

## Szakítóvizsgálati próbatetek felületi érdességének hatása a vizsgálati eredményekre Effect of tensile test specimen surface roughness on the test results

Márkus Dénes<sup>1</sup> - Narancsik Zsolt<sup>2</sup>

*Kulcsszavak: Felületi érdesség, szakítóvizsgálat, Lankford – szám, keményedési kitevő, korreláció*  
*Keywords: surface roughness, tensile test, Lankford-ratio, exponent of hardness, correlation*

### Összefoglalás

A cikk a mechanikai értékek változását vizsgálja különböző forgácsolási technológiával gyártott, így eltérő felületi érdességű szakítóvizsgálati próbatesteken.

### A próbatetek előkészítése

A lemezből kimunkált próbatetek méreteit, méret- és alaktűréseit a vizsgálati szabványok (EN 10002-1, ASTM E8) részletesen előírják, de a próbatest forgácsolt felületének érdességét nem szabályozzák.

A különböző forgácsolási technológiával különböző felületi minőség érhető el.

A próbatest forgácsolt oldalainak felületi érdessége befolyásolja-e, ha igen, milyen mértékben a szakítóvizsgálattal mért mechanikai értékeket?

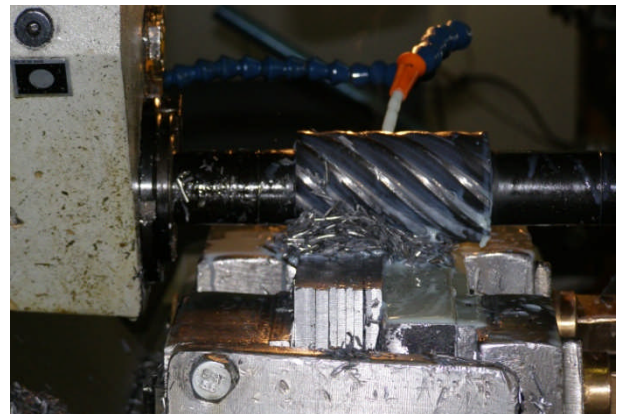
„A próbatestet úgy kell előkészíteni, hogy az a fém tulajdonságait ne befolyásolja. Minden olyan részt, amely a próbatest kialakítása során felkeményedett, forgácsolással el kell távolítani.” [1]

Az ISD DUNAFERR Zrt. Anyagvizsgáló és Kalibrálólaboratóriumok Igazgatósága (volt QUALITEST Lab. Kft) Mechanikai Anyagvizsgáló Főosztályán vizsgáljuk a DUNAFERR által gyártott lemeztekerceket minősítéséhez kivett mintákat. A lemeztekercekből kivágott és leollózott szakítóvizsgálati lemezcsíkokat összefogva, élükre állítva, „kötegelve” forgácsoljuk. A köteg egyik oldalának kialakítása után a köteget megfordítva alakítjuk ki a másik oldalát.

Jelenleg a kötegeket palástmarással munkáljuk meg, de kísérleti jelleggel szerelt lapkás marószerszámokkal is végzünk próba előkészítést. A szerelt vagy váltólapkásnak is hívott forgácsolási eljárások korszerűek, ipari elterjedésük általános. A szerelt lapkás marók használata jellemzően CNC marógépeken lehetséges, mert ezek a gépek tudják biztosítani a megfelelő szerkezeti merevséget valamint a lapkákhoz előírt gyári fordulatszámot és előtolást.

<sup>1</sup> fejlesztőmérnök (ISD DUNAFERR Zrt.)

<sup>2</sup> főosztályvezető (ISD DUNAFERR Zrt.)



1. ábra Kötegelt megmunkálás palástmarással, HSS maróval

A kukorica maró használatakor a próbatest köteget oldalra fordítva, az körben megmarható, így a megfordítási mellékidő elmarad.

Az alakos homlokmaró kisebb fogásmélységgel, de tízszeres vágósebességgel használható. A nagymértékű vágósebesség különbség azt jelenti, hogy a megmunkálási főidő a felére csökken a palástmaráshoz képest.

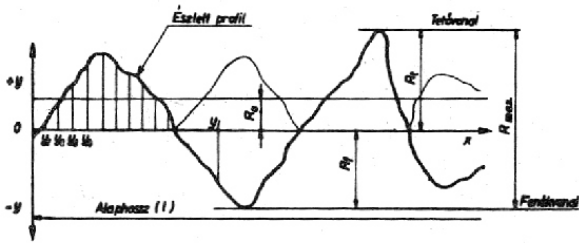
A kísérlet megtervezésekor arra voltunk kíváncsiak, hogy a fenti forgácsolási technikákkal milyen felületi érdességet kapunk és ez mennyire befolyásolja a mechanikai értékeket.

A kísérlethez az ISD DUNAFERR Zrt. Hideghengermű által biztosított DC04 minőségű, hidegen jól alakítható, 1.2 mm vastagságú lemeztáblát használtuk fel. A táblából ollózott lemezcsíkokból szakító próbatesteket munkáltunk ki, marással.

Irodalomkutatást végeztünk a forgácsolási eljárásokkal elérhető legjobb felületi érdességről, a szakirodalom a marással előállítható  $R_a$  felületi érdességet bő határok között, 0,4 – 10  $\mu\text{m}$ -ben határozza meg.

**Átlagos érdesség  $R_a$ :** átlagos aritmetikai eltérés, az észlelt profil pontjainak a középvonaltól mért távolsága az alaphossz tartományában. A középvonaltól mért távolságok mérőszámát az

algebrai előjel figyelmen kívül hagyásával kell összegezni.



2. ábra Átlagos felületi érdesség

A középvonal (átlagvonal) az észlelt profilt – az alaphosszon belül – úgy osztja ketté, hogy a felette levő kiemelkedések és az alatta levő bemélyedések területe megegyezik.[2]

A marási technológiát a marógép főorsó fordulata, fogásmélysége, előtolás sebessége, a szerszám átmérője és fogszáma adja. A technológiai paramétereket és az általuk eredményezett felületi érdességeket az 1. táblázat tartalmazza:

1. táblázat Technológiai paraméterek és a mért felületi érdesség

Próbatest csomag	Ra felületi érdesség [ $\mu\text{m}$ ]				Főorsó fordulatlát n [ford/perc]	előtolás e [mm/perc]	fogszám z	fogásmélység a [mm]	Maró átmérő d [mm]	Szerszám típusa	Művelet
	0,82	0,81	0,58								
11	0,82	0,81	0,58		63	63	10	1	63	HSS palástmaró	Palástmarás
12	1,80	3,31	0,61	4,01	80	125	10	3			
21	0,37	0,31	0,43		125	63	10	3			
22	0,58	0,73	0,78	0,72	125	200	10	3			
31	0,26	0,81	0,21		56	50	8	0,1	100		
32	0,53	0,44	0,47		56	100	8	3			
41	0,47	0,61	0,47		800	250	15	0,5	63	kukorica maró	
42	0,44	0,40	0,49		800	500	15	2,5			
51	0,47	0,29	0,18		800	200	7	0,5	114	homlokmaró	Homlokmarás
52	1,07	0,32	0,96		800	400	7	0,5			

2. táblázat Az alkalmazott berendezések

	Berendezés	Műszaki állapot [6]
11	Gorkij 6R83G konzolos marógép	Közepes méretű, erősen használt.
12		
21	Arsenal FUV321M egyetemes marógép	Közepes méretű, jó és merev.
22		
31	TOS KURIM FB400 egyetemes marógép	Nagyméretű, használt.
32		
41	MSN400 HUNOR PNC718 vezérlésű marógép	Közepes méretű, jó és merev.
42		
51	MSN400 HUNOR PNC718 vezérlésű marógép	Közepes méretű, jó és merev.
52		

A szerelt lapkás szerszámok műveleti sebessége és a képzett felület minősége egyértelműen mutatja, hogy a nagy darabszámú, jó felületi

minőségű és méretpontosságú próbatestek előkészítésére ez a technológia a legalkalmasabb.



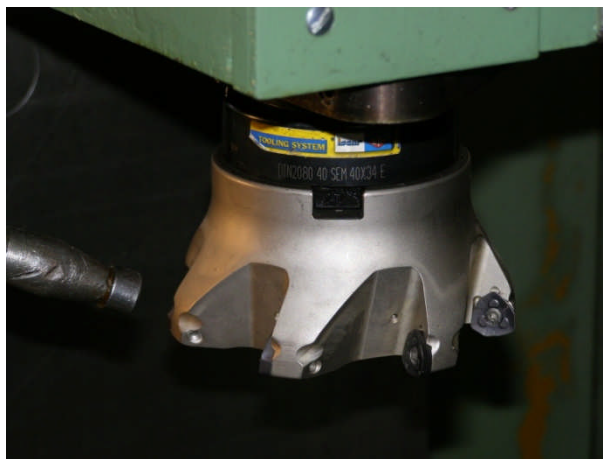
3. ábra CNC marógép

A statisztikai elemzésekhez meghatároztuk a próbatestekre jellemző és legrosszabb Ra értéket. A „kiugró \* ” legrosszabb értékek úgy keletkez-

tek, hogy a marószerszám forgácsdarabot nyomott bele a felületbe, ezek a hibák csak a próbatetek egy – egy rövidebb szakaszán jelentkeztek.



4. ábra Szerelt lapkás kukorica maró



5. ábra Szerelt lapkás alakos homlokmaró

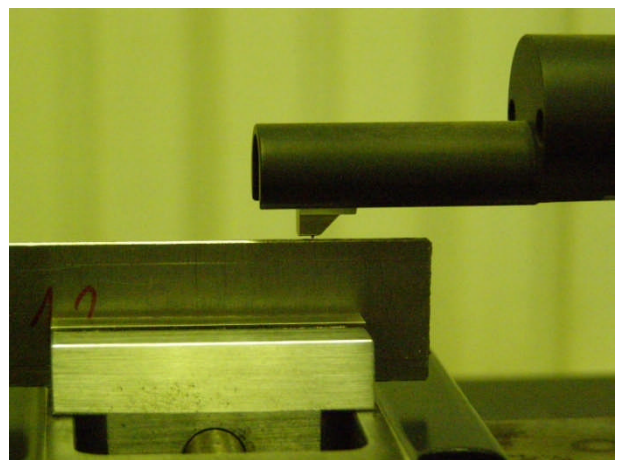
3. táblázat Felületi érdesség értékek

Próbatest csoport	R <sub>a</sub> jellemző	R <sub>a</sub> legrosszabb
11	0,64	0,82
12	1,08	4,01 *
21	0,37	0,43
22	0,72	0,78
32	0,48	0,53
41	0,47	0,61
42	0,44	0,49
51	0,20	0,47
52	0,32	1,07 *

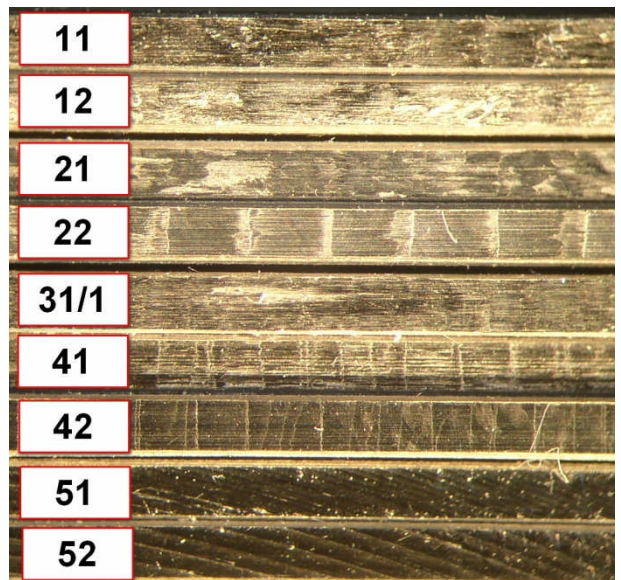
A felületi érdességmérő készülék, a mérési valamint a felületek képei itt láthatók:



6. ábra Felületi érdességmérő



7. ábra Érdesség mérése



8. ábra Forgácsolt felületek

## Mechanikai tulajdonságok vizsgálata

A fenti marási technológiákkal gyártott 9 \* 16 darab próbatest készletből jellemzően 11 - 11 próbatestet elszakítottunk a Messphysik Beta 50 típusú, 50 kN maximális terhelhetőségű szakítógépen. A szakítógép a hosszirányú alakváltozás mérését az LSE lézer-extenzométerrel végezte, a

keresztirányú alakváltozást a próbatest teljes szélességén az ME 45 video-extenzométerrel mérte. A berendezés osztálypontossága megfelel a szabványban leírtaknak.

A vizsgálatsorozat eredményeit, számszerűen 99 szakító próbatest statisztikai jellemzőit próbatest csoportonként határoztuk meg:

4. táblázat Szakító eredmények értékelése

Csoport	Rp <sub>02</sub> [Mpa]				R <sub>m</sub> [Mpa]				A <sub>80</sub> [%]				r				n			
	Terj.	Átlag	Med.	σ	Terj.	Átlag	Med.	σ	Terj.	Átlag	Med.	σ	Terj.	Átlag	Med.	σ	Terj.	Átlag	Med.	σ
51	6	174	174	1,66	7	301	301	2,12	5	40,8	40,8	1,33	0,26	1,92	1,91	0,08	0,002	0,219	0,220	0,001
52	7	174	174	2,25	3	300	300	1,29	5	41,5	41,5	1,30	0,28	2,03	2,03	0,09	0,006	0,218	0,218	0,002
21	3	172	172	1,05	5	300	299	1,58	6	43,5	42,9	1,80	0,15	1,95	1,96	0,05	0,003	0,218	0,218	0,001
42	11	172	171	3,39	5	300	300	1,60	5	41,8	42,0	1,62	0,31	1,97	1,93	0,11	0,009	0,217	0,217	0,002
41	7	177	176	3,10	7	302	302	3,11	3	41,4	41,1	1,14	0,17	1,91	1,92	0,06	0,003	0,216	0,217	0,001
32	7	172	172	2,26	9	300	300	2,45	5	42,1	42,5	1,40	0,38	1,99	1,98	0,11	0,004	0,216	0,216	0,002
11	8	173	173	2,35	6	300	300	1,56	6	42,9	43,0	1,77	0,42	1,97	1,96	0,13	0,008	0,217	0,217	0,003
22	3	177	177	0,81	6	301	301	1,87	3	42,3	42,4	0,89	0,26	1,97	1,94	0,10	0,004	0,214	0,214	0,001
12	11	173	171	4,20	9	299	299	2,60	4	42,1	41,9	1,14	0,47	1,93	1,99	0,18	0,006	0,215	0,214	0,003
Korreláció Ra jell.	0,36	0,11	-0,14	0,46	0,50	-0,49	-0,29	0,31	-0,26	0,31	0,32	-0,35	0,64	-0,11	0,25	0,85	0,32	-0,84	-0,88	0,61
Korreláció Ra legr.	0,52	-0,09	-0,32	0,62	0,43	-0,66	-0,39	0,29	-0,09	0,01	-0,05	-0,34	0,62	-0,15	0,44	0,82	0,22	-0,45	-0,54	0,48

A táblázat jelölései:

- Terj.: a mérések terjedelme csoportonként
- Átlag: a mérések átlaga csoportonként
- Med.: a mérések mediánja csoportonként
- σ : a mérések becsült szórása csoportonként

Az Rp<sub>02</sub> egyezményes folyáshatár, az R<sub>m</sub> szakítószilárdság Mpa-ban [N/mm<sup>2</sup>], az A<sub>80</sub> szakadási nyúlás %-ban, 80 mm-es eredeti jeltávolságon mérve. [1]

Az r érték a képlékeny alakváltozási viszonyszám vagy Lankford-féle szám. [4]

Az n érték a keményedési kitevő vagy a Nádai féle szám. [5]

A mért értékek és a felületi érdesség között kapcsolatot kerestünk, ezt a Pearson féle korrelációs koefficiens adta meg.

$$korr.koeff. = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

- A korrelációs koefficiens legalacsonyabb értéke: 0 (nincs lineáris korreláció), a legmagasabb +1,0 vagy -1,0 (tökéletes pozitív, ill. negatív lineáris korreláció)

- A korrelációs koefficiens értéke független a mértékegységektől [3]

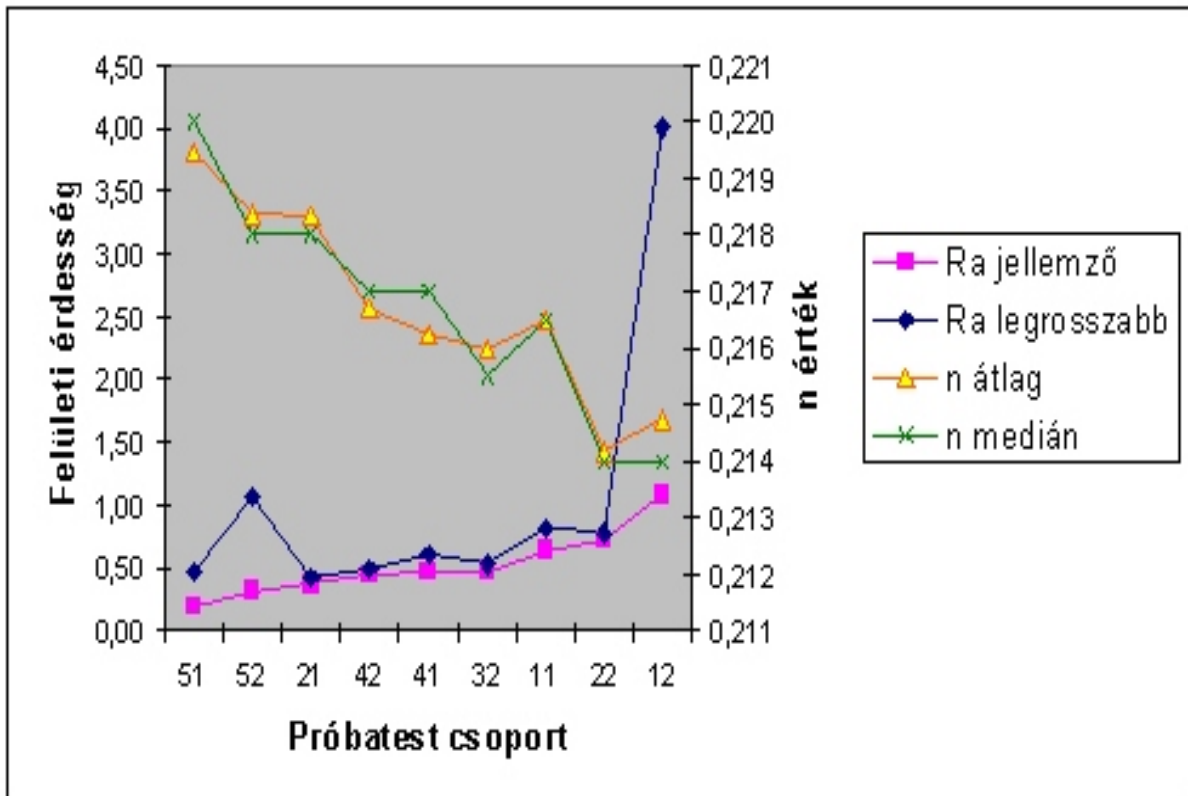
A lineáris (Pearson) korrelációs koefficiens kiszámíthatóságának feltételei

- Az x és y értékeknek is függetleneknek kell lenni egymástól
- Mind az x, mind az y mintáknak normál eloszlást kell mutatniuk.

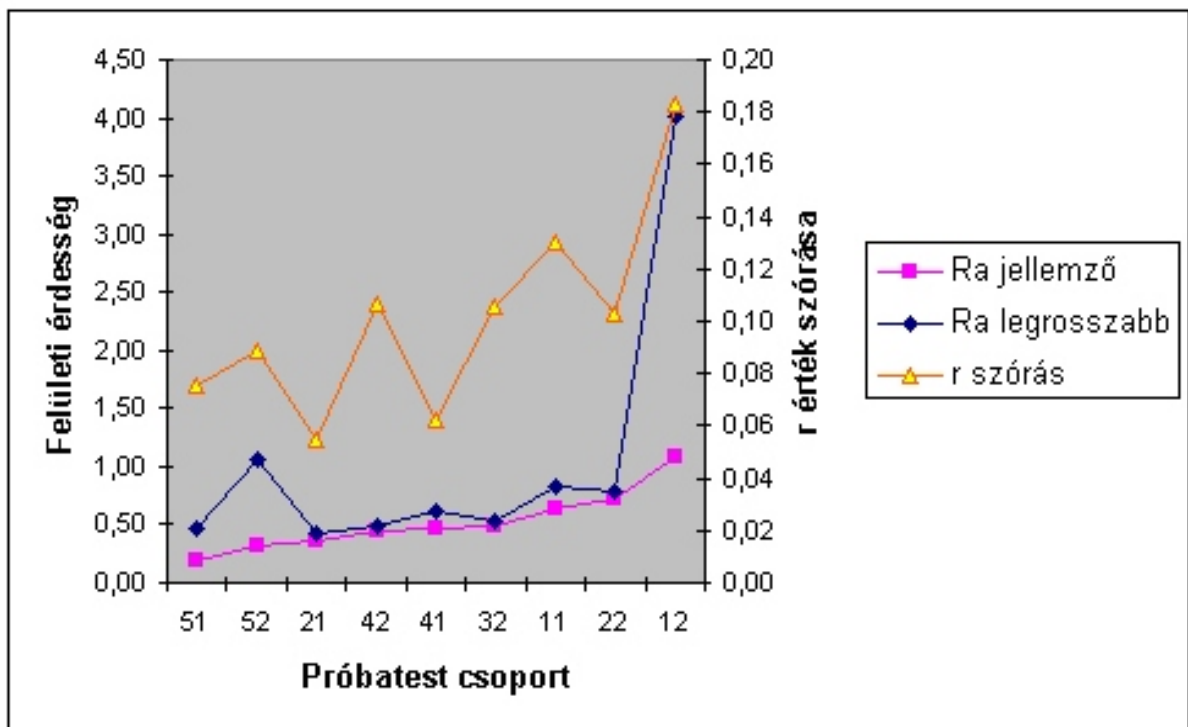
A vizsgált próbatestek eredményeinek és felületi érdességük között keresett korreláció az alábbi eredményeket adta:

- a folyáshatár értékeinek szórása és a felületi érdesség gyenge kapcsolatban van
- az n értéket erős, fordított kapcsolat fűzi a próbatestek felületi érdességéhez, vagyis az érdesség csökkenésével nagyobb „jobb” lesz az n érték (9. ábra)
- az r érték szórása és az érdesség közötti kapcsolat erős (10. ábra)

A legoptimálisabb n értéket a CNC marógép – homlokmaró összeállítás technológiából származó felületi érdesség eredményezte, míg a legrosszabbat a felújításra váró Gorkij marógép – HSS palástmaró szerszámmal.



9. ábra A felületi érdesség és a keményedési kitevő összefüggése



10. ábra A felületi érdesség és a Lankford-szám összefüggése

## Összefoglalás

Kísérletsorozatunk lezárása után néhány megállapítást teszünk:

- egyértelmű összefüggést találtunk a próbatest marással forgácsolt oldalainak érdessége és az  $n$  érték között
- az  $r$  értékek szórását befolyásolja a próbatestek felületi érdessége
- a próbatest vizsgálati szakaszát mindkét oldalán azonos technológiával kell végigmenni, különben értékelhetetlenek az egyenletes alakváltozásig számolt értékek
- az új gyártású, csúszófelületeiben még nem kopott hagyományos marógéppel és HSS marószerszámmal megközelíthető felületi minőség érhető el, mint a szerelt lapkás homlokmaróval dolgozó CNC marógéppel. Azonban a hagyományos marógéppel jelentősen lassabban lehet ugyanazt a felületi minőséget elérni.

A lemezterméket modellező próbatest mechanikai értékei közül az  $n$  érték korrelál a felületi érdességgel. Az  $n$  érték abszolút értékű eltérése a próbacsoportokra vetítve egy kerekítési egység (0,215 és 0,220), ami relatív 2% eredményeltérést jelent. Az eltérés nagysága akkora, hogy meggyezhet az érték mérési bizonytalanságával.

A vizsgálati szabványokban és a laboratóriumok közötti körvizsgálatokban (Proficiency Test) a megmunkált próbatestek felületi érdességét is elő kellene írni.

## Irodalom

- [1.] MSZ EN 10002-1:2001 Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálat szobahőmérsékleten
- [2.] László Lóránd: Tűréstechnikai számítások korszerű alapfogalmai és törvényszerűségei – BME MTI
- [3.] Dr. Füst Ágnes: Két változó közötti kapcsolat mérési módjai: a korreláció és regresszió- Microsoft PowerPoint bemutató
- [4.] ISO 10113:2006 Fémek - Lemezek és szalagok - A képlékeny alakváltozási viszonyszám meghatározása
- [5.] ISO 10275:2007 Fémek - Lemezek és szalagok - A keményedési kitevő meghatározása
- [6.] Dudás László – Valázsik Árpád: Forgácsolási technológia I.