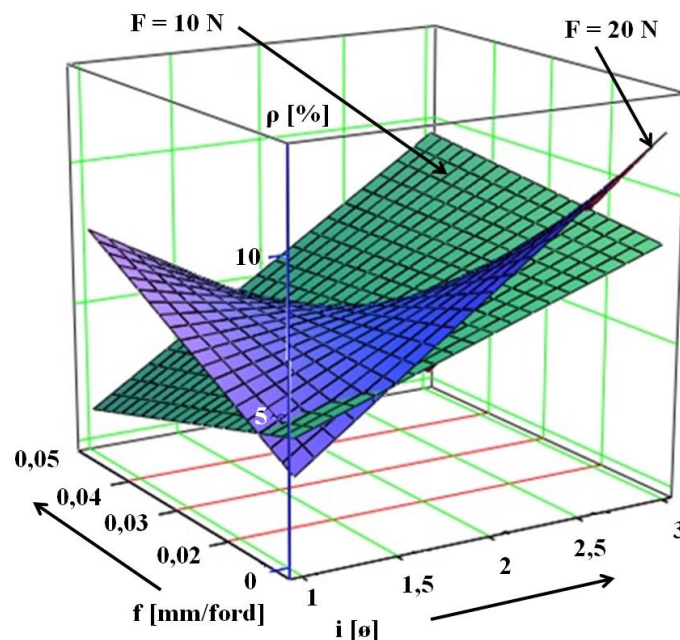
ahol:

ρ_{HV}	A vizsgálat jellemző (keménység) dimenziótlán javulási viszonzszáma, jellemzi a megmunkálás hatására bekövetkező változást,
HV_{vasalt}	Vasalás utáni keménység,
$HV_{esztergált}$	Esztergálás utáni keménység,
$\Delta\rho\%$	A javulási viszonzszám változásának százalékos értéke

Minél nagyobb a viszonzszám értéke, annál nagyobb mértékű javulás tapasztalható a vasalás következtében.

4. Eredmények

A mérési eredményeket és a számított javulási viszonzszámokat a 2. táblázatban foglaltam össze. A teljes faktoriális kísérlettervezés alkalmazásával empirikus képletet határoztam meg (3), a számítások elvégzéséhez és a szemléltetéshez (3. ábra) a MathCAD program volt felhasználva.



3. ábra A felületi mikro-keménység változása a vasalás hatására

2. táblázat. Vasalási paraméterek és javulási viszonyszámok értékei

Ssz.	ESZTERGÁLT		VASALT		$\rho\%$
	HV	Átlag [HV]	[HV]	Átlag [HV]	
1	174	165,67	175	172,33	4,02
	176		168		
	147		174		
2	176	155,67	174	168,66	8,34
	151		148		
	140		184		
3	202	168,33	171	170,33	1,19
	153		168		
	150		172		
4	147	157	168	172	9,55
	184		170		
	140		178		
5	169	156,67	165	161	2,76
	150		148		
	151		170		
6	141	149	176	167	12,08
	145		155		
	161		170		
7	174	160,67	167	173	7,67
	161		176		
	147		176		
8	188	178,33	197	179	0,38
	165		168		
	182		172		

$$\rho_{HV} = 11,3488 - 3,426 \cdot i - 5,729 \cdot 10^3 \cdot f - 0,828 \cdot F + 3,086 \cdot 10^3 \cdot i \cdot f + 0,508 \cdot i \cdot F + 451,625 \cdot f \cdot F - 258,125 \cdot i \cdot f \cdot F \quad (3)$$

5. Összegzés és következtetések

A cikk a gyémántszerszamos felületvasalás kísérleti vizsgálatát taglalta gyengén ötvözött alumínium anyagminőség esetén. A vizsgált kísérleti paraméterek a vasalási járatszám, előtolás és erő voltak.

A kísérlet célja az volt, hogy elemezzem, ezek a paraméterek hogyan hatnak a felületi mikro-keményiségre, illetve egymással milyen korrelációban állnak, melyhez felhasználtam a teljes faktoriális kísérlettervezés módszerét. Megalkottam egy dimenzió nélküli viszonyszámot (ρ_{HV}), majd az empirikus képlet definiálását követően a számszerű értékeket 3D-s diagramok formájában is bemutattam. Az elvégzett kísérlet analizált eredményei alapján az alábbi következtetéseket teszem:

- A vizsgált paramétertartományon belül a vasalási erő a 3. ábra szerint lineáris összefüggésben áll a járatszám értékével;
- A legnagyobb mértékű javulást a következő paraméterek beállítása esetén tapasztaltam: $i = 3$, $f = 0,001$ mm/ford, $F = 20$ N.

Ennek magyarázata, hogy ezzel a konfigurációval a hideg képlékenyalakítás, ezáltal a felkeményedés hatékonyabban tud megvalósulni, mivel a szerszám működő és a munkadarab megmunkálendő

felülete nagyobb erővel és hosszabb időtartamban érintkezik. Jövőbeli kutatási elképzeléseim közt szerepel nagyobb vasalóerővel végzett kísérlet megvalósítása a többi befolyásoló paraméter változatlanul hagyása mellett.

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] Dzionk, S., Scibiorski, B., Przybylski, W.: Surface Texture Analysis of Hardened Shafts after Ceramic Ball Burnishing, *Materials* 2019, 12(204):1-15. <https://doi.org/10.3390/ma12020204>
- [2] Kundrák, J., Varga, G., Deszpoth, I., Molnár, V.: Some aspects of the hard machining of bore holes, *Applied Mechanics and Materials* 309 (2013), pp.: 126-132. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.309.126>
- [3] Varga, G., Sovilj, B., Pasztor, I.: Experimental Analysis of Sliding Burnishing, *Academic Journal of Manufacturing Engineering* 2013, 11(3): 6-11.
- [4] Stalin John, M., Suresh, P., Raguramand, D., Vinayagam, B. K.: Surface characteristics of low plasticity burnishing for different materials using lathe, *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2014, 39:3209-3216. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0923-4>
- [5] Akkurt, A.: Comparison of roller burnishing and other methods of finishing treatment of the surface of openings in parts from tool steel D3 for cold forming, *Journal of Materials Engineering and Performance* 2011, 20(6):960-968.
- [6] Luca, L., Neagu-Ventzel, S., Marinescu, I., Effects of working parameters on surface finish in ball-burnishing of hardened steels, *Precision Engineering* 2005, 29:253-256. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2004.02.002>
- [7] El-Taweel, T.A., El-Axir, M.H.: Analysis and optimization of the ball burnishing process through the Taguchi technique, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2009, 41:301-310. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1485-6>
- [8] Varga, G.: Effects of Technological Parameters on the Surface Texture of Burnished Surfaces, *Key Engineering Materials* 581: Precision Machining VII 2014, 403-408. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.581.403>
- [9] Mertinger, V., Sólyom, J., Cseh, D.: Maradó feszültség vizsgálata röntgendiffrakcióval. http://www.matsci.uni-miskolc.hu/new/files/jegyzetek/diffr/segedlet_diff.pdf
- [10] Tobała, D., Rusek, P., Czechowski, K., Miller, T., Duda, K.: New Indicators of Burnished Surface Evaluation, *Reasons of Application XXII* 2015, 2:263-274. <https://doi.org/10.1515/mms-2015-0018>
- [11] Stalin John, M. R., Suresh, P., Raguraman, D., Vinayagam, B. K.: Surface characteristics of low plasticity burnishing for different materials using lathe, *Arabian Journal for Science and Engineering* 2014, 39:3209-3216. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0923-4>
- [12] Varga, G., Kundrák, J.: Effects of Technological Parameters on Surface Characteristics in Face Milling, *Solid State Phenomena* 2017, 261(1):285-292. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.261.285>
- [13] Fridrik, L.: Válogatott fejezetek a gépgyártástechnológiai kísérletek tervezése témaköréből, 1989, p.109.