Felületi érdesség, jelzőszámok közötti kapcsolatok

Eredmények összefoglalva:

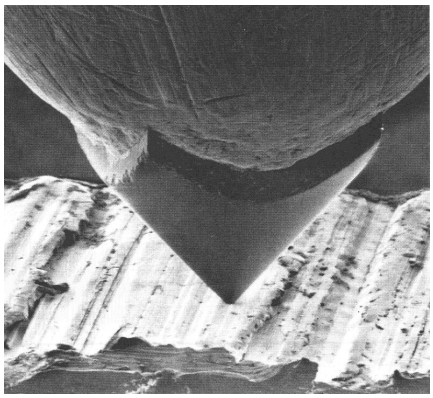
1. táblázat. Felületi érdesség jelzőszámok átváltása		
Ismeretlen jelzőszám	Ismert jelzőszám	Átváltás
R_a	R_z	$R_a = \frac{R_z}{7{,}5} \rightarrow R_a = 0{,}13 \cdot R_z$
R_a	R_q	$R_a = \frac{R_q}{1{,}4} \rightarrow R_a = 0{,}71 \cdot R_q$
R_z	R_q	$R_z = \frac{R_q}{0{,}3} \rightarrow R_z = 3{,}33 \cdot R_q$
R_z	R_a	$R_z = 4 \cdot R_a$
R_q	R_a	$R_q = 1 \cdot R_a$
R_q	R_z	$R_q = 0{,}15 \cdot R_z$

Tartalomjegyzék:

1. Általános háttér információk 2
2. Felületi érdesség-mérés 2D-s jelzőszámai 4
3. Mérések során használ mérőműszer és beállításai 6
4. Vizsgálatok 6
5. R_a és R_z jelzőszámok közötti kapcsolat 8
6. R_a és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat 9
7. R_z és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat 10
8. Irányfüggő felületi érdesség 10
9. Összefoglalás 11

1. Általános háttér információk

A műszaki gyakorlatban központi szerepet játszik a tapintótűs méréstechnika (1. ábra). Ennél az eljárásnál a megfelelően kialakított tapintó végigcsúszik a felületen, és a mozgásából keletkező jel az átalakítóban elektromos jellé alakul.



1. ábra. Felületi érdesség-mérés során alkalmazott tapintótű mikroszkópos felvétele

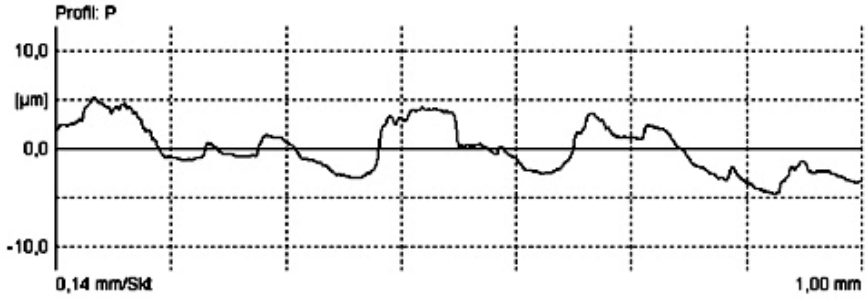
A profilometriás felületi érdesség-mérőgépek (profilletapogatás útján dolgozó) esetében az igen kis (µm nagyságrendű) lekerekítési sugárral rendelkező gyémántcsúcs egyenletes sebességgel haladva tapogatja le a felület egyenetlenségeit. A gyémántcsúcs függőleges mozgása egy induktív mérőfej horgonyára adódik át, amelynek tekercsrendszere kapcsolódik a jelátalakító elektronikához. A kalibrált mérőerősítő kimenetén megjelenő mérőjel pillanatnyi értéke jó közelítéssel arányos a mérőcsúcs pillanatnyi elmozdulásával.

A mérőtapintók kivitele igen változatos. A gyártók több mérőfejet (2. ábra) kínálnak egy érdesség-mérőhöz, ezekkel a legkülönbözőbb felületek mérése oldható meg. A konkrét feladathoz legmegfelelőbb tapintó kiválasztása a mérést végző személytől nagy tapasztalatot és elméleti ismereteket követel meg.

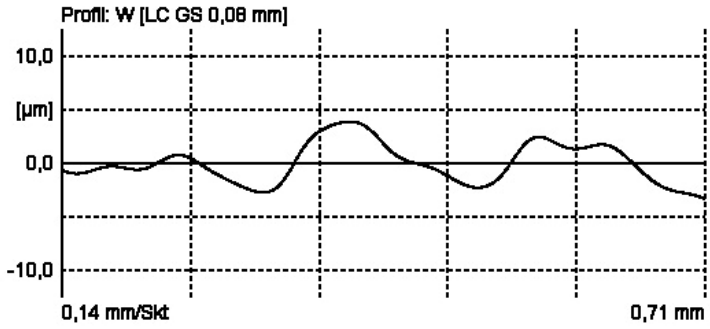
2. ábra. Különböző kivitelű mérőfejek

A tapintótű által letapogatott profil (3. ábra) a mért felület valóságos profilja (csak a tű alakjából adódó hibákkal terhelt). A valóságos profilt azonban több geomatriai hibával terhelt (makrohibák pl. hordósság; és hullámosság), melyet szűrők alkalmazásával kiszűrnek a mérési adatsorból. Két jellemző összetevő általában könnyen megkülönböztethető, mert a hullámosságnak lényegesen nagyobb a hullámhossza (4. ábra), mint a felületi érdességnek

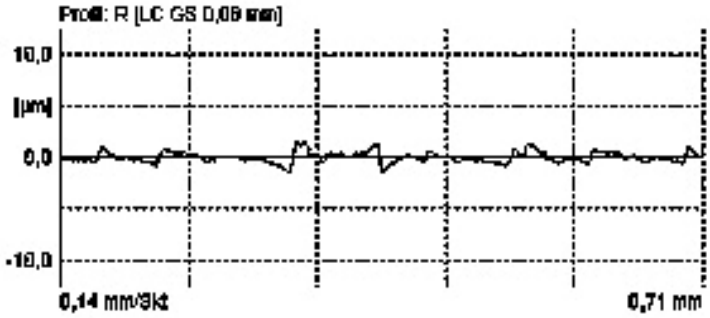
(5. ábra). λ_c – a határhullámhossz, mely felett hullámosság, alatta pedig felületi érdességet értelmezünk.



3. ábra Letapogatott 2D-s profilkép – P (függőleges és a vízszintes nagyítások jelentős különbsége miatt az ábrázolás torzított)



4. ábra Letapogatott 2D-s profilkép hullámossága – W



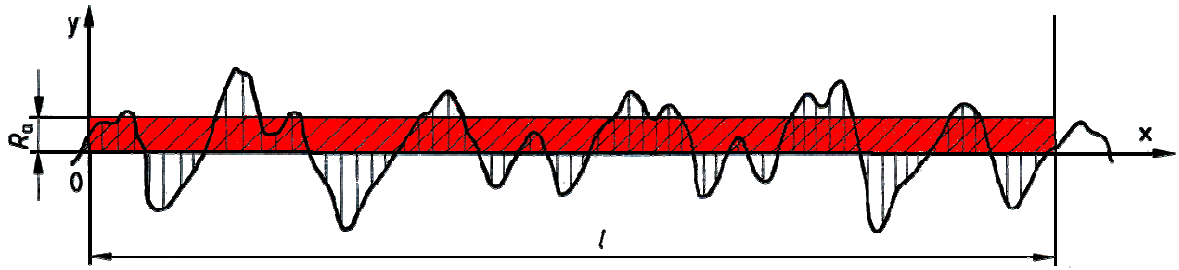
5. ábra Letapogatott 2D-s profilkép felületi érdessége – R

A felületi érdesség-mérésnek ezt a módszerét több hiba terhelheti. Ezek a hibák a következőkből adódhatnak:

- A tapintófej csúcsának lekerekítése 1 µm. Azonban ez a kis sugár is azt jelenti, hogy a tapintótű képtelen az ennél kisebb nyílásokba, hézagokba, hibákba belemenni, tehát elsiklik felettük.
- Az alkalmazott terhelőerő. Azoknál a tapintóknál, melyek mereven kapcsolódnak a mozgatószerkezethez előfordulhat, hogy a tapintótű alatt megfolyik az anyag. Azoknál a tapintóknál, melyek szabadon mozoghatnak, nincsen hasonló hatás.
- A tapintótű csúszása. Hibaként léphet fel, hogy a tapintótű lecsúszik a vizsgált felületről. Főként a meredek éleknél fordul elő, hatására a legmagasabb csúcsokat kisebb méretűnek mérjük.
- Mozgató rendszer hibái. Vannak a mozgató-berendezéseknek is hibái, holtjátékai, ezeket a műszert gyártó cégek igyekszenek minimálisra csökkenteni, másrészt szoftveresen korrigálják azokat.

2. Felületi érdesség-mérés 2D-s jelzőszámai

Az egyik legáltalánosabban használt felületi érdességi mérőszám az **R_a**, vagyis az átlagos érdesség. Az átlagos érdesség a tényleges profil és a középvonal közti y_i távolságok abszolút értékeinek számtani átlaga (6. ábra). Ez azt jelenti, hogy a függőlegesen sraffozott területek összege pontosan ugyanakkora, mint a piros téglalap terlülete.



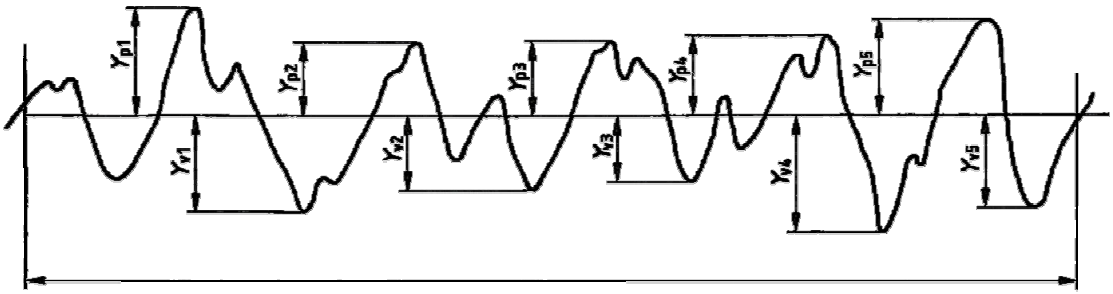
6. ábra. Átlagos érdesség származtatása

R_q a simasági mérőszám, melyet a profileltérések négyzetes középértéke. Számítása a következő:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l y^2(x)dx}$$

Ez a mérőszám az eltéréseket fokozottan, nagyságukat súlyozva veszi figyelembe.

R_z egyenetlenségmagasság származtatása több féle lehet. Közös bennük, hogy egyaránt az legmagasabb profilhegyeket és legalacsonyabb profilvölgyeket veszik figyelembe. ISO szabvány szerint a mérés teljes hosszán lévő öt legmagasabb és öt legalcsonyabb érték különbségének átlaga (7. ábra). DIN szabvány szerint a mérési hossz öt egyenlő részében lévő legmagasabb és legalacsonyabb pont különbségének átlaga (8. ábra).

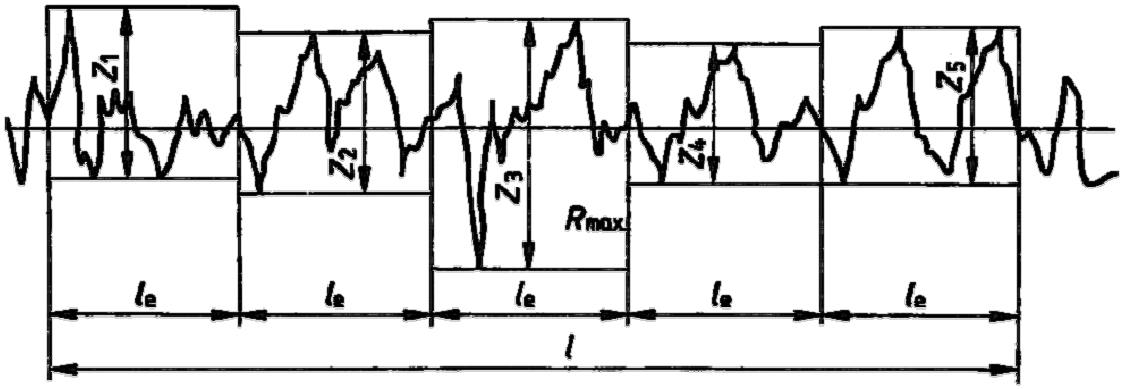


7. ábra. R_z ISO szabvány szerinti származtatása

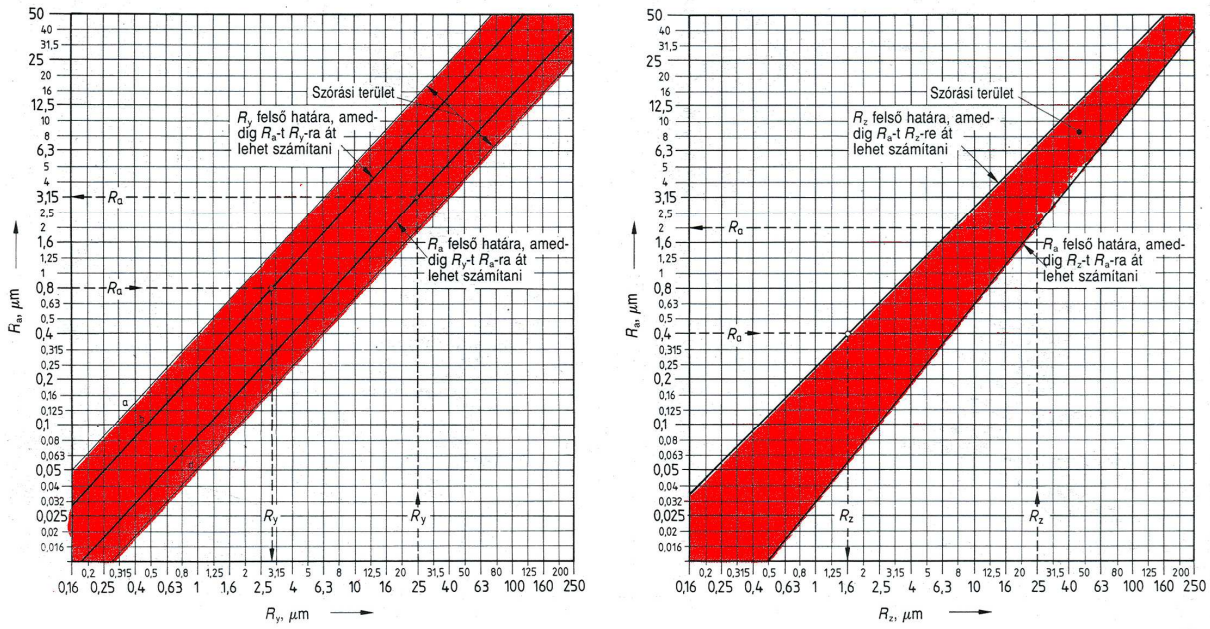
R_y (R_t) érdességmélység származtatása hasonló a R_z egyenetlenségmagasságéhoz. A különbség annyi, hogy R_y esetén a legnagyobb és a legalacsonyabb érték különbségét vesszük, és nem kerül sor átlagolásra. Az értelmezésekből adódóan mindig igaz, hogy Ry≥Rz.

A jelzőszámok korlátozottan átszámolhatóak egymásba. Két egyszerű összefüggést használnak általában a gyakorlatban:

$R_z = 4 \cdot R_a$ és $R_q = 1{,}4 \cdot R_a$. Ezek az összefüggések nagyon egyszerűen használhatók, de csak nagy hibával igazak. Szintén szokás még diagramok alapján átszámítani az értékeket egymásba (9. ábra).



8. ábra. R_z DIN szabvány szerinti származtatása



9. ábra. R_a és R_y, illetve R_a és R_z átszámítása hibasávokat figyelembe véve

A 9. ábrán piros színű terület a szórásokkal arányos. A termelés szempontjából kívánatos, hogy átváltás során inkább kisebb, de megbízható értéket kapjunk, ezért az átváltás irányától függően az alsó vagy felső határegyenest használjuk.

Ha a műhelyrajzon R_a=1,6 van előírva, és szükségünk van az R_z értékre, akkor számításból ez 6,4-re, míg diagramból 6,3-ra adódik. Látható, hogy a diagram értéke kisebb, vagyis ha a gyártás során a kisebb értéket vesszük figyelembe, nagyobb esélyünk van arra, hogy az előírt R_a követelményeket is teljesíti. Nagyobb különbség van, ha R_z van megadva, pl. 6,3 és ebből számolunk R_a-t, ekkor a diagramból kapott érték 0,35. Vagyis ez azt jelenti, ha 0,35-ös R_a értékre gyártjuk le a darabot, akkor valószínűleg a 6,3-as R_z értéket is teljesítjük.

3. Mérések során használ mérőműszer és beállításai

A felületi érdesség-méréshez Mitutoyo SJ 201P típusú felületi érdesség-mérőt használtunk. A mérés megkezdése előtt az érdesség-mérőt kalibráltuk egy etalon segítségével (10. ábra).

10. ábra. Mitutoyo SJ 201P típusú felületi érdesség-mérő kalibrálása

A mérések során az R_a, R_q R_y és R_z (DIN szabvány szerinti) jellemzőket rögzítettük. A mérések során az alaphossz távolsága a mért átlagos érdesség (R_a) nagyságától függ (2. táblázat).

2. táblázat. Mérési hossz az átlagos			
R_a – átlagos érdesség	Alaphossz nagysága (mm)	Teljes mérési hossz (mm)	λ_c (mm)
<0,02	0,08	0,4	0,08
0,02-0,1	0,25	1,25	0,25
0,1-2	0,8	4	0,8
2-10	2,5	12,5	2,5
10-80	8	40	8

A felületi érdesség-mérőn mindig be kell állítani az alaphossz nagyságát, de a készülék ennek megfelelően automatikusan állítja a határ hullámhosszt (λ_c – cutoff). A mérések során a szabványok ajánlása alapján PC-50-es szűrőt használtunk.

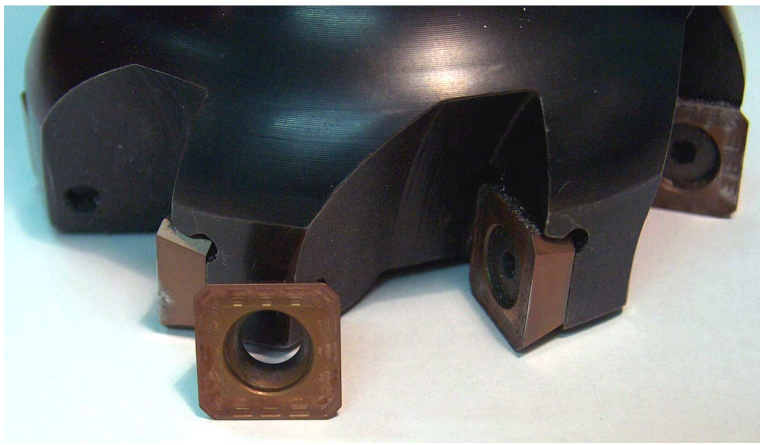
4. Vizsgálatok

A vizsgálatok célja, hogy a korábban bemutatott jelzőszámok átszámítására alkalmazott módszerek menyiben felelnek meg a különböző gyakorlati körülmények között. Ezért a vizsgálathoz esztergált, mart és köszörült felületeket is vizsgáltunk.

Az esztergált felületek alapjául egy felületi érdesség etalonsorozatot választottunk (11. ábra). Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a különböző előtolású esztergálást felületeken végeztük a méréseket. Egy etalonon 5 felületi érdesség-mérést végeztünk.

11. ábra. Esztergálással készült felületi érdesség etalonok

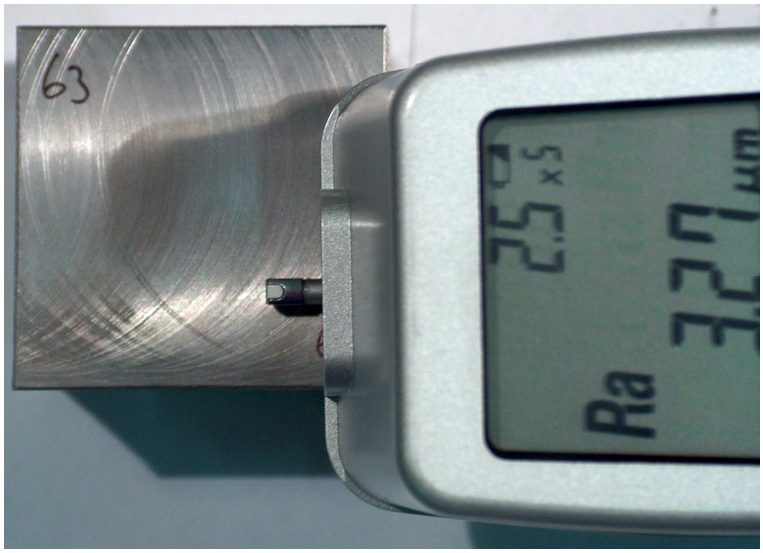
A különböző mart felületek TOS FNGJ 32-es típusú szerszámmarógépen készítettük el. A munkadarab anyaga S235-volt, a felhasznált lapka pedig SDHT1204 AESN-BM (BOEHLERIT) volt, melyet egy Ø80 mm-es koronamaróban használtunk (12. ábra). Azonos fogásmélység (a=0,5 mm) és fordulatszám (315 1/perc) mellett az előtolás értékek a következők voltak: 8, 20, 40, 63, 100, 160, 250, 400 mm/perc.



12. ábra. Mart felületek kialakításához használt koronamaró és váltólapka

A köszörült felületek egy TOS BPH-300 típusú síkköszörűvel alakítottuk ki. A felhasznált köszörűkorong típusa 6A 60 M 8 V 38 (GRANIT) volt. A korong átmérőjéből (Ø225 mm) és fordulatszámából (2747 1/perc) számolható a forgácsolási sebesség, ami 1940 m/percre adódott. Az oldal irányú fogásvétel 0,55 mm volt, miközben a különböző felületeknél a z irányú fogásvételt változattuk (0,04, 0,03, 0,01 mm, kiszikráztatás, 2 kiszikráztatás – közben a darab 90°-kal elfordítva).

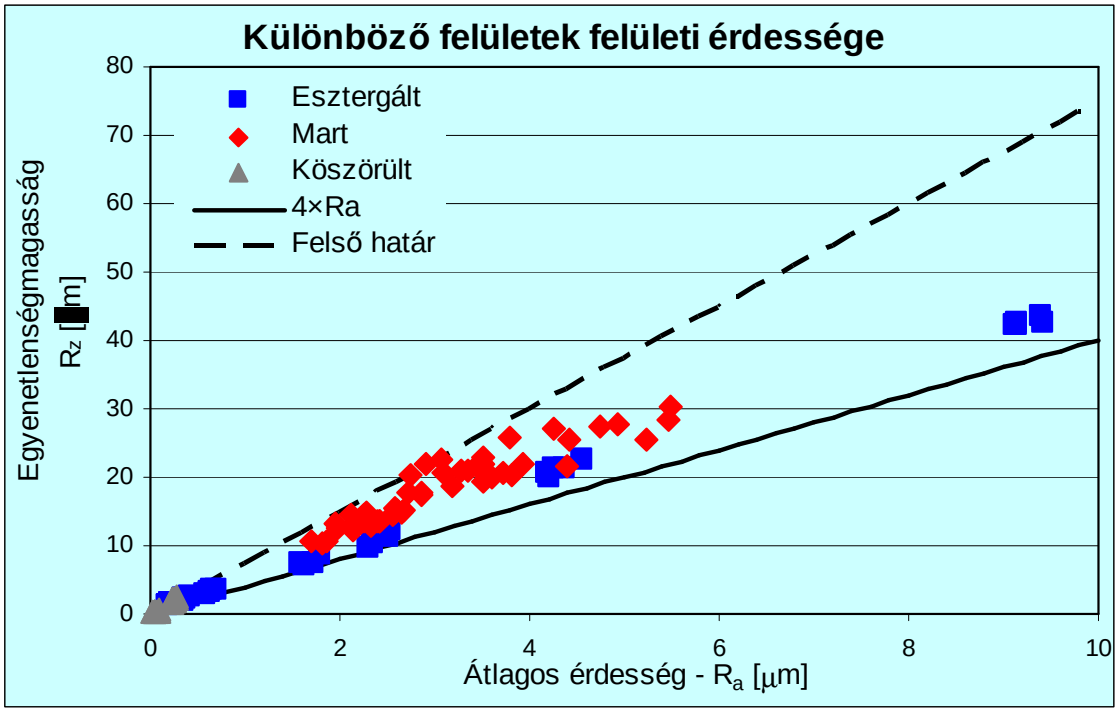
A mart és köszörül felületeket egy-egy fémkockán alakítottuk ki. A megmunkálást követően az adott felületen megmunkálási irányban és arra merőlegesen is 3-3 mérést végeztünk (13. ábra).



13. ábra. Megmunkált felületeken végzet felületi érdesség-mérés

5. R_a és R_z jelzőszámok közötti kapcsolat

A 14. ábrán látható az esztergált, mart és köszörült felületek felületi érdessége R_a és R_z jelzőszámok alapján.



14. ábra. Megmunkált felületek esetén R_a és R_z jelzőszámok közötti kapcsolat

Esztergált felületek esetén (kék négyzet) a különböző felületek érdességi mérőszámai kisebb szórást mutatnak, mint mart felületek esetében (piros rombusz). Köszörült felületek

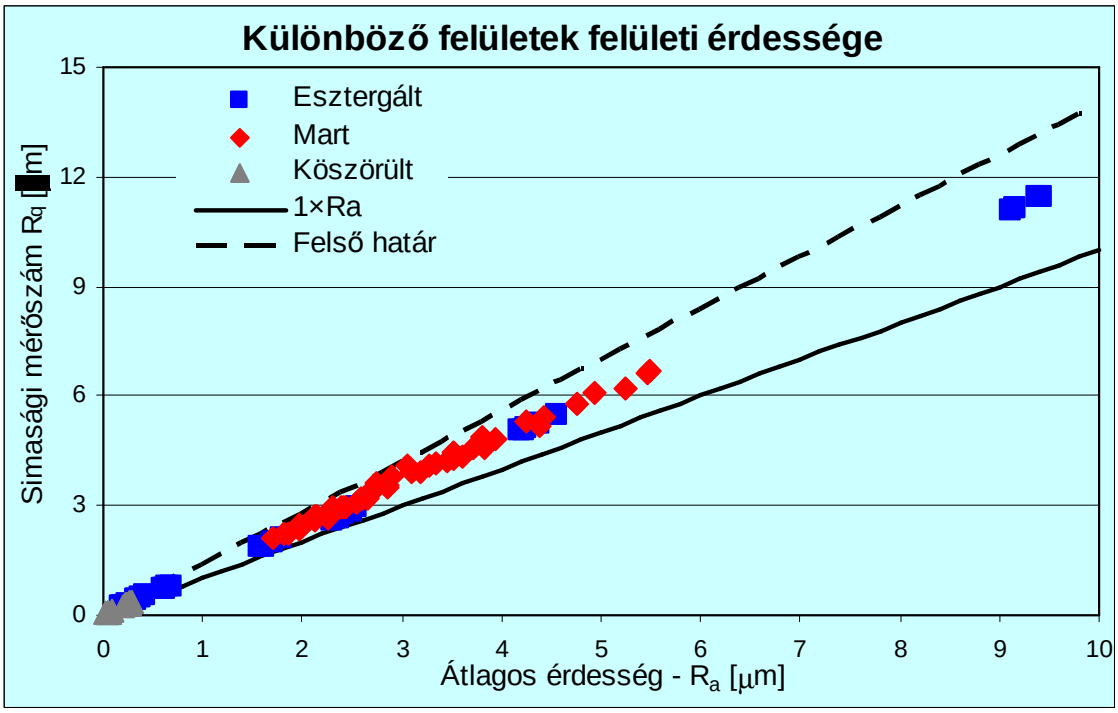
(szürke háromszög) esetében a felületi érdesség szórásának nincs gyakorlati jelentősége, mert a technológiából adódóan ezek a felületek nagyon kis érdességgel rendelkeznek.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az eredeti egyenlet ($R_z = 4 \cdot R_a$) megfelelő biztonsággal használható azokban az esetekben, ha a rajzon az R_a van előírva, de a terméken az R_z-t tudjuk ellenőrizni. Fordított esetben (ha a rajzon R_z van megadva és R_a-t tudjuk ellenőrizni) ajánlatos a következő egyenlettel számolni:

$R_a = \frac{R_z}{7{,}5}$, mert ebben az esetben biztosítható csak a megfelelő felületi minőségű termék legyártása.

6. R_a és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat

A 15. ábrán látható az esztergált, mart és köszörült felületek felületi érdessége R_a és R_q jelzőszámok alapján.



15. ábra. Megmunkált felületek esetén R_a és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat

Az R_a és R_q származtatása hasonló, ezért kevésbé kis térrészen szóródnak az eredmények. Hasonló elvek miatt, mint az R_a, R_z átszámolás esetében, itt is a két határ egyenes egyenlete a meghatározó. Ha a rajzon R_a van megadva, és Rq-t akarjuk kiszámolni, akkor a következő képlet segítségével tehetjük meg:

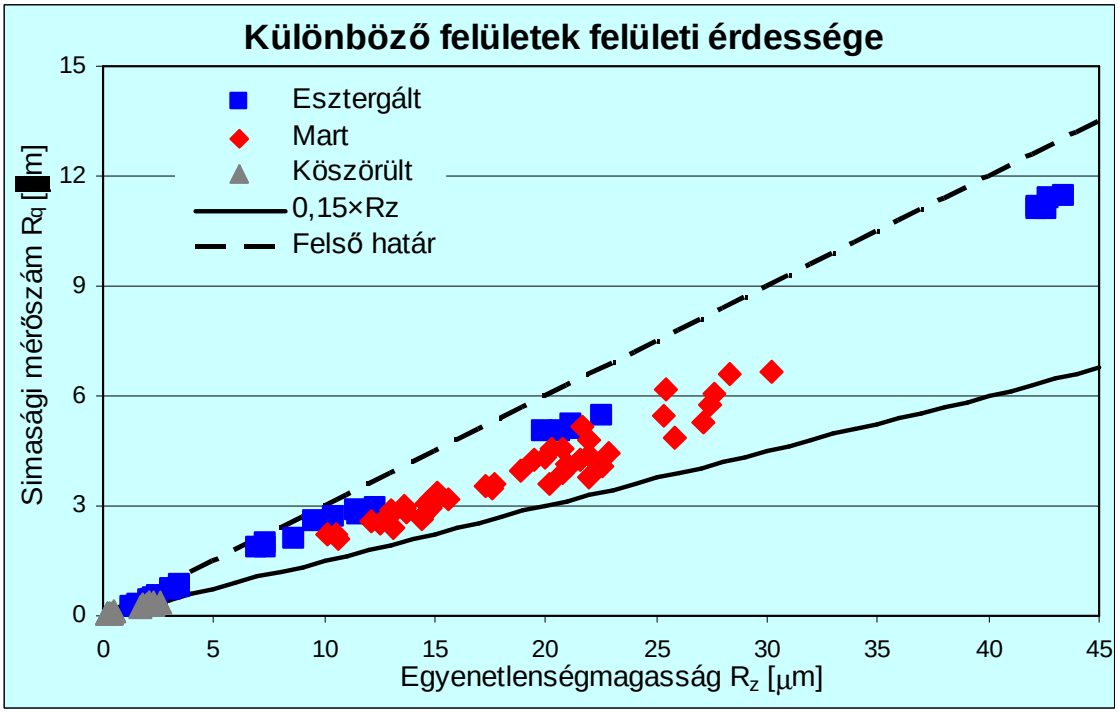
$R_q = 1 \cdot R_a$, vagyis ebben az esetben a megadott R_a értéket közvetlenül R_q-ként értelmezhetjük.

Ha a rajzon R_q van megadva, és R_a értéket akarjuk meghatározni, azt a következő összefüggéssel tehetjük meg:

$R_a = \frac{R_q}{1{,}4}$, ekkor nagy valószínűséggel megfelelő felületi minőségű darabot fogunk legyártani.

7. R_z és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat

Az előző két átváltást figyelembe véve kiszámolhatjuk az R_z és R_q közötti kapcsolatot is. A számítás eredményei jó közelítéssel azt hozzák, amit a 16. ábrán is láthatunk.



16. ábra. Megmunkált felületek esetén R_z és R_q jelzőszámok közötti kapcsolat

Ha az R_z van megadva, és az R_q-t kell meghatározni, azt a következő egyenlettel tehetjük meg:

$$R_q = 0{,}15 \cdot R_z .$$

Fordított esetben a következő egyenletet érdemes használni:

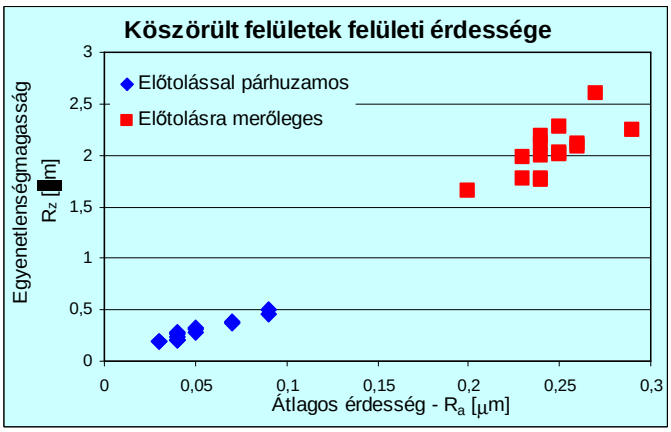
$$R_z = \frac{R_q}{0{,}3} .$$

8. Irányfüggő felületi érdesség

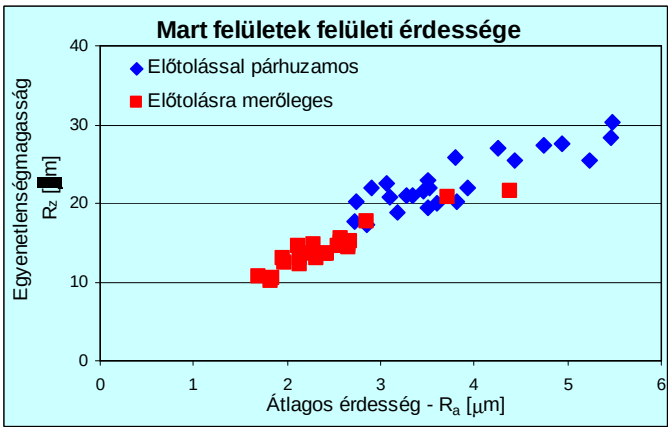
Régóta ismert, hogy mart és köszörült felületek esetén a felületi érdesség-mérés eredményeit befolyásolja a mérési irány és az előtolási irány közötti szögeltérés. A köszörült (17. ábra) és a mart (18. ábra) felületek esetén a pontfelhők jól elkülönülnek egymástól, ha az előtolási irányra merőlegesen vagy azzal párhuzamosan mérünk.

Az ábrákból az is látszik, hogy a köszörülésnél az előtolással párhuzamosan mérve kisebb felületi érdességet mértünk (szintén köztudott volt). Marásnál viszont előtolásra merőlegesen mértünk kisebb felületi érdességeket, továbbá az is megfigyelhető, hogy a két pontfelhő sokkal közelebb van egymáshoz.

Fontos megjegyezni, hogy marásnál a legnagyobb (a gyakorlatban sosem használt) előtolás esetén (400 mm/perc) is biztosítható volt a 6,3-as felületi érdesség (adott szerszám esetén).



17. ábra. Köszörült felületek felületi érdessége a mérési iránytól függően



18. ábra. Mart felületek felületi érdessége a mérési iránytól függően

9. Összefoglalás

Műszaki rajzoknál a tervezők különböző felületi érdesség jelzőszámokat írhatnak elő. Az átváltásuk során törekedni kell arra, hogy az új jelzőszám teljesítése esetén az eredeti előírás is teljesüljön. Ezért átváltási iránytól függően más-más képlettel kell dolgozni (1. táblázat ismétlése).

1. táblázat. Felületi érdesség jelzőszámok átváltása

Ismeretlen jelzőszám	Ismert jelzőszám	Átváltás
R_a	R_z	$R_a = \frac{R_z}{7{,}5} \rightarrow R_a = 0{,}13 \cdot R_z$
R_a	R_q	$R_a = \frac{R_q}{1{,}4} \rightarrow R_a = 0{,}71 \cdot R_q$
R_z	R_q	$R_z = \frac{R_q}{0{,}3} \rightarrow R_z = 3{,}33 \cdot R_q$
R_z	R_a	$R_z = 4 \cdot R_a$
R_q	R_a	$R_q = 1 \cdot R_a$
R_q	R_z	$R_q = 0{,}15 \cdot R_z$

Forrás:

[1] Mahr MarSurf. Oberflächen-Kenngrößen
[2] Mahr MARSURF PS1 ismertető anyaga
[3] Mitutoyo SJ 201P típusú felületi érdesség-mérő használati utasítása
[4] Fischherz A., Dax W., Gundelfinger K. Häffner W., Itschner H., Kotsch G., Staniczek M.: Fémtechnológiai Táblázatok. B +V Lap és Könyvkiadó Kft. 1997.

Készítette:

Andó Mátyás
Budapest, 2010. január 22.