

## A VASALÓERŐ ÁTLAGOS FELÜLETI ÉRDESSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK MODELLEZÉSE

**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)

**Gál Viktor**

tudományos segédmunkatárs, Miskolci Egyetem  
Korszerű Anyagok és Intelligens Technológiák Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [gal.viktor@uni-miskolc.hu](mailto:gal.viktor@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

Egy gépelem kifáradás elleni ellenállása annál nagyobb, minél kevesebb makroszerkezeti változást és belső inhomogenitást tartalmaz. Élettartam szempontjából meghatározó továbbá a kedvező a feszültségállapot és a kisebb felületi érdessége is. Publikációnk az érdességet hatékonyan csökkentő vasalási megmunkálás során beállított erő átlagos felületi érdességre gyakorolt hatásával, illetve annak véges-elemes modellezésével foglalkozik. A folyamat szimulációja DEFORM-2D szoftver alkalmazásával készül, megfelelően a gyakorlatban megvalósított vasalási paraméterek (vasalási erő, előtolás, sebesség) számszerű értékeinek is, ezáltal lehetővé téve egy összehasonlító elemzést gyengén ötvözött alumínium anyagminőség esetén.

**Kulcsszavak:** VEM, hideg képlékeny alakítás, átlagos felületi érdesség, DEFORM-2D

### **Abstract**

The better fatigue resistance for a machine part can be achieved with the less macrostructural changes and inhomogeneities. In addition, the more favourable stress condition and the smaller surface roughness are decisive in terms of service life. Our publication deals with the finite element modeling of the effect of burnishing force on the average surface roughness during burnishing process which effectively reduces roughness. The method is simulated using DEFORM-2D software, corresponding to the numerical values of burnishing parameters (force, speed, feed rate) implemented in practice as well, thereby allowing a comparative analysis in the case of low alloyed aluminium as well.

**Keywords:** FEM, cold plastic forming, average surface roughness, DEFORM-2D

### **1. Bevezetés**

A korszerű képlékeny alakítás fő törekvése az, hogy a tervezett alkatrész alakját és méretét – a szilárd-sági és alakváltozási jellemzők megfelelő értékeinek biztosítása mellett – olyan pontosan állítsa elő, amely az azt követő forgácsoló megmunkálást minimálisra csökkenti vagy szükségtelenné teszi [1], így a környezetet szennyező nagy mennyiségű hűtő-kenő folyadék felhasználása csökkenthető, kis környezetterhelésű megmunkálás valósítható meg. Ezen eljárások közé tartozik a gyémántszerszámos felületvasalás is, melynek alkalmazását, egyes beállítandó paramétereinek felületi érdességre gyakorolt hatását számos kutató kísérletileg is tanulmányozta.

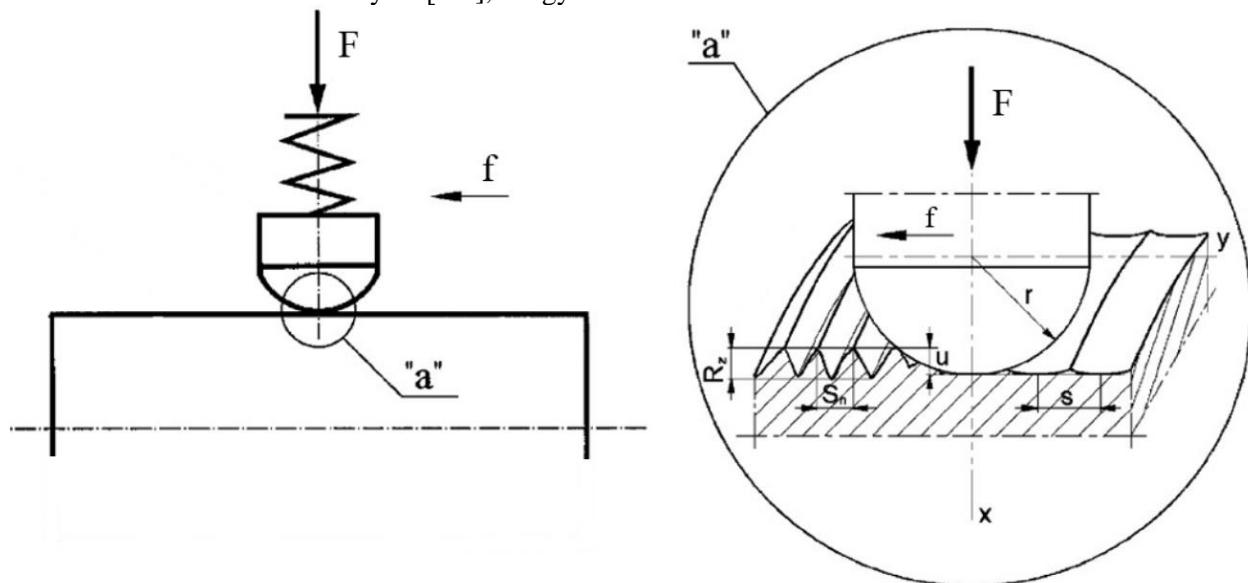
Yu és Wang alumínium ötvözetten végzett kísérletük során a vasalási előtolás és sebesség mellett figyelembe vették a szerszámban lévő rugó merevségének hatását, valamint a vasalófej behatolási

mélységét is. E két utóbbi jellemző esetében a nagyobb mértékű alkalmazása okozott kedvezőbb eredményeket [2]. Hassan és Al-Bsharat ugyancsak nemfémes anyagon végzett kísérleti eredményei szerint a felületi érdesség javul a vasalás következtében, amennyiben növeljük az előtolás, erő, sebesség és járatszám értékét is, viszont csak egy bizonyos értékig, egy optimum-pontig, utána romlás tapasztalható [3]. Randjelovic és társai pedig elméleti szemszögből, numerikus szimuláció alkalmazásával közelítették meg az alumínium ötvözetben végzett vasalási eljárás vizsgálatát, melynek eredményei szerint azt állapították meg, hogy a felületi érdesség akkor csökkenthető a leghatékonyabban, ha a szerszám behatolási mélysége megközelíti az  $R_p$  maximális érdességcsúcs magasságát.

Figyelembe véve a fent említett irodalmakat is, a számos felületi minőséget befolyásoló tényező közül, cikkünkben a vasalóerő átlagos felületi érdességre gyakorolt hatásának szimulációjával foglalkozunk.

## 2. Felületkezelés vasalással

A gyémántszerszámú vasalást nagy pontosságú, kis érdességű befejező műveletként alkalmazzák, mely megvalósítható egyetemes, valamint modernebb NC-CNC esztergagépeken is, utóbbi nagy előnye, hogy az egyes megmunkálási paraméterek számszerűen beállíthatóak. Az eljárás alkalmazása során megvalósuló érdesség-csökkenést, alakhelyesség-javulást és felkeményedést a megmunkálandó anyagnál jóval keményebb anyagú szerszám és a munkadarab felületének csúszási súrlódásakor végbemenő kölcsönhatás eredményezi [4-6], ahogy azt az 1. ábra is szemlélteti.



1. ábra A vasalási művelet sematikus ábrázolása [7].

F: vasalóerő; f: előtolás, u: szerszám behatolási mélysége,  $S_n$ : megelőző megmunkálás okozta egyenetlenségek távolsága; r: szerszámsugár;  $R_z$ : megelőző megmunkálás okozta egyenetlenség-magasság ( $R_z \sim 4R_a$ )

A gyakorlatban megvalósított vasalási kísérletet OPTIMUM gyártmányú OPTItorn L-típusú sík-ágyas CNC esztergagépen végeztük el 3,5 mm sugarú PCD anyagú szerszámmal az 1. táblázatban összefoglalt paraméterek szerint.

1. táblázat. Vasalási paraméterek

Technológiai paraméter	Érték	Mértékegység
Vasalóerő (F)	10/20	N
Előtolás (f)	0,001	mm/ford
Sebesség ( $v_c$ )	15	m/min

A munkadarab felületére merőleges vasalóerő beállítása a szerszámba épített rugó segítségével történik, rugóerő diagram alapján, mivel a lineáris rugókra érvényes Hook-törvény szerint a megnyúlás egyenesen arányos a terheléssel [8].

### 3. Végeelem-módszer alkalmazása

Vasalás során az egyes paraméterek változtatásával a felületi érdesség változásában elért eredmény vizsgálata rendkívül időigényes folyamat. Ez indokolta, hogy jelen tanulmányban a terhelőerő és a kapott felületi érdesség közötti kapcsolatot a virtuális térben tanulmányoztuk, így az idő és a költség-hatékonyságot is szem előtt tartva vizsgáltuk az összefüggést ezen paraméterek között.

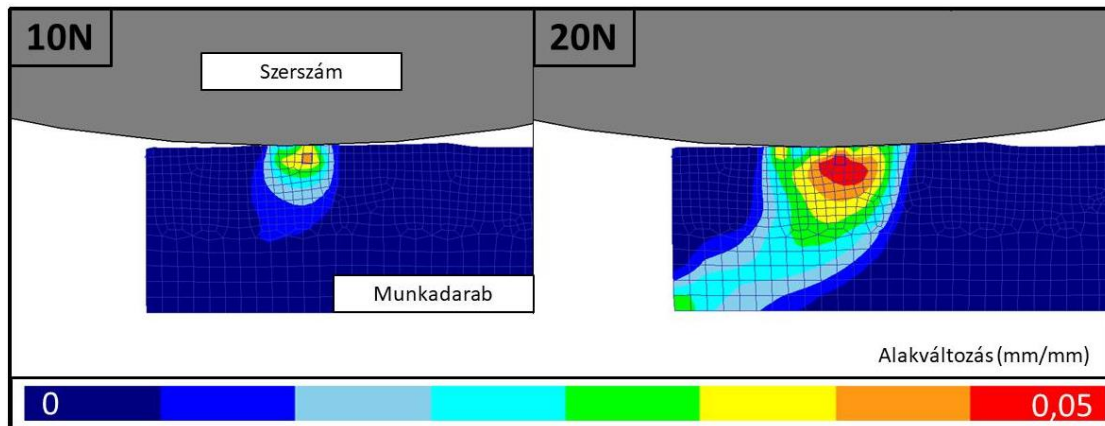
A végeelemes szimulációk DEFORM szoftverben készültek, tengelyszimmetrikus probléma révén 2D-ben, síkalakváltozást feltételezve, így a szerszám munkadarabbal érintkező felülete egy félkörre egyszerűsödött. A valóságot legjobban megközelítő szimulációt céloztuk meg, ezért egy valós esztergált felület topográfiáját importáltuk a szoftverbe, melynek kezdeti felületi érdessége  $1,478\mu\text{m}$  volt. A nagy keménységű PCD szerszám a vasalás során alakváltozáson nem esik át, tehát merevtestként definiáltuk. A munkadarab felületi érdességének csökkentése vasalás során képlékeny alakítással történik. Az érdességi csúcsokkal érintkező szerszám által kifejtett vasalóerő hatására kis képlékeny alakváltozások jöttek létre a munkadarab felszínén és annak közelében. A kis alakváltozások leírásához a kísérleti módon felvett folyásgörbe pontjait függvényel kell közelíteni a végeelemes térben. A szimulációkban a program által biztosított „power law” összefüggést alkalmaztuk az alakváltozással változó folyási feszültség definiálására, melyet az alábbi képlet ír le:

$$\bar{\sigma} = c\bar{\epsilon}^n\dot{\bar{\epsilon}}^m + y, \quad (1)$$

ahol:

c	anyagállandó,	$c = 121,228$
$\bar{\epsilon}$	képlékeny alakváltozás,	
$\dot{\bar{\epsilon}}$	alakváltozási sebesség,	
n	alakítási keményedési kitevő,	$n = 0,266076$
m	alakváltozási sebesség kitevője,	$m = 1,12487$
y	kezdeti folyási feszültség	$y = 50,0003 \text{ MPa}$

A szerszám a kifejtett erő mellett a munkadarab felületéhez viszonyított relatív elmozdulásával hoz létre alakváltozást a felületi rétegben. A szimulációban az elmozdulás sebessége megegyezett a valós sebességgel, a felületek közötti súrlódást pedig elhanyagoltuk. A vizsgálatok célja a felületek közötti szorítóerő változtatásával létrehozott felületi érdesség-változás vizsgálata volt. Ennek megfelelően 5...20 N között 2,5 N osztással készítettünk el szimulációkat, melyek validálását 10 illetve 20 N szorítóerő esetére végeztük el. Ezen két erő hatására a vasalás kezdeti lépésében létrejövő alakváltozását szemléltet a 2. ábra.



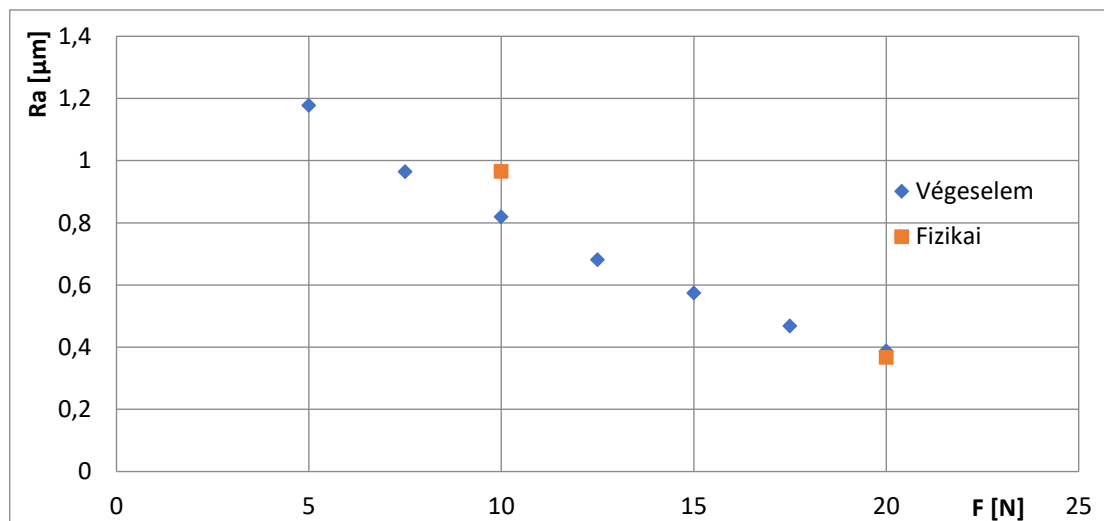
2. ábra A vasalóerő által létrehozott alakváltozás a megmunkálás elején.

#### 4. Eredmények

A végeselemes modell futtatását követően kapott érdességre vonatkozó eredményeket a 2. táblázatban foglaljuk össze, mely 10 N és 20 N beállítása esetén hasonlítható össze a gyakorlatban megvalósított megmunkálással.

2. táblázat. Az átlagos felületi érdesség (Ra) számszerű értékei

Ra [μm]							
F [N]	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
VEM	1,177	0,0964	0,0819	0,0682	0,0574	0,0468	0,0388
Fizikai			0,0965				0,0367



1. diagram A vasalóerő felületi érdességre gyakorolt hatása.

## 5. Összefoglalás

A cikk a gyémántszerszámos vasalási eljárás által okozott felületi érdesség-változás elemzésével és annak VEM szimulációjával foglalkozott, kiemelve a vasalóerő hatását. A szimulációs modell futtatása és a számszerű eredmények kiértékelése alapján az alábbi megállapításokat tesszük:

- Gyengén ötvözött alumínium vasalási megmunkálása során az átlagos felületi érdesség mértéke egyenes arányosan csökken a vasalóerő növelésével, a további paraméterek szinten tartása mellett,
- A szimulációs modell megfelelő pontossággal egyezik a gyakorlatban megvalósított kísérlet mérési eredményeivel; az eltérés 10 N esetében 16 %, míg 20 N esetén csupán 6 %,
- Tehát a megalkotott modell hatékonyan felhasználható további vizsgálatok elvégzéséhez is

A megfogalmazottak alapján további elméleti kísérleti terveink közt szerepel a technológia kezdeti állapotainak vizsgálata különböző erők mellett.

## 6. Köszönetnyilvánítás

„A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatалodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg”.

## Irodalom

- [1] Tisza, M., Balogh, A., Schaffer, J.: *Mechanikai technológiák*, Miskolci Egyetem (2007), pp.: 73-74.
- [2] Yu, X., Wang, L.: *Effects of various parameters on the surface roughness of an aluminium alloy burnished with a spherical surfaced polycrystalline diamond*, International Journal of Machine Tools & Manufacture (1999), pp.: 459-469. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(98\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(98)00033-9)
- [3] M. Hassan, A., Al-Bsharat, A.S.: *Influence of Burnishing Process on Surface Roughness, Hardness, and Microstructure of Some Non-Ferrous Materials*, Wear 199 (1996), pp.: 1-8. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(95\)06847-3](https://doi.org/10.1016/0043-1648(95)06847-3)
- [4] Bálint, L., Gribovszki, L.: *A gépgyártástechnológia alapjai*, Miskolc (1975), pp.: 418-422.
- [5] Luo, H., Liu, J., Wang, L., Zhong, Q.: *The effect of burnishing parameters on burnishing force and surface microhardness*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2005), pp.: 707-713. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2412-0>
- [6] 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*, Metal Science and Heat Treatment 53: 3 – 4 (2011), pp.: 145-150. <https://doi.org/10.1007/s11041-011-9358-2>
- [7] Korzynski, M.: *Modeling and experimental validation of the force-surface roughness relation for smoothing burnishing with a spherical tool*, International Journal of Machine Tools & Manufacture (Elsevier) 47 (2007), pp.: 1956-1964. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2007.03.002>
- [8] Kozák, I., Szeidl, Gy.: *Fejezetek a szilárdságtanból*, Kézirat, Miskolc (2012), pp.: 204-208.