

# A VASALÁSI ELJÁRÁS PARAMÉTERVÁLTOZTATÁSÁNAK HATÁSA A FELÜLETI ÉRDESSÉGRE FFF ELJÁRÁSSAL KÉSZÍTETT ADDITÍV GYÁRTÁS ESETÉN

## THE EFFECT OF THE IRONING PROCESS PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS IN FFF ADDITIVE MANUFACTURING

Ficzere Péter<sup>0009-0007-3861-1607 1\*</sup>, Alzyod Hussein<sup>0000-0002-6304-4540 1</sup>

Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyarország

<https://doi.org/10.47833/2024.3.ENG.001>

### Kulcsszavak:

3D nyomtatás,  
FDM,  
vasalás,  
felületi érdesség,

### Keywords:

3D Printing,  
FDM,  
ironing,  
surface roughness

### Cikktörténet:

Beérkezett 2023. szeptember 25  
Átdolgozva 2024. április 10  
Elfogadva 2023. április 25

### Összefoglalás

Az additív technológiák sajátossága a rétegről-rétegre történő építkezés, ami lépcsős felületeket eredményez. A lépcsőzetes felületek minősége változó, és gyakran nem megfelelő a végfelhasználás szempontjából. A vasalási eljárás egy olyan megoldás, amely segítségével javítható a felületi minőség. A tanulmányban a vasalási paraméterek hatásait vizsgáltuk a felületi érdességre. A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a vasalási eljárás jelentősen javítja a felületi minőséget. A vasalási sebesség, a vasalási távolság és a térfogatáram változtatása mind hatással van a felületi érdességre. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vasalási távolság és a nyomtatófej távolsága a legjelentősebb paraméterek, amelyek befolyásolják a felületi minőséget. A 3D nyomtatás terjedésével egyre szélesedik a felhasználási területek köre és növekednek a felhasználói igények. A vasalási eljárás egy ígéretes módszer a felületminőség javítására, amelynek paramétereit a tanulmányban vizsgáltuk.

### Abstract

Additive technologies are based on layer-by-layer construction, resulting in layered surfaces. The quality of the layered surfaces varies and is often inadequate for the end use. Ironing is a solution that can be used to improve surface quality. In this study, the effects of ironing parameters on surface roughness were investigated. The results show that the ironing process significantly improves surface quality. Changes in ironing speed, ironing distance and flow rate all have an effect on surface roughness. Based on the results, it was found that the nozzle distance are the most significant parameter affecting surface quality. With the spread of 3D printing, the applications and user

\* Kapcsolattartó szerző. Ficzere Péter  
E-mail cím: [ficzere.peter@kjk.bme.hu](mailto:ficzere.peter@kjk.bme.hu)

*needs are increasing. Ironing is a promising method for improving surface quality, the parameters of which were investigated in this study.*

## 1 Bevezetés

Napjainkban az ipar 4.0 feltételeinek való megfelelés komoly kihívás elé állítja a cégeket. Az egyedi igényekre való gyors válaszadás ma már nem képzelhető el az additív gyártástechnológiák alkalmazása nélkül sem a prototípus fejlesztés -, sem a kis sorozatú gyártás területén [1], [2]. Ugyanakkor ezeken a területeken már nem elégséges valamilyen darabot legyártani. Az alkatrészeknek már nem csak a megfelelő geometriai méreteknek kell megfelelniük, hanem minőségi darabokat kell előállítani mind szín-, formavilág -, tapintás -, anyag tekintetében, ráadásul úgy, hogy a daraboknak megfelelő terhelhetőségét is biztosítani kell. Ezt egyre több esetben optimált alakkkal, generatív design eszközökkel tudjuk elérni, ahol az additív technológiák alkalmazása rendkívül nagy szabadságot biztosít a tervezők számára [3]. A generatív design és a topológia optimalizálás lehetővé teszi, hogy könnyebb, merevebb szerkezeteket építsünk, ezáltal pedig csökkentjük pl. a mozgatandó tömeget, ami energiaszükséglet és károsanyag kibocsátás csökkentéssel is jár [4], [5].

Mindezek alapján könnyen belátható, hogy egyre átfogóbb tudást igénylő területről van szó, ehhez pedig megfelelő széleskörű tudással rendelkező szakemberekre van szükség, ugyanakkor az iskolarendszerű képzése még nagyon kezdetleges. Emiatt többnyire önálló szigetekként üzemelő kutatócsoportok, többnyire csak a saját technológiáját preferáló cégek foglalkoznak képzéssel.

Az additív technológiák sajátossága a rétegről-rétegre való építkezés, aminek következménye a lépcsős felületek kialakulása. A lépcsőzetes felületek (2,5D technológia) minősége változó, a felületi érdesség görbülettől függő [6]. Sok esetben a kapott felületi minőség nem megfelelő a végfelhasználás szempontjából, így azt valamilyen eljárással javítani kell [7], [12]. Ez lehetséges pl. utólag forgácsolással [8], hengerléssel [9], [10] vagy akár ún, vasalási technológiával is.

Jelen tanulmány a vasalási eljárás paramétereinek változásának hatásaival foglalkozik.

## 2 Módszertan

FFF (Fused Filament Fabrication), huzal lerakásos eljárás során vizsgáltuk meg a vasalási eljárás felületi érdességre gyakorolt hatását. A vasalási eljárás lényege, hogy miután elkészültünk egy adott darab nyomtatásával a legfelső rétegen újra "átmegyünk", úgy, hogy a fűvóka hőmérsékletét megtartjuk, de abból nem, vagy csak nagyon kevés anyagot juttatunk a felületre. Ezáltal a nagy hőmérséklet (és nagyon kis mennyiségű anyag) hatására a felület elvileg jobban összeolvad a hézagok kitöltése [11] jobb lesz, a felület "simább" és tömörebb lesz. A vasalási sebesség, anyaghozzáadás mértéke és a fűvókának a felülettől mért távolsága voltak a vasalás paramétere, melyeknek hatását vizsgáltuk. A vizsgálati paraméterek az 1. táblázatban láthatók.

1. Táblázat. Vasalási paraméterek

Vasalási sebesség (mm/s)	20	40	60
Vasalási távolság (mm)	0,1	0,2	0,3
Térfogatáram (%)	5	10	15

A vizsgálatokhoz szükséges próbatestek méretei 30 x 20 x 2 mm, az alapanyag PLA (Polycyclic Acid), melyeket egy Creality Ender v3 nyomtató segítségével készítettünk el.

A tesztdarabok legyártása után a vizsgált felületek felületi érdességét Keyence VR-5000 típusú mikroszkóp segítségével határoztuk meg.

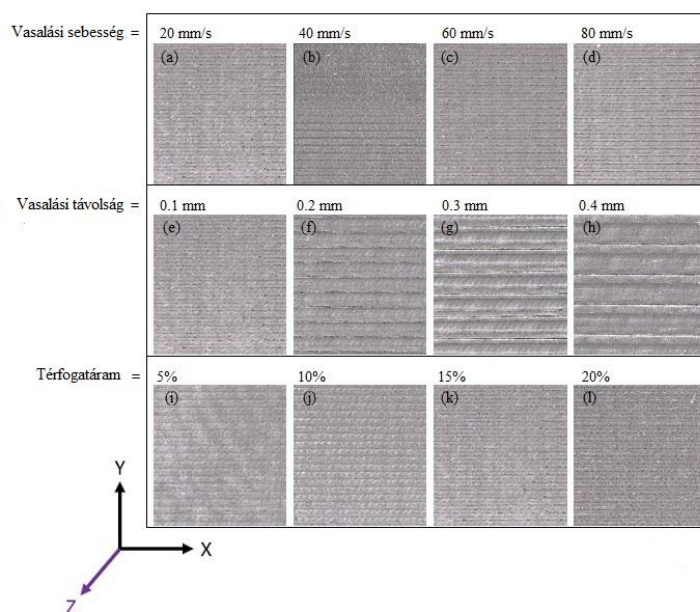
### 3 Eredmények

A mért eredmények a 2. táblázatban láthatók.

2.. Táblázat. Mért átlagos felületi érdességek

Vizsgálat	Vasalási sebesség (mm/s)	Vasalási távolság (mm)	Térfogatáram (%)	Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	20	0,1	15	2,02
2	40	0,1	15	2,15
3	60	0,1	15	2,2
4	80	0,1	15	2,5
5	20	0,1	15	2.02
6	20	0,2	15	4,23
7	20	0,3	15	5,23
8	20	0,4	15	6,44
9	20	0,1	5	1,84
10	20	0,1	10	1,98
11	20	0,1	15	2,02
12	20	0,1	20	2,19
13	Vasalás nélkül			9,79
14	Kalibráció			3,47
15	Vasalt felületek (alapértelmezett beállítások)			2,02
	Vasalás nélkül			9,63

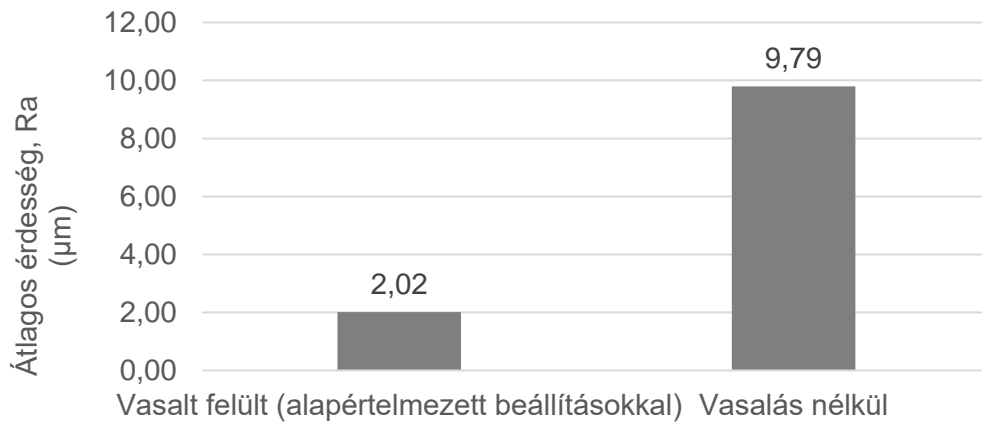
A különböző paraméterekkel vasalt felületekről készült mikroszkópos felvételek láthatók az 1. ábrán.



1. ábra. Vasalt felületek a próbatesten

## 4 Analízis

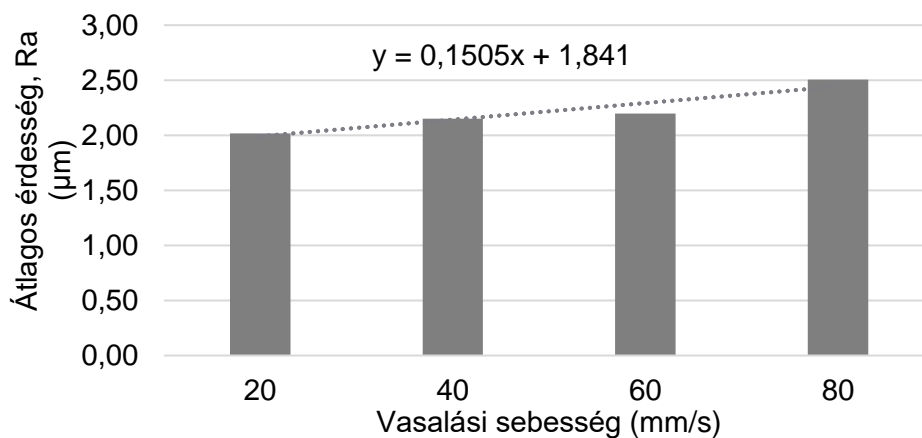
Összehasonlítva a vasalt és a vasalatlan felületeket az 2. ábrán is jól látható szignifikáns különbség adódik.



2. ábra. Vasalt és vasalatlan felületi érdességek összehasonlítása

Kicsit tovább gondolva az 2. ábrán látható különbséget a felületi érdességek között, azt is beláthatjuk – mivel a felületi érdesség és a méretpontosság között szigorú összefüggés van – hogy a vasalt felületekkel akár 4 tűrésfokozati osztállyal (IT, International Tolerances) pontosabb darabokat lehet elérni.

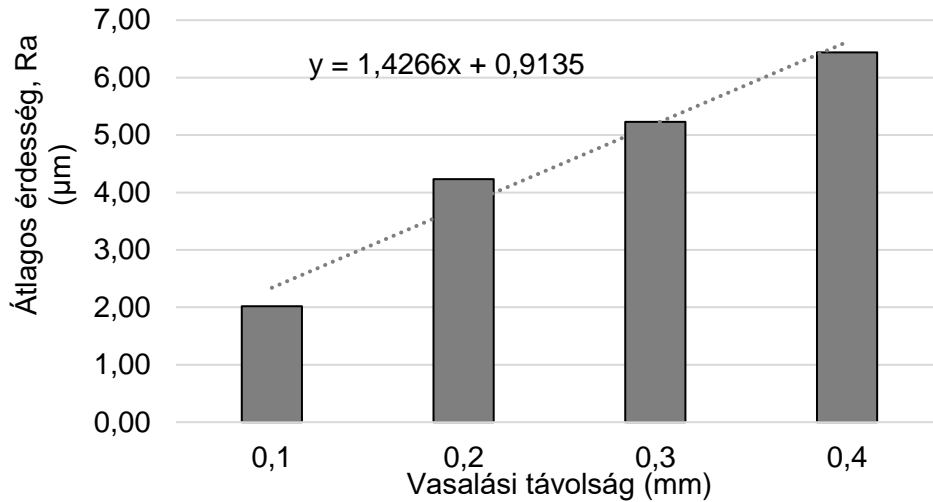
A következő diagramon (3. ábra) a vasalási sebesség felületi érdességre gyakorolt hatását láthatjuk.



3. ábra. Vasalási sebesség hatása a felületi érdességre

A 3. ábrán látható diagramot megvizsgálva megállapíthatjuk, hogy bár egyértelmű tendencia, hogy a vasalási sebesség növelésével növekszik a felületi érdesség is, a növekedés mértéke nem jelentős.

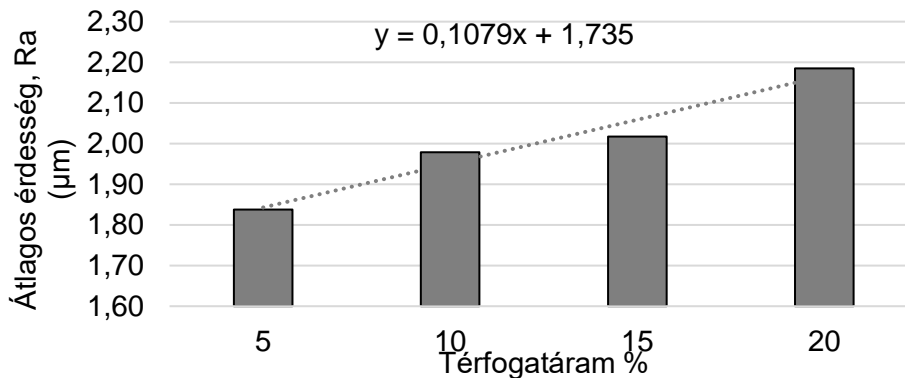
A 4. ábra a vasalási távolság változtatásának hatását mutatja a felületi érdességre.



4. ábra. Vasalási távolság hatása a felületi érdességre

A 4. ábrából azonnal látható, hogy a vasalási távolság döntő mértékben befolyásolja a felületi érdességet, minél kisebb a fej és a darab közötti távolság a vasalás során, annál hatékonyabb az eljárás.

A normál nyomtatási térfogatáram százalékos arányának a felületi érdességre gyakorolt hatása látható az 5. ábrán.



5. ábra. Térfogatáram (%) hatása a felületi érdességre

Az 5. ábrán megfigyelhető tendencia, hogy minél kisebb a lerakott anyagmennyiség a vasalási eljárás során, annál jobb felületi minőséget kapunk. Ugyanakkor látni kell azt is, hogy ennek jelentősége nem számottevő.

## 5 Összefoglalás

A 3D nyomtatás folyamatos terjedésével a felhasználási területek és ezzel együtt a felhasználói igények is egyre növekednek. Ezeknek az igényeknek való megfelelés több hagyományos eljárással, valamint új technológiák kifejlesztésével oldható meg.

A felületminőség javítására is többféle hagyományos eljárás ismert (forgácsolás, bevonatolás, estés, gőzölés), ugyanakkor új technológiákat is alkalmazhatunk. Egyik ilyen újszerű technológia a vasalási eljárás. FDM és FFF eljárások esetén ez azt jelenti, hogy a burkoló legfelső réteg kinyomtatása után a nyomtatófej végig pásztázza újra a legfelső felületet, de itt már nem, vagy csak nagyon kevés anyag lesz hozzáadva. Ezáltal a hézagok, rések „kisimulnak”, ami teoretikusan jobb felületminőséget eredményez. Ezen eljárás paramétereinek hatását vizsgáltuk a való működési határértékeken belül.

A mérési eredmények alapján kijelenthető, hogy a vasalási eljárással egyértelműen jobb (kisebb felületi érdesség) felületi minőség érhető el. A kisebb felületi érdesség pedig nagyobb geometriai méretpontosságot eredményez, igaz, ez csak a z irányú méretek esetén jelenthet javulást. Továbbá megállapítható az eljárás paramétereinek vizsgálatával, hogy a legnagyobb mértékben a nyomtatófejnek a felső rétegtől való távolsága befolyásolja a felületi minőséget.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Dr. Hlinka Józsefnek a felületi érdességek mérésében nyújtott segítségéért.

## Irodalomjegyzék

- [1] Martin, T., & Csaba, D. (2020). Fröccsöntő szerszám tervezése. *Multidiszciplináris Tudományok*, 10(2), 25-29., <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.2.4>
- [2] Topa, M., & Dömötör, C. (2019). Fröccsöntő szerszám tervezése. *MULTIDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK: A MISKOLCI EGYETEM KÖZLEMÉNYE*, 9(3), 44-56., <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.3.4>
- [3] Takacs, A. (2023). Safe In and Out of the Car. In: Jármái, K., Cservenák, Á. (eds) *Vehicle and Automotive Engineering 4. VAE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15211-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15211-5_6)
- [4] Vučetić, A., Sraga, V. ., Bučan, B., Ormuž, K. ., Šagi, G. ., Ilinčić, P. ., & Lulić, Z. (2022). Real Driving Emission from Vehicle Fuelled by Petrol and Liquefied Petroleum Gas (LPG). *Cognitive Sustainability*, 1(4). <https://doi.org/10.55343/cogsust.38>
- [5] Bagdi, Z., Csámer, L., & Bakó, G. (2023). The green light for air transport: sustainable aviation at present. *Cognitive Sustainability*, 2(2). <https://doi.org/10.55343/cogsust.55>
- [6] Hlinka, J., Weltsch, Z. (2019) "Analysis of Laser Treated Copper Surfaces", *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(2), pp. 140–145. <https://doi.org/10.3311/PPtr.11561>
- [7] [Hlinka, J.](#), Péri, B., Fendrik, Á., [Bán, K.](#), [Gyártási paraméterek változtatásának hatása additívan gyártott Titán alkatrészek mechanikai tulajdonságaira](#), *GRADUS 10 : 1* 2023.1.ENG.005 (2023), <https://doi.org/10.47833/2023.1.ENG.005>
- [8] Kónya, G., Ficzere, P. "The Effect of Layer Thickness and Orientation of the Workpiece on the Micro- and Macrogeometric Properties and the Machining Time of the Part during 3D Printing", *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 67(2), pp. 143–150, 2023. <https://doi.org/10.3311/PPme.21473>
- [9] [Kónya, G.](#), [Kodácsy, J.](#), [Kovács, Zs.](#), [Mágnesezhető és nem mágnesezhető anyagok hengerlése permanens mágneses síkfelület hengerlő szerszámmal](#), *GRADUS 9 : 1* Paper: 2022.1.ENG.005 (2022), <https://doi.org/10.47833/2022.1.ENG.005>
- [10] Kovács, Z., Kónya, G., & Kodácsy, J. (2022). Investigation of edge rounding by magnetic assisted ball burnishing tool. In *Proceedings of the 10th International Scientific and Expert Conference, TEAM 2022* (pp. 155–160),.
- [11] Ficzere, P.; Lukacs, N.L.; Borbas, L. The Investigation of Interlaminar Failures Caused by Production Parameters in Case of Additive Manufactured Polymers. *Polymers* **2021**, *13*, 556. <https://doi.org/10.3390/polym13040556>
- [12] Kónya, G. (2024) "Investigating the Impact of Productivity on Surface Roughness and Dimensional Accuracy in FDM 3D Printing", *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 52(2), pp. 128–133. <https://doi.org/10.3311/PPtr.22952>