

# Ispitivanje kvalitete brušenih površina

## SANDED SURFACE QUALITY TESTING

Vlatka Jirouš-Rajković, dipl. ing.

UDK 630\*829.1

Prispjelo: 15. prosinca 1990.  
Prihvaćeno: 15. siječnja 1991.

Izvorni znanstveni rad

### Sažetak

Na uzorcima furniranim bukovim i hrastovim furnirom, brušenima različitim sistemima i različitim kombinacijama granulacija, mikrogeometrija površine ispitivana je kvantitativnom metodom pomoću TALYSURF instrumenta i kvalitativnom metodom — opipom. Za određivanje mikrogeometrije površine kontaktnom metodom primjenjivani su parametri Ra, Rz i Rmax. Pokazalo se da su ti parametri dovoljni za određivanje mikrogeometrije površine uzoraka furniranih bukovim furnirom, ali da parametar Ra nije pogodan za uzorke furnirane hrastovim furnirom. Najmanja hrapavost površine izmjerena je na uzorcima koji su brušeni širokotračnom brusilicom s kombinacijom granulacija 100 i 120, te nakon toga kvašeni i poslije sušenja ponovno brušeni granulacijom 150 na uskotračnoj brusilici.

**Ključne riječi:** brušenje — kvaliteta površine — mjerenje hrapavosti površine

### Summary

The surface microgeometry was tested by quantitative method (using stylus instrument) and qualitative method (by touch evaluation) on beech and oak veneered chipboard samples sanded by means of different sanding treatments and various fineness of sandpaper. The parameters Ra, Rz and Rmax were used to determine the surface microgeometry by contact (stylus) method. It turned out that the above parameters were satisfactory enough to determine the surface microgeometry, however the parameter Ra was not suitable for oak veneered samples. The finest surface quality was achieved on the samples sanded by wide — belt contact sanding machine (grit size 100—120) additionally moistened, redried and finally sanded by belt sander (grit size 150).

**Key words:** sanding — surface quality — measuring of surface roughness

### UVOD

O važnosti brušenja za površinsku obradu drva govori i stara stolarska uzrečica da je dobro obrušeno drvo napola polirano. Ipak, u našim tvornicama namještaja brušenju se često ne pridaje dovoljno pažnje. Prema brušenju se ne bi smio određivati dalji proces površinske obrade, već bi se brušenje, odnosno strojevi za brušenje, morali prilagoditi procesu površinske obrade drva. Dodatni sloj laka ne može poboljšati slabu kvalitetu površine, koja je posljedica lošeg brušenja, no dobro pripremljena površina poboljšat će izgled lakiranog obratka i smanjiti potreban sloj laka. Većina proizvođača namještaja složiti će se s tim da je brušenje relativno skupa operacija i s obzirom na opremu i s obzirom na abrazivni materijal, pa već malo povećanje uspješnosti procesa brušenja može dati znatne uštede. Tehnike brušenja i procjene kvalitete brušenih površina razlikuju se od tvornice do tvornice. Kad bi se kvaliteta površine za različite namjene mogla objektivno definirati, možda bi se mogli predložiti optimalni režimi brušenja za željenu razinu kvalitete. Kvalitetu površine određuju fizikalna i me-

hanička svojstva površine, njezine kemijsko-fizikalne i estetske osobine, te geometrijsko stanje površine (geometrija površine). Većina evropskih zemalja dijeli geometriju površine na:

- odstupanje oblika,
- valovitost,
- hrapavost.

Pritom se odstupanje oblika i valovitost svrstavaju u makrogeometriju, a hrapavost u mikrogeometriju [1]. No treba imati na umu da se realna površina drva sastoji od njegovih strukturnih neravnina i neravnina nastalih obradom (hrapavost, valovitost, odstupanje oblika). Valovitost se očituje zaobljenim izbočinama i udubinama stvarne površine, koje se mogu ustanoviti prema mikrogeometrijskom izgledu i čija je udaljenost između vrhova mnogo veća nego pri hrapavosti. Stoga se hrapavost dobro ustanovljuje opipom, a valovitost promatranjem pri kosoj rasvjeti [7]. Te kvalitativne metode ne treba podcjenjivati, jer oko zapaža neravnine da 1  $\mu\text{m}$ , a opip je još osjetljiviji [13]. No, na žalost, te su metode prikladne samo za komparaciju, subjektivne su i ne daju numeričke podatke. Kvantitativne metode ispitivanja mikrogeometrije površi-

\* Istraživanje je provedeno u tvornicama namještaja ŠAVRIĆ, TVIN — Virovitica, RADIN — Ravna Gora, te im se ovom prilikom zahvaljujemo na pomoći.

ne dijele se na optičke i kontaktne. U ovom je radu mikrogeometrija brušenih površina ispitana i kvalitativnom metodom (opipom) i kvantitativnom kontaktnom metodom.

#### PROBLEMATIKA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Problemi brušenja naročito su izraženi u proizvodnja pločastog namještaja, posebno zbog nezadovoljavajuće kvalitete ploča iverica (prevelike tolerancije debljine), sve lošije kvalitete furnira, grešaka u procesu furniranja, te, u većini slučajeva, zastarjele opreme za brušenje. Za brušenje furniranih ploča ne postoje definirani režimi brušenja. Granulacije papira na pojedinim agregatima određuju se na temelju iskustva u brušenju određenih vrsta furnira raspoloživom opremom. O tome da li treba brusiti u smjeru vlakana, poprečno na njih ili kombinirano postoje različita mišljenja. Cilj ovog rada je upoznavanje sistema brušenja furniranih ploča u naših najvećih proizvođača furniranog namještaja, ispitivanje mikrogeometrije površina nakon brušenja različitim sustavima koristeći se kvalitativnim i kvantitativnim metodama mjerenja, te ispitivanje prikladnosti pojedinih parametara za određivanje mikrogeometrije površine.

#### PRIKAZ METODE RADA

U četiri tvornice furniranog namještaja analiziran je proces brušenja ploča furniranih buko-

vim i hrastovim furnirom. Sistemi brušenja i kombinacije granulacija koje se primjenjuju u pojedinim tvornicama prikazani su u tablici I.

#### Uzorci za ispitivanje

U svakoj su tvornici (A, B, C i D) određeni uzorci za ispitivanje kvalitete brušenih površina koji nisu posebno pripremani.

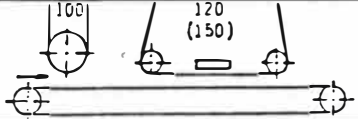
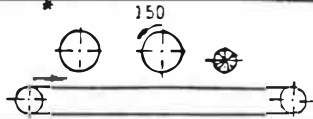
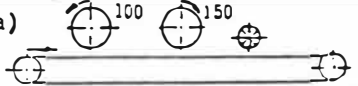
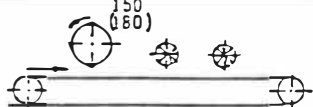
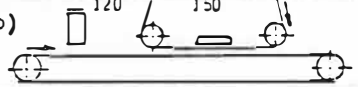
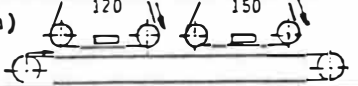
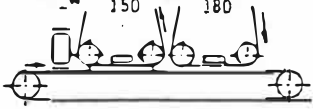

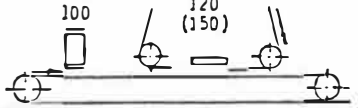
Ploče iverice furnirane bukovim i hrastovim furnirom brušene su na način uobičajen za pojedinu tvornicu. Konstruktivno-tehnološke karakteristike pojedinih brusilica određivale su minimalne odnosno maksimalne dimenzije uzoraka, tako da su i dimenzije uzoraka iz različitih tvornica bile različite. U svakoj su tvornici pojedini uzorci brušeni novim brusnim papirom, odnosno papirom koji je, prema Pahlitschu [10], u području početne oštine, a pojedini su uzorci brušeni neposredno prije mijenjanja papira, odnosno papirom koji je bio u granicama zatupljenosti.

#### Uzorci iz tvornice A

Ploče iverice dimenzije 590×990×18 obostrano furnirane bukovim ili hrastovim furnirom debljine 0,6 mm brušene su u tvornici A sistemom prikazanim u tablici I. Brusilica na početku linije za površinsku obradu nije upotrijebljena za brušenje uzoraka jer se rijetko koristi za fino brušenje prije površinske obrade i većinom služi za popravke.

SISTEMI BRUŠENJA U  
ČETIRI TVORNICI FURNIRANOG  
NAMJEŠTAJA  
Tablica I.

SYSTEMS OF SANDING  
USED BY FOUR FACTORIES  
MANUFACTURING VENE-  
NERED FURNITURE  
Table I.

Tvornica	Brušenje furnira	Brusilica na početku linije za površinsku obradu
A		
B	a) 	
	b) 	
C	a) 	
	b) 	
D		

\* Postojeći agregat se ne upotrebljava u procesu brušenja.

\*\* Detaljniji podaci o primijenjenim režimima brušenja bit će objavljeni u završnom izvješćaju o ovom ispitivanju.

NACIN BRUŠENJA UZORAKA  
IZ TVORNICE A

Tablica II.

SANDING METHOD OF  
SAMPLES USED IN THE  
FACTORY A

Table II.

Uzorak	Furnir	Kombinacija granulacija	Zatupljenost papira
A1	bukov	100,120	Oštar
A2	bukov	100,120	Zatupljen
A1n	bukov	100,120 , kvašenje vodom	Oštar
A2n	bukov	100,120, kvašenje vodom	Zatupljen
A1nb	bukov	100,120, kvašenje vodom 150	Oštar
A2nb	bukov	100,120, kvašenje vodom 150	Zatupljen
A3	bukov	100,120,150	Oštar
A4	bukov	100,120,150	Zatupljen
A1*	hrastov	100,120	Oštar
A2*	hrastov	100,120	Zatupljen
A1n*	hrastov	100,120 kvašenje vodom	Oštar
A2n*	hrastov	100,120 kvašenje vodom	Zatupljen
A1nb*	hrastov	100,120 kvašenje vodom 150	Oštar
A2nb*	hrastov	100,120 kvašenje vodom 150	Zatupljen
A3*	hrastov	100,120,150	Oštar
A4*	hrastov	100,120,150	Zatupljen

NACIN BRUŠENJA UZORAKA  
IZ TVORNICE B

Tablica III.

SANDING METHOD OF  
SAMPLES USED IN THE  
FACTORY B

Table III.

Uzorak	Furnir	Kombinacija granulacija	Zatupljenost papira
B1	bukov	120,150 (b) +180	oštar
B2	bukov	120,150 (b) *	zatupljen
B3	bukov	100,150 (a) +180	oštar
B4	bukov	100,150 (a) +180	zatupljen
B1*	hrastov	120,150 (b) +180	oštar
B2*	hrastov	120,150 (b) +180	zatupljen
B3*	hrastov	100,150 (a) +180	oštar
B4*	hrastov	100,150 (a) +180	zatupljen

\* Slovo u zagradi znači da je brušeno sistemom b u tvornici B (vidi tablicu I).

Svaka je ploča nakon brušenja raspiljena na manje dijelove da bi se pomoću instrumenta mogla mjeriti mikrogeometrija površine. Mjerenja su obavljena najmanje 3 cm od ruba svake ras-

piljene ploče. Uzorci tvornice 9 brušeni su prema tablici II.

Pošto je izmjerena hrapavost uzoraka A1, A2, A1\* i A2\*, oni su nakvašeni vodom i nakon suše-

NACIN BRUŠENJA UZORAKA  
IZ TVORNICICE C  
Tablica IV.

SANDING METHOD OF  
SAMPLES USED IN THE  
FACTORY C  
Table IV.

UZORAK	FURNIR	KOMBINACIJA GRANULACIJA	ZATUPLJENOST PAPIRA
C1	bukov	100,150 (b) 150,180	oštar
C2	bukov	100,150 (b) 150,180	zatupljen
C1*	hrastov	100,150 (b) 150,180	oštar
C2*	hrastov	100,150 (b) 150,180	zatupljen

NACIN BRUŠENJA UZORAKA  
IZ TVORNICICE D  
Tablica V.

SANDING METHOD OF  
SAMPLES USED IN THE  
FACTORY D  
Table V.

UZORAK	FURNIR	KOMBINACIJA GRANULACIJA	ZATUPLJENOST PAPAIIRA
D1	bukov	100,150	oštar
D2	bukov	100,150	zatupljen
D1*	hrastov	100,150	oštar
D2*	hrastov	100,150	zatupljen

nja im je ponovno izmjerena hrapavost. Poslije toga uzorci su brušeni uskotračnom brusilicom granulacije 150. Ta brusilica nije naznačena u tablici I. jer se u tvornici A upotrebljava kao pomoćni stroj pri brušenju pročelja. Nakon brušenja granulacijom 150 ponovno je mjerena hrapavost uzoraka. Uzorci koji su nakon navlaživanja ponovno brušeni označeni su A1nb, A2nb, A1nb\* i A2nb\*.

#### Uzorci iz tvornice B

Ploče iverice dimenzija 400×150×16 furnirane hrastovim i bukovim furnirom radijalne teksture brušene su u tvornici B prema tablici III. Brušenje granulacijom 180 obavljeno je brusilicom koja se nalazi na početku linije za površinsku obradu.

#### Uzorci iz tvornice C

Furnirane ploče iverice dimenzija 880×405×16 brušene su u tvornici C prema tablici IV. Uzorci su brušeni granulacijama 100 i 150 na dvotračnoj poluautomatskoj brusilici, a na brusilici koja se nalazi na početku linije za površinsku obradu uzorci su brušeni granulacijama 150 i 180. Iako imaju bolju tehnologiju, tvornice se često u slučaju kvara, nedostatka papira i sl. koriste i lošijom.

#### Uzorci iz tvornice D

Uzorci skupine D brušeni su u tvornici D prema tablici V.

Bilo je pokušaja da se snime i ostali relevantni parametri brušenja (sp. pritisak, brzina reznja, pomak, itd.), no nije ih bilo moguće izmjeriti

u svim pogonima, pa su izostavljeni i oni koji su izmjereni samo u nekima.

#### ISPITIVANJE MIKROGEOMETRIJE POVRŠINE

Istraživanje opisano u ovom radu pripada istraživanjima mikrogeometrije površine, a odnosi se prije svega na mjerenje hrapavosti površine brušenih uzoraka furniranih ploča.

Razvoj i usavršavanje instrumenata za mjerenje hrapavosti dosegao je najveći stupanj kod instrumenata namijenjenih mjerenju metalnih površina, a to je potaklo mnoge istraživače da pokušaju mjeriti hrapavost površine drva. Tako su se razvile POSREDNE (indirektne) i NEPOSREDNE (direktne) metode mjerenja hrapavosti površine drva.

U indirektno metode mjerenja hrapavosti ubrajaju se: metoda s pastom prema Flemingu, pneumatska metoda, optička metoda (pri kojoj se hrapavost mjeri prema sjaju), metoda klizanja vodene kapljice i metoda preslikavanja.

Neposredne metode mjerenja hrapavosti dijele se na beskontaktno ili optičke (metoda svjetlosnog presjeka, metoda sjene noža, metoda interferencije svjetlosti) i kontaktne metode, u kojoj se profil površine postiže mehaničkim kontaktom igle s ispitivanom površinom [1] U ovom je radu hrapavost površina brušenih uzoraka mjerena kontaktnom metodom, i to pomoću instrumenta TALYSURF 10, a primijenjena je i kvalitativna metoda ispitivanja hrapavosti površine opipom.

**Mjerenja hrapavosti površine kontaktnom metodom**

Prema preporukama Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO), za definiranje hrapavosti služi sistem srednje linije, tj. M-sistem. Hrapavost površine u M-sustavu prema definicijama standarda koji se oslanjaju na preporuke ISO-a, čini skup neravnina koje oblikuju reljef površine i koje se promatraju u granicama odabrane referentne dužine čija veličina mora biti takva da eliminiira greške oblika i valovitosti. Takva definicija hrapavosti nameće pitanje definicije valovitosti pri obradi drva, te pitanje pri kojoj su referentnoj dužini isključene greške oblika i valovitosti. Na to je pitanje teško uopćeno i egzaktno odgovoriti. Jednake veličine referentne dužine različitih površina neće eliminirati odstupanja oblika i valovitosti, odnosno jednaka površina ploča različitih referentnih dužina dat će različite vrijednosti hrapavosti. Nema razrađene metodike izbora referentne dužine te je izbor te dužine rezultat dogovora, iskustva i eksperimentiranja. Prema preporukama ISO-a, pri kontaktnom mjerenju hrapavosti referentna se dužina usvaja iz niza brojeva:

0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 mm.

Prema JUS-u M.A1.020, koji se odnosi na hrapavost površina metalnih proizvoda, referentna se dužina za površine koje nastaju neperiodičkim postupkom obrade bira prema parametru Ra ili Rz na način prikazan u tablici VI.

Prema ruskom standardu GOST-u 7016-82, koji se odnosi na hrapavost površine drva bez zaštitne prevlake, referentna se dužina ustanovljuje iz odnosa parametara i referentne dužine, prikazanih u tablicama VII. i VIII.

Japanski autori Kato i Fukui [5, 6] za definiranje hrapavosti brušenih drvenih površina primjenjuju parametre Rz i Rmax. U svojim radovima oni se uglavnom koriste referentnom dužinom 8 mm. Prema japanskom standardu JIS-u B 0601-1982, odnos parametra Rz, Rmax i referentne dužine prikazan je u tablici IX.

Pahlitzsch i Dziobek [9] koriste se referentnom dužinom 7 mm, ali veličine hrapavosti iskazuju u E-sistemu (sistem ovojne linije), u kojemu izbor referentne dužine nema bitno značenje jer ona nije ključ odvajanja pojedinih oblika odstupanja. Potrebić [16] mjeri hrapavost površine kontaktnom metodom i koristi se parametrima Ra, Rz i Rmax, no ne navodi podatke o referentnoj dužini. Riđić [17] u svom radu upotrebljava referentnu dužinu 0,8 mm.

Radi određivanja referentne dužine, za ovo je istraživanje obavljeno probno mjerenje. Na uzorku B2 (uzorak brušen granulacijom 120, 150) obavljeno je deset mjerenja parametra Ra, uz primjenu referentne dužine 0,8 mm te deset mjerenja uz primjenu referentne dužine 2,5 mm. Srednje vrijednosti parametara Ra, Rmax i Rz, dobivene probnim mjerenjem uz primjenu navedenih referentnih dužina, prikazane su u tablici X.

ODNOS PARAMETARA Ra, Rz I REFERENTNE DUŽINE PREMA JUS-u M.A1.020

Tablica VI.

SAMPLING LENGTHS FOR THE MEASUREMENT OF Ra AND Rz ACCORDING TO JUS M.01.020

Table VI

Referentna dužina, l (mm)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
0,08	-	-
0,25	do 0,1	do 0,5
0,8	0,1 do 2	0,5 do 10
2,5	2 do 10	10 do 50
8	preko 10	preko 50

ODNOS PARAMETARA Rmax, Rz I REFERENTNE DUŽINE PREMA GOST-u 7016-82

Tablica VII.

SAMPLING LENGTHS FOR THE MEASUREMENT OF Rmax AND Rz ACCORDING TO GOST 7016-82

Table VII

Parametri Rmax, Rz ( $\mu\text{m}$ )	Referentna dužina (mm)
Od 2,5 do 16	0,8
Od 16 do 50	2,5
Od 50 do 160	8
Od 160 do 500	25

ODNOS PARAMETRA Ra I REFERENTNE DUŽINE PREMA GOST-u 7016-82

Tablica VIII.

SAMPLING LENGTHS FOR THE MEASUREMENT OF Ra ACCORDING TO GOST 7016-82

Table VIII

Parametar Ra ( $\mu\text{m}$ )	Referentna dužina l (mm)
Od 0,5 do 3,2	0,8
Od 3,2 do 12,5	2,5
Od 12,5 do 100	8,0

ODNOS PARAMETARA Rz, Rmax I REFERENTNE DUŽINE PREMA JIS-u B 0601-1982

Tablica IX.

SAMPLING LENGTHS FOR THE MEASUREMENT OF Rz AND Rmax ACCORDING TO JIS B 0601-1982

Table IX

Parametar Rz, Rmax ( $\mu\text{m}$ )	Referentna dužina (mm)
do 0,8	0,25
od 0,8 do 6,3	0,8
od 6,3 do 25	2,5
od 25 do 100	8
od 100 do 400	25

SREDNJE VRIJEDNOSTI  
PARAMETARA  $R_a$ ,  $R_{max}$  I  $R_z$   
DOBIVENE PROBNIM  
MJERENJEM UZ PRIMJENU  
REFERENTNIH DUŽINA  
0,8 I 2,5 mm  
Tablica X.

MEAN  $R_a$ ,  $R_{max}$  AND  $R_z$   
VALUES OBTAINED BY  
TEST MEASURING ON  
BEECH VENEERED  
SAMPLE (B2) USING  
SAMPLING LENGTHS  
0,8 AND 2,5 mm  
Table X

Referentna dužina $l$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_{max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_z$ ( $\mu\text{m}$ )
0,8	3,3	22,5	14,9
2,5	3,7	29,6	21,5

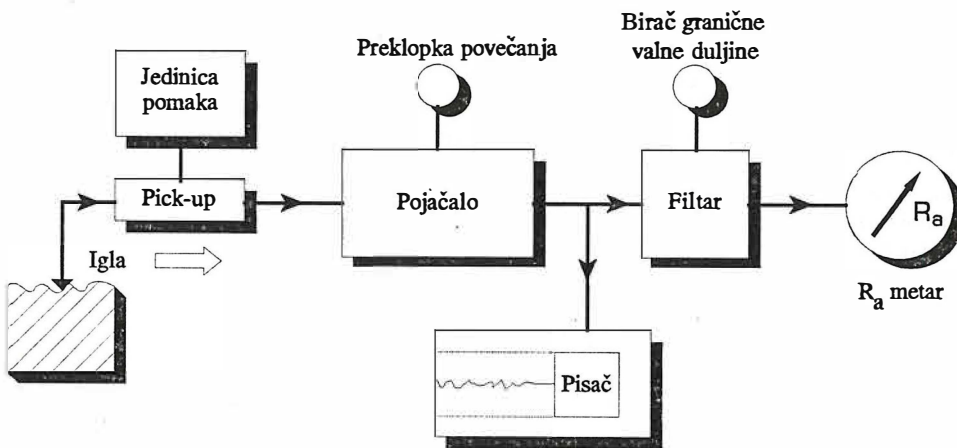
Vidi se da bi prema prikazanim standardima (JUS-u i GOST-u) odgovarajuća referentna dužina bila 2,5 mm, kao i to da se povećanjem referentne dužine povećava i vrijednost parametara  $R_a$ ,  $R_{max}$  i  $R_z$ .

Na osnovi rezultata probnih mjerenja i standarda GOST 7016-82 za mjerenje hrapavosti po-

Dijamantna kontaktna igla giba se po površini, a pick-up (optički mjerni pretvarač) pretvara njezino vertikalno kretanje u električni signal koji se pojačava i prenosi na pisac. Na taj se način dobiva slika profila, a  $R_a$  vrijednost se dobiva iz filtriranog signala i očitava se analogno ili digitalno na skali instrumenta.

Slika 1. Shematski prikaz Talysurf Instrumenta

Fig. 1. Schematic diagram of Talysurf instruments



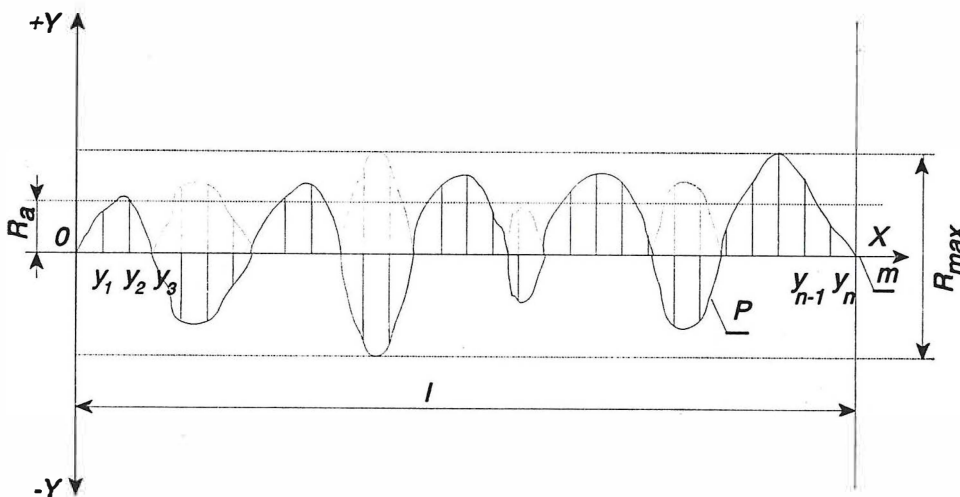
vršine u ovom je radu odabrana referentna dužina 2,5 mm.

Hrapavost površine brušenih uzoraka mjerena je kontaktnom metodom, i to pomoću profilografa-profilometra TALYSURF 10 tvrtke TAYLOR-HOBSON. Shematski prikaz tog instrumenta dan je na slici 1.

Za mjerenje hrapavosti površine poslužili su parametri  $R_z$  i  $R_{max}$ , izračunati iz dobivenih profilograma, te parametar  $R_a$ , koji je izravno očitavan na skali instrumenta. Za ispitivanje hrapavosti brušenih površina te parametre predviđa i ruski standard GOST 7016-82, koji se odnosi na drvo.

Slika 2. Grafički prikaz parametara  $R_a$  i  $R_{max}$

Fig. 2. Graphic derivation of  $R_a$  and  $R_{max}$



Parametar  $R_a$  je, prema definiciji, aritmetička sredina apsolutnih vrijednosti odstupanja profila u granicama referentne dužine ili, kraće, *srednje aritmetičko odstupanje apsolutnih vrijednosti profila* (sl. 2).

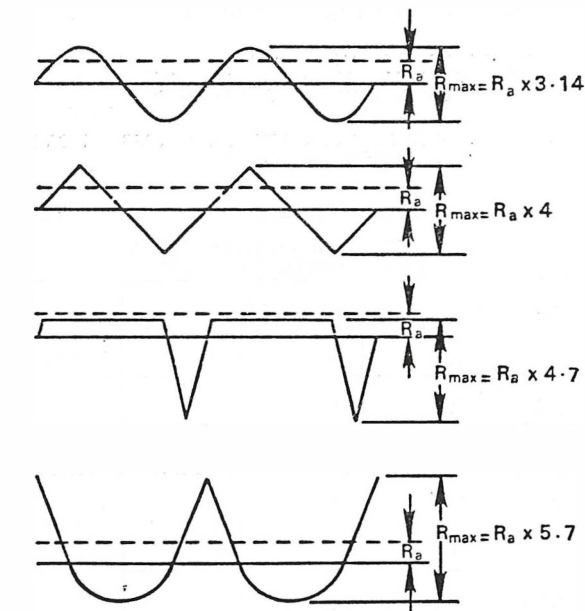
$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

Tako definiran parametar  $R_a$  određuje uravnoteženu vrijednost profila i ne daje pravu sliku o karakteru površine. Međutim taj se parametar najlakše dobiva mjerenjem jer se izravno očitava na skali instrumenta, te se uzima kao osnova za prikazivanje i klasifikaciju kvalitete površine pri obradi metala.

To je i jedini parametar koji ne označava dubinu hrapavosti, nego srednje aritmetičko odstupanje profila od srednje linije te ne daje nikakve informacije o obliku ili nepravilnosti profila.

Slika 3. Profili koji imaju istu  $R_a$  vrijednost, ali različit oblik i različitu vrijednost  $R_{max}$  (2)

Fig. 3. Profiles having the same  $R_a$  value but of different shape and different  $R_{max}$  values (2)



Stoga, možda, i nije najprihvatljiviji za iskazivanje hrapavosti površine drva. Na slici 3. prikazani su različiti profili koji imaju jednaku  $R_a$  vrijednost, ali različit oblik te  $R_{max}$  vrijednost.

Parametar  $R_z$  jest razlika između srednje aritmetičke vrijednosti visina pet najviših i srednje aritmetičke vrijednosti visina pet najnižih točaka profila u granicama referentne dužine, pri čemu se visina tih točaka mjeri od proizvoljnog pravca paralelnog sa srednjom linijom profila, koji ne siječe profil, ili, kraće, *srednja visina neravnina* (sl. 4):

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + \dots + R_9) - (R_2 + R_4 + \dots + R_{10})}{5}$$

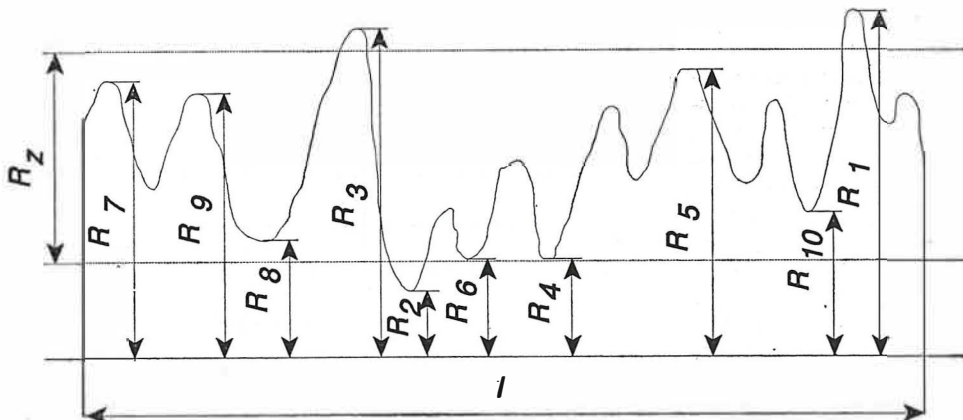
Parametar  $R_{max}$  označava razmak između dva pravca paralelna sa srednjom linijom i povučena tako da u granicama referentne dužine dodiruju najvišu, odnosno najnižu točku profila ili, kraće, *najveću visinu neravnina* (sl. 2).

Mjerenje hrapavosti površine obavljeno je LOW-MAGNIFICATION pick-upom, s radijusom vrha kontaktne igle 12,5  $\mu\text{m}$ . Sva su mjerenja provedena okomito na vlakanca drva, uz primjenu referentne dužine 2,5 mm. Grafički zapisi pojedinih profila (profilogrami) dobiveni su uz horizontalno povećanje 100 puta i vertikalno povećanje 1.000 puta.

Na svakom je uzorku napravljeno deset profilograma iz kojih su izračunati parametri  $R_z$  i  $R_{max}$ , a parametar  $R_a$  očitavan je direktno sa skale instrumenta za 40 mjernih mjesta na svakom uzorku.

#### Ispitivanje hrapavosti brušenih površina opipom

Hrapavost brušenih površina svakog uzorka ocjenjivana je i subjektivnom metodom (opipom). Tri stručnjaka za područje finalne obrade drva, neovisno jedan o drugome, ocjenjivali su brušene površine ocjenama od 1 do 5, pri čemu je 1 ocjena za najlošiju površinu, a 5 za najbolje obrušenu površinu.



Slika 4. Grafički prikaz parametra  $R_z$

Fig. 4. Graphic derivation of  $R_z$

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

## Rezultati ispitivanja hrapavosti brušenih površina opipom

Rezultati subjektivnog ocjenjivanja hrapavosti površina brušenih uzoraka prikazani su u tablicama XI. i XII.

REZULTATI ISPITIVANJA HRAPAVOSTI POVRŠINE  
SUBJEKTIVNOM METODOM (OPIPOM) NA UZORCIMA  
FURNIRANIM BUKOVIM FURNIROM

Tablica XI.

TOUCH EVALUATION OF SURFACE ROUGHNESS ON  
BEECH VENEERED SAMPLES

Table XI

SUBJEKTIVNE OCJENE BRUŠENIH UZORAKA FURNIRANIH BUKOVIM FURNIROM				
UZORAK	OCJENJIVAČI			Xsr
	A	B	C	
A1n	2	1	1	1
A2n	2	3	1	2
A3	3	4	2	3
A4	4	4	3	4
A1nb	4	4	5	4
A2nb	4	4	4	4
B1	3	2	3	3
B2	4	4	4	4
B3	3	3	3	3
B4	3	2	2	2
C1	5	5	5	5
C2	4	4	5	4
D1	3	3	2	3
D2	3	3	4	3

Xsr je srednja ocjena triju ocjenjivača zaokružena na cijeli broj.

Iz tablica se može vidjeti da su rezultati ocjenjivanja prilično ujednačeni, posebno uzoraka furniranih bukovim furnirom. Hipoteza o međusobnoj ekvivalentnosti ocjenjivača ispitana je Kruskal-Wallisovim testom. Na temelju provedenog testiranja, može se prihvatiti hipoteza o međusobnoj ekvivalentnosti svih ocjenjivača. Iako su razlike između subjektivnih ocjena uzoraka furniranih hrastovim furnirom naizgled veće, test (Kruskal-Wallisov) nije pokazao signifikantnu različitost, što je rezultat heterogenosti unutar uzoraka, koja je posljedica strukturnih neravnina hrastova furnira. Dakle, ni tu nema razloga odbaciti pretpostavku o ekvivalentnosti procjena ocjenjivača. Od uzoraka furniranih bukovim fur-

nirom najbolje su ocijenjeni uzorci C1, C2, A1nb, A2nb i B2. Najlošiju ocjenu dobio je uzorak A1n, što ne iznenađuje jer je taj uzorak nakon brušenja nakvašen. Na uzorcima furniranim hrastovim furnirom, koji su brušeni jednakim kombinacijama granulacija rezultati su vrlo slični. Opet su uzorci A1nb\*, A2nb\*, C1\*, C2\* i B2\* dobili najbolje ocjene, a najlošije je ocijenjen uzorak A1n\*.

Uzorci D1\* i D2\*, brušeni kombinacijom granulacija 100, 150, dobili su jedva prolazne ocjene.

## Rezultati mjerenja hrapavosti površine kontaktnom metodom

Rezultati mjerenja hrapavosti površine kontaktnom metodom pomoću TALYSURF instrumenta prikazani su u tablicama XIII. i XIV.

## Uzorci iz tvornice A

Iz tablice XIII. vidljivo je da su skoro svi mjerni parametri hrapavosti pokazali veće vrijednosti pri brušenju oštrim brusnim papirom nego pri brušenju zatupljenim papirom. Uzorcima A1 i A2 nakon navlaživanja se znatno povećala srednja vrijednost svih parametara. Povećanje hrapavosti nakon navlaživanja veće je na uzorcima bru-

REZULTATI ISPITIVANJA HRAPAVOSTI POVRŠINE  
SUBJEKTIVNOM METODOM (OPIPOM) NA UZORCIMA  
FURNIRANIM HRASTOVIM FURNIROM

Tablica XII.

TOUCH EVALUATION OF SURFACE ROUGHNESS ON OAK  
VENEERED SAMPLES

Table XII

SUBJEKTIVNE OCJENE BRUŠENIH UZORAKA FURNIRANIH HRASTOVIM FURNIROM				
UZORAK	OCJENJIVAČ			Xsr.
	A	B	C	
A1n*	2	1	1	1
A2n*	2	2	1	2
A3*	3	4	4	4
A4*	3	4	2	3
A1nb*	5	4	3	4
A2nb*	5	4	5	5
B1*	5	5	4	5
B2*	5	3	3	4
B3*	4	3	2	3
B4*	4	3	3	3
C1*	4	4	5	4
C2*	4	4	4	4
D1	3	1	2	2
D2*	3	1	1	2



REZULTATI MJERENJA HRAPAVOSTI KONTAKTNOM  
METODOM NA UZORCIMA FURNIRANIM BUKOVIM FURNIROM  
Tablica XIII.  
RESULTS OF SURFACE ROUGHNESS MEASUREMENT BY  
CONTACT METHOD ON BEECH VENEERED SAMPLES  
Table XIII

Uzorci furnirani bukovim furnirom	Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) parametara		
	Ra	Rz	Rmax
Uzorci tvornice A			
A1	7,13	30	39,4
A2	5,01	26,12	36,6
A3	4,34	29,6	42,3
A4	4,41	29,28	42,2
A1n	10,69	49,52	67,4
A2n	7,78	38,18	59,7
A1nb	2,82	18,96	26,4
A2nb	2,93	22,18	30,8
Uzorci tvornice B			
B1	6,52	29,86	39,3
B2	3,58	20,76	27,6
B3	5,51	27	36,4
B4	4,9	26,51	34,4
Uzorci tvornice C			
C1	3,45	27,46	36,9
C2	3,93	27,38	35,1
Uzorci tvornice D			
D1	7,08	44,02	60,6
D2	6,4	36,1	45

šenim oštrim papirom. Ti rezultati pomalo iznenađuju jer tupi brusni papir jače gnječi vlakanca, pa bi se očekivalo da je nakon navlaživanja podizanje tih vlakancica veće. Zanimljivo je usporediti uzorke A1 i A2 nakon navlaživanja (uzorci A1n i A2n), te nakon kasnijeg brušenja granulacijom 150 (uzorci A1nb i A2nb). Uzorak A1, koji je nakon navlaživanja imao mnogo veću hrapavost nego uzorak A2, nakon brušenja oštrim papirom pokazuje manju hrapavost nego uzorak A2, koji je brušen zatupljenim papirom. Isto se dogodilo i s uzorcima furniranim hrastovim furnirom. Razlog je, možda, to što oštri brusni papir može prerezati dignuta vlakanca, a zatupljeni ih brusni papir samo utiskuje.

Ako se usporede izmjerene parametri hrapavosti na bukovu furniru (tablica XIII.) s onima na hrastovu (tablica XIV.), vide se mnogo veće vrijednosti parametara Ra za hrastove furnire, te manje vrijednosti parametara Rz i Rmax. Razlog

REZULTATI MJERENJA HRAPAVOSTI POVRŠINE KONTAKTNOM  
METODOM NA UZORCIMA FURNIRANIM HRASTOVIM  
FURNIROM  
Tablica XIV.  
RESULTS OF SURFACE ROUGHNESS MEASUREMENT BY  
CONTACT METHOD ON OAK VENEERED SAMPLES  
Table XIV

Uzorci furnirani hrastovim furnirom	Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) parametara hrapavosti ( $\mu\text{m}$ )		
	Ra	Rz	Rmax
Uzorci tvornice A			
A1*	8,17	26,22	36,1
A2*	9,85	17,8	26,1
A3*	11,03	17,78	21,2
A4*	8,16	20,92	27,9
A1n*	10,5	38,7	50,8
A2n*	11,8	24,46	31,7
A1nb*	4,78	12,76	20,1
A2nb*	7,68	12,02	22
Uzorci tvornice B			
B1*	10,17	19,72	26,5
B2*	9,23	21,98	35,7
B3*	9,05	21	27,1
B4*	6,16	20,82	28,7
Uzorci tvornice C			
C1*	12,84	24,34	34,2
C2*	13,47	19,52	26,2
Uzorci tvornice D			
D1*	10,95	35,54	51,1
D2*	9,65	34,02	43,8

je to što pri mjerenju parametara Ra instrumentom nije bilo moguće izbjeći strukturne neravnine hrastovine, a pri izračunavanju parametara Rz i Rmax iz profilograma na referentnoj dužini 2,5 mm uglavnom je izbjegnuto utjecaj velikih pora.

Pogledamo li vrijednosti parametra Ra uzorka A1\* i A3\* vidjet ćemo da je veća vrijednost uzorka A3\*, što znači da je hrapavost manja pri brušenju granulacijama 100, 120 nego uz kombinaciju granulacija 100, 120, 150. No pogledamo li parametre Rz i Rmax, vidjet ćemo da su oni za uzorak A3\* manji. Iz toga je očito da samo jedan parametar nije dovoljan za pravu informaciju o hrapavosti površine. Postavlja se pitanje koji parametar daje najbolju informaciju o hrapavosti površine drva: je li to parametar Ra, Rz, Rmax ili treba uzeti u obzir sva tri parametra? Na to

smo pitanje pokušali naći odgovor usporedbom s rezultatima dobivenim kvalitativnom metodom ispitivanja hrapavosti površine.

#### Uzorci iz tvornice B

Vidljivo je da je hrapavost uzorka brušenog zatupljenim brusnim papirima granulacija 120, 150 (uzorak B2) manja nego hrapavost uzorka brušenog novim brusnim papirima granulacija 120, 150, 180 (uzorak B1). Vrijednost svih parametara hrapavosti manja je za uzorke furnirane bukovim furnirom i brušene zatupljenim brusnim papirom nego za uzorke brušene oštrim brusnim papirom. U uzoraka furniranih hrastovim furnirom to je slučaj samo za parametar Ra. Usporedimo li parametre hrapavosti uzoraka B1 i B3, uočiti ćemo veće vrijednosti za uzorak B1, koji je brušen na tračnoj brusilici, nego za uzorak B3, koji je brušen na cilindričnoj brusilici. Za uzorke B2 i B4, brušene zatupljenim brusnim papirom, to je obratno.

#### Uzorci iz tvornice C

Iz tablica je vidljivo da su vrijednosti parametara Rz i Rmax za uzorke brušene zatupljenim brusnim papirom manje nego za uzorke brušene oštrim brusnim papirom, a parametar Ra veći je za uzorke brušene zatupljenim brusnim papirom. Isto se dogodilo i s uzorcima furniranim hrastovim i s uzorcima furniranim bukovim furnirom.

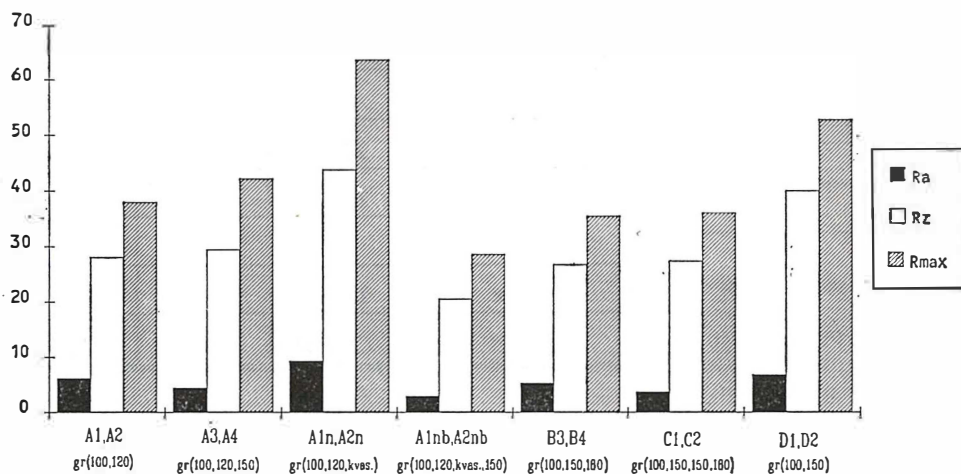
#### Uzorci iz tvornice D

Na uzorcima iz tvornice D, brušenim kombinacijom granulacija 100, 150, izmjerena je najveća hrapavost površine. Jednaki su rezultati dobiveni i subjektivnim ocjenjivanjem. I u tom je slučaju uočena hrapavost površine na uzorcima brušenim oštrim brusnim papirom. Teško je reći zašto se taj sistem brušenja pokazao najnepovoljnijim. Možda je početna hrapavost furnira bila veća od hrapavosti uzoraka iz drugih tvornica, no i prema Ridićevim ispitivanjima, uzorci brušeni tom kombinacijom granulacija imali su prilično veliku hrapavost.

#### Usporedba pojedinih tehnologija brušenja

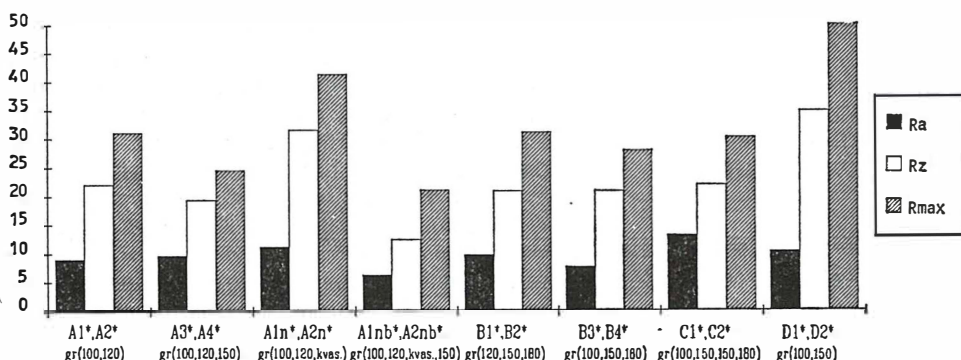
Na slikama 5. i 6. grafički je prikazan utjecaj primijenjenih tehnologija brušenja na hrapavost površine brušenih uzoraka. Parametri hrapavosti Ra, Rz i Rmax prikazani su kao srednje vrijednosti parametara izmjerenih na uzorcima brušenim oštrim brusnim papirom i parametara izmjerenih na uzorcima brušenim zatupljenim brusnim papirom. Uzorci B1 i B2 izostavljeni su sa slike 5. jer nisu brušeni jednakom kombinacijom granulacija.

Na uzorcima furniranim bukovim furnirom i na uzorcima furniranim hrastovim najboljim se pokazalo brušenje granulacijom 100, 120, nakon



Slika 5. Utjecaj tehnologije brušenja na hrapavost površine uzoraka furniranih bukovim furnirom

Fig. 5. Effect of sanding technology on surface roughness of beech veneered samples



Slika 6. Utjecaj tehnologije brušenja na hrapavost površine uzoraka furniranih hrastovim furnirom

Fig. 6. Effect of sanding technology on surface roughness of oak veneered samples

kojega je slijedilo kvašenje, a zatim brušenje granulacijom 150. Iznađaju rezultati dobiveni na uzorcima furniranim bukovim furnirom za koje se kombinacija granulacija 100, 120 za parametre Rz i Rmax pokazala boljom od kombinacije 100, 120, 150. Teško je objasniti takav rezultat, jer je brušenje obavljeno na istom stroju, uz jednake uvjete brušenja. Takve pojave nije bilo na uzorcima furniranim hrastovim furnirom, što upućuje na potrebu nastavka istraživanja uz obradu većeg broja uzoraka. Sistem brušenja granulacijom 100 poprečno na vlakanca te nakon toga granulacijom 150 u smjeru vlakancaca pokazao se najnepovoljniji i na uzorcima furniranim bukovim furnirom i na uzorcima furniranim hrastovim furnirom.

#### Usporedba rezultata dobivenih kontaktnom metodom i rezultata dobivenih subjektivnim ocjenjivanjem hrapavosti površina

Da bismo mogli uspoređivati rezultate mjerenja instrumentom s rezultatima subjektivnog ocjenjivanja, mjerne vrijednosti svakog pojedinog parametra hrapavosti svedene su na ocjene od 1 do 5, tako da je područje od minimalne do maksimalne vrijednosti podijeljeno na pet jednakih dijelova.

REZULTATI MJERENJA HRAPAVOSTI POVRŠINE KONTAKTNOM METODOM SVEDENI NA OCJENE OD 1 DO 5 NA UZORCIMA FURNIRANIM BUKOVIM FURNIROM

Tablica XV.

RESULTS OF SURFACE ROUGHNESS MEASUREMENT BY CONTACT METHOD SHOWED BY DENOTING RANKS FROM 1 TO 5 ON BEECH VENEERED SAMPLES

Table XV

Uzorci furnirani bukovim furnirom			
Uzorak	Parametri		
	Ra	Rz	Rmax
A1	3	4	4
A2	4	4	4
A3	4	4	5
A4	4	4	4
A1n	1	1	1
A2n	2	1	2
A1nb	5	5	5
A2nb	5	5	5
B1	4	4	3
B2	5	5	5
B3	4	4	4
B4	4	5	4
C1	4	4	5
C2	4	4	5
D1	1	1	3
D2	3	3	3

Na taj su način dobivene vrijednosti u tablicama XV. i XVI.

Želeći procijeniti koji parametar i koliko korelira sa subjektivnom ocjenom, izračunat je koeficijent korelacije ranga prema Spearmanu [12].

Koeficijenti korelacije ranga za uzorke furnirane bukovim furnirom iznose:

$\rho_{Ra, X_{sr}}$  = 0,80879; korelacija je značajna na nivou 1%.

$\rho_{Rz, X_{sr}}$  = 0,70769; korelacija je značajna na nivou 1%.

$\rho_{Rmax, X_{sr}}$  = 0,55714; korelacija je značajna na nivou 5%, ali ne i na 1%.

Budući da su i  $\rho_{Ra, X_{sr}}$  i  $\rho_{Rz, X_{sr}}$  visokosignifikantni, možemo reći da ta dva parametra daju informacije o hrapavosti površine koje su najbližije informaciji što je daje subjektivno ocjenjivanje. U provedenom eksperimentu parametar Ra dao je najveću procjenu koeficijenta korelacije, te bi ga u daljnjim istraživanjima svakako trebalo smatrati jednim od pokazatelja hrapavosti. Osim toga, taj se parametar najlakše dobiva mjerenjem, jer se očitava izravno sa skale instrumenta, i nisu potrebna nikakva izračunavanja.

REZULTATI MJERENJA HRAPAVOSTI POVRŠINE KONTAKTNOM METODOM SVEDENI NA OCJENE OD 1 DO 5 NA UZORCIMA FURNIRANIM HRASTOVIM FURNIROM

Tablica XVI.

RESULTS OF SURFACE ROUGHNESS MEASUREMENT BY CONTACT METHOD SHOWED BY DENOTING RANKS FROM 1 TO 5 ON OAK VENEERED SAMPLES

Table XVI

Uzorci furnirani hrastovim furnirom			
Uzorak	Parametri		
	Ra	Rz	Rmax
A1*	4	3	3
A2*	3	4	5
A3*	2	4	5
A4*	4	4	4
A1n*	2	1	1
A2n*	1	3	4
A1nb*	5	5	5
A2nb*	4	5	5
B1*	2	4	4
B2*	3	4	3
B3*	3	4	4
B4*	5	4	4
C1*	1	3	3
C2*	1	4	5
D1*	2	1	1
D2*	3	1	1

Međutim, uz taj bi parametar svakako trebalo mjeriti i parametar Rz, jer nam parametar Ra daje prosječnu vrijednost neravnina na određenoj referentnoj dužini, bez obzira na njihovu veličinu.

Koeficijenti korelacije ranga uzoraka furniranih hrastovim furnirom iznose:

$\rho_{Ra, X_{sr}}$  = 0,157; korelacija nije značajna ni na nivou 1%, ni na nivou 5%.

$\rho_{Rz, X_{sr}}$  = 0,7846; korelacija je značajna na nivou 1%.

$\rho_{R_{max}, X_{sr}}$  = 0,66923; korelacija je značajna na nivou 1%.

Budući da su  $\rho_{R_{max}, X_{sr}}$  i  $\rho_{Rz, X_{sr}}$  visokosignifikantni, naš eksperiment omogućuje da parametre Rz i Rmax usporedimo s rezultatima subjektivnog ocjenjivanja.

Između parametra Ra i subjektivnih ocjena korelacija nije značajna ni na nivou 5%. To znači da taj parametar na uzorcima furniranim hrastovim furnirom daje rezultate koji se prilično razlikuju od rezultata dobivenih subjektivnim ocjenjivanjem hrapavosti. Razlozi za to povezani su s velikim strukturnim neravninama na hrastovu furniru, koje pri mjerenju parametra Ra nije moguće izbjeći. Pri mjerenju parametra Ra pick-up s kontaktnom iglom prelazi put od sedam referentnih dužina (pet za mjerenje i dvije za uključivanje i dizanje kontaktne igle) pa se na skali instrumenta dobiva prosječna vrijednost parametra Ra za pet uzastopnih referentnih dužina. Uz takav način mjerenja velik utjecaj na rezultate imaju strukturne neravnine drva, naročito hrastova furnira. To je i najveći problem pri mjerenju hrapavosti površine pomoću mehaničko-električnih i optičkih uređaja za mjerenje. Ni jedan od tih uređaja ne omogućuje točno i pouzdano odvajanje strukturnih neravnina od neravnina koje su posljedica obrade. Iz dobivenih profilograma na određenoj referentnoj dužini možemo izdvojiti neravnine za koje smatramo da nisu posljedica obrade, ali ne možemo biti sigurni da su izdvojene veličine baš strukturne prirode. Ako se podsjetimo da se širine traheja kao najkrupnijih elemenata građe kreću od 20 do više od 500  $\mu\text{m}$  i ako znamo da ima i elemenata građe koji su i manji od 20  $\mu\text{m}$ , zašto bismo pri određivanju hrapavosti površine drva samo velike strukturne neravnine nazivali »strukturnim«, a male neravnine, iako stvarno strukturne, uzimali u obzir? Uređaji za mjerenje hrapavosti uglavnom su projektirani za mjerenja metalnih površina, na kojima su veličine strukturnih neravnina mnogo manje od neravnina koje su posljedica obrade, pa nije bilo takvih problema.

U provedenom istraživanju upotrijebljen je pick-up s radijusom vrha kontaktne igle 12,5  $\mu\text{m}$ , tako da sasvim male neravnine nisu ni mogle biti zabilježene.

## ZAKLJUČCI

Rezultati subjektivnog ocjenjivanja površine što su ga provela tri ocjenjivanja vrlo su ujednačeni, posebno za uzorke furnirane bukovim furnirom. Razlike subjektivnih ocjena za uzorke furnirane hrastovim furnirom malo su veće i vjerojatno su posljedica većih strukturnih neravnina hrastova furnira.

Usporedbom parametara dobivenih mjerenjem hrapavosti površine kontaktnom metodom s rezultatima subjektivnog ocjenjivanja hrapavosti površina brušenih uzoraka ustanovljeno je da za uzorke furnirane bukovim furnirom parametri Ra i Rz daju visokosignifikantne koeficijente korelacije ranga, dakle rezultate najbližije rezultatima subjektivnog ocjenjivanja. Za uzorke furnirane hrastovim furnirom između parametra Ra i subjektivnih ocjena korelacija nije značajna, pa taj parametar pokazuje najmanju sličnost s rezultatima subjektivnog ocjenjivanja hrastova furnira. Koeficijenti korelacije ranga između parametra Rz i subjektivnih ocjena, te parametra Rmax i subjektivnih ocjena su visokosignifikantni, tj. za hrastov furnir ti parametri daju slične informacije o hrapavosti površine kao i subjektivno ocjenjivanje. Potrebno je naglasiti da na rezultate mjerenja hrapavosti površine drva znatno utječu strukturne neravnine, a to je osobito uočljivo za hrastov furnir.

Parametar Ra nije prikladan za iskazivanje hrapavosti površine na hrastovu furniru jer je tehnika mjerenja toga parametra takva da ne omogućuje odvajanje hrapavosti površine od strukturnih neravnina.

Primjenom kontaktne metode mjerenja na uzorcima furniranim bukovim furnirom najmanja je hrapavost površine izmjerena na uzorcima A1nb i A2nb, koji su brušeni na širokotračnoj brusilici granulacijama 100, 120, nakon toga kvašeni vodom, a poslije sušenja ponovno brušeni granulacijom 150 na uskotračnoj brusilici. Ti su uzorci dobili najviše ocjene i pri ispitivanju hrapavosti površine opipom. Iz toga se nameće zaključak da taj stari sistem brušenja s međukvašenjem površine daje najkvalitetnije obrušene površine. Na uzorcima C1 i C2, brušenim na uskotračnoj poluautomatskoj brusilici kombinacijom granulacija 100, 150 te nakon toga na širokotračnoj brusilici kombinacijom granulacija 150, 180, izmjerena je mala hrapavost površine. Ti su uzorci visoko ocijenjeni i subjektivnom metodom ocjenjivanja. Tu kombinaciju granulacija (100, 150, 180) Ridić [17] navodi kao najpovoljniju za fino brušenje bukove.

Najmanja hrapavost na uzorcima furniranim hrastovim furnirom također je izmjerena kontaktnom metodom na uzorcima brušenim kombinacijom granulacija 100, 120, kvašenim vodom i nakon sušenja ponovno brušenim granulacijom 150 (uzorci A1nb\*, A2nb\*).

Sljedeći najpovoljniji sistem brušenja pokazao se onaj na širokotračnoj brusilici kombinacijom granulacija 100, 120, 150, bez međukvašenja. Taj se sistem na uzorcima furniranim hrastovim furnirom pokazao boljim od brušenja kombinacijom granulacija 100, 150, 180.

Sistem brušenja poprečno na vlakanca granulacijom 100 te nakon toga u smjeru vlakana granulacijom 150 pokazao se najnepovoljnijim i na uzorcima furniranim bukovim furnirom i na uzorcima furniranim hrastovim furnirom.

Za većinu uzoraka brušenih zatupljenim brusnim papirom izmjerena je manja hrapavost nego za uzorke brušene oštrim papirom. Budući da i nakon kvašenja uzorci brušeni zatupljenim brusnim papirom nisu pokazali veću hrapavost od uzoraka brušenih oštrim papirom, ne možemo reći da brušenje zatupljenim papirom daje lošije rezultate. To upućuje na potrebu daljnjeg istraživanja tog problema.

Istraživanjem procesa brušenja ustanovljeno je da se u sve četiri tvornice primjenjuju slične kombinacije granulacija, no kako su tehnologije brušenja različite, velike su i razlike u dobivenim rezultatima. To upozorava na potrebu pridavanja veće pažnje procesu brušenja i nastojanju da se sadašnja oprema za brušenje iskoristi na najbolji način.

#### LITERATURA

- [1] Alić, O.: Hrapavost površine tehničkih-drvenih tijela, Institut za preradu drveta Šumarskog fakulteta u Beogradu, Beograd, 1975.  
 [2] Dagnall H.: Exploring surface texture, Rank Taylor Hobson Limited, 1986.

- [3] Elmendorf A. & Vaughan T. W.: A survey of methods of measuring smoothness of wood, For. Prod. J. 9, 1958.  
 [4] Hollander M. & D. A. Wolfe: Nonparametric statistical methods John Wiley & Sons, 1973.  
 [5] Kato C. & Fukui H.: The cutting force and stock removal rate of coated abrasives in sanding wood under constant sanding pressure, »Journal« of the Japan wood research society, 22 (6) : 349—357, 1976.  
 [6] Kato C. & Fukui H.: The effect of belt oscillation on sanding performance of belt, »Journal of the Japan wood research society«, 22 (10) : 550—556, 1976.  
 [7] Ljuljka B.: Utjecaj strukturne neravnosti drva i laka na glatkoću površine; DI 11—12 : 180—186, 1966.  
 [8] Pahlitzsch G. & Dziobek K.: Über das Wesen der Abstumpfung von Schleifbändern beim Bandschleifen von Holz, Holz als Roh und Werk. 4:136—149, 1961.  
 [9] Pahlitzsch G. & Dziobek K.: Messverfahren und Beurteilungsmethoden für bandgeschliffene Hölzer, Holz als Roh und Werk. 10:403—417, 1961.  
 [10] Pahlitzsch G. & Dziobek K.: Einflüsse der Bearbeitungsbedingungen auf die Güte vorgeschliffener Holzoberflächen, Holz als Roh und Werk. 4:125—137, 1962.  
 [11] Pahlitzsch G.: Internationaler Stand der Forschung auf dem Gebiet des Schleifens von Holz. Holz als Roh und Werk. 9:329—343, 1970.  
 [12] Plath E.: Die Betriebskontrolle in der Spanplattenindustrie, Springer-Verlag, Berlin, 1963.  
 [13] Peters C. & Cumming J. D.: Measuring wood surface smoothness: a review »Forest Prod. Jour.« 20 (12) : 40—43.  
 [14] Potrebić M.: Teorijske postavke i osnovni merni sistemi za merenje rrapavosti površine drveta, »Glasnik Šum. fakulteta« br. 46, Beograd, 1974.  
 [15] Potrebić M.: Početna rrapavost površine nekih glavnih vrsta furnira, »Glasnik Šum. fakulteta«, br. 46, Beograd, 1974.  
 [16] Potrebić M.: Brušenje drveta — zavisnost između krupnoće brusnog zrna u rrapavosti površine drveta, »Glasnik Šum. fakulteta«, br. 48, Beograd, 1975.  
 [17] Ridić T.: Uticaj brušenja na kvalitetu površine i površinsku obradu nitroceluloznim lakovima, magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb, 1987.  
 [18] Snedecor G. & Cochran W. G.: Statistički metodi, »Vuk Karadžić«, Beograd, 1971.

#### Standardi:

- DIN 4762 1989  
 DIN 4768 Teil 1 1974  
 DIN 4768 1978  
 GOST 2789 1973  
 GOST 7016 1982  
 JIS B 0601-1982  
 JUS M.A1.020 1981  
 JUS M.A1.031 1982  
 JUS M.A1.010 1983.

Recenzent: prof. dr. Boris Ljuljka