

A FELÜLETI ÉRDESSÉG ELMÉLETI ÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA HOMLOKMARÁSNÁL

Felhő Csaba¹ - Kundrák János²

¹egyetemi tanársegéd, ²tanszékvezető, egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: csaba.felho@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

Korábban több analitikus modellt dolgoztak ki a kutatók a felületi érdesség elméleti értékének a meghatározására esztergálás esetén [1],[2]. Mivel azonban a marás kinematikai és dinamikai viszonyai jelentősen eltérőek, így a szakirodalomban kevés ilyen megközelítésű módszer található a homlokmarással megmunkált felületek elméleti érdességének meghatározására. Az elméleti érdesség számításának a célja olyan összefüggések meghatározása a valós érdességi adatokkal, amelyek alapján tervezhető a várható érdesség. Jelen cikkben azokat az alapvető elméleti megfontolásokat mutatjuk be, amelynek segítségével meghatározhatóak a felületi érdesség elméleti mérőszámai homlokmarás esetén. A javasolt számítási módszer alapját a korábban esztergálásra kidolgozott elméleti modell és számítási algoritmus képezi. Bemutatásra kerülnek az elméleti profil kialakulásának a lehetséges variációi, valamint a számításhoz alkalmazható matematikai leírások.

Kulcsszavak: felületi érdesség, elméleti érdesség, homlokmarás

Abstract

Several analytical models were worked-out by the researchers previously for the determination of theoretical value of surface roughness in case of turning [1],[2]. However, since the kinematical and dynamical conditions of milling are significantly different, there are only a small number of such methods in the technical literature for the determination of theoretical roughness of surfaces machined by face milling. The goal of the calculation of theoretical roughness is to obtain such relations with real roughness data, on the basis of which the expected roughness can be planned. Those fundamental theoretical considerations are introduced in the paper, by the help of which theoretical surface roughness indexes can be determined in face milling. The basis for the suggested calculation method is the formerly developed theoretical model and calculation algorithm which was worked-out for turning process. The possible variations of evolving of the theoretical profile are introduced, together with the mathematical descriptions which can be used in the calculations.

Keywords: surface roughness, theoretical roughness, face milling

1. Bevezetés

A gépgyártástechnológia fejlődésével egyre szigorúbbak az alkatrészekre vonatkozó pontossági és minőségi követelmények, ezért a kutatók újabb és újabb módszereket és eljárásokat dolgoznak ki ezen igények biztosításához. A minőség egyik fontos kritériuma a forgá-

csolt felületek topográfiája, amelyek elsősorban kapcsolódó, súrlódó felületeknél meghatározóak a szerkezetek működése szempontjából. A forgácsolt felületek érdekessége adott szerszám és anyag párosítás esetén elsősorban a forgácsolási adatoknak, azon belül is főleg az előtolásnak, a megmunkáló szerszám élének (csúcssugar, él-állapot) és a szerszám elhelyezkedésének függvénye. Határozott élgeometriájú szerszám alkalmazása esetén az előtolás felismerhető, ismétlődő egyenetlenségeket okoz. Erre halmazódik a forgácsolás hibáiból és a szerszám rezgéseiből, stb. egy az előzőhöz képest kisebb térközű egyenetlenség, amelyre halmazódva egy még kisebb nagyságrendű – a kristály kitérőzéseiből adódó – egyenetlenségeket figyelhetünk meg. E három, nagyságrendben megkülönböztethető érdekességet egymástól éles határral elválasztani nem lehet [3]. Jelen cikkben a homlokmarással megmunkált felületek érdekességének elméleti meghatározásával foglalkozunk. Az érdekesség elméleti értékének analitikus módszerrel történő meghatározása tulajdonképpen nem jelent mást, mint a megmunkálási eljárásra jellemző mozgásviszonyok és az alkalmazott szerszám geometriája alapján kiszámítani a létrejövő felületi mikrogeometriát. Az így meghatározott értékeket felhasználhatjuk arra, hogy forgácsolási kísérletek során kapott mérési adatokkal meghatározva a kapcsolatot a forgácsolás után várható, valós érdekességet előre megbecsüljük. Korábban kidolgozásra került egy olyan általános matematikai modell és számítási algoritmus, amellyel meghatározhatóak a felületi érdekesség fontosabb paraméterei esztergálással megmunkált felületeken [4]. Jelen cikkben ennek a modellnek a továbbfejlesztési lehetőségeit mutatjuk be homlokmarással megmunkált felületek esetére.

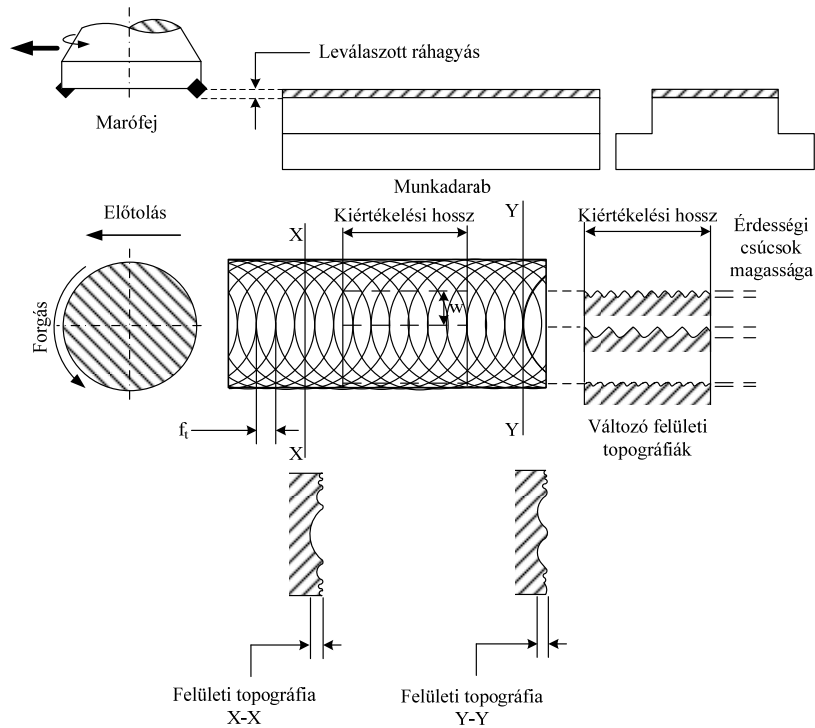
2. Az elméleti érdekesség meghatározása homlokmarásnál

A homlokmarás mozgásviszonyait elemezve az elméleti érdekesség meghatározásához bizonyos egyszerűsítéseket vezettünk be a modell kidolgozása során. Az egyik ilyen egyszerűsítés, hogy a forgácsoló él adott pontjának a mozgását leíró hurkolt ciklois görbe helyett körívvel vizsgáljuk a mozgást. Ez a felületi érdekesség számítása szempontjából két ok miatt nem okoz észrevehető számítási hibát:

- a kétdimenziós elméleti érdekességi paraméterek számítása esetén az előtolás irányában vett síkmetszetek egy adott momentumban vizsgálva mutatják a szerszám profilja által generált felületet, amely így független a ciklois hurkoltságától;
- a szerszám fordulatszámához viszonyítva a ciklois hurkoltsága elhanyagolható mértékű [5].

Amint azt az 1. ábra mutatja, homlokmarás esetén úgynevezett anizotróp felületi topográfia alakul ki, tehát különböző irányokban mérve különböző lesz a felület mikrogeometriája. A felületi érdekesség mérését és kiértékelését 2D-s profilok esetén az ISO 4287 és ISO 4288 szabványok rögzítik, míg a háromdimenziós felületi topográfia szabványos paramétereit az ISO 25178 határozza meg. Az ISO 4288-as szabványban rögzítésre került, hogy amennyiben nincs megadva valamilyen eltérő mérési irány, anizotróp felületek esetén a munkadarabot úgy kell pozícionálni a méréshez, hogy a síkmetszeteket mindig a legnagyobb érdekességet eredményező irányban vegyünk a mérés során. Ez az irány merőleges a felületen látható forgácsolási nyomokra, tehát az előtolás irányával megegyező. Abban az esetben azonban, ha két működő felület valamilyen az előtolástól eltérő irányú elmozdulást végez, szükség lehet minden ilyen lehetséges elmozdulási irányban meghatározni a felületi

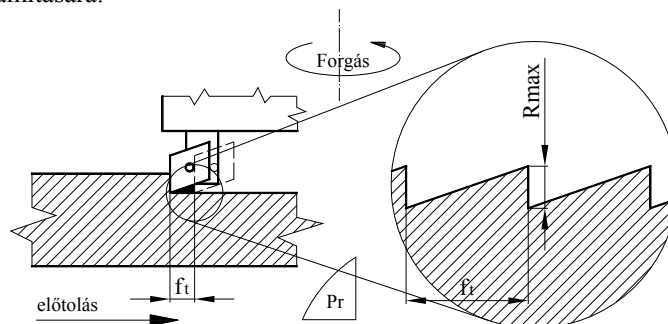
érdesség értékét. Ezért az elméleti érdesség számításánál homlokmarás esetén ezeket az eseteket is figyelembe kell venni.



1. ábra. A kialakuló elméleti felületi mikrogeometriák homlokmarásnál [6]

2.1. Az elméleti érdesség meghatározása a marófej tengelyvonalában

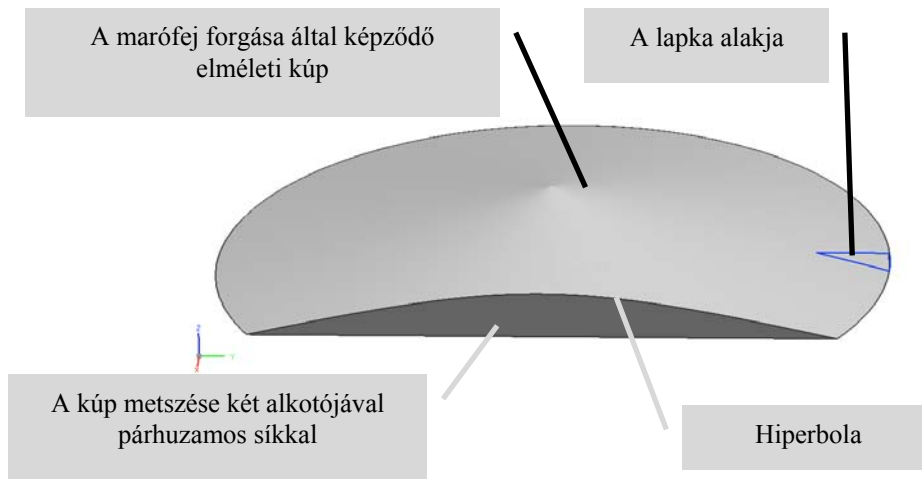
Az elméleti érdességet a marófej tengelyvonalában vizsgálva a 2. ábra szerinti elrendezést vettük alapul. Az elméleti profil a lapkák geometriájának a fogankénti eltolás (f_t) értékével történő eltolásával számítható. Ebben az esetben a korábban esztergálásra kidolgozott modellt [4], illetve az alapján kifejlesztett szoftvert [7] közvetlenül felhasználhatjuk az elméleti érdesség számítására.



2. ábra. Az elméleti érdességi profil keletkezése a marófej középvonalában vizsgálva

2.2. Az elméleti érdesség meghatározása a marófej tengelyvonalától adott távolságban

Amint azt az 1. ábra alapján is láthatjuk, az előtolás irányában vizsgálva mindig a maró tengelyvonalában lesz a maximális a felületi érdesség értéke, az érdességi csúcsok nagysága a maró széleihez közeledve csökken. Ugyanakkor nem csak az érdességi csúcsok csökkenésével kell számolnunk, hanem a maró tengelyvonalától távolodva a kialakult érdességi profilok alakja is torzul. Ennek az a magyarázata, hogy a marófej forgása során a forgácsoló lapka a megmunkált felülettel $0^\circ < \kappa_r < 90^\circ$ szöget bezáró egyenes szakaszai hiperbolák-ká torzulnak, ahol κ_r a főforgácsoló él elhelyezési szöge. Ezt a jelenséget a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A forgácsoló lapka $0^\circ < \kappa_r < 90^\circ$ egyenes szakaszainak torzulása a középvonaltól távolodva

Az észak-dél irányban nyitott hiperbola egyenlete Descartes-koordináta rendszerben:

$$\frac{(y-k)^2}{a^2} - \frac{(x-h)^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

ahol:

- h, k : a hiperbola középpontjának x illetve y koordinátája;
- a : a hiperbola fél-nagy tengelye;
- b : a hiperbola fél-kis tengelye.

Az a, b, h, k paraméterek értékei meghatározhatóak az ismert adatokból (maróátmérő, lapkageometriai adatok). Ezt az egyenletet y -ra kifejezve megkapjuk azt az összefüggést, amellyel meghatározhatjuk az érdességi profil magasságát adott x mérési pontban:

$$y = \pm \sqrt{b^2 + \frac{b^2(x-h)^2}{2 \cdot a}} + k \quad (2)$$

Az előzőekhez hasonlóan a csúcsgárral rendelkező vagy kör alakú forgácsoló lapka a maró forgásával tórusz alakzatot ír le, amelyet a tengelyvonalától adott w távolságban el-metszve (1. ábra) tórusz síkmetszetet kapunk (4. ábra), amelynek az egyenlete:

$$(x^2 + y^2 - r^2 + D_m^2 + w^2)^2 = 4 \cdot D_m^2 (x^2 + w^2) \quad (3)$$

ahol:

- r : a lapka csúcsgara;
- D_m : a marófej átmérője;
- w : a távolság a marófej forgásközéppontjától.

Ezt az egyenletet szintén y -ra rendezve tudjuk kiszámolni az érdességi profil adott pont-ját egy x értéknél:

$$y = \pm \sqrt{\pm 2D_m \sqrt{w^2 + x^2} - d^2 - D_m^2 - x^2 + r^2} \quad (4)$$



4. ábra. A csúcsgár vagy körlapka által generált elméleti tórusz alakzat, és annak metszése merőleges síkkal

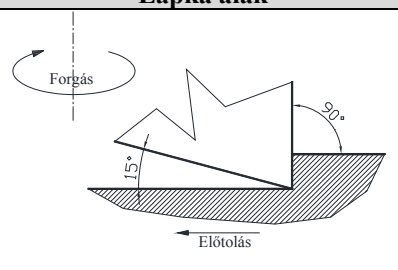
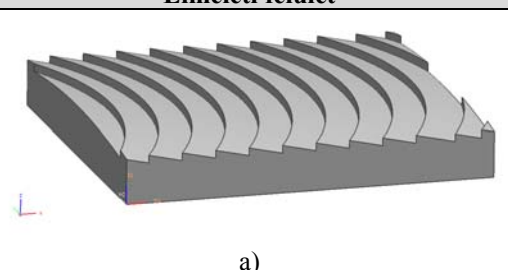
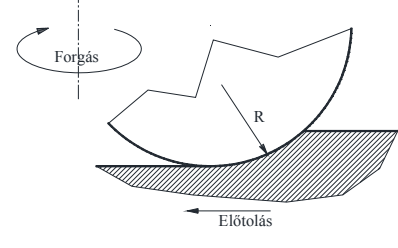
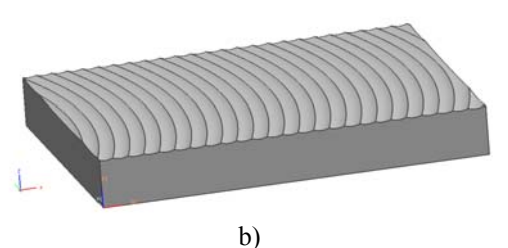
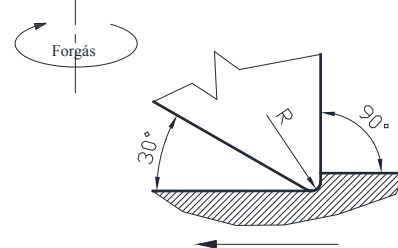
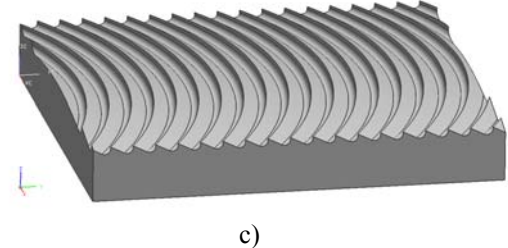
3. Elméleti felületek különböző geometriájú lapkával végzett forgácsolás esetén

Az 1. táblázatban bemutatunk néhány jellegzetes elméleti felületet egy darab forgácsolólapka (ütőkés) vagy több azonos geometriájú lapka alkalmazása esetén. A jobb szemléltethetőség kedvéért az előtolás értékeket nagyítással ábrázoltuk, így jobban nyomon követhető a geometriák változása. A felületek értelmezése:

- a) $\kappa_{r1} = 90^\circ$, $\kappa_{r1}' = 15^\circ$, $r = 0$ geometriájú lapka által generált topográfia;
- b) $r > 0$ csúcsgárral rendelkező lapka által létrehozott topográfia;
- c) $\kappa_{r1} = 90^\circ$, $\kappa_{r1}' = 30^\circ$, $r > 0$ geometriájú lapka által generált topográfia.

A bemutatásra kerülő modelleket UGS NX 5.0, illetve Autodesk Inventor 2010 parametrikus CAD/CAM rendszerekben készítettük el. Mindkét program alkalmas ilyen modellek elkészítésére, azonban az egyes generált felületek színezésére csak az Autodesk Inventor programban van lehetőség (Feature Colouring).




1. táblázat. Elméleti felületek különböző geometriájú lapkákkal végzett homlokmarás esetén

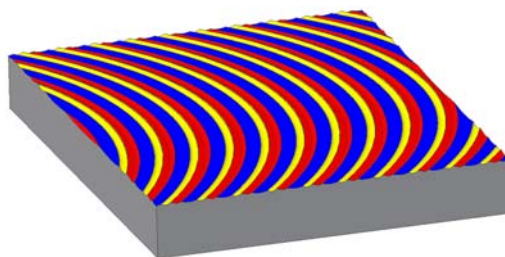
| Lapka alak | Elméleti felület |
|---|--|
|  |  <p>a)</p> |
|  |  <p>b)</p> |
|  |  <p>c)</p> |

4. Az elméleti érdesség több különböző lapkát tartalmazó marófejjel végzett forgácsolás esetén

A Magdeburgi Otto-von-Guericke Egyetem által kifejlesztésre kerül egy olyan többfeladatú speciális marófej konstrukció, amely alkalmas eltérő geometriájú maró lapkák alkalmazására egy szerszámban [8]. A marófej több változatban is elkészült, 5, 8 és 12 rögzítő furattal a csapok számára. Ezzel a speciális maró szerszámmal végzett forgácsolás esetére szimulált felületet mutat az 5. ábra illetve a 6. ábra. A vizsgált esetben három különböző forgácsoló lapkát alkalmaztunk (amely valós megmunkálás esetén a 12 furatú szerszámban kivitelezhető). A marófejben használt lapkák geometriáját, sorrendjét, valamint az általuk generált felület színezését a 2. táblázatban foglaltuk össze. A lapkák a táblázatban ábrázolt elméleti helyzetben kerültek rögzítésre a képzeletbeli marófejben.

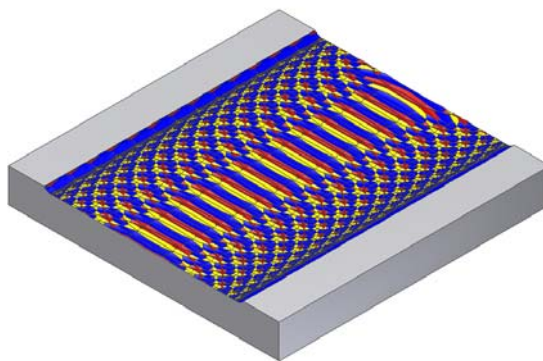
2. táblázat. Az alkalmazott lapkák geometriája és az általuk generált felületek jelölése

| A lapka alakja | A lapka által generált felület színezése |
|---|--|
|  | SÁRGA |
|  | PIROS |
|  | KÉK |



5. ábra. Különböző geometriájú lapkákat tartalmazó marófejjel végzett forgácsolásnál kapott felület modellje

Az korábban ismertetetteken felül van még egy olyan tényező, amelyet figyelembe kell vennünk az elméleti érdességi profil számításánál, ez az úgynevezett újraalakítási effektus. Ez azt jelenti, hogy a marófej a forgása során a forgácsoló lapka hátlapja a fej mögött visszafelé forogva alakítja a megmunkált felületet, ezáltal módosítva a korábban létrehozott felületi topográfiát. Ezzel a jelenséggel akkor kell számolnunk, amikor a marófej félátmérőjének ($D_m/2$) és a forgácsolási útnak (l_c) az aránya nagyobb, mint 1 ($l_c > D_m/2$). A 6. ábra egy ilyen felület szimulált képét mutatja. Jól látható, hogy a felület szélein jobban, míg a marófej középvonalában kevésbé, vagy egyáltalán nem módosul a megmunkált felület.



6. ábra. A megmunkált felület szimulációja $l_c > D_m/2$ esetében

5. Összefoglalás

A cikkben ismertetett elméleti megfontolások figyelembe vételével meghatározható az elméleti érdességi mérőszámok alapján a valós érdesség értéke homlokmarás esetén. Míg az esztergálás tengelyirányban minden alkotó mentén azonos elméleti mérőszámmal írható le, addig marásnál a mozgásviszonyok miatt az érdesség értéke pontról pontra változik. Ezért a felületen különböző pontban különböző lesz annak értéke. Az előtolás irányában szabályos ismétlődés tapasztalható, de attól különböző vizsgálati irányokban más és más lesz. Az ismertetett összefüggésekkel nem csak azonos, hanem különböző geometriájú lapkák által létrehozott felület elméleti érdességi is leírható.

6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 és a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

7. Irodalom

- [1] Benardos, P.G., Vosniakos, G.C.: *Predicting surface roughness in machining: a review*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43 (2003), pp. 833-844
- [2] Chen, L.: *Study on prediction of surface quality in machining process*, Journal of Materials Processing Technology 205 (2008), pp. 439-450.
- [3] Gribovszki, L.: *Gépipari megmunkálások*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977, p. 454.
- [4] Kunderák J., Karpuschewski B., Felhő Cs.: *Determination of the expected roughness of cut surface based on theoretical roughness*, XXIV. microCAD International Scientific Conference 18-20 March 2010, Section N: Production Engineering and Manufacturing Systems, University of Miskolc, pp. 91-98.
- [5] Bali, J.: *Forgácsolás*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985, p. 538
- [6] Smith, G. T.: *Cutting tool technology: Industrial handbook*, London: Springer-Verlag, 2008, p. 599
- [7] Felhő, Cs.: *Development of a software for calculation of theoretical roughness in turning of cylindrical surfaces*, XXIV. microCAD International Scientific Conference 18-20 March 2010, Section N: Production Engineering and Manufacturing Systems, University of Miskolc, pp. 51-56
- [8] Karpuschewski, B., Emmer, T., Schmidt, K., Nguyen, D. T.: *Rundschaft - Werkzeugsystem - universell und flexibel einsetzbar in Forschung und Produktion*, Proceedings of the 12th International Conference of Tools, ICT-2007, Miskolc, 2007.09.06-08, pp. 53-62