

A FELÜLETI ÉRDESSÉG M-RENDSZERŰ ÉS MOTIF PARAMÉTEREINEK KAPCSOLATA

CONNECTION BETWEEN SURFACE ROUGHNESS PARAMETERS OF M-SYSTEM AND MOTIF

Czifra Árpád¹, Horváth Sándor¹

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

ABSTRACT

Surface roughness of engineering surfaces becomes more and more important in design of machine elements. In practice there are two main standard to define surface roughness. One is the M-system with well known average roughness (R_a), maximal height (R_z) parameters and the other is the motif system which is mainly used in French automotive.

The aim of this study was to find any connection between parameters of M-system and motif system. Three different surface production technology was used and profile measurements were carried out.

1. BEVEZETÉS

A felületi érdesség mérés idén 80 éves múltja során két egymástól független kiértékelési rendszer vált ismertté. Az egyik az angolszász és német nyelvterületen alkalmazott ún. M-rendszer, melyet az ISO 4286 és 4287 [1, 2] szabványok rögzítenek az 1950-es évek óta, a másik az ún. motif rendszer, mely az ISO 12085 szabványban [3] került rögzítésre 1996-ban és elsősorban a francia autóipar használja.

Hazánkban a német ipari befolyás szinte kizárólagossá tette az M-rendszerű paraméterek használatát, így általánosan ismert az R_a - átlagos érdesség W_a -átlagos hullámosság vagy az R_z - érdességmagasság fogalom. Több – a francia autóiparral kapcsolatba kerülő – hazai cég értetlenül állt a rajzokon megjelenő R , W motif paraméterek előtt.

Az elterjedten használt gyártósori érdességmérők, vagy mérőszobai kisműszerek többsége nem tartalmazza alapfelszereltségként a motif paramétereket. Így kézenfekvően adódott a kérdés: Átszámolhatók-e egymásba a M-rendszerű és motif paraméterek. A szakirodalom erről meglehetősen szűkszavú, nem igazán találunk iránymutatást ezzel kapcsolatban.

Jelen munkánk célja annak vizsgálata volt, hogy feltárható-e kapcsolat a különböző rendszerű paraméterek között. Ennek érdekében három eltérő megmunkálású gépelemen

végeztünk érdességmérést és vizsgáltuk az egyes paraméterek kapcsolatát.

2. M-RENDSZER ÉS MOTIF

Fontos annak tisztázása, hogy a két eltérő kiértékelési rendszer elvi alapjai lehetőséget adnak-e a paraméterek kapcsolatának vizsgálatára. Munkánk első részében erre kerestünk választ.

2.1. Az M-rendszer

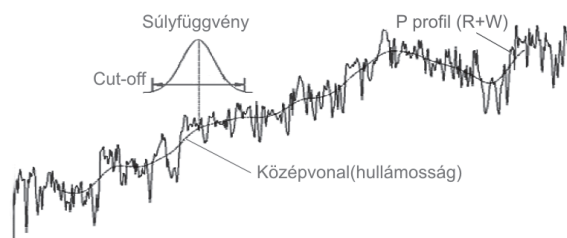
Az M-rendszerű kiértékelés során, akárcsak a motif kiértékelésben az érdességmérő műszer által regisztrált x - z digitális adathalmaz (D-profil) még tartalmazza a vizsgált darab ferdeségét a vontatóegységhez képest, esetleges függőleges (z) irányú elcsúszását a mérőgép 0 magasságkoordinátájához képest. Mindezek kiszűrésére elsőként egy középvonalra fektetés történik meg, melyet legtöbbször a mért adathalmazra a legkisebb négyzetek módszerével illesztett egyenes valósít meg [4]. Az ily módon rendezett adathalmazt P profilnak nevezzük.

A szűretlen profilnak is nevezett P profil már alkalmas a további kiértékelésre. A kiértékelés következő lépésében megtörténik a hullámossági profil (W-profil) meghatározása, szűrése [5]. A P és W profilok különbsége adja a gyakorlatban közkezdvelten használt érdességi (R) profilt.

A középvonalas (M-rendszerben) a szűrés konvolúciós szűrőkkel történik, melyek egy tetszőleges x_i helyen lévő pont $\pm \lambda c/2$ környezetében egy adott súlyfüggvény szerint átlagolják a magasságkoordinátákat. Végigfuttatva a szűrést a teljes profilon megkapjuk a hullámossági (W) profilt. A szűréshez használatos λc értékeket cut-off néven ismeri a szakirodalom, pontos értéküket az ISO-4288 szabvány tartalmazza.

A szabványok számos átviteli függvényt definiálnak, melyek a szűrés minőségét, a kapott érdességi és hullámossági profilt meghatározzák. A legrégebbi az ún. 2RC szűrés, legáltalánosabb a Gauss-szűrés, de napjainkban – az RC és

Gauss-szűrők hiányosságainak kiküszöbölésére – megjelentek a robust és spline szűrők is [5].



1. ábra. Az érdesség és hullámosság szűrése

A vonatkozó szabványokban definiált M-rendszerű paraméterek értelmezése ezek után az adott profilra vonatkoztatva értelmezhető, azaz pl. az átlagos érdesség megjelenhet R_a , W_a vagy éppen P_a formában, ahol rendre az érdességi, hullámossági vagy a szűretlen profil esetén adja meg a mérési pontok középvonaltól mért átlagos abszolút távolságát. Az egyes paraméterek értelmezését a vonatkozó szabványokban megtaláljuk, egy részük jól ismert a hazai gépészmérnöki gyakorlatban. Pontos ismeretük nem fontos annak megítélése szempontjából, hogy a két rendszer között létesíthető-e elméleti kapcsolat.

2.2. A motífrendszer

A motíf alap gondolata, hogy a mért profil egyes részei bizonyos feltételek mellett elhanyagolhatók. Motífnak a két szomszédos csúcson közötti profilszakaszt nevezzük. Két szomszédos motíf összevonható az alábbi feltételekkel:

- Burkoló görbe feltétel: A közös csúcson kisebb legyen, mint a szomszédos csúcson valamelyike.

- Szélességi feltétel: A kapott motíf szélessége nem nagyobb a vizsgált egyenetlenségre rögzített határértéknél (B vagy hullámosságnál A).

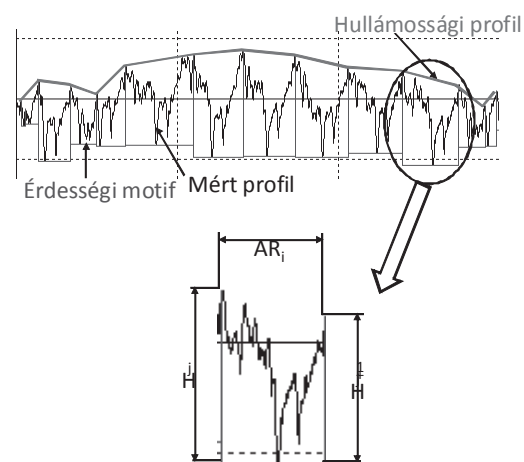
- Növelési feltétel: Az összevonás nem csökkentheti a motífnak jellemző mélységét.

- Viszonyítási feltétel: Két szomszédos motíf kombinációja csak akkor megengedett, ha valamelyik jellemző mélysége kisebb, mint az összevonással létrejövő motíf jellemző mélységének 60 %-a.

A motífnak összevonása után meghatározhatók a profil motíf paraméterei. Az R - motífnak átlagos magassága paraméter a motífnak közepes magasságának (a H_j és H_{j+1} magasságok számtani közepének; ld.: 2. ábra) átlaga. Az R_x paraméter, mely az érdességi motífnak maximális magasságát jelenti az alaphosszon értelmezve.

Akár csak a korábban bemutatott középvonalas, ún. M-rendszerben, a motíf

kiértékelése során is megkülönböztetünk érdességet és hullámosságot, de itt a szűrés egy lépésben történik. Nem szükséges középvonal, hanem az érdességi motífnak meghatározása után azok burkológörbéjeként értelmezzük a hullámosságot. Motíf kiértékelés esetén a hullámosság olyan geometriai eltérés, amelynél a szomszédos csúcson távolsága nagyobb, mint A , de nem nagyobb, mint B , az érdességnél pedig a szomszédos csúcson távolsága kisebb, mint B . A motífnak jellemző A és B határértékek megtalálhatók a EN ISO 12085 szabványban. A hullámosságra – mint kiértékelendő profilra – meghatározhatók a hullámossági motífnak és hullámossági paraméterek: W – hullámossági motífnak átlagos magassága, W_x – hullámossági motífnak maximális magassága.



2. ábra. Motíf kiértékelés; érdesség, hullámosság, motíf értelmezése

A két módszer elveinek bemutatása után nyilvánvalóvá válik, hogy az egyes paraméterek közötti közvetlen kapcsolat elvi szinten kizárható. Ugyan az M-rendszer esetén is igaz, hogy pl. az átlagos érdesség paraméter elsősorban a domináns mikrogeometriai elemektől függ, hiszen ezek határozzák meg az átlagot, de a kétféle szűrés eljárás ezen domináns elemek hasonlóságát is megkérdőjelezi. A motíf érdességi paraméterei alapvetően az M-rendszerbeli szűretlen profil paramétereivel vethetők össze, míg a hullámossági profilok között nem igazán értelmezhető közvetlen kapcsolat.

A műszaki gyakorlat szempontjából azonban fontos kérdés, hogy adott felületi jelleg mellett feltárható-e kapcsolat az érdességi és motíf paraméterek között. Ilyen jellegű kapcsolatot ismer a gyakorlat az R_a és R_z paraméterek között (részletesen ld.: [6]).

3. EREDMÉNYEK

A további, méréseken alapuló vizsgálatok fő kérdése tehát az volt, hogy adott gyártástechnológia esetén kimutatható-e valamiféle összefüggés a két rendszer paramétere között.

3.1. Vizsgált felületek

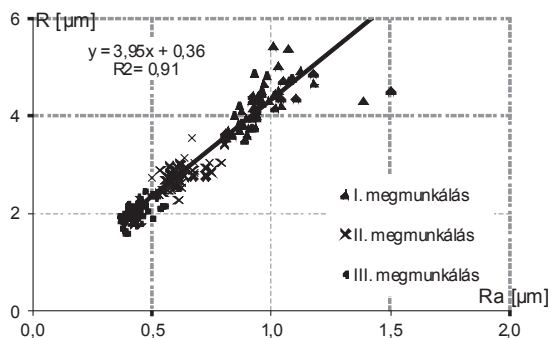
A vizsgálatokat három eltérő gyártástechnológiai folyamatra terjesztettük ki. Az első egy porkohászati technológiájú felület volt, a második hidegalakítási technológiával, míg a harmadik finomfelület-alakító eljárással készült felület. A kutatásokat támogató cég kérésére a gyártástechnológiák pontos leírását ipari titokként kezeljük, ezért ezek részletes ismertetését mellőzzük. A továbbiakban I., II. és III. jelöléssel hivatkozunk rájuk.

Mindhárom technológia esetén 20-20 gépelemen készültek érdességmérések az Óbudai Egyetem Mikrotopográfiai laborjának Mahr típusú metszettapintós készülékén. A mérésekhez FRW-750 jelű 90°-os csúcshögű, 5 µm csúcssugarú tapintót használtunk. A méréseket szabványos 5,6 mm vontatási hosszon végeztük. Az M-rendszerben alkalmazott cut-off értéke 0,8 mm volt, míg a motif rendszer A és B értékei rendre 0,5 és 2,5 mm voltak. Minden darabon 3 mérést végeztünk, azaz egy-egy gyártástechnológia esetén 60 mérésből álló adathalmazzal dolgoztunk.

A profilokra az M-rendszerből 17 paraméter, míg a motif rendszerből 6 paraméter értékét vizsgáltuk, de a továbbiakban csak azokat az eredményeket mutatjuk be, melyek az ipar számára közvetlenül hasznosíthatók.

3.2. Paraméterkapcsolatok

Az 3. ábra a legismertebb M-rendszerű és leggyakrabban használt motif paraméter kapcsolatát mutatja a három megmunkálási technológia esetén.



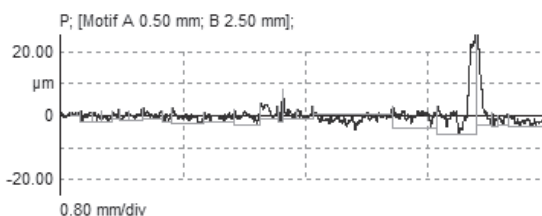
3. ábra. Az átlagos érdesség (R_a) és az átlagos motif magasság (R) kapcsolata

Az eredmények nagyon erős korrelációt mutatnak. A három különböző megmunkálás is jól elkülönül. A 3. ábrán úgy tűnik, mintha a I. megmunkálás jóval nagyobb szórással rendelkezne, mint a másik kettő, az 1. táblázat adatai szerint az értékek relatív szórása (a szórás átlaghoz viszonyított értéke) az I. megmunkálás esetén is csak 12,9 %, ami stabil megmunkálási körülményekre utal. Fontos észrevenni, hogy a három megmunkálás relatív szórása hasonló trendet mutat az R_a és az R paraméter esetén. Mindkét paraméternél az I. a legnagyobb, a II. a legkisebb relatív szórású.

1. táblázat. Az R_a és R paraméterek átlaga és relatív szórása

	I.	II.	III.
Ra – átlagos érdesség			
átlag R_a [µm]	0,96	0,62	0,44
rel. szórás [%]	12,9	10,3	10,9
R – motifok átlagos magassága			
átlag R	4,25	2,78	2,02
rel. szórás	10,5	8,3	9,1

A 3. ábrán két pontot fedezhetünk fel, amelyek jelentősen távol esnek az illeszkedő egyenestől. Mindkét pont az I. jelű megmunkálás esetén jelenik meg. Az egyik ilyen ponthoz tartozó profilnak egy részletét mutatja a 4. ábra. A profilon egy egyedi kiugrás, felrakódás figyelhető meg. Ez a felrakódás okoz jelentős eltérést a többi profilhoz képest az R_a paraméter értékében, megnövelve azt 1,38 µm értékre, ami 43,7%-kal magasabb, mint a megmunkálásra jellemző átlag. Fontos észrevenni, hogy az átlagos motif paraméter (R) nem érzékeny erre az eltérésre; értéke 4,31 µm, ami mindössze 1,4 %-kal magasabb az átlagos értéknél. A profilon jól kivehető, hogy a kiugráshoz mindössze egyetlen profilelem, egyetlen motif tartozik, így az sokkal kevésbé befolyásolja a teljes profilra vonatkozó átlagot.

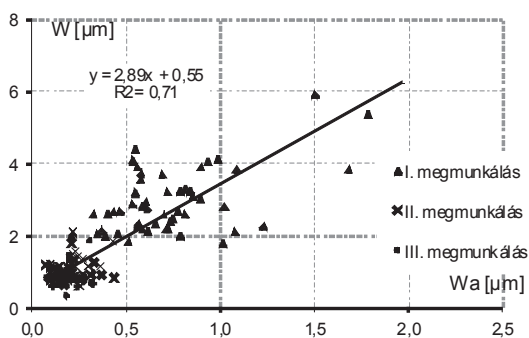


4. ábra. Kiugró R_a értékkel rendelkező profil

További érdességi paramétereket vizsgálva több amplitúdó paraméterre vonatkoztatva is erős korreláció volt megfigyelhető az M-rendszerű és a motif paraméterek között, de ezeknél a korreláció mértéke gyengébb volt, mint a bemutatott R_a - R paraméterkombinációra.

A profilok térközi paramétereit is vizsgáltuk. M- rendszerben az RS (lokális maximumok átlagos távolsága) és RSm (profilelemek átlagos távolsága) paraméterek jelentik a térközi információt, míg motíf kiértékelés esetén az AR (motifok átlagos szélessége) ad tájékoztatást a profil hosszirányú összetevőiről. Ezen paraméterek esetén nem volt kimutatható szoros kapcsolat. A korrelációs együttható 0,4 alatti volt.

A hullámossági jellemzők vizsgálata során meglepő eredményre jutottunk. Az elméleti áttekintés eredményeként semmilyen különösebb kapcsolat nem feltételezhető a két módszerrel meghatározott hullámossági jellemzők között, mert különböző határhullámhosszak jellemzik az M-rendszerű és motíf kiértékelést. A vizsgált profilok esetén az M-rendszerben használt cut-off 0,8 mm volt, azaz az ennél nagyobb hullámhosszú összetevőket értelmezzük hullámosságnak, míg motíf esetén 0,5 mm volt a B paraméter, ami a hullámossági összetevők alsó határértéke. Ennek megfelelően a hullámossági térközi paraméterek WSm (hullámossági profilelemek átlagos távolsága) és AW (hullámossági motífok átlagos szélessége) semmilyen korrelációt nem mutatott, korrelációs együtthatójuk 0,0018 volt. A hullámosság magasságirányú paraméterei azonban nem függetlenek a két rendszerben. Ezt mutatja az 5. ábra.



5. ábra. Az átlagos hullámosság (W_a) és az hullámossági motífok átlagos magassága (W)

A hullámossági eredmények közepes korrelációjában fontos szerepe van annak, hogy mindhárom megmunkálás esetén mindkét hullámossági jellemző 30-50% közötti relatív szórással rendelkezik.

Érdemes felfigyelni arra is, hogy a mért profilok hullámossága – az érdességhez viszonyítva – igen nagy. A 3. és 5. ábra érdességi és hullámossági értékei mindhárom megmunkálás esetén hasonló tartományban vannak. Ennek ellenére magas korreláció volt megfigyelhető az érdességi paraméterekben.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink eredményeként a M-rendszerű és motíf paraméterek kapcsolatára az alábbi megállapításokat tehetjük.

- A két kiértékelés-technika paramétereinek származtatásában olyan mértékű különbségek vannak, melyek az egyes paraméterek általános elvi kapcsolatát kizárják.
- Adott megmunkálási környezetben található kapcsolat az M-rendszerű és motíf paraméterek között.
- A vizsgált felületek esetén az átlagos érdesség (R_a) és a motífok átlagos magassága (R) között az alábbi összefüggés volt felírható: $R=3,95R_a+0,36$.
- Az átlagos hullámosság és a hullámossági motífok átlagos magasság közepes erősségű korrelációt mutat.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg: „TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások”

A szerzők köszönetet mondanak Lipusz Gergely Levente és Nagy Viktor hallgatónak a mérések kivitelezésében nyújtott segítségért!

6. IRODALOM

- [1] EN ISO 4287 Geometrical Product Specification (GPS) - Surface texture: Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 4287:1997)
- [2] EN ISO 4288 Geometrical Product Specification (GPS) - Surface texture: Profile method. Rules and procedures for the assessment of surface texture (ISO 4288:1996)
- [3] EN ISO 12085 Geometrical Product Specification (GPS) - Surface texture: Profile method. Motif parameters
- [4] Palásti K B, Néder, Z: A felületi mikrogeometria mérése és kiértékelése, GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA 1995:(11) pp. 425-428. (1995)
- [5] Horváth, S.: A felületi hullámosság 2D-s és 3D-s jellemzése, a működési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata és elemzése, ZMNE, PhD értekezés, Budapest, 2008.
- [6] Palásti K B, Sipos S., Czifra Á.: „ $R_z = 4 \cdot R_a$ ” és egyéb érdességi értelmezések a forgácsolt felületek értékelésében, GYÁRTÓESZKÖZÖK, SZERSZÁMOK, SZERSZÁMGÉPEK 2012:(1) pp. 20-24. (2012)