

A VASALÁSI PARAMÉTEREK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ HASZNÁLT SEM FELVÉTELEK ELEMZÉSE CAD RENDSZER SEGÍTSÉGÉVEL

ANALYSIS OF SEM IMAGES USED TO INVESTIGATE THE EFFECT OF IRONING PARAMETERS BY CAD SOFTWARE

Dr. Ficzer Péter, egyetemi docens, László Noémi, PhD hallgató, SEM Laborvezető

ABSTRACT

The use of additive manufacturing in the automotive industry is becoming more and more widespread, thanks to the speed and relative simplicity of the technology, and the fact that it can be used to produce parts with more complex geometries that are not possible with conventional processes. This is particularly true for surface modified or structured plastic parts. Many instrumental, analytical and even image analysis methods are available for the qualitative and quantitative characterisation of surface structure. This paper describes the possibilities of image analysis using scanning electron microscopy (SEM) and CAD.

1. BEVEZETÉS

Az ipar 4.0 napjainkban egyre több területen elvárt bevezetése sok nehézséget okoz. Az ipar 4.0 számos feltételt támaszt elénk, melyek közül ha csak az egyedi igényeknek és a gyors válaszadásnak, megoldásnak való megfelelésre gondolunk akkor is egyértelművé válik az additív gyártástechnológiák alkalmazásának szükségessége. Az additív gyártástechnológiák szerepe az utóbbi időkben jelentősen megváltozott, már nem csak marketing eszközként, gyors-prototípus gyártó eljárásaként tekintünk rá. Ennek megfelelően a minőséggel szemben támasztott követelmények is megváltoztak. Komoly kritériumokat támasztunk a megfelelő geometriai kialakításon túl a méretpontossággal, a szín-, a formavilág -, a tapintás -, és anyag tekintetében történő megfelelésre is, csakúgy, mint a megfelelő terhelhetőségre. Ez azt eredményezte, hogy egy additív gyártásterületén dolgozó szakembernek mára sokkal átfogóbb tudással kell rendelkeznie, mint korábban. Könnyen belátható, ha csak a megfelelő terhelhetőségre gondolunk, akkor ma már elengedhetetlen, az additív gyártástechnológiák sajátosságainak, előnyeinek kihasználására fejlesztett és a mesterséges intelligenciával támogatott generatív design alkalmazásának szükségessége [1], [2]. Az additív gyártástechnológiák által létrehozott alkatrészek felületei nem feltétlenül elégítik ki a műszaki

életben elvárt igényeket, ezért gyakran valamilyen felületjavító eljárásra van szükség. Ezen eljárások ugyanakkor nem csak a felületminőséget módosítják, hanem az anyag morfológiáját is. Emiatt fontos meghatározni, hogy az egyes eljárások paramétereinek milyen hatása van a felületminőségre és a morfológiai változásokra. A célként megfogalmazott egyenletes felületminőségek elérése különösen nehéz feladat a rétegről-rétegre való építkezéssel előállított alkatrészek esetében, ahol a gyártástechnológiából adódóan a különböző irányokban eltérő anyagjellemzőkkel és felületminőségekkel rendelkeznek az alkatrészek.

A felületmódosító eljárások alkalmazása egyre inkább elterjed az additív gyártástechnológiával előállított alkatrészek esetén. Az additív gyártás vagy 3D-nyomtatás innovatív módszerekkel készíti el az alkatrészeket rétegről rétegre. Ezek az alkatrészek gyakran különböző funkcionális és esztétikai követelményeknek kell megfeleljenek, és ezen követelmények kielégítése érdekében felületmódosító eljárásokat alkalmaznak.

Ezek az eljárások lehetnek kémiai, mechanikai vagy fényáteresztők, és a céljuk lehet a mechanikai tulajdonságok javítása, a felszín simítása vagy a műszaki tulajdonságok módosítása. Például a felületkezelés során bevonatokat lehet felvinni az alkatrészekre, ami növeli a kopásállóságot vagy a korrózióállóságot. Ezenkívül a lézerrel történő felületkezelés és az elektrokémiai eljárások használata is terjedőben van az additív gyártásban. Az ismertebb felületjavító eljárások a forgácsolás [3], [4], hengerlés, bevonatolás és a vasalás [5].

Jelen tanulmányban a FFF (Fused Filament Fabrication) technológia esetén alkalmazott vasalási eljárás paramétereinek a felületminőségre gyakorolt hatását vizsgáltuk. A vasalási eljárás lényege, hogy miután elkészültünk egy adott darab nyomtatásával a legfelső rétegen újra "átmegyünk", úgy, hogy a fúvóka hőmérsékletét megtartjuk, de abból nem, vagy csak nagyon kevés anyagot juttatunk a felületre. Ezáltal a nagy hőmérséklet (és nagyon kis mennyiségű anyag)

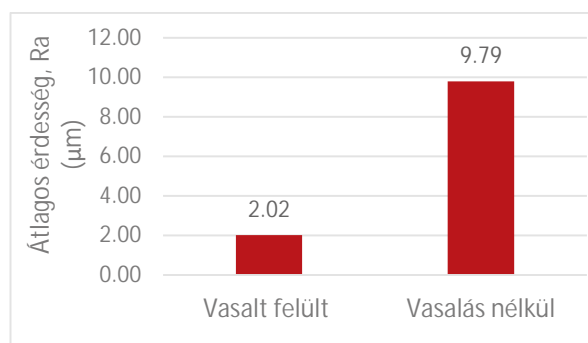
hatására a felület elvileg jobban összeolvad a hézagok kitöltése jobb lesz, a felület "simább" és tömörebb lesz.

A vizsgált paraméterek:

- vasalási sebesség,
- anyaghozzáadás mértéke,
- a fúvóka által bejárt szerszám pályák egymástól való távolsága.

A próbatestek 10 mm élhosszúságú kockák voltak, PLA alapanyagból.

Korábbi vizsgálatainkból kiderült [6], hogy a felületi érdesség a vasalási eljárásnak köszönhetően jelentős mértékben csökkenthető, ahogy ez az 1. ábrán is látható.



1. ábra. Vasalt és vasalatlan felületek összehasonlítása [6]

Mivel a felületi érdesség és a méretpontosság (tűrések) között egyértelmű összefüggés van kijelenthető, hogy a vasalt felületekkel akár 4 tűrésfokozati osztállyal (IT, International Tolerances) pontosabb darabokat lehet elérni. Megállapítható volt továbbá, hogy a vasalási sebesség növelésével növekszik a felületi érdesség is, a növekedés mértéke nem jelentős. Ezen kívül kijelenthetjük, hogy minél kisebb a lerakott anyagmennyiség a vasalási eljárás során, annál jobb felületi minőséget kapunk. Ugyanakkor látni kell azt is, hogy ennek jelentősége sem számottevő. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy minél kisebb a vasalási távolság a vasalás során, annál hatékonyabb az eljárás. Ezen vizsgálatokat Keyence VR-5000-es mikroszkóppal végeztük.

Az így kapott eredményeken túl azt kívántuk megvizsgálni, hogy a vasalás során milyen mértékben változik meg a vasalt réteg mélységi irányban. Ehhez pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk.

2. MÓDSZERTAN

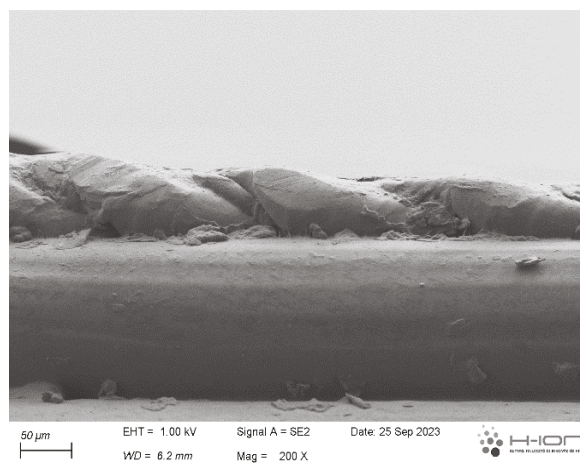
A vasalt réteg vastagságának gyártási paramétereiktől való függésének meghatározásához különböző beállításokkal készítettük el a próbadarabokat. A 2. ábrán láthatjuk a vizsgálati paramétereket. A vizsgálathoz szükséges felvételeket egy Zeiss Sigma 300 téremissziós

pásztázó elektronmikroszkóppal (FE-SEM) végeztük.

	Vasalási sebesség (mm/s)	Vasalási távolság (mm)	Térfogatáram (%)	Rétegvastagság (mm)	Vasalt réteg
1	20	0.1	5	0.2	Felső réteg
2	80	0.1	5	0.2	Felső réteg
3	20	0.4	5	0.2	Felső réteg
4	20	0.1	20	0.2	Felső réteg
5	20	0.1	5	0.3	Felső réteg
6	20	0.1	5	0.4	Felső réteg
7	20	0.1	5	0.2	Minden réteg

2. ábra. Vizsgálati paraméterek a vasalt réteg vastagságának meghatározásához.

A. A 3. ábrán egy vasalt rétegről készült SEM (Scanning electron Microscope) felvétel látható, az egyik próbatest esetén.

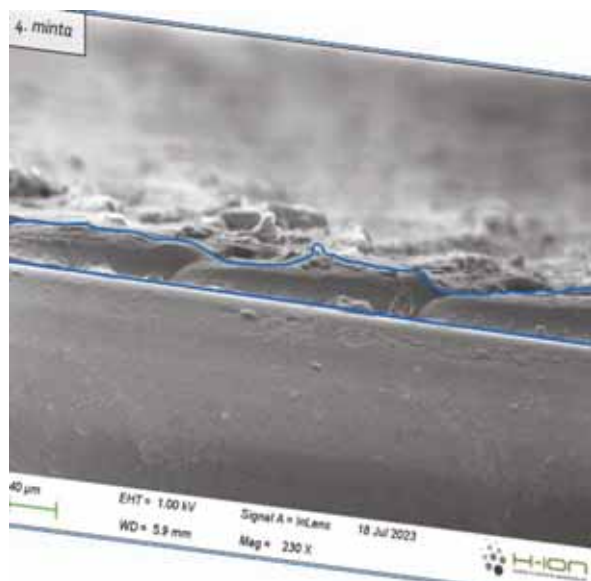


3. ábra. SEM felvétel egy vasalt rétegről

Az ábrán jól megfigyelhető, hogy az így kapott felületi réteg vastagsága nem egyenletes. Van lehetőség több helyen mérni, esetleg egy vizsgált alaphosszon egyenlő osztásokban vizsgálni a rétegmagasságot, ahogy azt az átlagos felületi érdesség esetében is tesszük, de egyértelmű, hogy az átlagunk függ attól, hogy hol mérünk. Persze minél több helyen mérünk, annál pontosabb választ kapunk az átlagos rétegvastagságra.

A mai CAD rendszerek lehetővé teszik, hogy zárt görbék által határolt területekről azonnal kinyerjünk minden terület információt (terület nagysága, súlypontja, másodrendű nyomatékok, stb.) Így megtehetjük, hogy a vizsgálat céljából készített SEM képeket, háttérként beillesztjük egy vázlat síkjára. Következő lépésként, a SEM felvételeken látható lépték alapján a képet átméretezzük, hogy azt valódi nagyságban lássuk. Ezután körberajzoljuk a vizsgált réteget, ahogy az a 4. ábrán is látható. Fontos megjegyezni, hogy ez a módszer csak akkor alkalmazható, ha a minta maga sík felületekkel rendelkezik. Egy ellenőrzési

lehetőség, hogy a vasalt felület alatti, elvileg ismert rétegvastagságot is lemérjük.



4. ábra. CAD rendszerben körbe rajzolt vasalt réteg

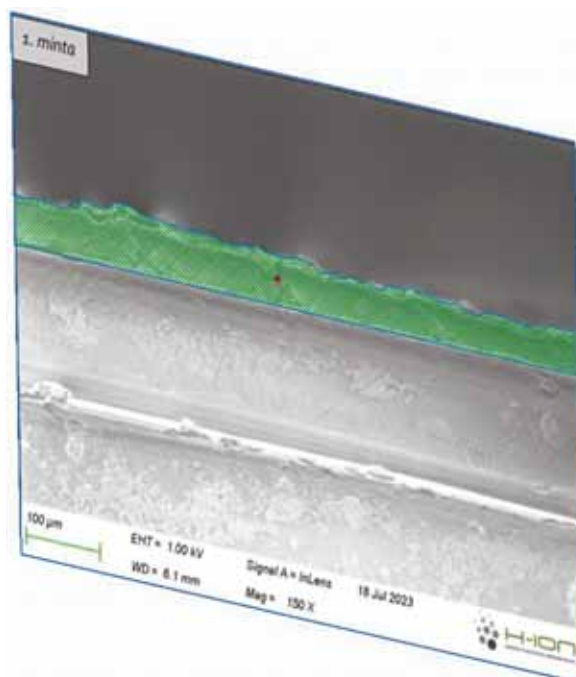
Az 5. ábrán is megfigyelhető, hogy az alap gyakorlatilag egy egyenessel is jól közelíthető, míg a felső réteget csak legalább harmadfokú NURBS (Non Uniform Rational Bezier Spline) görbével tudjuk közelíteni.



5. ábra. NURBS görbével közelített határa a vasalt felületnek

A vizsgált hossz elején és végén az alapra merőleges egyenesekkel zárta tesszük a vizsgált részt. Így, megkapjuk a vizsgált hosszt és a vizsgált terület nagyságát, ahogy ez a 6. ábrán is látható.

Ezekből az információkból könnyen kiszámíthatjuk, hogy amennyiben tökéletes lenne a felületünk - egy téglalap lenne a körbezárt terület -, akkor ennek a téglalaprak mekkora lenne a magassága. Ez a magasság pedig megegyezik a vizsgált vasalt réteg átlagos magasságával.



6. ábra. Görbékkel határolt területinformációk kinyerése CAD szoftver segítségével

A bemutatott eljárással minden beállítási paraméter esetében megvizsgáltuk a darabokat és meghatároztuk a vasalt rétegek átlagos vastagságát.

3. EREDMÉNYEK

A különböző gyártási - és vasalási paraméterek mellett mért átlagos mélysége a vasalt rétegnek látható a 7. ábrán. A 2. ábrán látható, a sorszámoknak megfelelő beállításokhoz tartozó vizsgálati alaphossz, terület és az ebből adódó vasalt réteg mélysége olvasható ki az ábrából.

	Vizsgálati alaphossz (µm)	Vizsgált terület (µm ²)	Vasalt réteg mélysége (µm)
1	764.25	34420.95	45.04
2	228.2	2700.91	11.84
3	229.3	485.2	2.12
4	505.05	15687.26	31.06
5	229.42	7650.36	33.35
6	1618.56	193374.9	119.47
7	763.5	47460.71	62.16

7. ábra. Vizsgálati eredmények CAD szoftverből a SEM képek alapján

4. ANALÍZIS

Az érdemi eredményeket összefoglalva láthatjuk a 8. ábrán.

	Vasalási sebesség (mm/s)	Vasalási távolság (mm)	Térfogatár am (%)	Rétegvastagság (mm)	Vasalt réteg	Vasalt réteg mélysége (μm)
1	20	0.1	5	0.2	Top layer	45.04
2	80	0.1	5	0.2	Top layer	11.84
3	20	0.4	5	0.2	Top layer	2.12
4	20	0.1	20	0.2	Top layer	31.06
5	20	0.1	5	0.3	Top layer	33.35
6	20	0.1	5	0.4	Top layer	119.47
7	20	0.1	5	0.2	Every layer	62.16

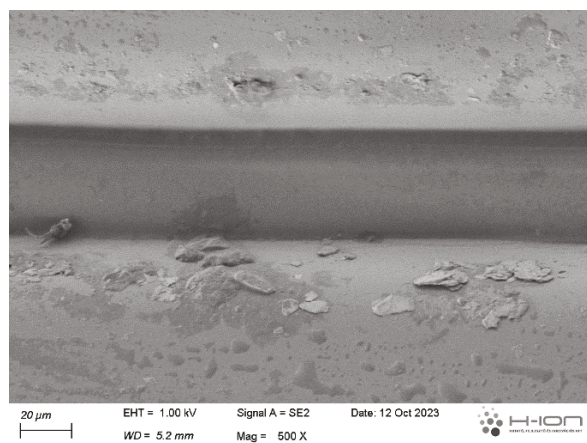
8. ábra. Vasalási réteg mélysége a vasalási paraméterek függvényében

Az eredményeket megvizsgálva megállapítható, hogy:

- a vasalási sebesség növelésével a vasalt réteg mélysége csökken,
- a vasalási távolság növelésével a vasalt réteg mélysége csökken,
- a térfogatáram növelésével a vasalt réteg mélysége csökken,
- minden réteg vasalása esetén a vasalt réteg mélysége nő.

A nyomtatási rétegvastagság függvényében a vasalt réteg mélységének meghatározása során ellentmondásra jutottunk, így ez további, megismételt vizsgálatokat igényel.

A 9. ábrán a rétegek közti vasalt réteg is jól látható.



9. ábra. Nyomtatott rétegek közti vasalt réteg SEM képe

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatok eredményeit figyelembe véve megállapítható, hogy a vasalási paramétereknek jelentős hatása van a vasalt réteg mélységére.

Fontos megjegyezni, hogy jelen vizsgálat során csak egy vonal menti vizsgálatot végeztünk, ezért a pontosabb és megbízhatóbb eredmények

érdekében érdemes lehet több keresztmetszetben vett értékeket is megvizsgálni.

Az eredmények megbízhatóságának növelése érdekében a továbbiakban CT (Computer Tomography) vizsgálatokat is végezni fogunk.

Az eredményeknek – a vasalt rétegek mélységének - feltételezhetően jelentős hatása van a mechanikai tulajdonságokra is, ezért kutatásunkat ilyen irányban folytatjuk.

IRODALOM

- [1] Takacs, A.: Safe In and Out of the Car. In: Jármű, 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
- [2] Borsodi, E., Takács, Á.: Generative Design: An Overview and Its Relationship to Artificial Intelligence, Design of Machines and Structures 12 : 2 pp. 54-60., (2022), <https://doi.org/10.32972/dms.2022.013>
- [3] Kónya, G., Ficzer, 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>
- [4] Kónya, G., Ficzer, P.: A rétegvastagság és az alkatrész tájolásának hatásai az alkatrész mikro- és makrogeometriai jellemzőire 3D nyomtatás során GRADUS 9 : 2 Paper: 2022.2.ENG.005 , 11 p.(2022), <https://doi.org/10.47833/2022.2.ENG.005>
- [5] Alzyod H, Takacs J, Ficzer P.: Improving surface smoothness in FDM parts through ironing post-processing. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2023;0(0). doi:10.1177/07316844231173059
- [6] Ficzer, P.: A vasalási eljárás paraméterváltozásának hatása a felületi érdességre FFF eljárással készített additív gyártás esetén, Országos Additív Ipari Tudományos Konferencia és Workshop, szakmai előadás, Neumann János Egyetem, Kecskemét, 2023. szeptember 15.