



Felületi érdesség változása szabad formájú felület marása során

Changes in surface roughness during milling of free-form surfaces

¹Varga Bálint, ²Dr. Mikó Balázs

¹Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország (varga.balint@bgk.uni-obuda.hu)

²Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország (miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu)

Összefoglalás

A szabad formájú felületek a mindennapokban egyre több és több helyen megjelennek, ugyanakkor ezek előállítása koránt sem egyszerű a folyamatosan szigorodó követelmények miatt. A felületekkel szemben támasztott egyik ilyen követelmény a felületi érdesség javítása.

Jelen cikk a CAM rendszerek által kínált különböző megmunkálási stratégiák hatását vizsgálja a felületi érdességre, egy domború és egy homorú munkadarab marása során. A kísérletek során állandó forgácsolási és szerszám paraméterek mellett vizsgáltuk a CAM rendszer által generált különböző szerszám pályák hatását. A felületi érdesség mérése kontakt eljárással történt, mely szabad formájú felületek során nem is olyan egyszerű. Jelen cikk a felületi minőséget befolyásoló tényezőket vizsgálja, mint a munkadarab geometria, a forgácsolási paraméterek, a megmunkáló szerszám és nem utolsósorban az is, hogy hogyan mérjük meg a munkadarabot.

Kulcs szavak: Szabad formájú felület, gömbvéggű marás, felületi érdesség

Abstract

Free-form surfaces are appearing in more and more places every day, but their production is far not simple because of the increasingly stringent requirements. One of the requirements for surfaces is the improvement of surface roughness.

This paper examines the effect of different machining strategies offered by CAM systems on surface roughness when milling a convex and a concave workpiece. During the experiments, the effect of different tool paths generated by the CAM system was investigated with constant cutting and tool parameters. This article examines factors that influence surface quality, such as workpiece geometry, cutting parameters, machining tools, and last but not least, how to measure a workpiece.

Keywords: Free-form surface, ball-end milling, surface roughness

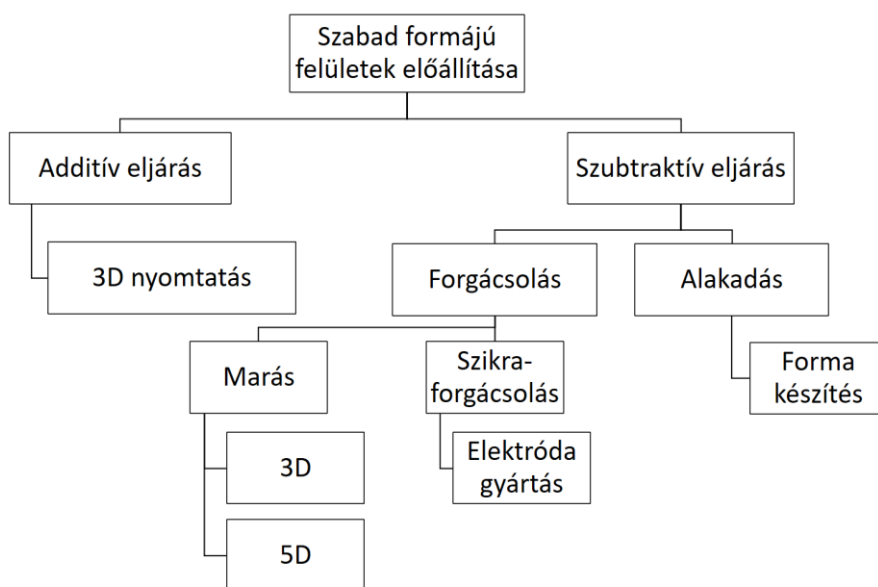
1 Bevezetés

A szabad formájú felületek nagy jelentőséggel bírnak a modern formatervezésben. Az egyszerű használati tárgyaktól kezdve az autók karosszériáig mindenhol megtalálható ezek a felületek. Az előállításuk koránt sem egyszerű, mert egyre nagyobbak és nagyobbak a követelmények, amiknek meg kell felelni ezeknek a felületeknek.

A szabad formájú felületek előállítása történhet additív vagy pedig szubtraktív módon. A 3D

nyomtatás egy gyűjtőnév mely több különböző technológiát takar, de mindegyikben közös, hogy forgácsképződés nélkül tudunk előállítani szinte bármilyen felületet. A munkadarabok elkészítése rétegről rétegre történik. Ez a technológia az elmúlt években igen sokat fejlődött, de ipari igényeket még nem tud kielégíteni.

Létre lehet hozni ilyen felületeket alakadás segítségével. Ebben az esetben viszont egy formát kell először elkészíteni, melyhez nélkülözhetetlen a forgácsolás. Tehát ilyen felületek előállítása ipari mértékben csak forgácsolás segítségével történik, mely lehet marás vagy pedig szikraforgácsolás. A szikraforgácsolás előtt viszont mindig kell készíteni egy elektródát, mellyel kialakítjuk a felületet. Ezt az elektródát pedig marással lehet előállítani. Tehát elmondhatjuk, hogy a szabad formájú felületek előállítása során a marás művelete elengedhetetlen. Továbbá szükség van egy CAM rendszerre is a szerszám pályák generálásához. Jelen cikkben az így elkészített szerszám pályák hatását vizsgálom a felületi érdességre.

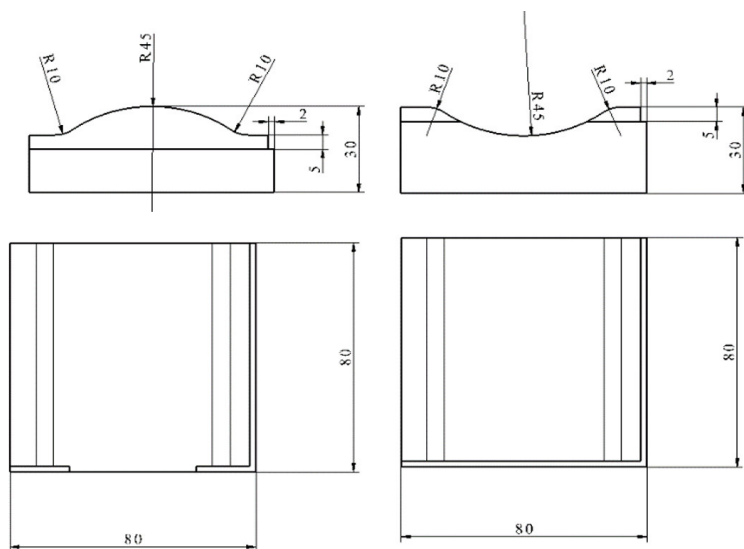


1. ábra - Szabad formájú felületek előállítása

Az érdesség mérése problémát jelenthet ilyen felületek esetében. A felületi érdesség mérés iránya a marás irányára merőleges kell, hogy legyen, egyébként a kapott eredmények torzulnak. Egyes szerszám pályák esetében a marási irány mindig változik, így a valós érdességet tapintásos módszerrel meg sem lehet pontosan állapítani

2 Alkalmazott anyagok, gépek és módszerek

A vizsgálat során két különböző geometriájú munkadarab készült el, tíz domború (CX) és tíz homorú (CV). Mind a kettő típus azonos sugarú hengeres felületet tartalmaz, melyek sugara 45 mm (2. ábra). A kísérlet során vizsgált munkadarabok mérete 80 mm x 80 mm x 30 mm volt.



2. ábra - Vizsgált domború (CX) és homorú (CV) munkadarab geometriák

A vizsgált munkadarabok anyaga 42CrMo4 (1.7225; $R_m = 1000$ MPa) alacsonyán ötvöztött acél (1. táblázat), mely króm, molibdén, mangán ötvözőanyagokat tartalmaz. Ezt az anyagminőséget gyakran alkalmazzák statikusan és dinamikusan terhelt alkatrészekhez, mint például fogaskerek, főtengelyek. Ennek az acélminőségnek jó a kopásállósága, megmunkálhatósága, de hegeszthetősége gyenge.

1. táblázat - 42CrMo4 acélminőség összetétele

C	Si	Mn	Mo	S	Cr	Ni
0.43	0.26	0.65	0.16	0.021	1.07	0.19

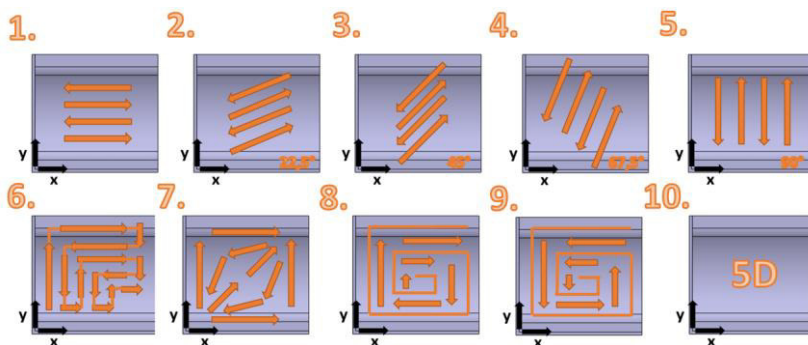
A felületek végső, simító megmunkálása gömbvégű maróval történt. A szerszám egy Fraisa X7450.450 gömbvégű marószerszám, melynek átmérője 10 mm ($D_c = 10$ mm), fogainak száma pedig 4 ($z = 4$).

2. táblázat - Forgácsolási paraméterek

v_c	n	f_z	a_p
160 [m/perc]	5100 [fordulat/perc]	0,08 [mm]	0,3 [mm]

A megmunkálás során többféle CAM stratégia lett alkalmazva, melyek pályájának irányát a 3. ábra mutatja be. Az első öt munkadarab pásztázó simítási stratégiával készült, csak a megmunkálás irányában volt eltérés. Az 1. az x tengellyel párhuzamos volt míg a továbbiak $22,5^\circ$ -kal eltértek az előzőtől. Az 5. esetben a marás iránya megegyezett az y tengellyel. A második öt stratégia (6-10) szerszám pályája már sokkal bonyolultabb. A 6. szerszám pályája az y tengellyel párhuzamos irányban indul, majd az x tengellyel párhuzamosan folytatódik. 0,3 mm-es oldallépés után előbb az x tengellyel párhuzamosan halad, majd az y tengellyel. Végül egy újabb 0,3 mm-es oldallépés után

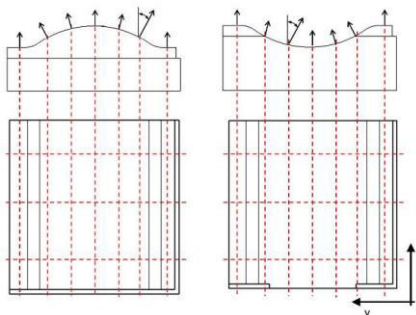
kezdődik minden előről, amíg a teljes felületet be nem járja a szerszám. A 7. szerszámpálya esetében is hasonlóan kezdődik a megmunkálás csak az y , majd az x tengellyel párhuzamos pálya után folyamatosan változó szöggel halad a szerszám, ahogy az a képen is látszik. A 8. és a 9. szerszámpálya nagyon hasonló egymáshoz, mivel mind a két esetben a szerszám egy spirális pályát ír le kontúrkövetéssel. Az egyik esetben a munkadarab belsejétől halad kifelé a szerszám, míg a másik esetben kintről befelé. A 10. munkadarab 5 tengelyes megmunkálással készült. Ebben az esetben a szerszám is be volt döntve a megmunkáláshoz kedvező pozícióba [1] [2] [3].



3. ábra - Alkalmazott CAM stratégiák

A megmunkálást egy Mazak 410 A-II CNC megmunkáló központon lett végrehajtva, a CNC programok pedig CATIA v5 CAD / CAM rendszer segítségével lettek előállítva.

A felületi érdesség mérése egy Mahr-Perten GD120 kontak mérőgépen történt. Rz értékek lettek rögzítve a mérés során x -tengellyel megegyező irányban. A vizsgálat során a marás irányára merőleges méréseket egyrészt az alkatrészek geometrája gátolta másrészt egyes CAM stratégiánál nem valósítható meg. A homorú munkadarab alsó pontján a tapintó kinyúlása gátolta a mérést, míg a 7. számú munkadarabon a marás iránya folyton változik, így nem lehet a megmunkálás irányára merőlegesen mérni. Ezért csak x irányban lettek megmérve a darabok, tudva, hogy így a kapott eredmények torzulnak. A mérési helyek a 4. ábrán látható.

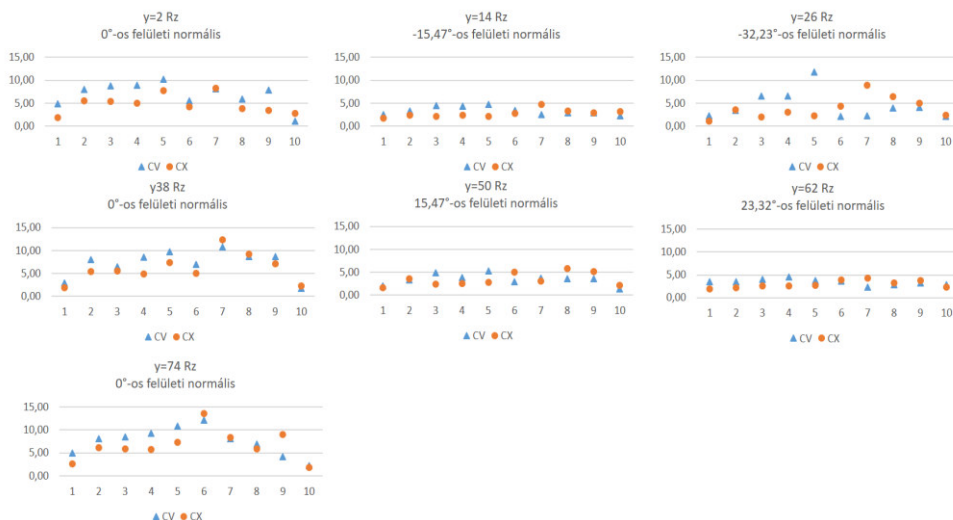


4. ábra - Mérési pontok

Az ábrán is látható, hogy a mérési pontoknál a felületi normálisok értéke folyamatosan változik. A mérések során a felületi normálisok a következők voltak: 0° , $-15,47^\circ$, $-32,23^\circ$, 0° , $32,23^\circ$, $15,47^\circ$, 0° . A felületi normálisok a konkáv és a konvex munkadarabnál hasonló mértékben változtak, csak az ellenkező irányba.

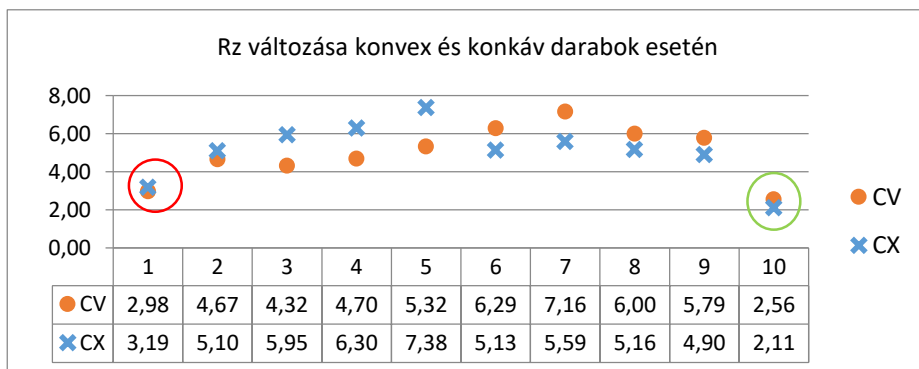
3 Eredmények és kiértékelésük

A felületi normálisok szerinti Rz értékek a következők szerint alakulnak. Az 5. ábrán látható diagrammok három mérés átlagértéke alapján készültek. Jól látszik, hogy a konkáv (CV) daraboknál szinte minden mérési pontban rosszabb értékeket kapunk. Szintén jól kivehető, hogy az 5 tengelyes megmunkálással készült darabok értékei a legjobbak. Minél jobban eltér a felületi normális a 0° -tól annál jobb minőséget kapunk.



5. ábra - Felületi normálisok szerinti Rz értékek munkarabonként

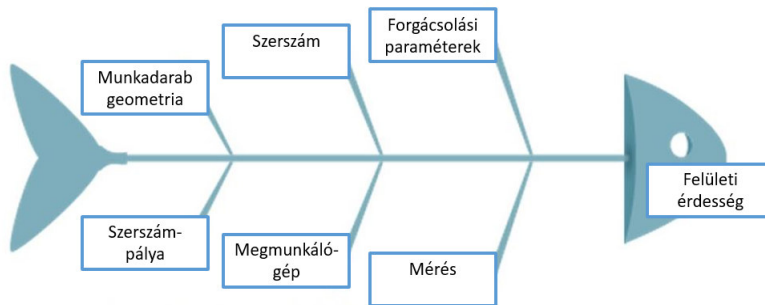
A felület egészének jellemzésére az összes mért érték átlagát használtuk, mely eredmények a 6. ábrán láthatók. A diagramból látszik, hogy az 5 tengelyes megmunkálás rendelkezik messze a legjobb felületi érdesség értékekkel. Ennek oka, hogy 5D marás esetén a szerszám dolgozó átmérője közel állandó a megmunkálás során.



6. ábra - Felületi normálisok szerinti Rz értékek átlagértéke

A 1-es munkadarab felületi érdessége is jónak tűnik az adatok alapján, de ez nagyon csalóka. Ebben az esetben a marás iránya megegyezik a mérés irányával. Ilyenkor torzul legjobban a kapott

eredmény, mert szabályos mérés esetében a megmunkálásra merőlegesnek kell lenni a mérés irányára. Szabályos mérésre viszont itt nem minden esetben volt lehetőség. A mérés kontaktmódszer segítségével történt, így a bonyolult geometria gátolta a hozzáférhetőséget. Optikai mérések esetén is találkozhatunk ezzel a problémával. A szerszám-pálya bonyolultsága szintén egy olyan probléma, mely akadályozza a szabályos mérés végrehajtását. Ez a 7. darab szerszám-pálya esetében jól látszik (3. ábra).



7. ábra - Felületi érdességet befolyásoló tényezők

A 7. ábrán látható a szabad formájú felületek érdességét befolyásoló tényezők. A mért érdességi értéket számos tényező befolyásolja, mint a munkadarab geometria, a szerszám, a forgácsolási paraméterek, a szerszám-pálya jellege, a megmunkológép tulajdonságai és nem utolsósorban az érdesség mérési módszere.

A mostani kísérlet során a következő következtetéseket vontuk le:

- A konkáv munkadarabok felületi érdességi értékei szintem minden esetben rosszabb, mint a hasonló geometriával rendelkező konvex daraboké.
- Az öt tengelyes megmunkálással, sokkal jobb felületi minőség állítható elő.
- A szabályos mérés sok esetben nem megoldható vagy a munkadarab geometriája vagy a szerszám-pálya bonyolultsága miatt. Ez torzítja a mérési eredményeket.

Arra a kérdésre viszont még keressük a választ, hogy a szabad formájú felületek esetében hogyan jellemezhető a felületi érdesség egyetlen mérőszámmal, hiszen a szabályos mérés problémába ütközik. Megoldást jelenthet a felületi topográfia, de itt is adódik a kérdés, hogy a felület mely részét vizsgáljuk, hogyan hozható létre egyetlen, a felületi érdességet jellemző érték.

4 Hivatkozások

- [1] Adriano Fagali de Souza, Adriane Machado, Sueli Fischer Beckert, Anselmo Eduardo Diniz (2014). Evaluating the roughness according to the tool path strategy when milling free form surfaces for mold application. ScienceDirect, CIRP 14 (2014) 188-193
- [2] X. F. Zhang, J. Xie, H. F. Xie, L.H. Li. (2012) Experimental investigation on various tool path strategies influencing surface quality and form accuracy of CNC milled complex freeform surface. Int J Adv Manuf Technol (2012) 59:647–654. DOI 10.1007/s00170-011-3515-z
- [3] Peter Izol, Jozef Beno, Miko Balázs (2011) Precision and Surface Roughness When Free-Form-Surface Milling. (2011) Manufacturing Engineering, 70-73