

Utjecaj granulacija i smjera brušenja na hrapavost brušenih površina

THE EFFECT OF GRIT SIZE AND SANDING DIRECTION ON SANDED SURFACE ROUGHNESS

Mr. **Vlatka Jirouš-Rajković**, dipl. ing.
Šumarski fakultet Zagreb

UDK 630*829.1

Prispjelo: 22. srpnja 1992.

Izvorni znanstveni rad

Prihvaćeno: 28. rujna 1992.

Sažetak

U radu su opisani rezultati ispitivanja utjecaja granulacija papira i smjera vlakana i brušenja na hrapavost brušenih površina, te različitih kombinacija granulacija i smjerova brušenja na hrapavost. Prema očekivanjima ustanovljeno je da je hrapavost površine drva nakon brušenja manja kada je oznaka na brusnom papiru veća (po DIN-u), te da se brušenjem okomito na vlakanca u principu postiže manja hrapavost površine nego brušenjem u smjeru vlakana. Na uzorcima furniranim bukovim furnirom pokazalo se da brušenje granulacijom 220 nakon brušenja granulacijom 180 neće utjecati na značajnije smanjenje hrapavosti površine.

Od 16 različitih kombinacija granulacija i smjerova brušenja, kao najpovoljnije pokazalo se brušenje kombinacijom granulacija 100, 150, 180, sve paralelno s vlakancima.

Ključne riječi: Brušenje, granulacija, hrapavost površine.

Summary

This paper discusses the effect of grit size, the fibre and sanding direction and various sanding treatments on sanded surface roughness. As expected, the experiments have shown that the surface roughness is smaller as the DIN Grade No. of sandpaper is higher, and that the roughness of the sanded surface in cross sanding is generally smaller than in longitudinal sanding (along the grain). Additional sanding of beech veneered specimens with sandpaper 220, following the sanding with sandpaper 180, resulted in no significant improvement in surface roughness. Among 16 various sanding treatments, the one with sandpapers DIN Grade No. 100, 150, 180, sanding along the grain, proved most efficient.

Key words: Sanding, grit size, surface roughness.

1. UVOD

Premda se svi slažu u tome da na kakvoću površinske obrade velik utjecaj ima kakvoća brušenja, mali broj autora bavio se istraživanjem tog područja. Pahlitzsch [18], Potrebić [27], Riđić [29], te Kato i Fukui [8] bavili su se ispitivanjem utjecaja granulacije papira na masivnom drvu, no nisu ispitivali hrapavost površina nakon brušenja različitim kombinacijama granulacija. Poznato je da se u tvornicama pokušava kombinacija granulacija papira za brušenje različitih vrsta furnira određuje iskustveno. U ovom članku opisani su rezultati ispitivanja utjecaja granulacija, različitih kombinacija granulacija, te smjera brušenja na hrapavost brušenih površina ploča furniranih bukovim furnirom.

2. MATERIJAL I METODE

Mjerenje hrapavosti površine

Hrapavost površine mjerena je kontaktnom metodom pomoću profilograf-profilometra TALY-

SURF 10 tvrtke TAYLOR-HOBSON koji radi prema M sustavu mjerenja [6]. Primijenjen je standardni opto-elektronički mjerni pretvarač («standard pick-up») s promjerom dijamantne igle 2,5 μm i silom od 1,0 mN.

Za definiranje hrapavosti površine odabrani su parametri R_a , R_z i R_{max} . Parametar R_a srednje je aritmetičko odstupanje profila i očitava se direktno na skali instrumenta, a parametri R_z i R_{max} daju informacije o srednjoj, odnosno maksimalnoj visini neravnina profila [6]. Ovi se parametri lagano izračunavaju iz dobivenih profilograma. Mjerenja su vršena na referentnoj dužini od 8 mm.

Prilikom mjerenja parametra R_a uz referentnu dužinu od 8 mm, pick-up s kontaktnom iglom prelazi put od 6 referentnih dužina (4 za mjerenje i dvije za uključivanje i dizanje kontaktne igle) i na skali instrumenta dobiva se prosječna vrijednost parametra R_a za četiri uzastopne referentne dužine od 8 mm.

Parametri R_z i R_{max} izračunavali su se iz profilograma dobivenih uz vertikalno povećanje 1.000 \times i horizontalno povećanje 20 \times . Na svakoj

dužini ocjenjivanja izračunano je 5 vrijednosti parametara R_z i R_{max} uz referentnu dužinu 8 mm, odnosno, na svakom uzorku dobiveno je ukupno 25 vrijednosti parametara R_z i R_{max} i 5 vrijednosti parametara R_n (jedna na svakoj dužini ocjenjivanja, ali već izračunana kao srednja vrijednost za 4 uzastopne referentne dužine).

Hrapavost se mjerila u smjeru okomitom na smjer obrade, znači kod većine uzoraka okomito na smjer vlaknaca. Na uzorcima kod kojih je zadnje brušenje bilo okomito na vlakanca hrapavost je mjerena i okomito na vlakanca i pod kutom od 20° u odnosu na smjer vlaknaca, jer ako bi hrapavost bila mjerena okomito na smjer obrade, dakle paralelno s vlakancima, igla instrumenta upala bi u traheju drva, što bi dovelo do neupotrebljivih rezultata mjerenja.

Pokusni materijal

Ploča iverica dimenzija $2750 \times 2050 \times 18$ mm, klase E1, proizvođača »ČESMA« Bjelovar.

Rezani bukovi furniri debljine lista 0,6 mm, širine lista 160 mm, radijalne teksture, I. klase, prosječne širine goda 2,6 mm.

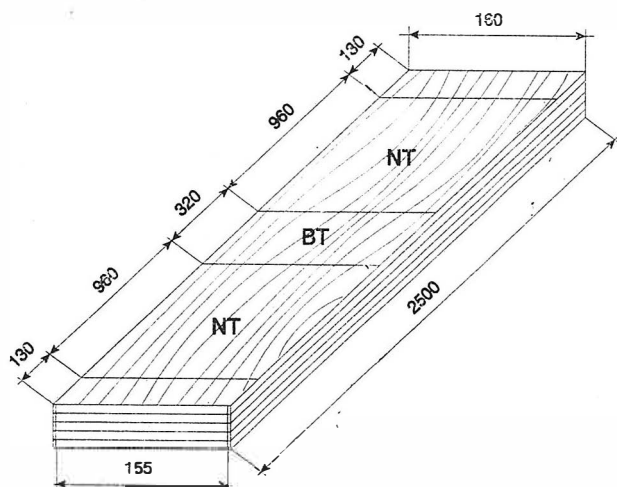
Brusila proizvođača VSM oznake KP 508 E. Podloga ovih brusila je E papir (270 g/m^2) visoke čvrstoće, a abrazivna zrna su od korunda.

Priprema uzoraka

Ploča iverica dimenzija $2750 \times 2050 \times 18$ mm raspiljena na dvije ploče dimenzije $1920 \times 930 \times 18$ mm.

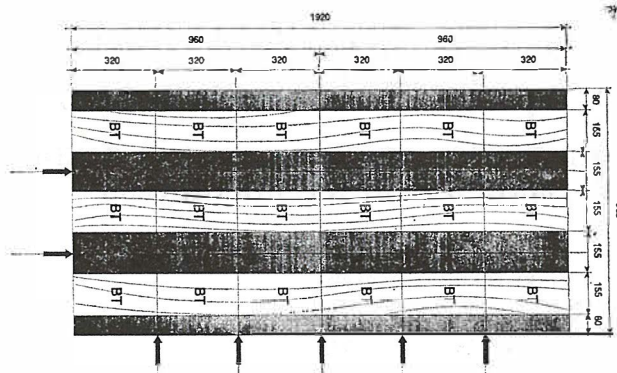
Svežanj furnira od 37 listova iskrojen je na paketnim škarama na način prikazan na slici 1. i zatim spajan na način prikazan na slici 2. Furnir je lijepljen na ploču u jednoetažnoj hidrauličkoj preši pri slijedećim parametrima prešanja:

— temperatura prešanja	130 °C
— vrijeme prešanja	60 s
— tlak ulja u cilindru	27 MPa



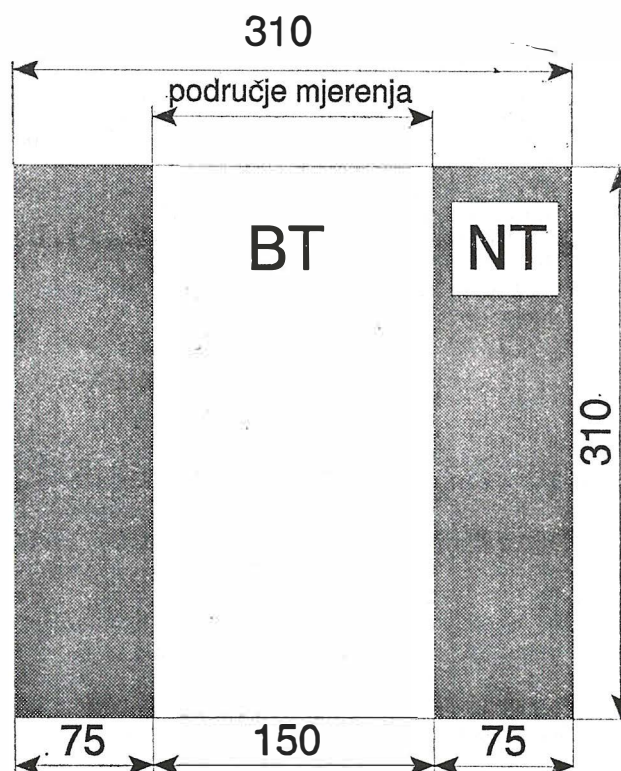
Slika 1. Način krojenja furnira za izradu uzoraka
Fig. 1. Principle of veneer cutting for specimen preparation

— jedinični pritisak 0,4 MPa
— nanos ljepila $\approx 200 \text{ g/m}^2$



Slika 2. Način spajanja furnira
Fig. 2. Principle of veneer jointing

Nakon prešanja i kondicioniranja ploče su raspiljene na formatnoj kružnoj pili na mjestima označenim na slici 2. Gotovi uzorak za ispitivanje prikazan je na slici 3. Uzorci za ispitivanje utje-



Slika 3. Izgled uzorka za ispitivanje
Fig. 3. Test specimen

caja granulacija i smjera brušenja na hrapavost brušenih površina svrstani su u skupinu A. Način brušenja uzoraka skupine A prikazan je u tablici I. Svi uzorci brušeni su potpuno novim brusnim trakama. Za ispitivanje utjecaja smjera brušenja na hrapavost površine predviđeni su uzorci A_{10}

i A_{2k}. Hrapavost se na tim uzorcima mjerila okomito na vlakanca i pod kutom od 20° u odnosu na vlakanca.

Uzorci za ispitivanje utjecaja kombinacija granulacija i smjera brušenja na hrapavost brušenih površina svrstani su u skupinu B. Način brušenja uzoraka skupine B prikazan je u tablici II. Svi uzorci brušeni su novom brusnom trakom.

NACIN BRUŠENJA UZORAKA SKUPINE A
SANDING PARAMETERS FOR GROUP A
Tablica I.
Table I.

GRUPA	UZORAK	GRANULACIJA				SMJER BRUŠENJA (za pojedinu gran.)			
		100	120	150	180	100	120	150	180
B	B _{1p}	*	*						
	B _{1k}	*	*			⊥			
	B _{2p}	*	*	*					
	B _{2k1}	*	*	*		⊥			
	B _{2k2}	*	*	*			⊥		
	B _{2k3}	*	*	*		⊥	⊥		
	B _{3p}	*		*					
	B _{3k}	*		*		⊥			
	B _{4p}	*		*	*				
	B _{4k1}	*		*	*	⊥			
	B _{4k2}	*		*	*			⊥	
	B _{4k3}	*		*	*	⊥		⊥	
	B _{5p}		*	*	*				
	B _{5k1}		*	*	*		⊥		
	B _{5k2}		*	*	*			⊥	
B _{5k3}		*	*	*		⊥	⊥		

NACIN BRUŠENJA UZORAKA SKUPINE B
SANDING PARAMETERS FOR GROUP B
Tablica II.
Table II.

GRUPA	UZORAK	GRANULACIJA				SMJER BRUŠENJA			
		100	120	150	180	100	120	150	180
A	A _{1p}	100							
	A _{2p}	100	120						
	A _{3p}	100	120	150					
	A _{4p}	100	120	150	180				
	A _{5p}	100	120	150	180	220			
	A _{1o}	100					⊥		
	A _{2k}	100	120					⊥	

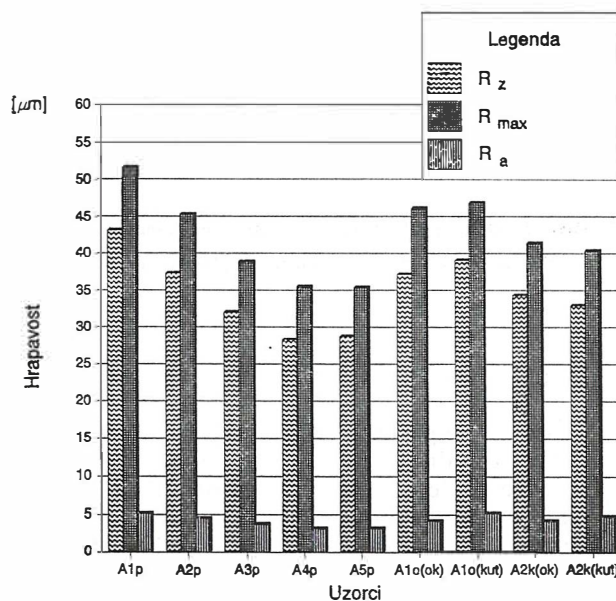
Zbog relativno malih dimenzija uzoraka, potrebe za čestim mijenjanjem brusne trake, te potrebe za brušenjem i paralelno i okomito na vlakanca drva, za brušenje uzoraka odabrana je klasična uskotračna brusilica »BRATSTVO« tip UTB slijedećih karakteristika:

- el. motor 4 kW; 1435 o/min
- brzina rezanja 23 m/s
- dimenzije pritisne papuče 310×120 mm
- brzina pomaka koju radnik ostvaruje ručno 11,53 m/min (izmjerena)
- tlak brusne trake na obradak kod oštrog papira 2,1 kPa
- tlak brusne trake na obradak kod zatupljenog papira 2,6 kPa.

Uzorke je brusila radnica s dvadesetgodišnjim iskustvom na brušenju furniranih elemenata.

3. REZULTATI

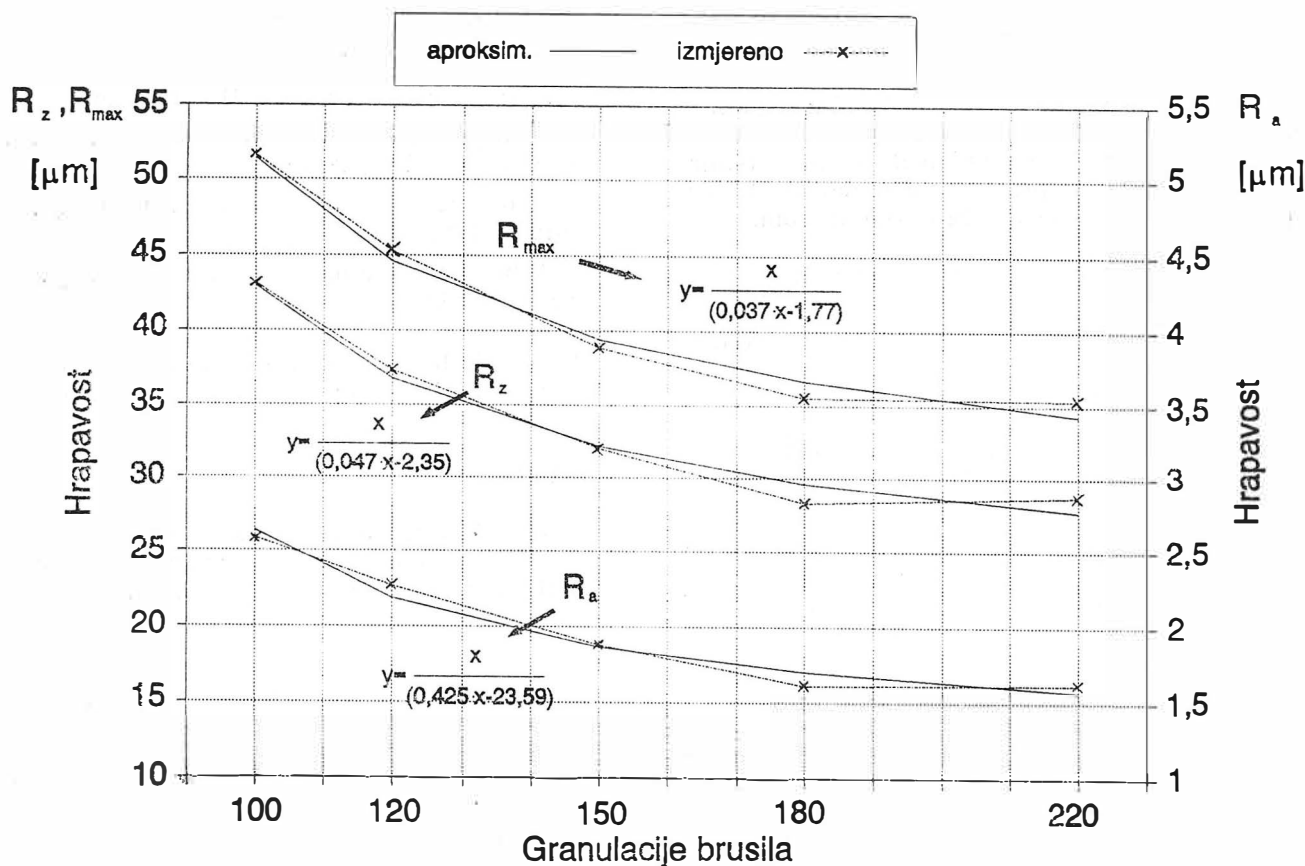
Rezultati ispitivanja utjecaja granulacija i smjera brušenja na hrapavost brušenih površina (uzorci skupine A) grafički su prikazani na slici 4. Analizirajući rezultate mjerenja na uzorcima



Slika 4. Grafički prikaz rezultata mjerenja hrapavosti na uzorcima skupine A

Fig. 4. Roughness measuring results for specimens in group A

A_{1p} do A_{5p}, može se ustanoviti da se povećanjem finoće brusnog papira smanjuje hrapavost brušenih površina. Na slici 5. prikazana je ovisnost hrapavosti površine o granulacijama brusnih papira. Iz slike je vidljivo da se strmina pada krivulja od granulacije 100 do granulacije 180 postepeno smanjuje i da je nakon toga tok krivulje približno konstantan. Razlike u hrapavosti između granulacije 180 i 220 slučajne su, što je i statistički potvrđeno t-testom za parametar R_a, odnosno u-testom za parametre R_z i R_{max}. Ovaj nas oblik krivulje upućuje na zaključak da bi najbolja aproksimacija bila hiperbola s jednadžbom:



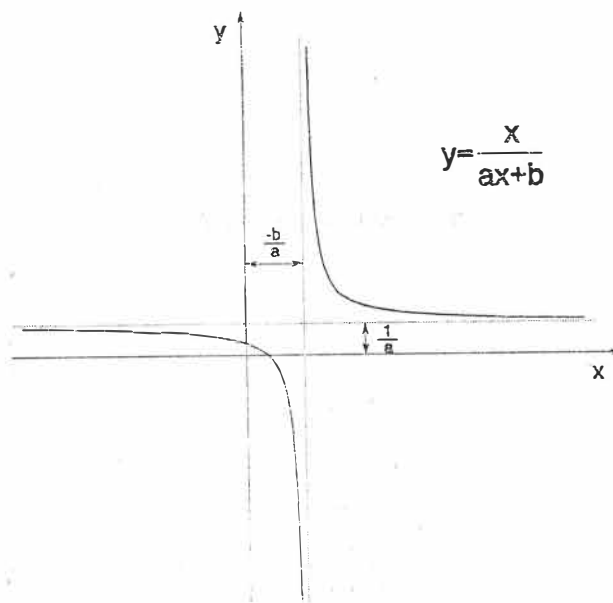
Slika 5. Ovisnost hrapavosti površine o granulacijama brusnihpapira, te njihove aproksimacije s odgovarajućim jednadžbama

Fig. 5. Dependence of surface roughness on sandpaper grit size and its approximation curves with related equations

$$y = \frac{x}{ax + b}$$

Takva je hiperbola prikazana na slici 6. Pomak horizontalne asimptote u smjeru osi y posljedica je činjenice da postoji granična (asimptotska) hrapavost koju nikakvim povećanjem finoće papira ne možemo dostići. Ovakav rezultat upućuje na zaključak da brušenje furniranih ploča papirima granulacije 100 do 180 rezultira znatnijim snižavanjem hrapavosti, dok granulacija 220 ne utječe na znatnije snižavanje hrapavosti, što upućuje na neopravdanost brušenja brusnim papirom 220 površina koje su prethodno brušene papirom 180 prema rezultatima ovog eksperimenta.

Usporedimo li srednje vrijednosti parametara hrapavosti na uzorku A_{1p} (slika 4) koji je brušen granulacijom 100 paralelno s vlakancima sa srednjim vrijednostima na uzorku A_{10} koji je brušen istom granulacijom, ali okomito na vlakanca, vidimo da su razlike u hrapavosti značajne bez obzira da li je mjerenje na uzorku A_{10} vršeno okomito na vlakanca ili pod kutom od 20° u odnosu na vlakanca. Značajne su razlike u parametrima hrapavosti R_z i R_{max} i između uzorka A_{2p} brušenog paralelno s vlakancima granulacijama 100, 120 i uzorka A_{2k} brušenog istim granulacijama,



Slika 6. Graf hiperbole predstavljene općom jednadžbom

Fig. 6. Hyperbolic curve with pertaining equation

ali prvo paralelno, a zatim okomito na vlakanca. Ovakvi rezultati potvrđuju hipotezu da se brušenjem okomito na vlakanca dobiva manja hrapa-

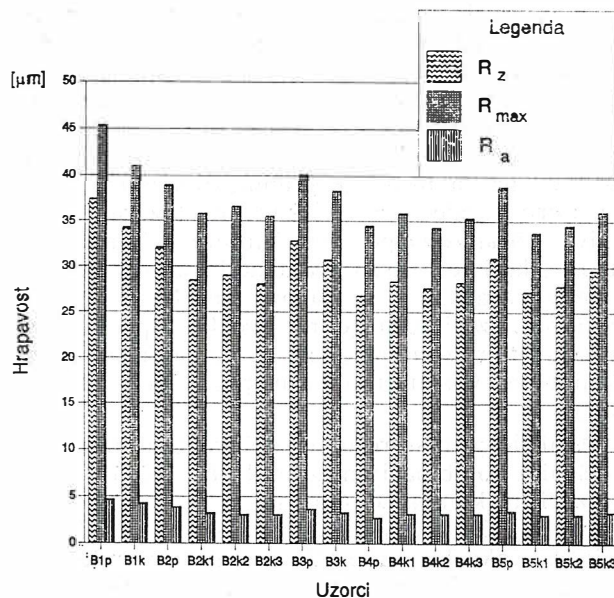
vost površine nego brušenjem paralelno s vlakancima.

Vrijednosti parametara hrapavosti dobivene mjerenjem hrapavosti pod kutom od 20° u odnosu na smjer vlakancima nešto su veće nego vrijednosti dobivene mjerenjem hrapavosti okomito na smjer vlakancima, no te razlike nisu značajne.

Rezultati ispitivanja utjecaja kombinacije granulacija i smjer brušenja na hrapavost brušenih površina (uzorci skupine B) grafički su prikazani na slici 7.

Ako se srednje vrijednosti pojedinih parametara hrapavosti svrstaju po rastućim vrijednostima, dobiva se slijedeći poredak:

Vidljivo je da je najmanja vrijednost parametara R_a i R_z izmjerena na uzorku B_{4p} koji je brušen granulacijama 100, 150, 180, s tim da je brušenje pojedinom granulacijom bilo u smjeru paralelnom s vlakancima. Prema parametru R_{max} ovaj bismo uzorak svrstali tek na četvrto mjesto, no s obzirom da su za dva parametra izmjerene vrijednosti na ovom uzorku najmanje i da je parametar R_{max} vrlo osjetljiv na najmanje greške na



Slika 7. Grafički prikaz rezultata mjerenja hrapavosti na uzorcima skupine B

Fig. 7. Roughness measuring results for specimens in group B

R_a	R_z	R_{max}
1. 100 , 150 , 180	1. 100 , 150 , 180	1. 120 ⊥, 150 , 180
2. 100 , 120 ⊥, 150	2. 120 ⊥, 150 , 180	2. 100 , 150 ⊥, 180
3. 100 ⊥, 120 ⊥, 150	3. 100 , 150 ⊥, 180	3. 120 , 150 ⊥, 180
4. 120 ⊥, 150 , 180	4. 120 , 150 ⊥, 180	4. 100 , 150 , 180
5. 120 , 150 ⊥, 180	5. 100 ⊥, 120 ⊥, 150	5. 100 ⊥, 150 ⊥, 180
6. 100 , 150 ⊥, 180	6. 100 ⊥, 150 ⊥, 180	6. 100 ⊥, 120 ⊥, 150
7. 100 ⊥, 150 , 180	7. 100 ⊥, 150 , 180	7. 100 ⊥, 120 , 150
8. 100 ⊥, 150 ⊥, 180	8. 100 ⊥, 120 , 150	8. 100 ⊥, 150 , 180
9. 100 ⊥, 120 , 150	9. 100 , 120 ⊥, 150	9. 120 ⊥, 150 ⊥, 180
10. 100 ⊥, 150	10. 120 ⊥, 150 ⊥, 180	10. 100 , 120 ⊥, 150
11. 120 ⊥, 150 ⊥, 180	11. 100 ⊥, 150	11. 100 ⊥, 150
12. 120 , 150 , 180	12. 120 , 150 , 180	12. 120 , 150 , 180
13. 100 , 150	13. 100 , 120 , 150	13. 100 , 120 , 150
14. 100 , 120 , 150	14. 100 , 150	14. 100 , 150
15. 100 ⊥, 120	15. 100 ⊥, 120	15. 100 ⊥, 120
16. 100 , 120	16. 100 , 120	16. 100 , 120

površini (na rezultat može utjecati i mala čestica prašine), kombinaciju B_{4p} možemo svrstati na prvo mjesto. Brušenje kombinacijom granulacija 100, 150, 180 u smjeru paralelnom s vlakancima i u Riđićevom [29] istraživanju pokazalo se najboljim. Interesantno je pogledati rezultate mjerenja na uzorcima koji su brušeni istom kombinacijom granulacija, ali različitim kombinacijama smjera brušenja (uzorci B_{4k1} , B_{4k2} , B_{4k3}). Svaki

od ovih uzoraka ima veću hrapavost nego uzorak B_{4p} , na osnovi čega bi se moglo zaključiti da je za kombinaciju granulacija 100, 150, 180 najpovoljnije da svako brušenje bude u smjeru paralelnom s vlakancima. Ako se uzorak B_{4p} usporedi s uzorkom A_{4p} iz skupine A, koji je brušen granulacijama 100, 120, 150, 180, vidjet će se da su vrijednosti svih parametara izmjerene na uzorku A_{4p} veće, na osnovi čega se može zaključiti da, ako se

iz kombinacije granulacija 100, 120, 150, 180 izbaci granulacija 120, neće se pogoršati kakvoća brušene površine, a ostvarit će se znatne uštede. Možemo reći da je slijedeća po redu najpovoljnija kombinacija granulacija 120, 150 i 180, i to ako je brušenje granulacijom 120 u smjeru okomitom na vlakanca, a brušenje granulacijama 150 i 180 u smjeru paralelnom s vlakancima (uzorak B_{5k1}). Najveća hrapavost površine izmjerena je na uzorku B_{1p} , koji je brušen granulacijama 100 i 120 u smjeru paralelnom s vlakancima. Nešto manja hrapavost izmjerena je na uzorku B_{1k} , koji je brušen istom kombinacijom granulacija, ali prvo okomito na vlakanca, a zatim paralelno s vlakancima.

Analiziraju li se rezultati dobiveni na uzorcima brušenim kombinacijom granulacija 100, 120 i 150 i različitim kombinacijama smjerova brušenja (uzorci B_{2p} , B_{2k1} , B_{2k2} , B_{2k3}) vidi se da uzorak B_{2p} , gdje je svako brušenje bilo u smjeru paralelnom s vlakancima, ima veću hrapavost od uzoraka gdje je barem jedno brušenje bilo okomito na vlakanca. Isto je i kod uzoraka brušenih kombinacijom granulacija 100 i 150 (uzorci B_{3p} i B_{3k}) i kod uzoraka brušenih kombinacijom granulacija 120, 150 i 180 (uzorci B_{5p} , B_{5k1} , B_{5k3}). Znači da je za kombinacije granulacija 100 i 120; 100, 120 i 150; 100 i 150; 120, 150 i 180 povoljnije da barem jedno brušenje bude okomito na vlakanca, dok je za kombinaciju granulacija 100, 150 i 180 najpovoljnije da svako brušenje bude u smjeru paralelnom s vlakancima.

Na osnovi dobivenih rezultata teško je zaključiti koja je kombinacija smjerova brušenja najpovoljnija. Za kombinaciju granulacija 100, 120 i 150 pokazalo se da je najpovoljnije da prvo i drugo brušenje budu okomito na vlakanca, a zadnje brušenje paralelno s vlakancima. Za kombinaciju granulacija 100, 150 i 180 pokazalo se najpovoljnijim da je svako brušenje paralelno s vlakancima, a za kombinaciju granulacija 120, 150 i 180 najpovoljnije je da prvo brušenje bude okomito na vlakanca, a slijedeća dva u smjeru paralelnom s vlakancima.

4. DISKUSIJA / ZAKLJUČAK

Rezultati dobiveni ispitivanjem utjecaja granulacija na hrapavost brušenih površina slični su rezultatima koje su dobili Ridić [29] i Potrebić [27] ispitivanjima na masivnom drvu. Rezultati pokazuju da je hrapavost površine drva nakon brušenja manja kada je oznaka na brusnom papiru (po DIN-u) veća. Ovakav rezultat se i očekivao jer se zna da veći broj za označavanje brusnog papira (po DIN-u) znači i sitnija brusna zrna,

a time i pliće tragove koje će ona ostaviti na površini drva prilikom brušenja. No, cilj ispitivanja utjecaja granulacija na hrapavost brušenih površina bio je ustanoviti, kod koje oznake na brusnom papiru dalje povećanje finoće papira neće utjecati na smanjenje hrapavosti. Ovaj eksperiment je pokazao da nakon brušenja granulacijom 180 više nema smisla brusiti granulacijom 200 jer se hrapavost površine neće značajno smanjiti. Prema Ridiću [29] brušenje masivnog bukova drva papirima granulacije od 80 do 150 utječe na značajno smanjenje hrapavosti, dok brušenje granulacijom 180 ne utječe na znatnije smanjenje hrapavosti.

Rezultati dobiveni ispitivanjem utjecaja smjerova brušenja na hrapavost brušenih površina pokazuju da se brušenjem okomito na vlakanca drva postiže manja hrapavost površine, nego brušenjem u smjeru vlakanca, što je u skladu s istraživanjima Pahlitzscha [18] i Kata i Fukuia [8].

Od 16 različitih kombinacija granulacija i smjerova brušenja, kao najpovoljnija, pokazala se kombinacija granulacija 100, 150 i 180, s tim da je brušenje svakom od navedenih granulacija vršeno u smjeru paralelnom s vlakancima. Zanimljivo je da se ova kombinacija granulacija pokazala najboljom i u Ridićevu radu [29]. Poteškoće u prezentaciji rezultata uzrokovane su time što rezultati mjerenja nisu istovjetni za sve ispitivane parametre hrapavosti, pa i dalje ostaje problem koji parametar uzeti kao najmjerodavniji za prezentiranje rezultata. Ovdje je dana prednost parametru R_z , budući da on daje neku srednju visinu neravnina profila.

Iz dobivenih rezultata ispitivanja na uzorcima skupine B teško je zaključiti koja je kombinacija smjerova brušenja najpovoljnija za pojedinu kombinaciju granulacija. Pokazalo se da je za kombinacije granulacija 100 i 120; 100, 120 i 150; 100 i 150; 120, 150 i 180, povoljnije da barem jedno brušenje bude okomito na vlakanca, dok je za kombinaciju granulacija 100, 150 i 180 najpovoljnije da brušenje svakom od navedenih granulacija bude u smjeru paralelnom s vlakancima. Ove rezultate trebalo bi uzeti kao smjernice za dalja istraživanja, u kojima bi se za pouzdanije zaključivanje o najpovoljnijim kombinacijama granulacija i smjerova brušenja trebalo raditi s većim brojem uzoraka.

Treba naglasiti da se provedena mjerenja i zaključci odnose na procjenu rezultata postupaka brušenja mjerenjem hrapavosti površine drva koja će se tek kasnije lakirati.

Pri istraživanju brušenja za postizanje »direktnog visokog sjaja« lakiranih površina trebalo bi uzeti u obzir druge relacije i druge kombinacije granulacija.

LITERATURA

- [1] Alić, O., 1975: Hrapavost površine tehničkih-drvenih tijela; Institut za preradu drveta Šumarskog fakulteta u Beogradu, Beograd.
- [2] Argyropoulos, G., 1989: Schleifmittel beim Lackieren von Teilen aus Holz und Holzwerkstoffen, L-Lack 57 (10): 369—372.
- [3] Connelly, H., 1990: Abrasives in the furniture factory, Furniture manufacturer, May 1990.
- [4] Devantier, M., 1984: Automatischer Meßplatz zur Bestimmung der Oberflächenunruhe von endbehandelten Möbeloberflächen, Holztechnologie 2:67—68.
- [5] Hitrec, V., 1977: Mjerenje u drvnoj industriji, SIZ odgoja i usmj. obrazovanja šumarstva i drvne ind. SR Hrvatske — Zagreb.
- [6] Jirouš-Rajković, V., 1991: Ispitivanje kvalitete brušenih površina, Drvna ind. 42 (1—2): 3—15.
- [7] Kato, C. & Fukui, H., 1976: The effect of belt oscillation on sanding performance of belt sander, Journal of the Japan wood research society 22 (10): 550—556.
- [8] Kato, C. & Fukui, H., 1976: 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.
- [9] Kato, C. & Fukui, H., 1977: The distribution status of grain tip heights of coated abrasive belt. I. Journal of the Japan wood research society 23 (12): 617—623.
- [10] Kollmann, F., 1954: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe (2. Auflage, II Band), Springer-Verlag /Berlin ● Göttingen ● Heidelberg/
- [11] Ljuljka, B., 1965: Ispitivanje obrade pločastih elemenata na cilindričnoj brusilici, Drvna ind. 16 (5—6).
- [12] Ljuljka, B., 1966: Utjecaj strukturne neravnosti drva i laka na glatkoću površine, Drvna ind. 17 (11—12): 180—186.
- [13] Ljuljka, B., 1981: Opća problematika brušenja, Bilten ZIDI 9 (4): 1—8, Zagreb.
- [14] Mihevc, V., 1974: Vpliv hrapavosti brušenega lesa na sijaj površine obdelovanca obdelanega za nitroceluloznim lakom, Magistarski rad, Ljubljana.
- [15] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1959: Untersuchungen über das Bandschleifen von Holz mit geradliniger Schnittbewegung, Holz als Roh- und Werkstoff, 17 (4): 121—134.
- [16] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1961: Meßverfahren und Beurteilungsmethoden für bandgeschliffene Hölzer, Holz Roh und Werk. 19 (10): 403—417.
- [17] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1961: Über das Wesen der Abstumpfung von Schleifbändern beim Bandschleifen von Holz, Holz als Roh und Werkstoff 10 (4): 136—149.
- [18] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1962: Einflüsse der Bearbeitungsbedingungen auf die Güte vorgeschliffener Holzoberflächen, Holz als Roh und Werkstoff 20 (4): 125—137.
- [19] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1965: Die Beurteilung bearbeiteter Holzoberflächen (I), Holztechnologie 6 (3): 153—160.
- [20] Pahlitzsch, G. & Dziobek, K., 1965: Die Beurteilung bearbeiteter Holzoberflächen (II), Holztechnologie 6 (4).
- [21] Pahlitzsch, G., 1970: Internationaler Stand der Forschung auf dem Gebiet des Schleifens von Holz, Holz als Roh- und Werkstoff 28 (9): 239—343.
- [22] Peters, C. & Cumming, J. D., 1970: Measuring wood surfaces smoothness: A review, Forest Prod. Jour. 20 (12): 40—43.
- [23] Peters, C. & Mergen, A., 1971: Measuring wood surface smoothness: A proposed method, Forest Prod. Jour. 21 (7): 28—30.
- [24] Potrebić, M., Mihailović, M., 1968: Rapavost površine drveta brušenog na cilindričnoj brusilici sa oscilacijama valjka i bez njih, Šumarstvo (7—8): 25—32.
- [25] Potrebić, M., 1974: Početna rapavost površine nekih glavnih vrsta furnira, Glasnik Šum. fakulteta No. 46, Beograd.
- [26] Potrebić, M., 1974: Teorijske postavke i osnovni merni sistemi za merenje rapavosti površine drveta; Glasnik Šum. fakulteta No. 46, Beograd.
- [27] Potrebić, M., 1975: Brušenje drveta — zavisnost između krupnoće brusnog zrna i rapavosti površine drva, Glasnik Šum. fakulteta u Beogradu No. 48.
- [28] Premelić, Z., 1981: Brušenje masivnog drva i furniranih ploča u drvnoj industriji, Bilten ZIDI 9 (4): 23—37, Zagreb.
- [29] Ridić, T., 1987: Uticaj brušenja na kvalitetu površine i površinsku obradu nitroceluloznim lakovima, Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb.
- [30] Ruß, W. & Zumppe, W., 1974: Zur Bewertung der Oberflächengüte von Möbeln, Holztechnologie 15 (4).
- [31] Schmutzler, W., 1967: Der Einsatz von Breitband-Kontaktschleifmaschinen für furnierte Platten, Holz als Roh und Werkstoff 25 (12): 446—452.
- [32] Sparkes, A. J., 1972: The measurement of surface smoothness, FIRA research journal, No. 1, July 1972.
- [33] Sparkes, A. J.: Sanding and finishing.
- [34] Sparkes, A. J.: 1974: Surface quality, FIRA Bulletin 14 (45): 17—18.
- [35] Steiner, A., 1986: Proizvodnja i primjena brusnih materijala, Sažeci iz predavanja u okviru Savjetovanja o površinskoj obradi drva, Slavonski Brod 1986. g.
- [36] Stewart, H. A. & Crist, J. B., 1982: SEM examination of subsurface damage of wood after abrasive and knife planing; Wood Sci. 14 (3): 106—109.
- [37] Stumbo, D. A., 1960: Surface-texture measurements for quality and production control, Forest Prod. Jour. 10 (2): 122—124.
- [38] Stumbo, D. A., 1963: Surface texture measurement methods, Forest Prod. Jour., July: 299—304.

Recenzent: prof. dr. Boris Ljuljka