

Izmjene u području mjeriteljstva teksture površina

Božić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:528584>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Božić

Zagreb, 2023. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**IZMJENE U PODRUČJU
MJERITELJSTVA TEKSTURE
POVRŠINA**

Mentori:

Dr.sc. Gorana Baršić, dipl.ing.

Student:

Ivan Božić

Zagreb, 2023. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Hvala mami i sestri što su mi bili podrška tijekom cijelog puta koji je vodio do ovog rada. Također, posebno se zahvaljujem svojoj mentorici Gorani Baršić koja mi je pružila pomoć bez koje stvaranje ovog rada ne bi bilo moguće.

Ivan Božić



Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum: 08. 10. 2023	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - - 23 - 365	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Božić**

JMBAG: **0035216257**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Izmjene u području mjeriteljstva teksture površina**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Changes in the surface texture metrology**

Opis zadatka:

Više od dva desetljeća norme u području mjeriteljstva teksture površina nisu mijenjane. 2021. godine provedena je revizija relevantnih normi u ovom području. Značajne izmjene promijenit će način na koji mjeritelji, tehnolozi i inženjeri promišljaju izbor prikladnog parametra površinske teksture, način označavanja teksture u tehničkoj dokumentaciji proizvoda i odabir značajki mjernog postupka.

U radu je potrebno:

1. Pojasniti razloge za cjelovitu reviziju normi u području mjeriteljstva teksture površina.
2. Definirati najznačajnije izmjene u označavanju površinske teksture u tehničkoj dokumentaciji proizvoda sukladno normi ISO 21920-1:2021.
3. Definirati nove parametre površinske teksture i navesti one koji više nisu dio norme ISO 21920-2:2021.
4. Detaljno pojasniti pravila i postupke pri procjenjivanju teksture površine prema zahtjevima norme ISO 21920-3:2021.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Gorana Baršić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

Sadržaj

Popis slika	4
Popis tablica	6
Popis oznaka.....	7
Sažetak	12
Summary	13
1 UVOD	14
2 ISO 1302 [1]	15
2.1 Grafički simboli.....	15
2.1.1 Osnovni grafički simbol	15
2.1.2 Prošireni grafički simbol	15
2.1.3 Potpuni grafički simbol	16
2.1.4 Grafički simbol za „sve površine oko konture obratka“	16
2.2 Sastavljanje potpunog grafičkog simbola za označavanje teksture površine.....	16
2.3 Označavanje parametara hrapavosti površine	18
2.3.1 Označavanje duljine vrednovanja, ln	18
2.3.2 Označavanje granica tolerancije.....	18
2.3.3 Označavanje prijenosnog pojasa i referentne duljine.....	19
2.3.4 Vrste tolerancija – jednostrane ili obostrane	19
2.4 Označavanje načina proizvodnje.....	20
2.5 Označavanje položaja površine	20
2.6 Označavanje dopuštenog odstupanja kod strojne obrade.....	22
2.7 Pozicioniranje oznaka na crtežima i ostalim tehničkim dokumentacijama.....	22
3 ISO 21920-1 [2]	26
3.1 Pravila prihvatanja tolerancija	26
3.2 Označavanje teksture površine profila	26
3.2.1 Grafički simboli.....	27
3.2.2 „Minimalna oznaka“	27
3.2.3 Potpuna oznaka	28
3.3 Položaj na tehničkoj dokumentaciji proizvoda	33
3.4 Pojednostavljene oznake	36
3.5 Označavanje položaja površine i smjera položaja	37
3.6 Označavanje smjera profila.....	38
3.6.1 Označavanje smjera profila u odnosu na prevladavajući smjer položaja površine... 38	
3.6.2 Označavanje smjera profila u odnosu na značajku obratka	39
4 Izmjene u normama ISO 1302 i ISO 21920-1	40

5	ISO 4287 [3]	41
5.1	Pojmovi i definicije	41
5.1.1	Profilni filtri.....	41
5.1.2	Profil hrapavosti	41
5.1.3	Profil valovitost	41
5.1.4	Srednje linije	42
5.1.5	Referentna duljina	42
5.1.6	Duljina vrednovanja	42
5.1.7	Vrh i dno profila	42
5.1.8	Element profila	42
5.1.9	Visina i dubina profila.....	42
5.1.10	Visina i širina elementa profila	43
5.1.11	Amplitudni parametri	43
6	ISO 21920-2 [4]	44
6.1	Pojmovi i definicije	44
6.1.1	Duljina vrednovanja	44
6.1.2	Duljina presjeka.....	44
6.1.3	Brijeg profila	44
6.1.4	Vrh profila	44
6.1.5	Dol profila	44
6.1.6	Jama profila.....	44
6.2	Parametri značajki	44
6.2.1	Parametri temeljeni na visinama vrhova i dubinama jama	44
6.2.2	Parametri temeljeni na elementima profila	46
6.2.3	Parametri temeljeni na karakterizaciji značajki	47
6.3	Parametri polja	47
6.3.1	Parametri visine.....	47
6.3.2	Prostorni parametri	48
6.3.3	Hibridni parametri	49
6.3.4	Parametri volumena.....	49
7	Izmjene u normama ISO 4287 i ISO 21920-2	51
8	ISO 4288 [5]	52
8.1	Proračun parametara.....	52
8.1.1	Parametri definirani preko referentne duljine	52
8.1.2	Parametri definirani preko duljine vrednovanja.....	52
8.1.3	Parametri krivulja.....	52

8.2	Pravila za usporedbu izmjerenih vrijednosti s granicama tolerancije	52
8.2.1	Područja na značajci trebaju biti pregledana	52
8.2.2	Pravilo „16%“	53
8.2.3	Pravilo „maximum“	53
8.3	Proračun parametra	53
8.4	Pravila i procedure za pregled korištenjem stylus uređaja	53
8.4.1	Mjerenje parametara hrapavosti profila	54
9	ISO 21920-3 [6]	57
9.1	Operator potpune specifikacije.....	57
9.1.1	Opće postavke zasnovane na specifikaciji	58
9.1.2	Opće postavke zasnovane na Nic ili Scn.....	58
9.1.3	Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na gornjoj granici tolerancije.....	59
9.1.4	Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na obostranoj granici tolerancije.....	60
9.1.5	Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na donjoj granici tolerancije.....	61
9.1.6	Opće postavke za Pt	62
10	Izmjene u normama ISO 4288 i ISO 21920-3.....	63
11	Zaključak.....	64
	Literatura	66

Popis slika

<i>Slika 2.1 Osnovni grafički simbol</i>	15
<i>Slika 2.2 Prošireni grafički simboli.....</i>	16
<i>Slika 2.3 Potpuni grafički simboli</i>	16
<i>Slika 2.4 Grafički simbol za „sve površine oko konture obratka“</i>	16
<i>Slika 2.5 Pozicije (a do e) za označavanje dodatnih zahtjeva za hrapavost površine</i>	17
<i>Slika 2.6 Oznaka parametra gdje se primjenjuje pravilo „16%“</i>	18
<i>Slika 2.7 Oznaka parametra gdje se primjenjuje pravilo „maximum“</i>	19
<i>Slika 2.8 Označavanje prijenosnog pojasa u povezanosti s zahtjevom na teksturu površine</i>	19
<i>Slika 2.9 Obostrana tolerancija za hrapavost površine</i>	20
<i>Slika 2.10 Označavanje proizvodnog procesa i zahtjeva za hrapavost površine.....</i>	20
<i>Slika 2.11 Označavanje premaza i zahtjeva za hrapavost površine</i>	20
<i>Slika 2.12 Smjer položaja površine označen okomito na ravninu crteža.....</i>	21
<i>Slika 2.13 Oznaka zahtjeva na teksturu površine za „konačn“ i obradak.....</i>	22
<i>Slika 2.14 Smjer čitanja zahtjeva na površinsku hrapavost.....</i>	23
<i>Slika 2.15 Zahtjevi na površinsku hrapavost na liniji konture.....</i>	23
<i>Slika 2.16 Zahtjev na površinsku hrapavost prikazan na koti.....</i>	23
<i>Slika 2.17 Zahtjev na površinsku hrapavost na okviru s geometrijskim tolerancijama.....</i>	24
<i>Slika 2.18 Zahtjev za površinsku hrapavost na cilindričnim površinama.....</i>	24
<i>Slika 2.19 Zahtjev za površinsku hrapavost na cilindričnim i prizmatičnim površinama</i>	24
<i>Slika 2.20 Pojednostavljena oznaka - većina površina ima isti zahtjev na hrapavost površine ...</i>	25
<i>Slika 3.1 Grafički simboli</i>	27
<i>Slika 3.2 Minimalna oznaka za parametre s zadanim postavkama.....</i>	27
<i>Slika 3.3 Minimalna oznaka za parametre bez zadanih postavki</i>	27
<i>Slika 3.4 Oznaka za duljinu vrednovanja R-parametra</i>	28
<i>Slika 3.5 Oznaka za dio duljine R-parametra</i>	29
<i>Slika 3.6 Oznaka za procjenjenu duljinu P-parametra i W-parametra</i>	30
<i>Slika 3.7 Oznaka za dio duljine P-parametra i W-parametra.....</i>	31
<i>Slika 3.8 Ilustracija svih definiranih opcija pozicije i orijentacije grafičkog simbola i minimalne oznake.....</i>	36
<i>Slika 3.9 Pojednostavljena oznaka popraćena grafičkim simbolom.....</i>	36
<i>Slika 3.10 Pojednostavljena oznaka popraćena svim drugim izričito naznačenim zahtjevima</i>	36
<i>Slika 3.11 Oznaka ograničenog dijela karakteristike</i>	37
<i>Slika 3.12 Značenje oznake sa slike 3.11</i>	37
<i>Slika 3.13 Oznaka istih specifikacija za nekoliko istih elemenata</i>	37

<i>Slika 3.14 Oznaka i objašnjenje specificiranog smjera profila pomoću indikatora ravnine presjeka na 2D crtežu.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 3.15 Oznaka i objašnjenje specificiranog smjera profila pomoću indikatora ravnine presjeka na 3D crtežu.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 4.1 Prijenosne karakteristike hrapavosti i valovitosti profila.....</i>	<i>41</i>

Popis tablica

<i>Tablica 1 Označavanje položaja površine</i>	21
<i>Tablica 2 Simboli, objašnjenja i primjeri označavanja položaja površine.....</i>	38
<i>Tablica 3 Grafički simboli za označavanje smjera profila</i>	39
<i>Tablica 4 Izmjene u normama ISO 1302 i ISO 21920-1</i>	40
<i>Tablica 5 Izmjene u normama ISO4287 i ISO 21920-2</i>	51
<i>Tablica 6 Referentna duljina za mjerenje Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq, krivulja i ostalih parametara za neperiodične profile</i>	55
<i>Tablica 7 Referentna duljina za mjerenje Rz, Rv, Rp, Rc i Rt parametara za neperiodične profile</i>	55
<i>Tablica 8 Referentna duljina za mjerenje R-parametra periodičnih profila i RSm parametara periodičnih i neperiodičnih profila</i>	56
<i>Tablica 9 Opće postavke</i>	57
<i>Tablica 10 Opće postavke zasnovane na Nic i Scn</i>	59
<i>Tablica 11 Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na gornjoj granici tolerancije.....</i>	59
<i>Tablica 12 Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na bilateralnoj granici tolerancije.....</i>	60
<i>Tablica 13 Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na donjoj granici tolerancije.....</i>	61
<i>Tablica 14 Opće postavke za Pt</i>	62
<i>Tablica 15 Izmjene u normama ISO 4288 i ISO 21920-3</i>	63

Popis oznaka

<i>Tmax</i>	pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije
<i>T16%</i>	pravilo prihvaćanja tolerancije od 16%
<i>Tmed</i>	pravilo prihvaćanja tolerancije na temelju medijana
<i>Scn</i>	klasa postavljanja
<i>Nic</i>	„nesting indeks“
<i>λf, λc, λs</i>	profilni filteri
<i>lr</i>	referentna duljina za profil hrapavosti
<i>lw</i>	referentna duljina za profil valovitosti
<i>lp</i>	referentna duljina za primarni profil
<i>ln</i>	duljina vrednovanja
<i>Zp</i>	visina profila
<i>Zv</i>	dubina profila
<i>Zt</i>	visina elementa profila
<i>Xs</i>	širina elementa profila
<i>Pp</i>	maksimalna visina vrha primarnog profila
<i>Rp</i>	maksimalna visina vrha profila hrapavosti
<i>Wp</i>	maksimalna visina vrha profila valovitosti
<i>Pv</i>	maksimalna dubina dna primarnog profila
<i>Rv</i>	maksimalna dubina dna profila hrapavosti
<i>Wv</i>	maksimalna dubina dna profila valovitosti
<i>Pz</i>	maksimalna visina primarnog profila
<i>Rz</i>	maksimalna visina profila hrapavosti
<i>Wz</i>	maksimalna visina profila valovitosti
<i>Pc</i>	srednja visina primarnog profila

<i>Rc</i>	srednja visina profila hrapavosti
<i>Wc</i>	srednja visina profila valovitosti
<i>Pq</i>	srednje kvadratno odstupanje primarnog profila
<i>Rq</i>	srednje kvadratno odstupanje profila hrapavosti
<i>Wq</i>	srednje kvadratno odstupanje profila valovitosti
<i>le</i>	duljina vrednovanja
<i>lsc</i>	duljina presjeka
<i>np</i>	broj vrhova
<i>nv</i>	broj jama
<i>Zph,j</i>	visina j-tog vrha
<i>Zvd,j</i>	dubina j-te jame
<i>Ppt</i>	maksimalna visina vrha primarnog profila
<i>Rpt</i>	maksimalna visina vrha profila hrapavosti
<i>Wpt</i>	maksimalna visina vrha profila valovitosti
<i>Pp</i>	prosječna visina vrha primarnog profila
<i>Rp</i>	prosječna visina vrha profila hrapavosti
<i>Wp</i>	prosječna visina profila valovitosti
<i>Pvt</i>	maksimalna dubina jame primarnog profila
<i>Rvt</i>	maksimalna dubina jame profila hrapavosti
<i>Wvt</i>	maksimalna dubina jame profila valovitosti
<i>Pv</i>	prosječna dubina jame primarnog profila
<i>Rv</i>	prosječna dubina jame profila valovitosti
<i>Wv</i>	prosječna dubina jame profila valovitosti
<i>npc</i>	ukupan broj elemenata profila
<i>Zt,i</i>	visina i-tog elementa profila

$X_{s,i}$	razmak i-tog elementa profila
P_{sm}	prosječni razmak elementa primarnog profila
R_{sm}	prosječni razmak elementa profila hrapavosti
W_{sm}	prosječni razmak elementa profila valovitosti
P_{smx}	maksimalni razmak elemenata primarnog profila
R_{smx}	maksimalni razmak elemenata profila hrapavosti
W_{smx}	maksimalni razmak elemenata profila valovitosti
P_{smq}	standardna devijacija razmaka elemenata primarnog profila
R_{smq}	standardna devijacija razmaka elemenata profila hrapavosti
W_{smq}	standardna devijacija razmaka elemenata profila valovitosti
P_c	prosječna visina elemenata primarnog profila
R_c	prosječna visina elemenata profila hrapavosti
W_c	prosječna visina elemenata profila valovitosti
P_{cx}	maksimalna visina elemenata primarnog profila
R_{cx}	maksimalna visina elemenata profila hrapavosti
W_{cx}	maksimalna visina elemenata profila valovitosti
P_{cq}	standardna devijacija visine elemenata primarnog profila
R_{cq}	standardna devijacija visine elemenata profila hrapavosti
W_{cq}	standardna devijacija visine elemenata profila valovitosti
P_{pc}	broj vrhova primarnog profila
R_{pc}	broj vrhova profila hrapavosti
W_{pc}	broj vrhova profila valovitosti
P_{pd}	gustoća vrhova primarnog profila
R_{pd}	gustoća vrhova profila hrapavosti
W_{pd}	gustoća vrhova profila valovitosti

<i>Pvd</i>	gustoća jama primarnog profila
<i>Rvd</i>	gustoća jama profila hrapavosti
<i>Wvd</i>	gustoća jama profila valovitosti
<i>P5p</i>	visina preko pet točaka primarnog profila
<i>R5p</i>	visina preko pet točaka profila hrapavosti
<i>W5p</i>	visina preko pet točaka profila valovitosti
<i>P5v</i>	dubina jama preko pet točaka primarnog profila
<i>R5v</i>	dubina jama preko pet točaka profila hrapavosti
<i>W5v</i>	dubina jama preko pet točaka profila valovitosti
<i>P10z</i>	visina preko 10 točaka primarnog profila
<i>R10z</i>	visina preko 10 točaka profila hrapavosti
<i>W10z</i>	visina preko 10 točaka profila valovitosti
<i>Psk</i>	iskrivljenost primarnog profila
<i>Rsk</i>	iskrivljenost profila hrapavosti
<i>Wsk</i>	iskrivljenost profila valovitosti
<i>Pt</i>	ukupna visina primarnog profila
<i>Rt</i>	ukupna visina profila hrapavosti
<i>Wt</i>	ukupna visina profila valovitosti
<i>Pal</i>	duljina autokorelacije primarnog profila
<i>Ral</i>	duljina autokorelacije profila hrapavosti
<i>Wal</i>	duljina autokorelacije profila valovitosti
<i>Psw</i>	dominantna prostorna valna duljina primarnog profila
<i>Rsw</i>	dominantna prostorna valna duljina profila hrapavosti
<i>Wsw</i>	dominantna prostorna valna duljina profila valovitosti
<i>Pdq</i>	kvadratni korijen srednjeg gradijenta primarnog profila

<i>Rdq</i>	kvadratni korijen srednjeg gradijenta profila hrapavosti
<i>Wdq</i>	kvadratni korijen srednjeg gradijenta profila valovitosti
<i>Pda</i>	aritmetička srednja vrijednost apsolutnog gradijenta primarnog profila
<i>Rda</i>	aritmetička srednja vrijednost apsolutnog gradijenta profila hrapavosti
<i>Wda</i>	aritmetička srednja vrijednost apsolutnog gradijenta profila valovitosti
<i>Pdt</i>	maksimalni apsolutni gradijent primarnog profila
<i>Rdt</i>	maksimalni apsolutni gradijent profila hrapavosti
<i>Wdt</i>	maksimalni apsolutni gradijent profila valovitosti
<i>Pdl</i>	razvijena duljina primarnog profila
<i>Rdl</i>	razvijena duljina profila hrapavosti
<i>Wdl</i>	razvijena duljina profila valovitosti
<i>Pdr</i>	omjer razvijene duljine primarnog profila
<i>Rdr</i>	omjer razvijene duljine profila hrapavosti
<i>Wdr</i>	omjer razvijene duljine profila valovitosti
<i>Pvmc</i>	volumen središta materijala primarnog profila
<i>Rvmc</i>	volumen središta materijala profila hrapavosti
<i>Wvmc</i>	volumen središta materijala profila valovitosti
<i>Pvvc</i>	volumen središta praznina primarnog profila
<i>Rvvc</i>	volumen središta praznina profila hrapavosti
<i>Wvvc</i>	volumen središta praznina profila valovitosti
<i>Pvvv</i>	volumen središta dola primarnog profila
<i>Rvvv</i>	volumen središta dola profila hrapavosti
<i>Wvvv</i>	volumen središta dola profila valovitosti

Sažetak

Mjeriteljstvo teksture površine vrlo je bitna grana inženjerstva koja se bavi mjerenjem mikro i nanogeometrijskih nepravilnosti na površinama koje bitno utječu na radna svojstva strojnih dijelova. Upravo zbog toga mjeriteljstvo teksture površine opisano je brojnim normama koje sadrže parametre, simbole, formule i oznake, a sve u svrhu lakšeg i pouzdanijeg mjerenja. Takve norme nastale su već krajem 1990-ih godina pod nazivom: ISO 1302, ISO 4287 te ISO 4288. Danas se te norme nastoje zamijeniti novonastalom normom ISO 21920.

Zadatak ovog rada bio je detaljno opisati navedene norme te na temelju toga objasniti izmjene koje se događaju u području mjeriteljstva teksture površine te iz toga zaključiti o obimu izmjena i njihovom utjecaju na mjeriteljsku zajednicu.

Ključne riječi: tekstura površine, tehnička dokumentacija proizvoda, parametri površinske teksture, uvjeti mjerenja, normizacija

Summary

Surface texture measurement is a very important branch of engineering that deals with the measurement of microgeometrical irregularities on surfaces that significantly affect the working properties of machine parts. Precisely because of this, metrology of surface texture is described by numerous standards that contain parameters, symbols, formulas and marks, all for the purpose of easier and more reliable measurement. Such standards were already created at the end of the 1990s under the names: ISO 1302, ISO 4287 and ISO 4288. Today, these standards are being replaced by the newly created ISO 21920 standard.

The task of this work was to describe the mentioned standards in detail and, based on that, to explain the changes that are taking place in the field of surface texture metrology, and from that to conclude about the scope of the changes and their impact on the metrology community.

Key words: surface texture, technical product documentation, surface texture parameters, measurement conditions, standardization

1 UVOD

Mjeriteljstvo površine uvelike je povezano s mjerenjima profila i njegovih parametara. Mnoge međunarodne norme povezane sa specifikacijama profila, mjerenjima ili analizama stvorene su kako bi pomogle mjeriteljima. Većina tih normi bila je objavljena krajem 1990-ih godina te se od tada koriste bez većih promjena. Među njima nalaze se i norme koje će biti obrađene u ovom radu, a to su: ISO 1302, ISO 4287 te ISO 4288. Glavni zadatak upravo ovih normi je objasniti označavanje površinske hrapavosti na tehničkim crtežima, opisati parametre profila te objasniti njihovu upotrebu.

Naime, nedavno je objavljena nova norma pod nazivom ISO 21920 kojoj je glavna zadaća zamijeniti postojeća pravila. Glavni razlozi nastajanja ove norme su promjene u industrijskim zahtjevima, povećanje preciznosti i pouzdanosti mjerenja te nova znanstvena i tehnička istraživanja. Različite industrije, poput automobilske, elektroničke ili medicinske, imaju specifične zahtjeve za teksturom površine, a upravo norme pomažu osigurati da se ti zahtjevi osiguraju. Također, novi materijali i tehnologije za obradu površine zahtjevaju ažuriranje normi kako bi se osigurala preciznost i pouzdanost mjerenja teksture površine. Ne smije se zanemariti ni napredak u znanstvenim i tehničkim istraživanjima koji uvelike rezutira potrebom za stvaranjem novih normi kako bi se bolje odražavale najnovije spoznaje.

ISO 21920 sastoji se od tri dijela. Prvi dio spaja ISO 1302 s dodacima iz ISO 1101. U drugom dijelu će se objasniti svi postojeći parametri profila te će se čak dodati i neki novi, a u trećem dijelu bit će iznešene zadane vrijednosti specifikacija koje se mogu izostaviti na samom tehničkom crtežu. Glavna promjena u odnosu na stare norme je da se parametri definiraju prema duljini vrednovanja, a ne prema referentnoj duljini kako je to bio slučaj do sada.

2 ISO 1302 [1]

ISO 1302 je norma nastala 2002. godine, a glavna zadaća joj je specificirati pravila za označavanje površinske hrapavosti u tehničkoj dokumentaciji preko grafičkih simbola i tekstualnih oznaka. Ona se primjenjuje za označavanje parametara profila, parametara pobude te parametara povezanih s krivuljom odnosa materijala.

2.1 Grafički simboli

Zahtjevi na teksturu površine označeni su u tehničkoj dokumentaciji s pomoću nekoliko varijanti grafičkih simbola. Svaki od tih simbola ima svoje posebno značenje. Grafički simboli, obrađeni u idućim poglavljima, trebaju biti nadopunjeni dodatnim zahtjevima za teksturu površine u obliku numeričkih vrijednosti, nekih drugih grafičkih simbola ili teksta. U pojedinim slučajevima grafički simboli mogu se koristiti zasebno kako bi dali posebno značenje na tehničkom crtežu.

2.1.1 Osnovni grafički simbol

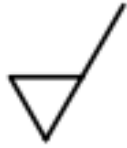
Osnovni grafički simbol je simbol koji pokazuje da postoji zahtjev na hrapavost površine. On se treba sastojati od dvije ravne crte različite duljine pod kutem od 60° od promatrane linije. Osnovni grafički simbol ne smije se koristiti zasebno, već uz neku dodatnu informaciju. Svrha korištenja osnovnog grafičkog simbola treba biti pružanje sveukupnog značenja hrapavosti površine. Ako se osnovni grafički simbol koristi s dodatnom informacijom, onda se podrazumijeva da ne postoji odluka o tome je li potrebna obrada odvajanjem čestica na osnovnom materijalu u svrhu postizanja određene hrapavosti površine ili je ista zabranjena.



Slika 2.1 Osnovni grafički simbol [1]

2.1.2 Prošireni grafički simbol

Prošireni grafički simbol je simbol koji pokazuje je li se smije koristiti obrada odvajanjem čestica u svrhu postizanja određene hrapavosti površine. Ako je potrebna obrada odvajanjem čestica – npr. strojnom obradom – na osnovni grafički simbol treba se dodati horizontalna linija. U slučaju da se za postizanje određene hrapavosti površine ne smije koristiti obrada odvajanjem čestica, na osnovni grafički simbol se dodaje kružić.



a) Obrada odvajanjem čestica

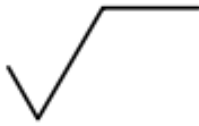


b) bez obrade odvajanjem čestica

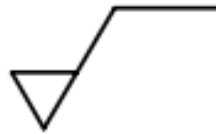
Slika 2.2 Prošireni grafički simboli [1]

2.1.3 Potpuni grafički simbol

Potpuni grafički simbol je osnovni ili prošireni grafički simbol proširen u svrhu olakšavanja dodatnih zahtjeva na hrapavost površine. Kada je potrebno označiti dodatne zahtjeve na hrapavost površine, na veću crtu grafičkog simbola dodaje se horizontalna linija.



a) dozvoljen bilo



b) obrada odvajanjem čestica



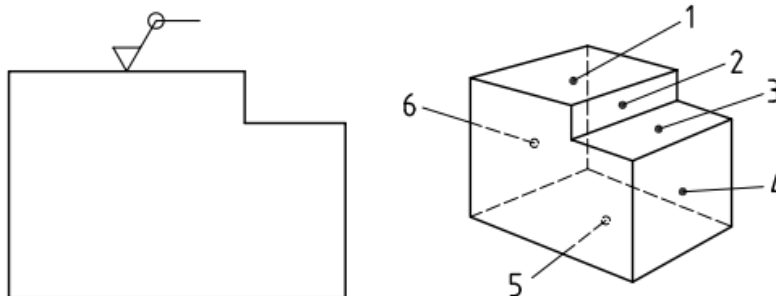
c) bez obrade odvajanjem čestica

koji proizvodni proces

Slika 2.3 Potpuni grafički simboli [1]

2.1.4 Grafički simbol za „sve površine oko konture obratka“

Kada se traži ista hrapavost površine na svim površinama oko konture obratka, na potpuni grafički simbol dodaje se kružić. U slučaju da se na bilo kojoj površini traži dugačija hrapavost, onda se sve površine označavaju zasebno.



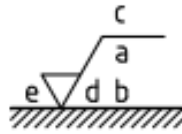
Slika 2.4 Grafički simbol za „sve površine oko konture obratka“ [1]

2.2 Sastavljanje potpunog grafičkog simbola za označavanje teksture površine

Kako bi osigurali da zahtjev za hrapavost površine ne bude dvosmislen, nekada je nužno, uz naznaku parametra hrapavosti površine i brojčane vrijednosti, specificirati dodatne zahtjeve kao

što su: referentna duljina, proces obrade, površinski sloj i njegovu orijentaciju kao i dopuštenja za strojnu obradu. Nekada je potrebno postaviti zahtjeve za različite parametre hrapavosti površine kako ne bi došlo do zabune između funkcionalnih svojstava same površine.

Pozicije na koje se zapisuju dodatni zahtjevi za hrapavost površine prikazani su na slici 2.6., a mogu se pojaviti u obliku: parametara hrapavosti površine, broječnih vrijednosti te referentne duljine.



Slika 2.5 Pozicije (a do e) za označavanje dodatnih zahtjeva za hrapavost površine [1]

Pozicija „a“ koristi se za označavanje parametra hrapavosti površine, granice brojčane vrijednosti te referentne duljine. Kako bi se izbjeglo pogrešno tumačenje, između oznake parametra i brojčane vrijednosti stavlja se dupli razmak. Konačno, nakon označavanja referentne duljine treba staviti kosu crtu (/), nakon koje se zapisuje parametar hrapavosti površine te njegova brojčana vrijednost kao što je prikazano u slijedećem primjeru.

Primjer 2.1. $-0,8/Rz\ 6,8$

Prvi zahtjev za hrapavost površine se označava na poziciji „a“ kao što je prethodno objašnjeno. Drugi zahtjev za hrapavost površine se označava na poziciji „b“. Ako je potrebno označiti još zahtjeva na površinsku hrapavost, grafički simbol se treba povećati u vertikalnom smjeru kako bi se napravilo prostora za više oznaka, a samim time pozicije „a“ i „b“ trebaju se pomaknuti prema gore.

Na mjesto pozicije „c“ se označava proizvodna metoda, metoda obrade, zahtjev na premaze ili neki drugi zahtjevi na proizvodni proces površine obratka.

Pozicija „d“ koristi se za označavanje simbola za površinski sloj i njegovu orijentaciju, npr. „=“, „X“, „M“.

Pozicija „e“ koristi se za označavanje dopuštenja na strojnu obradu, zapisana kao brojčana vrijednost u milimetrima.

2.3 Označavanje parametara hrapavosti površine

2.3.1 Označavanje duljine vrednovanja, l_n

U slučajevima kada ne postoji zadana definicija za broj referentnih duljina unutar duljine vrednovanja, broj referentnih duljina treba dodati oznaci parametra kako zahtjev za površinskom hrapavosti ne bi bio dvosmislen.

Ako se broj referentnih duljina unutar duljine vrednovanja razlikuje od pet, onda to treba naznačiti uz oznaku parametra.

Primjer 2.2. $Rp3$ ili $Rv3$ ili $Rz3$ ili $Rc3$ ili $Rt3$ ili $Ra3$ ili ..., $RSm3$, ... (Ako se traži duljina vrednovanja u vrijednosti od tri referentne duljine)

Također, broj referentnih duljina uvijek se mora naznačiti uz oznaku parametra valovitosti.

Primjer 2.3. $Wz5$ ili $Wa3$

Referentna duljina za P parametre jednaka je duljini vrednovanja, a duljina vrednovanja jednaka je duljini mjerenog elementa. Stoga, označavanje broja referentnih duljina kod strukturnih parametara nije potrebno.

Kod parametra pobude, ako se duljina vrednovanja razlikuje od zadane vrijednosti od 16mm, treba je označiti između dvije kose crte ($/$).

Primjer 2.4. $0,008-0,5/12/R 10$

Skreće se pažnja na činjenicu da koncept duljine vrednovanja kod parametara pobude ima drugačije značenje u odnosu na druge parametre površinske hrapavosti jer pojam referentne duljine ne postoji. Stoga, nije potrebno označavanje broja referentnih duljina u oznaci parametra pobude.

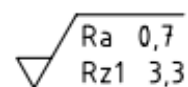
2.3.2 Označavanje granica tolerancije

Postoje dvije različite metode označavanja i tumačenja specificiranih granica teksture površine: pravilo „16%“ te pravilo „maximum“

Pravilo „16%“ definirano je kao zadano pravilo za sve oznake hrapavosti površine, kao što je prikazano na slici 2.7.

MRR Ra 0,7; Rz1 3,3

a) u pisanom obliku



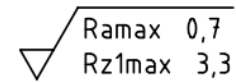
b) na crtežu

Slika 2.6 Oznaka parametra gdje se primjenjuje pravilo „16%“ [1]

Ako se pravilo „maximum“ primjenjuje na zahtjev površinske hrapavosti, uz oznaku parametra treba dodati „max“, kao što je prikazano na slici 2.8. Pravilo „maximum“ se ne primjenjuje na parametre pobude.

MRR Ramax 0,7; Rz1max 3,3

a) u pisanom obliku



b) na crtežu

Slika 2.7 Oznaka parametra gdje se primjenjuje pravilo „maximum“ [1]

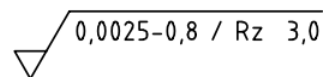
2.3.3 Označavanje prijenosnog pojasa i referentne duljine

Ako prijenosni pojas nije naznačen u vezi s oznakom parametra, primjenjuje se zadani prijenosni pojas za zahtjev površinske hrapavosti.

Određeni parametri površinske hrapavosti nemaju zadan prijenosni pojas, kratkovalni filter ili referentnu duljinu (dugovalni filter). Stoga, oznakom površinske hrapavosti se mora specificirati prijenosni pojas, kratkovalni filter ili dugovalni filter kako bi se osigurala nedvosmislenost zahtjeva površinske hrapavosti. Kako bi se osiguralo da je površina jasno kontrolirana prema zahtjevu površinske hrapavosti, prijenosni pojas treba biti naznačen ispred oznake parametra, odvojen kosom crtom (/). Prijenosni pojas treba biti naznačen uključivanjem graničnih vrijednosti filtera (u milimetrima), razdvojenih crticom (-), pri čemu se prvo navodi kratkovalni filter, a zatim dugovalni filter.

MRR 0,0025-0,8 / Rz 3,0

a) u pisanom obliku



b) na crtežu

Slika 2.8 Označavanje prijenosnog pojasa u povezanosti s zahtjevom na teksturu površine [1]

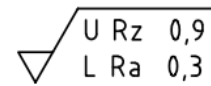
2.3.4 Vrste tolerancija – jednostrane ili obostrane

Zahtjev za hrapavost površine treba biti naznačen kao jednostrana ili obostrana tolerancija. Granice tolerancije trebaju biti izražene oznakom parametra, vrijednosti parametra i prijenosnog pojasa.

Jednostarna granica tolerancije može se odnositi na gornju ili donju granicu. Jednostrana gornja granica tolerancije označava se pomoću parametra, njegovom vrijednosti te prijenosnim pojasom. Naime, ako je oznaka prethodno popraćena slovom *L*, tada znamo da se ona odnosi na donju granicu tolerancije.

Obostrana tolerancija treba biti naznačena u konačnom simbolu postavljanjem zahtjeva za dvije granice tolerancije jednu iznad druge, pri čemu se gornja granica ("pravilo 16 %" ili pravilo „maksimum“) označava slovom U te se postavlja iznad donje granice označene slovom L . Ako se gornje i donje granice izražavaju istim parametrom s različitim granicama, slova U i L se mogu izostaviti. Također, gornje i donje granice ne moraju biti izražene putem iste oznake parametra i prijenosnog pojasa.

MRR U Rz 0,9; L Ra 0,3



a) u pisanom obliku

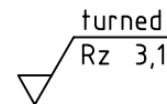
b) na crtežu

Slika 2.9 Obostrana tolerancija za hrapavost površine [1]

2.4 Označavanje načina proizvodnje

Detaljni oblik krivulje profila uvelike utječe na vrijednost parametra površinske teksture stvarne površine. Stoga, oznaka parametra, vrijednost parametra i prijenosni pojas, koji su označeni samo kao zahtjev na površinsku hrapavost, ne moraju nužno rezultirati dvosmislenom funkcijom površine. Zato je gotovo u svim slučajevima potrebno navesti postupak proizvodnje, budući da taj postupak donekle rezultira određenim detaljnim oblikom krivulje profila.

MRR turned Rz 3,1

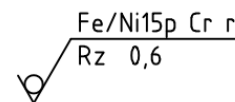


a) u pisanom obliku

b) na crtežu

Slika 2.10 Označavanje proizvodnog procesa i zahtjeva za hrapavost površine [1]

NMR Fe/Ni15p Cr r; Rz 0,6



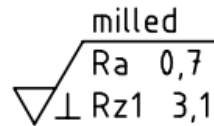
a) u pisanom obliku

b) na crtežu

Slika 2.11 Označavanje premaza i zahtjeva za hrapavost površine [1]

2.5 Označavanje položaja površine

Položaj površine i smjer položaja koji proizlazi iz procesa izrade (npr. tragovi alata) mogu se označiti u potpunom simbolu korištenjem simbola prikazanih u Tablici 1 i ilustriranih primjerom na slici 2.12.


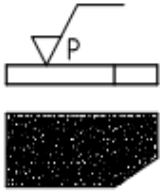


Slika 2.12 Smjer položaja površine označen okomito na ravninu crteža [1]

Smjer položaja je smjer prevladavajućeg uzorka površine, koji se obično određuje postupkom proizvodnje koji se koristi. Simboli u Tablici 1 označavaju smjer položaja u odnosu na crtaču ravninu koja sadrži zahtjev za hrapavost površine.

Tablica 1 Označavanje položaja površine

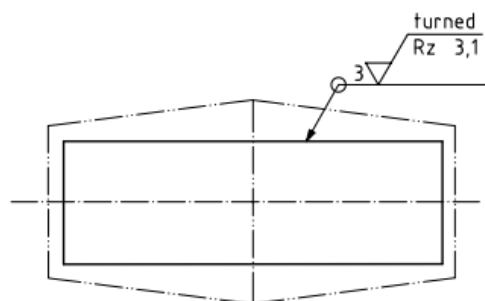
Grafički simbol	Objašnjenje i primjer	
=	Paralelno s ravninom projekcije u kojoj se simbol koristi	
⊥	Okomito na ravninu projekcije u kojoj se simbol koristi	
X	Prekriženo u dva smjera u odnosu na ravninu projekcije u kojoj se simbol koristi	
M	Višesmjerno	
C	Približno kružno u odnosu na središte površine na koju se simbol odnosi	

R	Približno radijalno u odnosu na središte površine na koju se simbol odnosi	
P	Položaj površine je neusmjeren ili izbočen	
Ako je potrebno specificirati uzorak površine koji nije jasno definiran ovim simbolima, dodaje se odgovarajuća bilješka na crtežu.		

2.6 Označavanje dopuštenog odstupanja kod strojne obrade

Oznaka dopuštenog odstupanja kod strojne obrade obično se navodi samo u slučajevima kada se prikazuje više faza procesa na istom crtežu.

Kod označavanja dopuštenog odstupanja kod strojne obrade može s dogoditi da to bude jedini zahtjev dodan konačnom simbolu. Oznaka za dopušteno odstupanje kod strojne obrade također se može povezati s zahtjevom na teksturu površine.

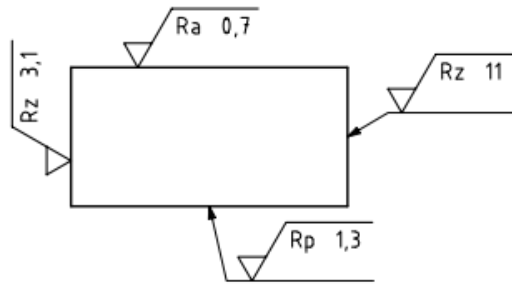


Slika 2.13 Oznaka zahtjeva na teksturu površine za „konač“i obradak [1]

2.7 Pozicioniranje oznaka na crtežima i ostalim tehničkim dokumentacijama

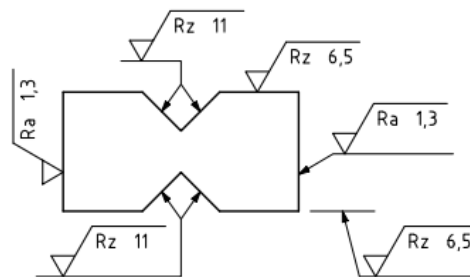
Zahtjevi površinske hrapavosti trebaju biti označeni samo jednom za određenu površinu i, ako je moguće, na istom prikazu na kojem su označene dimenzija i položaj zajedno s tolerancijama. Ako nije drugačije specificirano, navedeni zahtjevi za površinskom hrapavosti primjenjuju se na površinu nakon obrade, premazivanja itd.

Općenito pravilo je da se grafički simbol zajedno s dodatnim informacijama treba orijentirati tako da budu čitljivi s donje ili desne strane crteža.



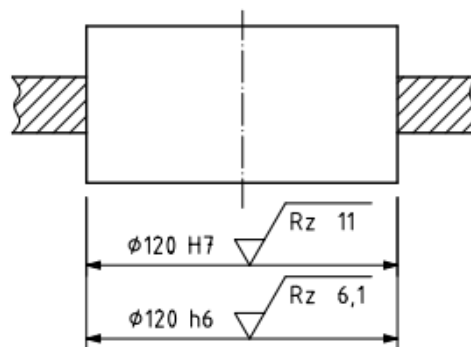
Slika 2.14 Smjer čitanja zahtjeva na površinsku hrapavost [1]

Grafički simbol treba dodirivati površinu ili biti povezan s njom putem referentne/vodeće linije koja se završava strelicom. Kao opće pravilo, grafički simbol ili vodeća linija koja završava strelicom treba pokazivati prema površini izvan materijala radnog dijela - ili prema obrisu (koji predstavlja površinu) ili prema njezinom produžetku.



Slika 2.15 Zahtjevi na površinsku hrapavost na liniji konture [1]

Ako ne postoji rizik od krivog tumačenja, zahtjev za teksturom površine može se prikazati u vezi s navedenim dimenzijama, kao što je prikazano na slici 2.17.



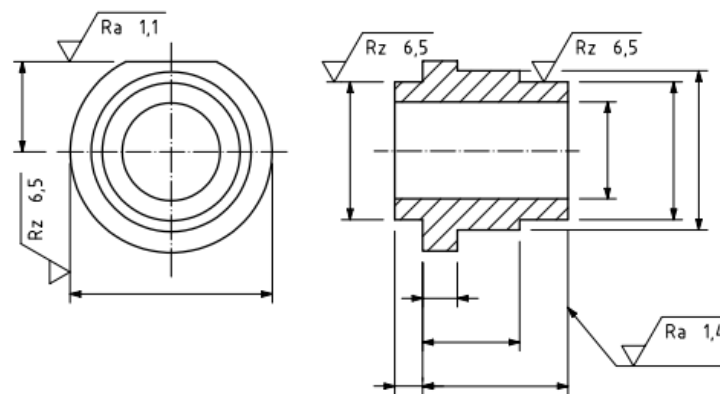
Slika 2.16 Zahtjev na površinsku hrapavost prikazan na koti [1]

Zahtjev za površinskom hrapavosti može se staviti na vrh okvira s geometrijskim tolerancijama.

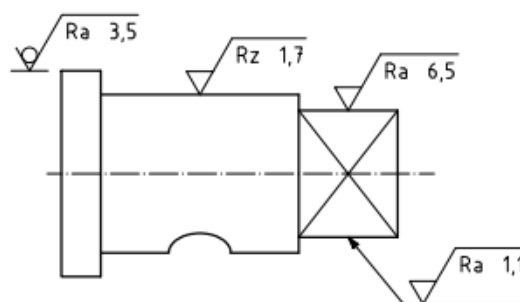


Slika 2.17 Zahtjev na površinsku hrapavost na okviru s geometrijskim tolerancijama [1]

Cilindrične i prizmatične površine mogu se označiti samo jednom ako su naznačene središnjom linijom i ako svaka prizmatična površina ima isti zahtjev za površinskom hrapavosti. Međutim, svaka prizmatična površina mora biti posebno naznačena ako se zahtjeva različita površinska hrapavost na pojedinim prizmatičnim površinama.

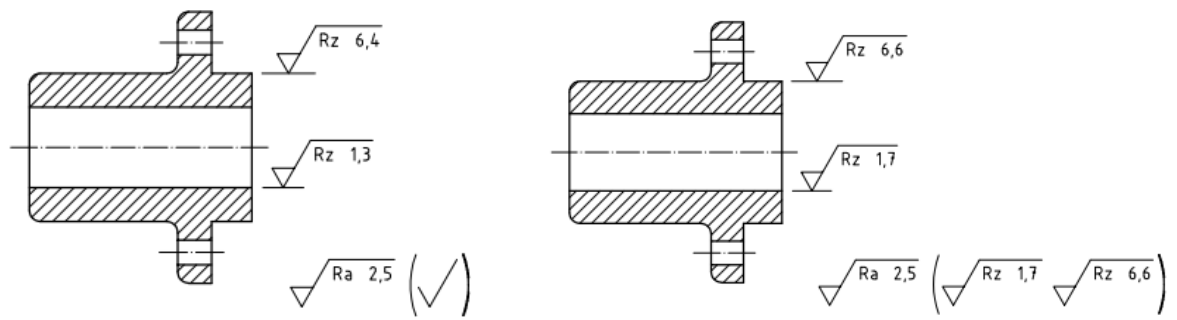


Slika 2.18 Zahtjev za površinsku hrapavost na cilindričnim površinama [1]



Slika 2.19 Zahtjev za površinsku hrapavost na cilindričnim i prizmatičnim površinama [1]

Ako se ista tekstura površine zahtijeva na većini površina radnog dijela, taj zahtjev na površinsku hrapavost trebao bi se postaviti u zaglavlje crteža. Iza općeg grafičkog simbola koji odgovara toj površinskoj hrapavosti treba slijediti osnovni simbol u zagradama bez drugih oznaka ili poseban zahtjev za odstupanjem od površinske hrapavosti. Zahtjevi na površinsku hrapavost koji odstupaju od općeg zahtjeva trebaju se izravno naznačiti na crtežu u istom prikazu odgovarajućih površina koje su u pitanju.



Slika 2.20 Pojednostavljena oznaka - većina površina ima isti zahtjev na hrapavost površine [1]

3 ISO 21920-1 [2]

ISO 21920-1 je norma koja je izdana 2022. godine u svrhu dorade i zamjene ISO 1302 norme. Njena zadaća je objasniti pravila koja se odnose na označavanje teksture površine u tehničkoj dokumentaciji pomoću grafičkih simbola.

3.1 Pravila prihvaćanja tolerancija

Pravila prihvaćanja tolerancija definiraju način primjene granica tolerancije na izmjerene vrijednosti parametara. Za profil površinske teksture, mogu se koristiti tri pravila prihvaćanja tolerancije: pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije, pravilo prihvaćanja tolerancije od 16% te pravilo prihvaćanja tolerancije na temelju medijana.

Pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije ne dopušta da bilo koja izmjerena vrijednost premašuje granicu tolerancije. Simbol pravila maksimalnog prihvaćanja tolerancije označava se s „ T_{max} “. Pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije važeće je bez obzira na to je li naznačen simbol „ T_{max} “ ili ne.

Pravilo prihvaćanja tolerancije od 16% omogućuje da najviše 16% svih izmjerenih vrijednosti nekog parametra premašuju granicu tolerancije. Simbol pravila prihvaćanja tolerancije od 16% označava se s „ $T16%$ “. Pravilo prihvaćanja tolerancije od 16% vrijedi za parametar na liniji gdje je naznačen simbol „ $T16%$ “. Ako je specificirana obostrana tolerancija na jednoj liniji, 16% svih izmjerenih vrijednosti može premašiti gornju granicu tolerancije te ujedno 16% svih izmjerenih vrijednosti može premašiti donju granicu tolerancije.

Ako je određeno pravilo prihvaćanja tolerancije na temelju medijana, medijan svih izmjerenih vrijednosti parametra mora zadovoljavati granice tolerancije. Simbol pravila prihvaćanja tolerancije na temelju medijana označava se „ T_{med} “. Pravilo prihvaćanja tolerancije na temelju medijana vrijedi za parametar na liniji gdje je označen simbol „ T_{med} “. Za primjenu pravila prihvaćanja tolerancije na temelju medijana potrebno je koristiti najmanje tri izmjerene vrijednosti. U "ostalim zahtjevima" može se specificirati veći broj mjerenja ako je potrebno.

3.2 Označavanje teksture površine profila

Zahtjevi za teksturu površine profila moraju biti specificirani jednim od grafičkih simbola prikazanih u slijedećem odjeljku. Oznaka teksture površine profila mora se sastojati najmanje od grafičkog simbola, oznake parametra i vrijednosti granica tolerancije parametra. Ako je specificirano više parametara, parametar u prvom retku je relevantan za određivanje zadanih postavki. Svi označeni elementi moraju biti odvojeni jednim razmakom.

3.2.1 Grafički simboli

Grafički simboli koji se koriste za označavanje teksture površine dani su na slici 3.1.



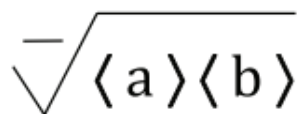
- a) dozvoljen bilo koji proizvodni proces b) obrada odvajanjem čestica c) bez obrade odvajanjem čestica

Slika 3.1 Grafički simboli [2]

3.2.2 „Minimalna oznaka“

U slučaju kada je specificirana „minimalna oznaka“, primjenjuju se sve zadane postavke. Budući da se zadane postavke ne mogu definirati za sve parametre, minimalna oznaka je različita za parametre s definiranim zadanim postavkama i bez definiranih zadanih postavki.

Slika 3.2. prikazuje sve simbole i oznake obavezne za „minimalnu oznaku“ zahtjeva za teksturu površine i parametre s definiranim zadanim postavkama.



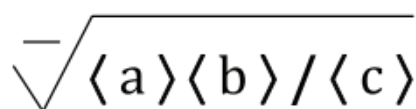
Slika 3.2 Minimalna oznaka za parametre s zadanim postavkama [2]

a – simbol parametra

b – vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

< > - treba biti specificirano

Slika 3.3. prikazuje sve simbole i oznake obavezne za minimalnu oznaku zahtjeva na površinsku hrapavost i parametre bez definiranih zadanih postavki. Sve zadane postavke definirane su obaveznom specificiranom klasom postavki (*Scn*) ili jednom od zadanih vrijednosti obaveznog „nesting“ indeksa profila *L*-filtera *Nic* za *R*-parametre ili „nesting“ indeksa profila *S*-filtera *Nic* za *W*-parametre. Kose crte, "/", koriste se za odvajanje dijelova specifikacija.



Slika 3.3 Minimalna oznaka za parametre bez zadanih postavki [2]

a – simbol parametra

b – vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

c - simbol za specificiranu klasu postavki Scn ili zadana vrijednost „nesting“ indeksa profila L -filtera Nic za R -parametre ili „nesting“ indeksa profila S -filtera Nic za W -parametre

< > - treba biti specificirano

3.2.3 Potpuna oznaka

3.2.3.1 Potpuna oznaka za duljinu vrednovanja R -parametra

Elementi specifikacije za duljinu vrednovanja R -parametara trebaju biti raspoređeni kao što je prikazano na slici 3.4.

$$\sqrt{\frac{[s][t]}{[a]\langle b \rangle \langle c \rangle [d] / [e][f] - [g][h]([m])[n][p] / [q][r]}}{[u]}}$$

Slika 3.4 Oznaka za duljinu vrednovanja R -parametra [2]

a – tip tolerancije

b – simbol R -parametra

c - vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

d – pravilo prihvaćanja tolerancije

e – tip profila S -filtera

f – „nesting“ indeks profila S -filtera

g – tip profila L -filtera

h – „nesting“ indeks profila L -filtera

m – duljina vrednovanja

n - metoda i element povezivanja operatora F -profila

p – „nesting“ indeks operatora F -profila

q - metoda ekstrakcije profila

r - mjesto za simbol $OR(n)$ za druge zahtjeve

s – proizvodni proces

t – položaj površine i smjer položaja

u - smjer profila u odnosu na položaj površine

< > - treba biti specificirano

[] - mjesto za specificiranje dodatnog zahtjeva

3.2.3.2 Potpuna oznaka za duljinu presjeka R-parametra

Elementi specifikacije za duljinu presjeka R-parametara trebaju biti raspoređeni kao što je prikazano na Slici 3.5.

$$\sqrt{\frac{[s][t]}{[a]\langle b \rangle \langle c \rangle [d] / [e][f] - [g][h]([i] \times [k])[n][p] / [q][r]}}{[u]}}$$

Slika 3.5 Oznaka za dio duljine R-parametra [2]

a – tip tolerancije

b – simbol R-parametra

c - vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

d – pravilo prihvaćanja tolerancije

e – tip profila S-filtera

f – „nesting“ indeks profila S-filtera

g – tip profila L-filtera

h – „nesting“ indeks profila L-filtera

i – duljina presjeka

k – broj presjeka

n - metoda i element povezivanja operatora F-profila

p – „nesting“ indeks operatora F-profila

q - metoda ekstrakcije profila

r - mjesto za simbol $OR(n)$ za druge zahtjeve

s – proizvodni proces

t – položaj površine i smjer položaja

u - smjer profila u odnosu na položaj površine

< > - treba biti specificirano

3.2.3.3 Potpuna oznaka za duljinu vrednovanja P-parametara i W-parametara

Elementi specifikacije za duljinu vrednovanja P-parametara i W-parametara trebaju biti raspoređeni kao što je prikazano na slici 3.6.

$$\sqrt{\frac{[s][t]}{[a]\langle b \rangle \langle c \rangle [d] / [e][f] - ([m])[n][p] / [q][r]}}_{[u]}$$

Slika 3.6 Oznaka za procjenjenu duljinu P-parametra i W-parametra [2]

a – tip tolerancije

b – simbol P-parametra ili W-parametra

c - vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

d - pravilo prihvaćanja tolerancije

e – tip profila S-filtera

f – „nesting“ indeks profila S-filtera

m – duljina vrednovanja

n - metoda i element povezivanja operatora F-profila

p – „nesting“ indeks operatora F-profila

q - metoda ekstrakcije profila

r - mjesto za simbol $OR(n)$ za druge zahtjeve

s – proizvodni proces

t – položaj površine i smjer položaja

u - smjer profila u odnosu na položaj površine

< > - treba biti specificirano

[] - mjesto za specificiranje dodatnog zahtjeva

3.2.3.4 Potpuna oznaka za duljinu presjeka P-parametara i W-parametara

Elementi specifikacije za duljinu presjeka P-parametara i W-parametara trebaju biti raspoređeni kao što je prikazano na Slici 3.7.

$$\sqrt{\frac{[s][t]}{[a]\langle b \rangle \langle c \rangle [d] / [e][f] - ([i] \times [k])[n][p] / [q][r]}}{[u]}$$

Slika 3.7 Oznaka za dio duljine P-parametra i W-parametra [2]

a – tip tolerancije

b – simbol P-parametra ili W-parametra

c - vrijednost granice tolerancije parametra površinske hrapavosti profila

d – pravilo prihvaćanja tolerancije

e – tip profila S-filtera

f – „nesting“ indeks profila S-filtera

i – duljina presjeka

k – broj presjeka

n - metoda i element povezivanja operatora F-profila

p – „nesting“ indeks operatora F-profila

q - metoda ekstrakcije profila

r - mjesto za simbol $OR(n)$ za druge zahtjeve

s – proizvodni proces

t – položaj površine i smjer položaja

u - smjer profila u odnosu na položaj površine

< > - treba biti specificirano

[] - mjesto za specificiranje ako je drugačije od zadane postavke ili dodatni zahtjev

Tip tolerancije odnosi se na zahtjev za površinsku hrapavost profila koji mora biti označen kao jednostrana ili obostrana tolerancija.

Simbol površinske hrapavosti profila uvijek se mora naznačiti i uključuje dvije informacije bitne za tumačenje zahtjeva. Prvo veliko slovo simbola parametra označava koja skala profila (R , W ili P) je osnova za izračun, a slijedeće slovo (ili slova) označava koja se definicija parametra koristi.

Vrijednost granice tolerancije navedenog parametra uvijek se mora naznačiti izravno nakon simbola parametra, odvojena jednim praznim prostorom.

Pravilo prihvaćanja tolerancije označava se kao „ T_{max} “ za pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije, „ $T_{16\%}$ “ za pravilo prihvaćanja tolerancije od 16% ili „ T_{med} “ za pravilo prihvaćanja tolerancije na temelju medijana. Pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije vrijedi s ili bez označavanja „ T_{max} “.

„Nesting“ indeks profila S -filtera određuje koje se lateralne komponente uklanjaju, označava se simbolom N_{is} te se računa u milimetrima (mm). „Nesting“ indeks profila S -filtera određuje maksimalnu udaljenost uzorkovanja za sve parametre površinske hrapavosti profila. Ako je „nesting“ indeks profila S -filtera specificiran kao nula, ograničenje skale određuje se samo svojstvima i internim postavkama instrumenta..

Vrijednost „nesting“ indeksa profila L -filtera određuje koje se velike lateralne komponente uklanjaju za R -parametre. Vrijednost „nesting“ indeksa profila S -filtera određuje koje se male lateralne komponente uklanjaju za W -parametre. Vrijednost „nesting“ indeksa profila L -filtera ili S -filtera računa se u milimetrima (mm).

Duljina vrednovanja le određuje duljinu koja se koristi za identificiranje geometrijskih struktura koje karakteriziraju skalom određeni profil. Duljina vrednovanja označava se u milimetrima (mm).

Duljina presjeka lsc određuje duljinu koja se koristi za izračunavanje parametara visine temeljenih na uzvišenjima i udubljenjima profila. Označavanje duljine presjeka vrijedi samo za parametre duljine presjeka. Vrijednost duljine presjeka može biti različita od vrijednosti „nesting“ indeksa profila L -filtera ili „nesting“ indeksa profila S -filtera. Duljina presjeka označava se u milimetrima (mm).

Broj presjeka nsc određuje broj duljina presjeka koje se koriste za izračunavanje parametara visine temeljenih na uzvišenjima i udubljenjima profila. Broj presjeka mora biti pozitivan cijeli broj. Oznaka broja presjeka važi samo za parametre duljine presjeka. Duljina vrednovanja proizlazi iz umnoška duljine presjeka i broja presjeka. Broj presjeka je osnova za izračun presjeka.

Metoda i element povezivanja operatora F -profila određuju kako se oblik uklanja iz profila.

„Nesting“ Indeks operatora F -profila određuje koje komponente oblika se uklanjaju iz profila.

Simbol „ $OR(n)$ “ označava da se dodatni zahtjevi mogu pronaći u tekstu na drugom mjestu u tehničkoj specifikaciji proizvoda. Ako postoji samo jedna oznaka s zahtjevom $OR(n)$, tada je $n=1$, inače se n mora povećati.

Oznaka proizvodnog procesa pomaže osigurati, zajedno s drugim oznakama, da se dobije površina s željenim karakteristikama. Naznačeni proizvodni proces treba koristiti za stvaranje konačne površine.

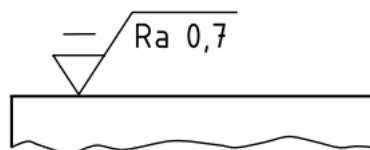
Oznaka položaja površine i smjera položaja sadrži zahtjeve za proizvodni proces.

Smjer profila treba biti naznačen kada se profil dobija u određenom smjeru koji nije prethodno zadan.

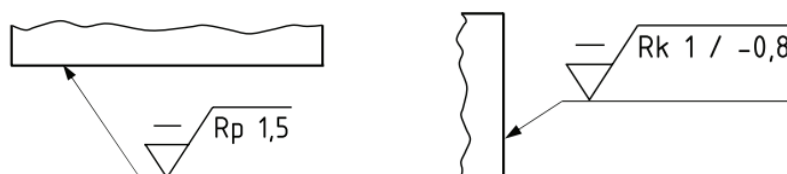
Simbol Scn označava koja će se klasa postavljanja primijeniti za određivanje zadanih postavki. Za parametre bez definiranih zadanih postavki, mora se specificirati razred postavki, zadani „nesting“ indeks profila L -filtra ili zadana vrijednost „nesting“ indeksa profila S -filtra.

3.3 Položaj na tehničkoj dokumentaciji proizvoda

Zahtjevi na površinsku hrapavost profila trebaju biti označeni samo jednom za određenu površinu i, ako je moguće, na istom prikazu na kojem su označene veličina ili položaj. Označeni zahtjevi za površinu vrijede za cijelu crtu dodirnutu grafičkim simbolom ili vrhom strelice vodeće linije. Također, mogu se označiti i ograničeni zahtjevi za površinske sektore. Označeni površinski zahtjevi vrijede za konačno stanje proizvoda ili za definiranu fazu tehničke specifikacije. Sve definirane pozicije i orijentacije grafičkog simbola prikzane su na slici 3.8.



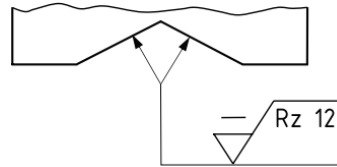
a) Grafički simbol dodiruje površinu, a moguće ga je pročitati s donje strane



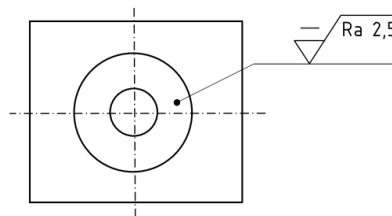
b) Grafički simbol se nalazi na vodećoj liniji koja završava sa strelicom, a moguće ga je pročitati s donje strane



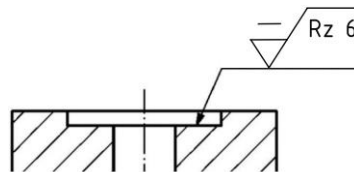
c) Grafički simbol dodiruje površinu, a moguće ga je pročitati s desne strane



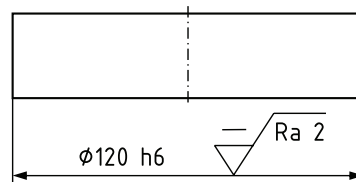
d) Grafički simbol na vodećoj liniji koja se razilazi te završava s dvije strelice, a moguće ga je pročitati s donje strane



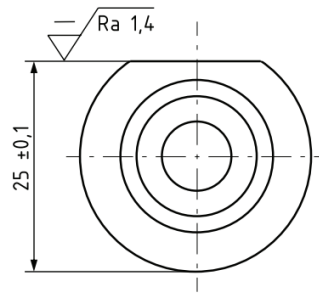
e) Grafički simbol na vodećoj liniji koja završava s točkom u tlocrtu obratka, a moguće ga je pročitati s donje strane



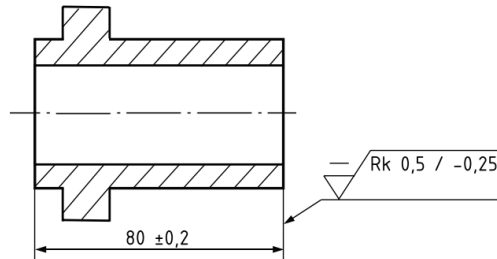
f) Grafički simbol na vodećoj liniji koja presijeca rubnu liniju te završava sa strelicom, a moguće ga je pročitati s donje strane



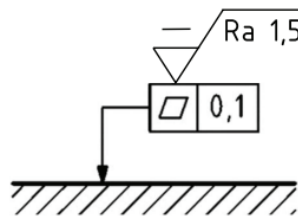
g) Grafički simbol na koti zajedno s dimenzijom, a moguće ga je pročitati s donje strane



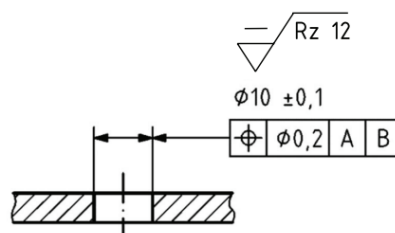
h) Grafički simbol na produžnoj liniji, a moguće ga je pročitati donje strane



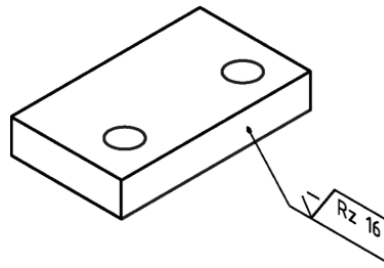
i) Grafički simbol na vodećoj liniji koja završava sa strelicom na produžnoj liniji, a moguće ga je pročitati s donje strane



j) Grafički simbol na tolerancijskom okviru oblika, orijentacije ili lokacije, a moguće ga je pročitati s donje strane



k) Grafički simbol poviše geometrijske oznake tolerancije udaljen od kote, a moguće ga je pročitati s donje strane



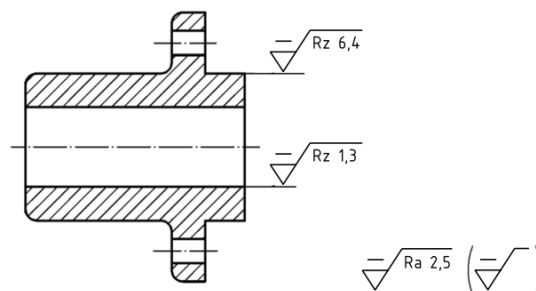
1) Grafički simbol na trodimenzionalnom modelu s vodećom crtom koja završava s točkom

Slika 3.8 Ilustracija svih definiranih opcija pozicije i orijentacije grafičkog simbola i minimalne oznake [2]

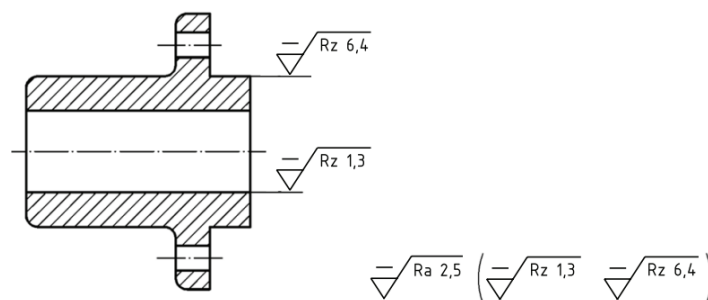
3.4 Pojednostavljene oznake

Pojednostavljene oznake mogu se koristiti radi poboljšanja jasnoće i čitljivosti tehničke dokumentacije proizvoda.

Oznaka općih tolerancija treba biti smještena blizu naslova crteža. Ova oznaka vrijedi za sve karakteristike bez izričito naznačenih zahtjeva za površinskom hrapavosti profila i treba biti popraćena samo grafičkim simbolom ili po želji, svim drugim izričito naznačenim zahtjevima u zagradama.

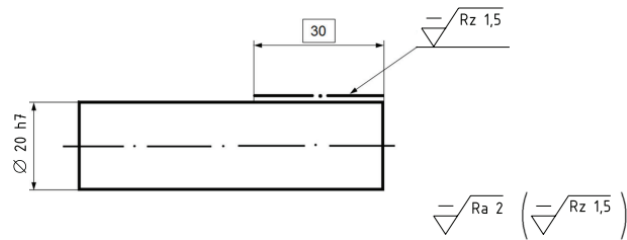


Slika 3.9 Pojednostavljena oznaka popraćena grafičkim simbolom [2]

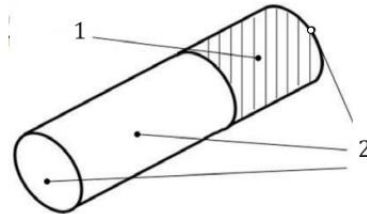


Slika 3.10 Pojednostavljena oznaka popraćena svim drugim izričito naznačenim zahtjevima [2]

Ako se oznaka primjenjuje samo na ograničeni dio karakteristike, ta će se restrikcija prikazati kao dugačka isprekidana široka linija i dimenzionirati pomoću teoretski točnih dimenzija.



Slika 3.11 Oznaka ograničenog dijela karakteristike [2]

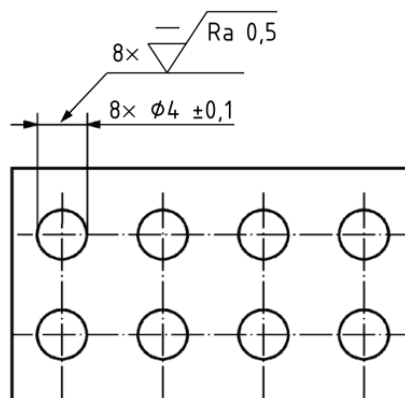


1 – područje s zahtjevom na $Rz\ 1,5\ \mu\text{m}$

2 – područje s zahtjevom na $Ra\ 2\ \mu\text{m}$

Slika 3.12 Značenje oznake sa slike 3.11 [2]

Iste specifikacije za nekoliko identičnih elemenata mogu se označiti brojem relevantnih elemenata karakteristike, nakon kojeg slijedi znak „X“ ispred grafičkog simbola.

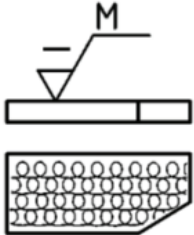

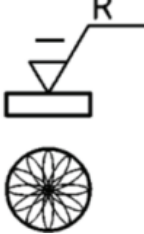
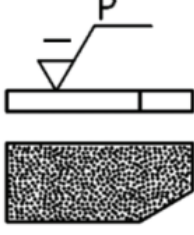


Slika 3.13 Oznaka istih specifikacija za nekoliko istih elemenata [2]

3.5 Oznčavanje položaja površine i smjera položaja

Zahtjev za položajem površine treba biti označen simbolom, postavljenim na položaj [t] (vidi slike od 3.4. do 3.7.). Ako zahtjev sadrži smjer položaja, dodatno treba označiti indikator ravnine presjeka i indikator karakteristike podatka.

Tablica 2 Simboli, objašnjenja i primjeri označavanja položaja površine

Grafički simbol	Objašnjenje i primjer	
M	Višesmjeran	
C	Kružni u odnosu na središte površine na koju se simbol odnosi	
R	Radijalni u odnosu na središte površine na koju se simbol odnosi	
P	Položaj je neusmjeren ili izbočen	





3.6 Označavanje smjera profila

Smjer profila može biti označen na dva načina: u odnosu na prevladavajući smjer položaja površine te u odnosu na značajku obratka.

3.6.1 Označavanje smjera profila u odnosu na prevladavajući smjer položaja površine

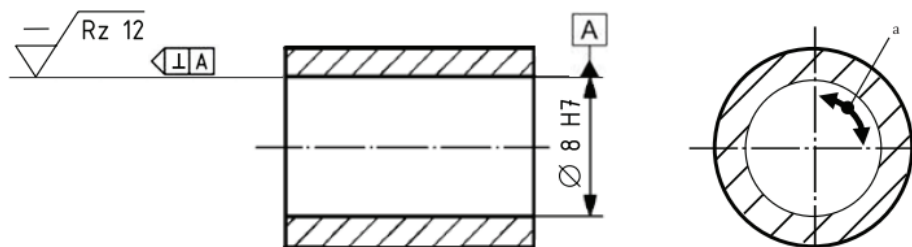
Zahtjev na smjer profila u odnosu na prevladavajući smjer položaja površine mora biti naznačen kako je prikazano u tablici 4 te postavljen na poziciju [u] (vidi slike od 3.4. do 3.7.).

Tablica 3 Grafički simboli za označavanje smjera profila

Grafički simbol	Objašnjenje
	Okomito na prevladavajući smjer
	Paralelno na prevladavajući smjer
	Kružno prema središtu površine na koju se simbol odnosi
	Pod definiranim kutem u odnosu na prevladavajući smjer ($0^\circ < n < 90^\circ$)

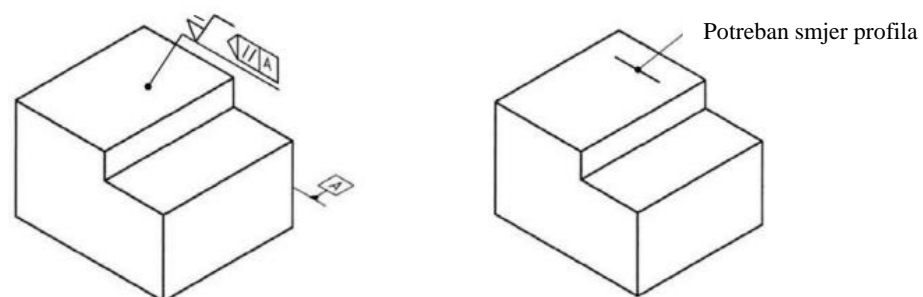
3.6.2 Označavanje smjera profila u odnosu na značajku obratka

Zahtjev za smjer profila u odnosu na značajku obratka označava se indikatorom ravnine presjeka i indikatorom referentne značajke.



^a potreban smjer profila

Slika 3.14 Oznaka i objašnjenje specificiranog smjera profila pomoću indikatora ravnine presjeka na 2D crtežu [2]




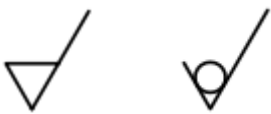

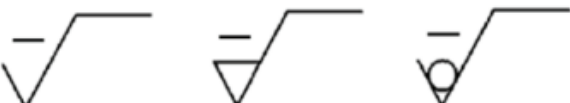


Slika 3.15 Oznaka i objašnjenje specificiranog smjera profila pomoću indikatora ravnine presjeka na 3D crtežu [2]

4 Izmjene u normama ISO 1302 i ISO 21920-1

Najznačajnije izmjene između normi ISO 1302 i ISO 21920-1 prikazane su u tablici 5.

Tablica 4 Izmjene u normama ISO 1302 i ISO 21920-1

ISO 1302	ISO 21920-1
	<p>Potpunom grafičkom simbolu dodaje se linija:</p> 
<p>Definirano je nekoliko grafičkih simbola:</p> <p>Osnovni:</p>  <p>Prošireni:</p>  <p>Potpuni:</p> 	<p>Definiran je samo potpuni grafički simbol:</p> 
<p>a) Nije definirano</p> <p>b) Nije definirano</p> <p>c) Nije definirano</p> <p>d) Nije definirano</p> <p>e) Nije definirano simbol, pravilo 16% se koristi</p> <p>f) Nije definirano</p> <p>g) Svi parametri temelje se na referentnoj duljini</p> <p>h) Nije definirano</p> <p>i) Referentna duljina = prekidna valna duljina</p>	<p>Definirani novi elementi:</p> <p>a) Element, metoda i „nesting“ indeks <i>F</i>-operatora</p> <p>b) Metoda izvlačenja profila</p> <p>c) Smjer profila</p> <p>d) Simbol „<i>OR(n)</i>“ za ostale zahtjeve</p> <p>e) Simbol „<i>T16%</i>“ za korištenje pravila prihvaćanja tolerancije od 16%</p> <p>f) Simbol „<i>Tmed</i>“ za korištenje pravila prihvaćanja tolerancije na temelju medijana</p> <p>g) Većina parametara temelji se na duljini vrednovanja</p> <p>h) Klasa postavljanja „<i>Scn</i>“</p> <p>i) Duljina presjeka može biti različita od prekidne valne duljine</p>

5 ISO 4287 [3]

ISO 4287 je norma nastala 1997. godine te joj je glavni zadatak precizirati pojmove, definicije i parametre koji se koriste za opisivanje teksture površine među kojima su najistaknutiji hrapavost i valovitost profila.

5.1 Pojmovi i definicije

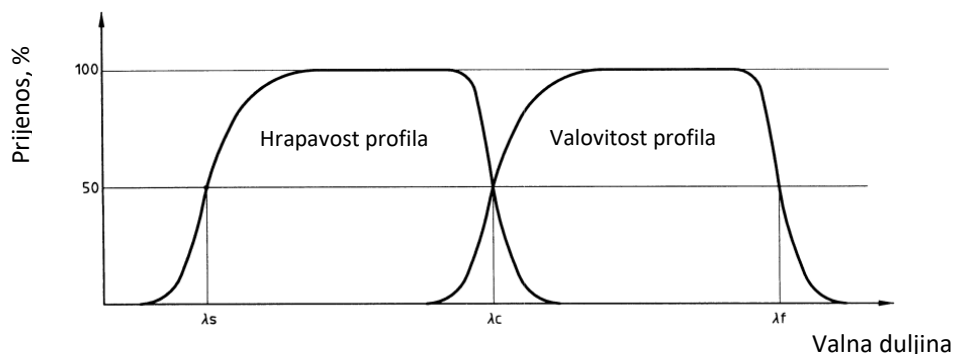
5.1.1 Profilni filtri

Profilni filter je filter koji razdvaja profil na kratkovalne i dugovalne komponente. Postoje tri filtera koja se koriste u instrumentima za mjerenje hrapavosti, valovitosti i primarnih profila: λ_s filter, λ_c filter, λ_f filter. Svi filtri imaju iste prijenosne karakteristike, ali različite valne duljine.

λ_s filter je filter koji definira presjek između hrapavosti te manjih valnih komponenti prisutnih na površini.

λ_c filter je filter koji definira presjek između komponente hrapavosti i komponente valovitosti.

λ_f filter je filter koji definira presjek između valovitosti te većih valnih komponenti prisutnih na površini.



Slika 5.1 Prijenosne karakteristike hrapavosti i valovitosti profila [3]

5.1.2 Profil hrapavosti

Profil hrapavosti je profil koji se izvodi iz primarnog profila zanemarujući dugovalne komponente korištenjem profilnog filtra λ_c . Profil hrapavosti osnova je za mjerenje parametra hrapavosti profila.

5.1.3 Profil valovitost

Profil valovitosti je profil koji proizlazi naknadnom primjenom λ_f i λ_c filtera primarnom profilu potiskujući dugovalnu komponentu koristeći se λ_f filterom i potiskujući kratkovalnu komponentu koristeći se λ_c filterom.

5.1.4 Srednje linije

Srednja linija hrapavosti profila je linija koja odgovara dugovalnoj komponenti profila koja je potisnuta λc filterom.

Srednja linija valovitosti profila je linija koja odgovara dugovalnoj komponenti profila koja je potisnuta λf filterom.

Srednja linija primarnog profila je linija koja se dobiva upotrebom metode najmanjih kvadrata kroz primarni profil.

5.1.5 Referentna duljina

Referentna duljina je duljina koja ide u pravcu osi X , a koristi se za identificiranje nepravilnosti koje karakteriziraju profil. Referentna duljina za hrapavost, l_r , i valovitost, l_w , je brojčano jednaka valnoj duljini λc i λf filtra. Referentna duljina za primarni profil, l_p , je jednaka duljini vrednovanja.

5.1.6 Duljina vrednovanja

Duljina vrednovanja, l_n , je duljina koja ide u pravcu osi X , a koristi se za vrednovanje profila koji se mjeri. Duljina vrednovanja može sadržavati jednu ili više referentnih duljina.

5.1.7 Vrh i dno profila

Vrh profila je dio profila koji gleda prema van (od materijala prema okolnom mediju), a spaja dvije susjedne točke presjeka s osi X , dok je dno profila dio profila koji gleda prema unutra (od okolnog medija prema materijalu) te također spaja dvije susjedne točke presjeka s osi X .

5.1.8 Element profila

Jedan element profila čine vrh profila i pripadajuće dno profila. Pozitivni ili negativni dio promatranog profila na početku ili na kraju referentne duljine uvijek treba smatrati vrhom ili dnom profila. Kada se određuje broj elemenata profila preko nekoliko uzastopnih referentnih duljina, vrhove i dna profila na početku ili na kraju svake referentne duljine treba uzeti u obzir samo jednom, i to samo na početku svake referentne duljine.

5.1.9 Visina i dubina profila

Visina profila, Z_p , je udaljenost između osi X i najviše točke profila, dok je dubina profila, Z_v , udaljenost između osi X i najniže točke profila.

5.1.10 Visina i širina elementa profila

Visina elementa profila, Z_t , je zbroj visine i dubine profila, a širina elementa profila, X_s , je duljina dijela osi X koji se siječe s elementom profila.

5.1.11 Amplitudni parametri

Maksimalna visina vrha profila (P_p , R_p , W_p) je najveća visina vrha profila, Z_p , na referentnoj duljini.

Maksimalna dubina dna profila (P_v , R_v , W_v) je najveća dubina dna profila, Z_v , na referentnoj duljini.

Maksimalna visina profila (P_z , R_z , W_z) je zbroj najveće visine vrha profila Z_p i najveće dubine dna profila Z_v na referentnoj duljini.

Srednja visina profila (P_c , R_c , W_c) je srednja vrijednost visina elemenata profila, Z_t .

Srednje aritmetičko odstupanje profila (P_a , R_a , W_a) je aritmetički prosjek apsolutne ordinatne vrijednosti $Z(x)$, a računa se pomoću formule (4.1.).

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx, \text{ gdje je } l=l_p, l_r \text{ ili } l_w \quad (4.1.)$$

Srednje kvadratno odstupanje profila (P_q , R_q , W_q) je vrijednost srednjeg korijena ordinatne vrijednosti $Z(x)$ na referentnoj duljini, a računa se pomoću formule (4.2.).

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}, \text{ gdje je } l=l_p, l_r \text{ ili } l_w \quad (4.2.)$$

6 ISO 21920-2 [4]

ISO 21920-2 je norma nastala 2022. godine u svrhu dorade i zamjene za ISO 4287 normu. Glavni zadatak joj je specificirati pojmove, definicije i parametre povezane s teksturom površine.

6.1 Pojmovi i definicije

6.1.1 Duljina vrednovanja

Duljina vrednovanja, le , je duljina u smjeru osi X koja se koristi za identificiranje geometrijskih struktura koje karakteriziraju profil ograničen skalom.

6.1.2 Duljina presjeka

Duljina presjeka, lsc , je duljina u smjeru osi X koja se koristi za dobivanje parametara duljine presjeka, a broj presjeka, nsc , je cijeli broj koji se koristi za dobivanje parametara duljine presjeka.

6.1.3 Brijeg profila

Brijeg profila je prema van usmjereni (od materijala prema okolnom mediju) neprekidni dio profila iznad referentne linije, omeđen dvjema susjednim točkama na mjestu gdje vrijednosti ordinate mijenjaju svoj znak.

6.1.4 Vrh profila

Vrh je najviša točka brijega. Broj vrhova, np , je cijeli broj koji predstavlja broj značajnih vrhova unutar referentne duljine.

6.1.5 Dol profila

Dol profila je prema unutra usmjereni (od okolnog medija prema materijalu) neprekidni dio profila ispod referentne linije, omeđen dvjema susjednim točkama na mjestu gdje vrijednosti ordinate mijenjaju svoj znak.

6.1.6 Jama profila

Jama profila je najniža točka dna. Broj jama, nv , cijeli broj koji predstavlja broj značajnih jama unutar referentne duljine.

6.2 Parametri značajki

6.2.1 Parametri temeljeni na visinama vrhova i dubinama jama

Parametri temeljeni na visinama vrhova i dubinama jama povezani su s duljinom presjeka lsc . Stoga se parametri značajki u odjeljku 6.2.1. kategoriziraju kao parametri duljine presjeka. Izračun pripadnih brijegova i dolova provodi se jednostavno promatranjem promjena znakova ordinatnih

vrijednosti bez ikakvog diskriminiranja visina. Za parametre definirane u ovom odjeljku koriste se sljedeće definicije:

- np broj vrhova unutar duljine vrednovanja
- nv broj dolova unutar duljine vrednovanja
- nsc broj presjeka unutar duljine vrednovanja
- lsc duljina presjeka
- $Z_{ph,j}$ visina j -tog vrha
- $Z_{vd,j}$ dubina j -te jame

Pozitivan ili negativan dio ocijenjenog profila na početku ili kraju duljine vrednovanja uvijek se smatra brijegom ili dolom.

Parametar maksimalne visine vrha (P_{pt} , W_{pt} , R_{pt}) je najveća visina vrha među svim duljinama presjeka.

$$R_{pt} = \max(Z_{ph,j}) \quad (5.1)$$

Parametar prosječne visine vrha (P_p , W_p , R_p) je srednja vrijednost najveće visine vrha svake duljine presjeka.

$$R_p = \frac{1}{n_{sc}} \sum_{i=1}^{n_{sc}} \max(Z_{ph,j}) \quad (5.2)$$

Parametar maksimalne dubine jame (P_{vt} , W_{vt} , R_{vt}) je najveća dubina jame među svim duljinama presjeka.

$$R_{vt} = \max(Z_{vd,j}) \quad (5.3)$$

Parametar prosječne dubine jame (P_v , W_v , R_v) je srednja vrijednost najveće dubine jame svake duljine presjeka.

$$R_v = \frac{1}{n_{sc}} \sum_{i=1}^{n_{sc}} \max(Z_{vd,j}) \quad (5.4)$$

Parametar maksimalne visine je srednja vrijednost sume najveće visine vrha i najveće dubine jame po svakoj duljini presjeka.

$$R_z = \frac{1}{n_{sc}} \sum_{i=1}^{n_{sc}} (\max(Z_{ph,j}) + \max(Z_{vd,k})) \quad (5.5)$$

6.2.2 Parametri temeljeni na elementima profila

Elementi profila određuju se koristeći metodu segmentacije prijelazom linije zajedno s diskriminacijom visine. Elementi profila procjenjuju se od početka do kraja duljine vrednovanja i obrnuto, nakon čega se računa prosječna vrijednost. Za parametre definirane u ovom odjeljku koriste se sljedeće definicije:

- n_{pe} ukupan broj elemenata profila;
- $Z_{t,i}$ visina i -tog elementa profila
- $X_{s,i}$ razmak i -tog elementa profila

Parametar prosječnog razmaka elemenata profila (P_{sm} , W_{sm} , R_{sm}) je srednja vrijednost razmaka elemenata profila X_s .

$$R_{sm} = \frac{1}{n_{pe}} \sum_{i=1}^{n_{pe}} X_{s,i} \quad (5.6)$$

Parametar maksimalnog razmaka elemenata profila (P_{smx} , W_{smx} , R_{smx}) je najveći razmak elemenata profila X_s .

$$R_{smx} = \max X_{s,i} \quad (5.7)$$

Parametar standardne devijacije razmaka elemenata profila (P_{smq} , W_{smq} , R_{smq}) je standardna devijacija razmaka elemenata profila X_s .

$$R_{smq} = \sqrt{\frac{1}{n_{pe}-1} \sum_{i=1}^{n_{pe}} (X_{s,i} - R_{sm})^2}, n_{pe} > 1 \quad (5.8)$$

Parametar prosječne visine elemenata profila (P_c , W_c , R_c) je srednja vrijednost visina elemenata profila Z_t .

$$R_c = \frac{1}{n_{pe}} \sum_{i=1}^{n_{pe}} Z_{t,i} \quad (5.9)$$

Parametar maksimalne visine elemenata profila (P_{cx} , W_{cx} , R_{cx}) je najveća vrijednost visina elemenata profila Z_t .

$$R_{cx} = \max Z_{t,i} \quad (5.10)$$

Parametar standardne devijacije visine elemenata profila (P_{cq} , W_{cq} , R_{cq}) je standardna devijacija visina elemenata profila Z_t .

$$R_{cq} = \sqrt{\frac{1}{n_{pe}-1} \sum_{i=1}^{n_{pe}} (Z_{t,i} - R_c)^2}, n_{pe} > 1 \quad (5.11)$$

Parametar broja vrhova (P_{pc} , W_{pc} , R_{pc}) je broj prosječnih razmaka elemenata profila po jediničnoj duljini L .

$$R_{pc} = \frac{L}{R_{sm}} \quad (5.12)$$

6.2.3 Parametri temeljeni na karakterizaciji značajki

Parametri definirani u ovom odjeljku određuju se koristeći segmentaciju po silnicama preko duljine vrednovanja le .

Parametar gustoće vrhova (P_{pd} , W_{pd} , R_{pd}) je broj vrhova po jediničnoj duljini.

Parametar gustoće jama (P_{vd} , W_{vd} , R_{vd}) je broj jama po jediničnoj duljini.

Parametar aritmetičke srednje vrijednosti zakrivljenosti vrhova (P_{mpc} , W_{mpc} , R_{mpc}) je aritmetička srednja vrijednost lokalne srednje zakrivljenosti vrhova.

Parametar aritmetičke srednje zakrivljenosti jama (P_{mvc} , W_{mvc} , R_{mvc}) je aritmetička srednja vrijednost lokalne srednje zakrivljenosti jama.

Parametar visine vrha preko pet točaka ($P5p$, $W5p$, $R5p$) je aritmetička srednja vrijednost pet najvećih visina vrhova.

Parametar dubine jame preko pet točaka ($P5v$, $W5v$, $R5v$) je aritmetička srednja vrijednost pet najvećih dubina dolova.

Parametar visine preko deset točaka ($P10z$, $W10z$, $R10z$) je zbroj visine pet točaka vrha i dubine pet točaka dolova.

6.3 Parametri polja

Parametri polja povezani su s duljinom vrednovanja, le . Stoga su svi parametri polja kategorizirani kao parametri duljine vrednovanja. Sljedeće definicije parametara pretpostavljaju kontinuirano prikazivanje profila. Većina instrumenata koristi diskretne aproksimacije zadanih idealnih operatora. Na nekim malim, hrapavim površinama, kao što je kod aditivne proizvodnje, može biti nemoguće planirati trag koji će cijelu duljinu vrednovanja imati unutar dostupne fizičke površine. U tom slučaju, moguća duljina vrednovanja razlikuje se od standardne duljine. To može dovesti do povećanja nesigurnosti parametara.

6.3.1 Parametri visine

Parametri visine su skup parametara temeljenih na vrijednostima ordinata.

Parametar aritmetičke srednje visine (Pa , Wa , Ra) je aritmetička srednja vrijednost apsolutnih vrijednosti ordinata.

$$R_a = \sqrt{\frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} |z(x)| dx} \quad (5.13)$$

Parametar kvadratne srednje visine (Pq , Wq , Rq) je kvadratni korijen iz srednje vrijednosti kvadrata ordinatnih vrijednosti.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} z^2(x) dx} \quad (5.14)$$

Parametar iskrivljenost (Psk , Wsk , Rsk) je kvocijent između srednje vrijednosti kubnih vrijednosti ordinata i kuba kvadratne srednje visine (Rq).

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} z^3(x) dx \quad (5.15)$$

Parametar kurtoze (Pku , Wku , Rku) je kvocijent između srednje vrijednosti ordinata na četvrtu potenciju i četvrte potencije kvadratne srednje visine (Rq).

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} z^4(x) dx \quad (5.16)$$

Parametar ukupne visine (Pt , Wt , Rt) je zbroj najveće visine i najveće dubine.

$$R_t = \max(z(x)) - \min(z(x)) \quad (5.17)$$

Parametar maksimalne visine po presjeku je najveća vrijednost razlike između najviše vrijednosti ordinata i najniže vrijednosti ordinata izračunate unutar presjeka duljine l koji se kreće duž duljine vrednovanja l_e .

$$R_{zx}(l) = \max(\Delta z(x_0)), \text{ gdje je } \Delta z(x_0) = \max(z(x)) - \min(z(x)) \quad (5.18)$$

6.3.2 Prostorni parametri

Prostorni parametri su skup parametara temeljenih na prostornoj vezi između geometrijskih nepravilnosti.

Parametar duljine autokorelacije ($Pal(s)$, $Wal(s)$, $Ral(s)$) je horizontalna udaljenost na kojoj se funkcija autokorelacije $fACF(tx)$ smanjuje na specificiranu vrijednost s , gdje vrijedi $0 < s \leq 1$.

$$Ral(s) = \min(|t_x|) \quad (5.19)$$

Parametar dominantne prostorne valne duljine (Psw , Wsw , Rsw) je valna duljina koja odgovara najvećoj apsolutnoj vrijednosti gustoće amplitude spektra.

$$R_{sw} = \frac{1}{\operatorname{argmax}(f_{ASD}(p))} \quad (5.20)$$

6.3.3 Hibridni parametri

Hibridni parametri su skup parametara temeljenih na lokalnom gradijentu.

Parametar kvadratnog korijena srednjeg gradijenta (Pdq , Wdq , Rdq) je kvadratni korijen srednje vrijednosti kvadrata lokalnog gradijenta ordinatnih vrijednosti.

$$R_{dq} = \sqrt{\frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} \left(\frac{dz(x)}{dx}\right)^2 dx} \quad (5.21)$$

Aritmetička srednja vrijednost apsolutnog gradijenta (Pda , Wda , Rda) je aritmetička sredina apsolutnih vrijednosti lokalnog gradijenta ordinata.

$$R_{da} = \frac{1}{l_e} \int_0^{l_e} \left|\frac{dz(x)}{dx}\right| dx \quad (5.22)$$

Parametar maksimalnog apsolutnog gradijenta (Pdt , Wdt , Rdt) je maksimum apsolutnih vrijednosti lokalnog gradijenta ordinata.

$$R_{dt} = \max\left(\left|\frac{dz(x)}{dx}\right|\right) \quad (5.23)$$

Parametar razvijene duljine (Pdl , Wdl , Rdl) je duljina puta profila.

$$R_{dl} = \int_0^{l_e} \sqrt{1 + \left(\frac{dz(x)}{dx}\right)^2} dx \quad (5.24)$$

Parametar omjera razvijene duljine (Pdr , Wdr , Rdr) je frakcijski porast duljine puta profila.

$$R_{dr} = \frac{R_{dl} - l_e}{l_e} \quad (5.25)$$

6.3.4 Parametri volumena

Za anizotropne površine, volumen materijala ili volumen praznina površine pri određenom omjeru materijala p može se procijeniti koristeći trag profila površine. Na primjer, površinski i profilni parametri volumena površine su u visokoj korelaciji.

Parametar volumena materijala brijega ($Pvmp(p)$, $Wvmp(p)$, $Rvmp(p)$) je volumen materijala pri omjeru materijala p .

$$R_{vmp}(p) = R_{vm}(p) \quad (5.26)$$

Parametar volumena središta materijala ($Pvmc(p,q)$, $Wvmc(p,q)$, $Rvmc(p,q)$) je razlika u volumenu materijala između omjera materijala p i q .

$$R_{vmc}(p,q) = R_{vm}(q) - R_{vm}(p) \quad (5.27)$$

Parametar volumena središta praznina ($P_{vvc}(p,q)$, $W_{vvc}(p,q)$, $R_{vvc}(p,q)$) je razlika u volumenu praznina između omjera materijala p i q .

$$R_{vvc}(p,q) = R_{vv}(p) - R_{vv}(q) \quad (5.28)$$

Parametar volumena praznina dola ($P_{vvv}(q)$, $W_{vvv}(q)$, $R_{vvv}(q)$) je volumen dola pri omjeru materijala q .

$$R_{vvv}(q) = R_{vv}(q) \quad (5.29)$$

7 Izmjene u normama ISO 4287 i ISO 21920-2

Najznačajnije izmjene između normi ISO 4287 i ISO 21920-2 prikazane su u tablici 6.

Tablica 5 Izmjene u normama ISO4287 i ISO 21920-2

ISO 4287	ISO 21920-2
Duljina vrednovanja l_n	Duljina vrednovanja l_e
Referentna duljina l_r	Duljina presjeka l_{sc}
Vrh profila	Brijeg profila
-	Vrh profila
Dno profila	Dol profila
-	Jama profila
Parametri uglavnom definirani na referentnoj duljini	Samo R_{pt} , R_p , R_{vt} , R_v i R_z definirani na duljini presjeka – svi ostali parametri definirani na duljini vrednovanja
-	Parametar visine po presjeku
-	Korelacijska duljina
-	Parametar dominantne prostorne valne duljine
-	Hibridni parametri
-	Volumni parametri
Vrednovanje elemenata profila na temelju smjera	Vrednovanje elemenata profila neovisno o smjeru

8 ISO 4288 [5]

ISO 4288 je norma nastala 1996. godine u svrhu specifikacije pravila koja se koriste za usporedbu izmjerenih i tolerancijskih vrijednosti. Ova norma također objašnjava pravila za odabir prekidne valne duljine, λ_c , u svrhu mjerenja parametara hrapavosti koristeći stylus uređaje.

8.1 Proračun parametara

8.1.1 Parametri definirani preko referentne duljine

Proračun vrijednosti parametra računa se koristeći izmjereni podatak iz samo jedne referentne duljine. Proračun prosječnog parametra se računa uzimajući aritmetičku sredinu parametra iz svih referentnih duljina. Kada se uzima standardni broj od pet referentnih duljina za parametre hrapavosti profila, nema potrebe za dodavanjem sufiksa na simbol. Za proračun parametra kada se koristi neki drugi broj od pet referentnih duljina, sufiks se treba dodati na simbol (npr. $Rz1$, $Rz3$).

8.1.2 Parametri definirani preko duljine vrednovanja

Za parametre definirane preko duljine vrednovanja (Pt , Rt i Wt), proračun vrijednosti parametra računa se korištenjem podatkom mjerenja iz duljine vrednovanja.

8.1.3 Parametri krivulja

Za parametre krivulja, proračun vrijednosti parametra računa se korištenjem podatkom mjerenja iz jedne krivulje.

8.2 Pravila za usporedbu izmjerenih vrijednosti s granicama tolerancije

8.2.1 Područja na značajci trebaju biti pregledana

Tekstura površine obratka može izgledati homogena ili dosta drugačija na različitim područjima. To se može vidjeti i samo vizualnim pregledom površine. U slučajevima kada tekstura površine izgleda homogena, vrijednosti parametara koje su definirane preko cijele površine trebaju se usporediti s zahtjevima specificiranim na crtežima ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda. Ako postoji više područja s očito različitom teksturom površine, vrijednosti parametara koje su definirane za svako različito područje treba uzeti odvojeno u svrhu usporedbe s zahtjevima specificiranim na crtežima ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda. Za zahtjeve koji su specificirani gornjom granicom parametra treba uzeti područja koja naizgled imaju maksimalnu vrijednost parametra.

8.2.2 Pravilo „16%“

Za zahtjeve specificirane gornjom granicom parametra, površina se smatra prihvatljivom ako više od 16% svih izmjerenih vrijednosti parametra ne premašuje vrijednost specificiranu na crtežima ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda. Za zahtjeve specificirane donjom granicom parametra, površina se smatra prihvatljivom ako je više od 16% svih izmjerenih vrijednosti parametra manje od vrijednosti specificirane na crtežima ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda. Za određivanje gornje i donje granice parametra, simbol parametra treba koristiti bez „max“ indeksa.

8.2.3 Pravilo „maximum“

Za zahtjeve specificirane maksimalnom vrijednosti parametra, nijedna izmjerena vrijednost parametra na cijeloj površini ne smije premašiti vrijednost specificiranu na crtežima ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda. Za označavanje maksimalne dopuštene vrijednosti parametra, „max“ indeks treba se dodati simbolu parametra.

8.3 Proračun parametra

Parametri površinske hrapavosti nisu korisni za opisivanje površinskih nedostataka. Upravo zato, površinski nedostaci (ogrebotine i pore) ne trebaju biti uzeti u obzir prilikom gledanja površinske hrapavosti. Kako bi se odlučilo je li površina obratka u skladu sa specifikacijama, koriste se pojedinačne vrijednosti parametra teksture površine. Vjerodostojnost odluke o tome je li površina u skladu sa specifikacijama ovisi o broju referentnih duljina u duljini vrednovanja.

Za R-parametre, ako duljina vrednovanja nije ista kao pet referentnih duljina, njihove gornje i donje granice trebaju se ponovno izračunati i povezati s duljinom vrednovanja koja će biti ista kao pet referentnih duljina. Što je veći broj mjerenja i što je veća duljina vrednovanja, to je veća i pouzdanost da će ispitana površina zadovoljavati specifikacije, a također je i manja nesigurnost srednje vrijednosti parametra. Međutim, povećavanje broja mjerenja vodi do povećanja utrošenog vremena, ali i cijene mjerenja. Upravo zbog toga, treba se naći kompromis između pouzdanosti i cijene.

8.4 Pravila i procedure za pregled korištenjem stylus uređaja

Kada je referentna duljina određena u zahtjevima na crtežu ili u tehničkoj dokumentaciji proizvoda, prekidnu valnu duljinu, λ_c , treba izabrati da bude jednaka kao referentna duljina. Kada ne postoji specifikacija hrapavosti ili referentna duljina nije određena, prekidna valna duljina izabire se kako je opisano u slijedećem odjeljku.

8.4.1 Mjerenje parametara hrapavosti profila

Kada smjer mjerenja nije specificiran, obradak mora biti pozicioniran tako da smjer presjeka odgovara maksimalnim vrijednostima visine parametra hrapavosti (R_a , R_z). Ovaj smjer bit će normalan za položaj površine koja se mjeri. Za izotropne površine, smjer presjeka se može proizvoljno odabrati. Mjerenja trebaju biti provedena na dijelu površine na kojem se očekuju kritične vrijednosti. Kako bi se dobili nezavisni rezultati mjerenja, na takvom dijelu površine trebaju se provesti zasebna mjerenja. Kako bi se odredile vrijednosti parametra hrapavosti profila, prvo treba pogledati površinu i odlučiti je li hrapavost profila periodična ili neperiodična. Na temelju ovog zapažanja, treba slijediti jedan od postupaka opisanih u 8.4.1.1. i 8.4.1.2., ako nije naznačeno drugačije. Ako se upotrebljava postupak posebnog mjerenja, on treba biti opisan u specifikacijama i mjernom protokolu.

8.4.1.1 Postupak za neperiodični profil hrapavosti

Za površine s neperiodičnim profilom hrapavosti prati se slijedeći postupak.

- a) Procjena nepoznatih parametara hrapavosti profila (R_a , R_z , $R_z I_{max}$ ili R_{Sm}) vizualnim pregledom, usporedbom primjeraka, grafičkom analizom itd.
- b) Procjena referentne duljine iz tablice 7,8 ili 9 koristeći parametre dobivene pod a)
- c) S mjernim instrumentom dobiti valjano mjerenje R_a , R_z , $R_z I_{max}$ ili R_{Sm} koristeći referentnu duljinu dobivenu pod b)
- d) Usporedba izmjerenih vrijednosti parametra s vrijednostima u tablicama 7,8 ili 9. Ako je izmjerena vrijednost izvan granica vrijednosti opisanih u tablicama za određenu referentnu duljinu, onda treba prilagoditi mjerni instrument na gornju ili donju referentnu duljinu. Zatim, nanovo treba provesti mjerenje koristeći prilagođenu referentnu duljinu te opet usporediti s podacima u tablicama 7,8 ili 9. U ovom trenutku već bi se trebala dobiti kombinacija izmjerenih vrijednosti i referentne duljine predložena u tablicama
- e) Dobiti valjanu vrijednost R_a , R_z , $R_z I_{max}$ ili R_{Sm} za jedan podatak referentne duljine kraći ako taj podatak nije bio obrađen u koraku d). Provjeriti je li kombinacija parametara i referentne duljine predložena u tablicama 7,8 ili 9
- f) Ako samo zadnji dio koraka d) odgovara tablicama 7,8 ili 9, onda su vrijednosti referentne duljine i parametara R_a , R_z , $R_z I_{max}$ ili R_{Sm} točni. Ako i korak e) također daje kombinaciju predloženu u tablicama 7,8 ili 9, onda ova kraća vrijednost referentne duljine i pripadajući parametri R_a , R_z , $R_z I_{max}$ ili R_{Sm} su točni

g) Dobiti valjano mjerenje željenih parametara koristeći vrijednost prekidne valne duljine (referentne duljine) proračunate u prethodnim koracima.

8.4.1.2 Postupak za periodični profil hrapavosti

Za površine s periodičnim profilom hrapavosti prati se slijedeći postupak.

- a) Grafički procijeniti parametar RSm površine nepoznate hrapavosti
- b) Odrediti pripadajuću vrijednost prekidne valne duljine za procjenjeni parametar RSm koristeći tablicu 7.
- c) Ako je nužno, npr. u spornim slučajevima, izmjeriti RSm vrijednost koristeći prekidnu valnu duljinu dobivenu pod b).
- d) Ako se vrijednost RSm iz koraka c) poklapa s manjom ili većom prekidnom valnom duljinom od one u koraku b), koristiti upravo tu vrijednost manje ili veće prekidne valne duljine.
- e) Dobiti valjano mjerenje željenih parametara koristeći vrijednost prekidne valne duljine (duljine vrednovanja) proračunatu u prethodnim koracima.

Tablica 6 Referentna duljina za mjerenje Ra , Rq , Rsk , Rku , $R\Delta q$, krivulja i ostalih parametara za neperiodične profile

Ra μm	Referentna duljina, lr mm	Duljina vrednovanja, ln mm
$(0,006) < Ra \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < Ra \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < Ra \leq 2$	0,8	4
$2 < Ra \leq 10$	2,5	12,5
$10 < Ra \leq 80$	8	40

Tablica 7 Referentna duljina za mjerenje Rz , Rv , Rp , Rc i Rt parametara za neperiodične profile

$Rz(1)$, $Rz(1)_{max}(2)$ μm	Referentna duljina, lr mm	Duljina vrednovanja, ln mm
$(0,025) < Rz, Rz(1)_{max} \leq 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < Rz, Rz(1)_{max} \leq 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < Rz, Rz(1)_{max} \leq 10$	0,8	4
$10 < Rz, Rz(1)_{max} \leq 50$	2,5	12,5

$50 < R_z, R_{z1max} \leq 200$	8	40
1) R_z se koristi za mjerenje R_z, R_v, R_p, R_c i R_t		
2) R_{z1max} se koristi za mjerenje $R_{z1max}, R_{v1max}, R_{p1max}$ i R_{c1max}		

Tablica 8 Referentna duljina za mjerenje R-parametra periodičnih profila i RSm parametara periodičnih i neperiodičnih profila

RSm mm	Referentna duljina, l_r mm	Duljina vrednovanja, l_n mm
$0,013 < RSm \leq 0,04$	0,08	0,4
$0,04 < RSm \leq 0,13$	0,25	1,25
$0,13 < RSm \leq 0,4$	0,8	4
$0,4 < RSm \leq 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < RSm \leq 4$	8	40

9 ISO 21920-3 [6]

Norma ISO 21920-3 izdana je 2021. godine u svrhu dorade ISO 4288 norme. Ova norma objašnjava operator specifikacije za teksturu površine te definira uvjete prema kojima se izvode mjerenja. Ona definira „zadani slučaj“. To znači da ako nema izričitih specifikacija na crtežu, primjenjuju se standardne smjernice - drugim riječima, sve što se ne mora izričito navesti. Dakle, ovaj dio ne odnosi se samo na uvjete mjerenja, već i na dodatne faktore koje treba uzeti u obzir kako bi se dobio pouzdani rezultat. Stoga, u ovom dijelu nema propisa o tome kako nešto mjeriti, već samo opis potpunog specifikacijskog operatora.

9.1 Operator potpune specifikacije

Operator potpune specifikacije sastoji se od uređenog potpunog skupa operacija nedvosmislene specifikacije, raspoređenih u nedvosmislenom redoslijedu. Za profil površinske teksture, operator potpune specifikacije definira sve elemente postavki. Za R-parametre, treba specificirati ili klasu postavljanja ili „nesting“ indeks profila L-filtra. Za W-parametre, treba specificirati ili klasu postavljanja ili „nesting“ indeks profila S-filtra. Za R-parametre Ra , Rq , Rz , Rp , Rv , Rzx i Rt , te za Pt , sve zadane postavke mogu se specificirati putem određivanja granice tolerancije.

Kada se specificira hrapavost površine profilnom metodom, površina je značajka s tolerancijom. Stoga su smjer profila i položaj profila sastavni dio specifikacije. Nedostaci i greške dio su specificirane površine i trebaju se uzeti u obzir pri određivanju položaja profila, osim ako nije drugačije navedeno. Opće postavke navedene u Tablici 10, neovisno o specificiranom tipu parametra, trebaju biti primijenjene.

Tablica 9 Opće postavke

Kriterij	Opća postavka
Postupak ekstrakcije profila	Mehanički profil
Smjer profila	Smjer koji rezultira maksimalnim vrijednostima parametara visine hrapavosti (okomit na dominantni smjer položaja).
Položaj profila	Položaj profila ovisi o pravilu prihvaćanja tolerancije. Za pravilo maksimalne tolerancije prihvaćanja: položaj na onom dijelu površine na kojem se očekuju kritične vrijednosti. Ako se taj položaj ne može jasno identificirati, pojedinačne staze će biti ravnomjerno raspoređene po tom dijelu površine. Za pravilo prihvaćanja tolerancije od 16 % i za

	pravilo prihvaćanja srednje vrijednosti: ravnomjerno raspoređene staze će biti uzete kako bi predstavljale cijelu površinu
Tip tolerancije	Gornja granica tolerancije
Pravilo prihvaćanja tolerancije	Pravilo maksimalnog prihvaćanja tolerancije
Tip profila <i>S</i> -filtra	Gaussov filter
Tip profila <i>L</i> -filtra (za <i>R</i> -parametre) Tip profila <i>S</i> -filtra (za <i>W</i> -parametre)	Gaussov filter
Metoda udruživanja i element profila <i>F</i> -operatora	Udruživanje i uklanjanje specificiranog elementa oblika uz pomoć ukupne metode najmanjih kvadrata.

9.1.1 Opće postavke zasnovane na specifikaciji

Ovaj odjeljak definira pravila za zadane postavke temeljene na specifikaciji, uz dodatne opće zadane postavke. Ako je nekoliko parametara specificirano unutar jednog grafičkog simbola, parametar u prvom redu će se koristiti za odabir zadanih postavki. Ako je specificirano više od jednog elementa specifikacije, gornji element specifikacije će se koristiti za definiranje stupca za sve postavke zadanih postavki koje nisu eksplicitno navedene u Tablicama 11 do 15. Ako se specificira „nesting“ indeks *Nic* koji nije naveden u Tablicama 11 do 15, treba specificirati drugi element specifikacije, npr. klasu postavljanja *Scn*, kako bi se definirao stupac za sve druge postavke koje nisu eksplicitno navedene. Ako se specificira „nesting“ indeks *Nis* koji nije naveden u Tablicama 11 do 15, maksimalno uzorkovanje će biti $Nis/5$, na primjer ako je $Nis = 5 \mu\text{m}$, onda je maksimalna udaljenost uzorkovanja $dx = 1 \mu\text{m}$. Ako postoji proturječje između zadanog smjera profila i zadane duljine mjerenja, prvo će se poštovati smjer profila.

9.1.2 Opće postavke zasnovane na *Nic* ili *Scn*

Za sve *R*-parametre, osim za *Ra*, *Rq*, *Rz*, *Rp*, *Rv*, *Rzx* i *Rt*, u označavanju crteža treba dati jednu od sljedećih specifikacija: „nesting“ indeks profila *L*-filtra *Nic* ili klasu postavljanja *Scn*.

Za sve *W*-parametre, u označavanju crteža treba dati jednu od sljedećih specifikacija: „nesting“ indeks profila *S*-filtra *Nic*; ili klasu postavljanja *Scn*.

Za sve P -parametre, osim za P_t , u označavanju crteža treba dati jednu od sljedećih specifikacija: „nesting“ indeks profila S-filtra N_{is} ili klasu postavljanja Sc_n .

Tablica 10 Opće postavke zasnovane na N_{ic} i Sc_n

	Klasa postavljanja				
	$Sc1$	$Sc2$	$Sc3$	$Sc4$	$Sc5$
„Nesting“ indeks L-filtra profila N_{ic} ili „nesting“ indeks S-filtra profila N_{ic} mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Duljina vrednovanja le mm	0,4	1,25	4	12,5	40
	Iznimka: zadana duljina vrednovanja le za P -parametre je duljina specificirane značajke				
„Nesting“ indeks S-filtra profila N_{is} μm	2,5	2,5	2,5	8	25
Maksimalna referentna duljina dx μm	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Maksimalni nominalni radijus vrha $rtip$ μm	2	2	2	5	10
Samo za parametre duljine presjeka					
Duljina presjeka lsc mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
	Iznimka: zadana duljina presjeka lsc za P -parametre je $le/5$				
Broj presjeka nsc	5	5	5	5	5
NAPOMENA Za P -parametre, nema razlike između $Sc1$, $Sc2$ i $Sc3$ ali ovi stupci su zadržani kako bi ostala ista struktura kao u tablicama 11 do 15					

9.1.3 Opće postavke za R_a , R_q , R_z , R_p , R_v , R_{zx} i R_t zasnovane na gornjoj granici tolerancije

Opće postavke za R_a , R_q , R_z , R_p , R_v , R_{zx} i R_t zasnovane na gornjoj granici tolerancije U ili specificiranoj klasi postavljanja, Sc_n , su dane u tablici 12.

Ako je specificirana klasa postavljanja, ona definira opće postavke za sve nespecificirane elemente.

Tablica 11 Opće postavke za R_a , R_q , R_z , R_p , R_v , R_{zx} i R_t zasnovane na gornjoj granici tolerancije

	Klasa postavljanja				
	$Sc1$	$Sc2$	$Sc3$	$Sc4$	$Sc5$
Specificirani parametar	Gornja granica tolerancije (U) specificiranog parametra				

$Rz, \mu m$	$U \leq 0,16$	$0,16 < U \leq 0,8$	$0,8 < U \leq 16$	$16 < U \leq 80$	$U > 80$
$Ra, \mu m$	$U \leq 0,02$	$0,02 < U \leq 0,1$	$0,1 < U \leq 2$	$2 < U \leq 10$	$U > 10$
$Rp, \mu m$	$U \leq 0,06$	$0,06 < U \leq 0,3$	$0,3 < U \leq 6$	$6 < U \leq 30$	$U > 30$
$Rv, \mu m$	$U \leq 0,10$	$0,10 < U \leq 0,5$	$0,5 < U \leq 10$	$10 < U \leq 50$	$U > 50$
$Rq, \mu m$	$U \leq 0,032$	$0,032 < U \leq 0,16$	$0,16 < U \leq 3,2$	$3,2 < U \leq 16$	$U > 16$
$Rzx, \mu m$	$U \leq 0,23$	$0,23 < U \leq 1,15$	$1,15 < U \leq 23$	$23 < U \leq 115$	$U > 115$
$Rt, \mu m$	$U \leq 0,26$	$0,26 < U \leq 1,3$	$1,3 < U \leq 26$	$26 < U \leq 130$	$U > 130$
„Nesting“ indeks L-filtera profila Nic, mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Duljina vrednovanja le, mm	0,4	1,25	4	12,5	40
„Nesting“ indeks S-filtera profila $Nis, \mu m$	2,5	2,5	2,5	8	25
Maksimalna referentna udaljenost $dx, \mu m$	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Maksimalni nominalni radijus vrha $r_{tip}, \mu m$	2	2	2	5	10
Samo za parametre duljine presjeka					
Duljina presijeka l_{sc}, mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Broj presijeka n_{sc}	5	5	5	5	5

9.1.4 Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na obostranoj granici tolerancije

Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na bilateralnoj granici tolerancije ili specificiranoj klasi postavljanja, Sc_n , su dane u tablici 13.

Tablica 12 Opće postavke za Ra, Rq, Rz, Rp, Rv, Rzx i Rt zasnovane na bilateralnoj granici tolerancije

	Klasa postavljanja				
	$Sc1$	$Sc2$	$Sc3$	$Sc4$	$Sc5$
Specificirani parametar	Centar tolerancije (C) bilateralne tolerancije specificiranog parametra.				
$Rz, \mu m$	$C \leq 0,128$	$0,128 < C \leq 0,64$	$0,64 < C \leq 12,8$	$12,8 < C \leq 64$	$C > 64$
$Ra, \mu m$	$C \leq 0,016$	$0,016 < C \leq 0,08$	$0,08 < C \leq 1,6$	$1,6 < C \leq 8$	$C > 8$
$Rp, \mu m$	$C \leq 0,048$	$0,048 < C \leq 0,24$	$0,24 < C \leq 4,8$	$4,8 < C \leq 24$	$C > 24$
$Rv, \mu m$	$C \leq 0,08$	$0,08 < C \leq 0,4$	$0,4 < C \leq 8$	$8 < C \leq 40$	$C > 40$
$Rq, \mu m$	$C \leq 0,026$	$0,026 < C \leq 0,13$	$0,13 < C \leq 2,6$	$2,6 < C \leq 13$	$C > 13$
$Rzx, \mu m$	$C \leq 0,184$	$0,184 < C \leq 0,92$	$0,92 < C \leq 18,4$	$18,4 < C \leq 92$	$C > 92$
$Rt, \mu m$	$C \leq 0,208$	$0,208 < C \leq 1,04$	$1,04 < C \leq 20,8$	$20,8 < C \leq 104$	$C > 92$

„Nesting“ indeks L- filtera profila <i>Nic</i> , mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Duljina vrednovanja <i>le</i> , mm	0,4	1,25	4	12,5	40
„Nesting“ indeks S- filtera profila <i>Nis</i> , μm	2,5	2,5	2,5	8	25
Maksimalna referentna udaljenost <i>dx</i> , μm	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Maksimalni nominalni radijus vrha <i>r_{tip}</i> , μm	2	2	2	5	10
Samo za parametre duljine presjeka					
Duljina presjeka <i>l_{sc}</i> , mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Broj presjeka <i>n_{sc}</i>	5	5	5	5	5

9.1.5 Opće postavke za *Ra*, *Rq*, *Rz*, *Rp*, *Rv*, *Rzx* i *Rt* zasnovane na donjoj granici tolerancije

Opće postavke za *Ra*, *Rq*, *Rz*, *Rp*, *Rv*, *Rzx* i *Rt* zasnovane na donjoj granici tolerancije *L* ili specificiranoj klasi postavljanja, *Sc_n*, su dane u tablici 14.

Tablica 13 Opće postavke za *Ra*, *Rq*, *Rz*, *Rp*, *Rv*, *Rzx* i *Rt* zasnovane na donjoj granici tolerancije

	Klasa postavljanja				
	<i>Sc1</i>	<i>Sc2</i>	<i>Sc3</i>	<i>Sc4</i>	<i>Sc5</i>
Specificirani parametar	Donja granica tolerancije (<i>L</i>) specificiranog parametra				
<i>Rz</i> , μm	$L \leq 0,08$	$0,08 < L \leq 0,4$	$0,4 < L \leq 8$	$8 < L \leq 40$	$L > 40$
<i>Ra</i> , μm	$L \leq 0,01$	$0,01 < L \leq 0,05$	$0,05 < L \leq 1$	$1 < L \leq 5$	$L > 5$
<i>Rp</i> , μm	$L \leq 0,03$	$0,03 < L \leq 0,15$	$0,15 < L \leq 3$	$3 < L \leq 15$	$L > 15$
<i>Rv</i> , μm	$L \leq 0,05$	$0,05 < L \leq 0,25$	$0,25 < L \leq 5$	$5 < L \leq 25$	$L > 25$
<i>Rq</i> , μm	$L \leq 0,016$	$0,016 < L \leq 0,08$	$0,08 < L \leq 1,6$	$1,6 < L \leq 8$	$L > 8$
<i>Rzx</i> , μm	$L \leq 0,115$	$0,115 < L \leq 0,57$	$0,57 < L \leq 11,5$	$11,5 < L \leq 57$	$L > 57$
<i>Rt</i> , μm	$L \leq 0,13$	$0,13 < L \leq 0,65$	$0,65 < L \leq 13$	$13 < L \leq 65$	$L > 65$
„Nesting“ indeks L- filtera profila <i>Nic</i> , mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8

Duljina vrednovanja le , mm	0,4	1,25	4	12,5	40
„Nesting“ indeks S-filtera profila Nis , μm	2,5	2,5	2,5	8	25
Maksimalna referentna udaljenost dx , μm	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Maksimalni nominalni radijus vrha r_{tip} , μm	2	2	2	5	10
Samo za parametre duljine presjeka					
Duljina presijeka l_{sc} , mm	0,08	0,25	0,8	2,5	8
Broj presijeka n_{sc}	5	5	5	5	5

9.1.6 Opće postavke za Pt

Opće postavke za Pt zasnovane na specificiranoj granici tolerancije i tipu tolerancije dane su u tablici 15.

Tablica 14 Opće postavke za Pt

	Klasa postavljanja				
	$Sc1$	$Sc2$	$Sc3$	$Sc4$	$Sc5$
Specificirani parametar Pt , μm	Gornja granica tolerancije (U)				
	$U \leq 0,27$	$0,27 < U \leq 1,35$	$1,35 < U \leq 27$	$27 < U \leq 135$	$U > 135$
	Centar tolerancije (C) bilateralne granice tolerancije				
	$C \leq 0,216$	$0,216 < C \leq 1,08$	$1,08 < C \leq 21,6$	$21,6 < C \leq 108$	$C > 108$
	Donja granica tolerancije (L)				
	$L \leq 0,135$	$0,135 < L \leq 0,68$	$0,68 < L \leq 13,5$	$13,5 < L \leq 68$	$L > 68$
Duljina vrednovanja le	Duljina specificirane značajke				
„Nesting“ indeks S-filtera profila Nis , μm	2,5	2,5	2,5	8	25
Maksimalna referentna udaljenost dx , μm	0,5	0,5	0,5	1,5	5
Maksimalni nominalni radijus vrha r_{tip} , μm	2	2	2	5	10

10 Izmjene u normama ISO 4288 i ISO 21920-3

Najznačajnije izmjene između normi ISO 4288 i ISO 21920-3 prikazane su u tablici 16.

Tablica 15 Izmjene u normama ISO 4288 i ISO 21920-3

ISO 4288	Nedostatci u ISO 4288	ISO 21920-3
Razlika između periodičkog i neperiodičkog profila	<ul style="list-style-type: none"> - Nema kriterija za razlikovanje između periodičkih i neperiodičkih profila - Subjektivna odluka o tome je li profil periodičan ili ne - Iste karakteristike visine imaju različite zadane postavke za periodičke i neperiodičke profile - Tijekom serijske proizvodnje više radnih komada, karakteristike profila mogu se promijeniti s periodičnih na neperiodičke pri čemu bi se zadane postavke također trebale promijeniti (što nije razumno) 	Nema razlike između periodičkih i neperiodičkih profila, jedan jedinstveni postupak za sve vrste profila
Osnova za zadane postavke je efektivna visina testiranog radnog komada	<ul style="list-style-type: none"> - Složen postupak za dobivanje relevantnih vrijednosti parametara za tablice zadanih postavki - Zahtijeva puno vremena (moguće je da su potrebna višestruka mjerenja) - Postavke i rezultati ovise o subjektivnim odlukama operatera - Promjena postavki unutar granica jednog tolerancijskog intervala je moguća (no nije uobičajena u praksi) 	Nedvosmislena osnova za zadane postavke je specifikacija, neovisno o karakteristikama profila i visini
Dvosmislenost u vezi s površinskim greškama	- U ISO 4288 daju se proturječna pravila: „Površinske greške ne smiju se razmatrati tijekom pregleda površinske teksture" i „Mjerenja treba provoditi na dijelu ... na kojem se mogu očekivati kritične vrijednosti"	Nedvosmislenost: površinske nesavršenosti i površinske greške čine dio specificirane površine

11 Zaključak

U prosincu 2021. godine, objavljivanjem norme ISO 21920, područje mjeriteljstva površinske teksture značajno je izmijenjeno. Naime, više od dva desetljeća norme u području mjeriteljstva teksture površina nisu mijenjane te su u tom periodu mjeritelji, tehnolozi i inženjeri slijedili zahtjeve sljedećih normi:

- ISO 1302:2002 Geometrical Product Specifications (GPS) — Indication of surface texture in technical product documentation
- ISO 4287:1997 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters
- ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture.

Valja naglasiti da su zahtjevi iz norme ISO 4288:1996, a koji se odnose na uvjete mjerenja, bili vrlo jednostavno definirani. Primjerice, za izbor granične vrijednosti λc filtera mjeritelji su trebali konzultirati jednu tablicu u kojoj bi, s obzirom na tip profila i nazivnu vrijednost parametra hrapavosti Ra , Rz ili RSm odabirali λc vrijednost. No, u praksi se nerijetko događalo da se niti tako jednostavno definiran zahtjev ne primjenjuje, iako može značajno utjecati na rezultate mjerenja.

Norme ISO 4288, ISO 4287 i ISO 1302 su razvijene u prošlim desetljećima kada tehnologija, procesi i mjerna oprema nisu bili tako napredni i kompleksni kao danas. Rigorozniji zahtjevi industrije, naglasak na većoj preciznosti i pouzdanosti mjerenja, te napredak u znanstvenim i tehničkim istraživanjima odigrali su ključnu ulogu u izdavanju norme ISO 21920. Različite industrije, uključujući automobilsku, elektroničku i medicinsku, imaju specifične potrebe kada je riječ o karakteristikama površinske teksture, a norme su neophodne kako bi se osiguralo ispunjavanje tih zahtjeva. Napredak u znanstvenim i tehničkim istraživanjima također je odigrao ključnu ulogu u stvaranju novih normi, budući da najnovije spoznaje zahtijevaju da se standardi prilagode kako bi bolje odražavali suvremeno razumijevanje i tehnologiju u području površinske teksture. Norma ISO 21920 je razvijena upravo kako bi se bolje prilagodila tim suvremenim zahtjevima i praksama. Norma ISO 21920 je podijeljena na tri dijela:

- ISO 21920-1:2021 umjesto ISO 1302:2002
- ISO 21920-2:2021 umjesto ISO 4287:1997
- ISO 21920-3:2021 umjesto ISO 4288:1996.

Norma ISO 21920-1 zamjenjuje ISO 1302 normu i obuhvaća postupke i pravila za označavanje teksture površine. Tekstura površine i dalje se označava grafičkim simbolima, ali oni su sada detaljnije definirani. Upravo to ima za posljedicu da se čak i na najkompliciranijim tehničkim crtežima ne treba dodavati tekst u svrhu detaljnog objašnjavanja teksture površine, već se ona može definirati samim simbolima. Osim toga, ova norma uključuje i nove parametre teksture površine kao što su: $OR(n)$, $T16\%$, $Tmed$, Scn itd. Nadalje, norma ISO 21920-2 uvodi novosti kod pojmova, definicija i parametara povezanih s teksturom površine. Najznačajnija izmjena u ovoj normi u odnosu na prethodnu, ISO 4287 normu, je da se parametri definiraju pomoću duljine vrednovanja, a ne pomoću referentne duljine kao što je to bio slučaj do sada. Također, u prethodnoj normi postojale su veće nesigurnosti prilikom mjerenja povezane s parametrima elemenata profila jer oni nisu bili jasno definirani. U novoj normi to je značajno poboljšano. ISO 21920-3 definira uvjete i zahtjeve prema kojima se provode mjerenja te „osigurava“ njihovu ispravnu provedbu. Najznačajnija promjena u ovoj normi u odnosu na ISO 4288 normu je da nema razlike u postupku mjerenja kod periodičkih i neperiodičkih profila, što nije bio slučaj do sada. Jedan od glavnih nedostataka prethodne norme je što je mjerenje površinskih grešaka bilo dvosmisleno definirano. U novoj normi jasno je objašnjeno da površinske nesavršenosti i greške čine dio specificirane površine. [7]

Za razliku od zahtjeva na odabir λc filtera, vjerojatno najznačajnijeg parametra na uvjete mjerenja iz norme ISO 4288, u normi ISO 21920-3 se definiraju uvjeti mjerenja ovisno o specifičnosti definiranih zahtjeva na stanje površine. Dakle, u novoj normi su navedeni brojni specifični zahtjevi, i valjalo bi za svaki od njih konzultirati i specifične uvjete propisane normom ISO 21920-3. Stoga se može reći kako će u narednom periodu rezultati mjerenja parametara površinske teksture bit mjereni uz različite uvjete – bez kriterija, prema zahtjevima ISO 4288 ili prema ISO 21920-3 čime će se dovesti u pitanje i pouzdanost ostvarenih rezultata kao i smislenosti radnji koje će se poduzimati u proizvodnim organizacijama kao odgovor na ostvarene rezultate mjerenja.

Literatura

- [1] Geometrical Product Specifications (GPS) - Indication of surface texture in technical product documentation (ISO 1302:2002)
- [2] Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile - Part 1: Indication of surface texture (ISO 21920- 1:2021)
- [3] Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 4287:1997)
- [4] Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile - Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 21920-2:2021, Corrected version 2022-06)
- [5] Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method – Rules and procedures for the assessment of surface texture (ISO 4288:1996)
- [6] Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile - Part 3: Specification operators (ISO 21920- 3:2021)
- [7] Improved standards for surface texture, <https://www.mahr.com/en-us/news-events/article-view/improved-standards-for-surface-texture>, 12.9.2023.