

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Pavel PORI

**VPLIV BRUŠENJA IVERNIH PLOŠČ NA
OPRIJEMNOST PAPIRJA, IMPREGNIRANEGA Z
MELAMINSKO SMOLO**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF SANDING OF PARTICLEBOARDS
ON ADHESION OF MELAMINE IMPREGNATED PAPER**

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa prof. dr. Marka Petriča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Pavel PORI

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 630*862.2
KG iverne plošče/brušenje/melaminski papir
AV PORI, Pavel
SA MEDVED, Sergej (mentor)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2010
IN VPLIV KVALITETE BRUŠENJA IVERNIH PLOŠČ NA OPRIJEMNOST
PAPIRJA, IMPREGNIRANEGA Z MELAMINSKO SMOLO
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP X, 67 str., 12 pregl., 26 sl., 10 pril., 43 vir.
IJ SI
JI sl/an
AI Proučevali smo vpliv kakovosti brušenja ivernih plošč (IP) na oprijemnost papirja, impregniranega z melaminsko smolo (MP). V ta namen smo uporabili tri različne končne brusne papirje (granulacije 36, 80 in 100). Zaradi narave procesa izdelovanja IP prihaja do različnih velikosti odbruskov, saj se bruto debeline surovih IP razlikujejo med sabo tudi za 2 mm in več. Zato smo za vsako vrsto brušenja izbrali tri debelinske tipe IP: normalne, tanke in debele, glede na njihovo debelino so se razlikovale tudi velikosti odbruskov. Za ocenjevanje čvrstosti površine smo uporabili test čvrstosti površine. Kakovost površine MP smo ugotavljali s kislinskim testom, testom s svinčniki in internim testom s svinčniki. S testom porazdelitve prostorninskih mas pa smo si pomagali pri razumevanju dobljenih rezultatov. Ugotovili smo, da imata bruto debelina IP in interval brušenja večji vpliv na kakovost oprijema MP na IP kot pa vrsta brušenja. Čvrstost površine je naraščala s finostjo brušenja do točke, na kateri se je zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken sila čvrstosti površine znižala na vrednost grobega brušenja. S kislinskim testom smo ugotovili rahlo razliko med otrdelostjo zgornje in spodnje površine IP, hkrati pa je s finostjo brušenja naraščala otrdelost površine obložene IP. Podobno korelacijo smo opazili pri testu s svinčniki, kjer vrednost rezultata ravno tako narašča s finostjo brušenja površine brušene IP. Z internim testom s svinčniki smo ugotovili, da je rezultat testov naraščal s finostjo brušenja do tretjega, najfinejšega načina brušenja. Pri tem smo opazili, da se je vrednost rezultatov ponovno znižala pod vrednost grobega brušenja. Vzrok smo poiskali v tem, da so vrhnja vlakna obrušene IP mehansko poškodovana zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken v površino IP, ne pa odrezovanja le-teh. Opazili smo tudi, da z naraščajočo gostoto OP IP narašča vrednost internega testa s svinčniki.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK
CX Particle board/sanding/melamine paper
CC
AU PORI, Pavel
AA MEDVED, Sergej (supervisor)/ PETRIČ, Marko (reviewer)
PP SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2010
TI INFLUENCE OF SANDING OF PARTICLEBOARDS ON ADHESION OF MELAMINE IMPREGNATED PAPER
DT Graduation Thesis (University studies)
NO X, 67 p., 12 tab., 26 fig., 10 ann., 43 ref.
LA Sl
AL Sl/an
AB We examined the influence of the quality of sanding of particleboards (IP) on adhesion of paper impregnated with melamine resin (MP). 3 different final grain sizes (granulations 36, 80 and 100) were used. The nature of process of making IP produces variable sizes of sand-offs, considering the fact raw thickness of the IP varied also for 2 mm and more. In this concern, 3 thickness types of IP were put to the test: normal, thin and thick; sizes of sand-offs were differentiated according to their thickness. We used the surface soundness test to evaluate the firmness of the surface. The acid test, scratch test and internal pencil test were applied to determine quality of the MP. We used density profile of IP for interpretation of the results. It has been determined that both, raw thickness of the IP and the sanding interval, have greater impact on MP's adhesion to the IP than the grain size itself. Surface soundness increased along the sanding quality up to the point, where the force of the surface soundness was reduced to the value of rough sanding due to the smoothening phenomena and the impression of wooden fibres. The acid test detected a minor difference in hardening of the upper and lower IP's surface, but at the same time the covered IP's surface hardened parallel with the sanding quality. A similar correlation was detected in the scratch test, where the result rose along the sanding quality of the sanded IP's surface. Internal pencil test ascertained that the result of the tests grew parallelly with sanding quality, up to 3rd, the finest sort of sanding. The value of results fell under the value of 1st sanding. The rising density of the IP's peak density covered with MP provided a rising values in the internal pencil test.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZAKO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJI RAZISKOVANJA	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 IZDELAVA IP	4
2.1.1 Uporabljen material za proizvodnjo IP	5
2.1.2 Uporabljeno lepilo za proizvodnjo IP	7
2.1.2.1 Lepila	7
2.1.2.2 Katalizatorji	9
2.1.3 Osnovni tehnološki parametri za proizvodnjo IP	10
2.1.3.1 Temperatura stiskanja IP	10
2.1.3.2 Vlažnost pogače IP	10
2.1.3.3 Razmerje zunanji – srednji sloj	11
2.1.3.4 Hitrost zapiranja stiskalnice	11
2.1.3.5 Čas stiskanja IP	12
2.1.3.6 Tlak stiskalnice in predstiskalnice	13
2.1.3.7 Vlažnost IP in kakovost površine	13
2.2 BRUŠENJE IP	13
2.2.1 Cilji brušenja IP	14
2.2.2 Nosilna podlaga	15
2.2.3 Izbira finosti brusnega traku	16
2.2.4 Vpliv hitrosti brušenja na kakovost površine zbrušene IP	18
2.2.5 Vpliv uporabljene moči za pogon brusilke na površino zbrušene IP	18
2.2.6 Vpliv podajalne hitrosti brusilke	18
2.3 PAPIR, IMPREGNIRAN Z MELAMINSKO SMOLO	19
2.3.1 Melamin	19
2.3.2 Uporaba MF-smol	22
2.3.3 Kakovost MP	23
2.3.4 Hrapavost IP in oprijem MP	24
3 MATERIALI IN METODE	25
3.1 MATERIALI	25
3.2 METODE DELA	30
3.2.1 Izbira surovih testnih IP iz proizvodnje	30
3.2.2 Razrez testnih vzorčnih plošč in vzorčenje	31
3.2.3 Kondicioniranje vzorcev	32
3.2.4 Opis opravljenih testov	32
3.2.4.1 Kislini test	32

3.2.4.2	Test čvrstosti površine	33
3.2.4.3	Test s svinčniki	34
3.2.4.4	Interni test s svinčniki	36
3.2.4.5	Merjenje vertikalnih porazdelitev prostorninskih mas IP	36
4	REZULTATI	38
4.1	KISLINSKI TEST	38
4.2	TEST ČVRSTOSTI POVRŠINE	38
4.3	TEST S SVINČNIKI	39
4.4	INTERNI TEST S SVINČNIKI	40
4.5	VERTIKALNE PORAZDELITVE PROSTORNINSKIH MAS IP	42
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	43
5.1	RAZPRAVA	43
5.1.1	Kakovost izdelave OP IP	43
5.1.2	Vpliv različne debeline surove IP	44
5.1.3	Vpliv različnih vrst brušenja IP	51
5.2	SKLEPI	60
5.2.1	Različni tipi debelin IP	60
5.2.2	Različne vrste brušenja	60
5.2.3	Korelacije	61
6	POVZETEK	62
7	VIRI	64

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Abrazivna zrna, njihove lastnosti in uporaba	17
Preglednica 2: Povprečne vrednosti rezultatov kislinkega testa.....	38
Preglednica 3: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za vsak tip in vrsto brušenja IP.....	39
Preglednica 4: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za tip IP	39
Preglednica 5: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za vrsto brušenja IP..	39
Preglednica 6: Rezultati testa s svinčniki (N) EN 14323 za vse izbrane tipe IP in vse vrste brušenja	39
Preglednica 7: Vrednosti testa s svinčniki EN 14323 glede na tip plošče	40
Preglednica 8: Vrednosti testa s svinčniki po EN 14323 glede na vrsto brušenja	40
Preglednica 9: Rezultati internega testa s svinčniki (v N) za vse izbrane tipe IP in vse vrste brušenja	41
Preglednica 10: Vrednosti internega testa s svinčniki glede na tip plošče.....	41
Preglednica 11: Vrednosti internega testa s svinčniki glede na vrsto brušenja.....	41
Preglednica 12: Povprečne karakteristične vrednosti gostotnega profila vseh tipov IP	42

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vsebnost prostega formaldehida v IP v odvisnosti od deleža melamina in pH-reakcije.....	8
Slika 2: Upogibna trdnost IP v odvisnosti od deleža melamina in pH-reakcije	9
Slika 3: Prikaz pojmov, povezanih z gostotnim profilom	12
Slika 4: Predbrusilka	26
Slika 5: Sklop druge in tretje brusne postaje.....	27
Slika 6: Drсна letev med valjema.....	28
Slika 7: Debelinomer.....	31
Slika 8: Obarvana HCl za test belih OP IP	33
Slika 9: Trgalni stroj Wolpert	34
Slika 10: Obtežnostni svinčnik Erichsen.....	35
Slika 11: Merilec vertikalnih prostorninskih mas GreCon s pripadajočo pomožno opremo ...	37
Slika 12: Drugi gostotni vrh IP	45
Slika 13: Padec gostote na stični meji IP in MP	46
Slika 14: Graf, ki prikazuje rezultate kislinskega testa v odvisnosti od tipa IP	47
Slika 15: Graf, ki prikazuje rezultate testa čvrstosti površine v odvisnosti od tipa IP.....	48
Slika 16: Graf najvišje gostote OP IP v odvisnosti od gostote OP IP	49
Slika 17: Graf korelacije testa s svinčniki v odvisnosti od tipa IP.....	50
Slika 18: Graf odpornosti površine OP IP po interni metodi s svinčniki v odvisnosti od tipa IP	51
Slika 19: Graf gostote IP v odvisnosti od tipa IP in vrste brušenja.....	52
Slika 20: Graf rezultatov kislinskega testa v odvisnosti od vrste brušenja IP	54
Slika 21: Graf rezultatov testa čvrstosti površine v odvisnosti od vrste brušenja.....	55
Slika 22: Graf rezultatov testa s svinčniki v odvisnosti od vrste brušenja.....	56
Slika 23: Graf korelacije najvišje gostote OP IP in rezultatov testa s svinčniki	57
Slika 24: Graf rezultatov testa s svinčniki v odvisnosti od gostote IP	58
Slika 25: Graf povezanosti med vrednostmi, dobljenimi z internim testom s svinčniki in gostoto OP IP	59
Slika 26: Graf rezultatov internega testa s svinčniki v odvisnosti od vrste brušenja.....	59

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Tehnični podatki uporabljenih brusnih papirjev pri brušenju testnih plošč
- Priloga B: Teža 9 vzorcev med kondicioniranjem v laboratoriju
- Priloga C: Izmerjene debeline 100 surovih IP
- Priloga D: Kazalo poimenovanja plošč
- Priloga E: Posamezne vrednosti kislinskega testa
- Priloga F: Podane so vrednosti testa čvrstosti površine; sile v [N]
- Priloga G: Rezultati testa s svinčniki po metodi EN 14323, enota [N]
- Priloga H: Rezultati interne metode testa s svinčniki, enota [N]
- Priloga I: Podane so vrednosti testa čvrstosti površine; sile v [N/mm²]
- Priloga J: Grafi gostotnih profilov OP IP, dobljen pri zunanji ravnovesni vlažnosti vzorcev

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AF	anilin-formaldehid
CR_{SL}	razmerje kompaktnosti zunanjega sloja (surface layer compaction ratio)
DSC	diferenčna dinamična kalorimetrija
FF	fenol-formaldehid
FMF	fenol-melamin-formaldehid
IP	iverne plošče
MDF	vlaknene plošče srednje gostote
MF	melamin-formaldehid
MP	papir, impregniran z melaminsko smolo, melaminski papir
MUF	melamin-urea-formaldehid
MUPF	melamin-urea-fenol-formaldehid
OP	oplemenitene, obložene
PMDI	izocianatno lepilo
RF	rezolcinol-formaldehid
UF	urea-formaldehid
ipd.	in podobno
min.	minut
ok.	okoli
oz.	oziroma
sod.	sodelavci
str.	stran
tj.	to je

1 UVOD

Iverne plošče (IP) je v pohištveni industriji praktično nemogoče nadomestiti. Njihova izjemna lastnost je enostavna uporaba, saj so ploskovni material, ki mu je določena debelina, format pa lahko poljubno krojimo iz osnovnega formata ali pa osnovne formate sestavljamo v večje.

V ekonomsko usmerjenem svetu je pomembna tudi cenovna ugodnost, saj se lahko proizvajajo tudi iz ekonomsko manjvrednega lesa, ostankov žagarskih in mizarskih obratov, nenazadnje tudi iz lesa različnih lesnih vrst hkrati.

Z dezintegriranjem lesne surovine in spajanjem le-te v ploskovne tvorbe dokaj uspešno zmanjšamo anizotropijo lesa, njeno dimenzijsko omejenost, z uporabo različnih dodatkov pa lahko izboljšamo določene lastnosti (krčenje in raztezanje, izolativnost, odpornost proti glivam in škodljivcem, ognjeodpornost ipd.).

In nenazadnje je končna, površinska obdelava IP lahko zelo raznovrstna in ne predstavlja nikakršne ovire, da je ne bi izvajali, saj s tem dobi dokaj neatraktivna površina IP zelo dekorativne lastnosti, ki se lahko ponavljajo v nedogled in v vseh možnih niansah.

IP, izdelane v večetažnih stiskalnicah, imajo v primerjavi z IP, izdelanimi v kontinuiranih stiskalnicah, večje nadmere, le-te pa so potrebne iz dveh ključnih razlogov. Prvi je znižanje gostote IP na zunanji površini, ki ga želimo odstraniti, drugi pa je veliko nihanje debelin med posameznimi ploščami, ki je posledica sproščanja parnih tlakov pri procesu izdelovanja IP, malenkostnih razlik v strukturi materiala in natresni teži ter mehanskih napak pri nastavitvi in pozicioniranju same stiskalnice.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V prid uporabi IP govori vrsta njihovih lastnosti in na tem mestu se nam postavlja vprašanje, kako mora biti pripravljena površina za uspešno oplemenitenje površine? Diplomsko delo raziskuje kakovost oprijemnosti dekorativnega papirja, impregniranega z melaminsko smolo, krajše: melaminskega papirja (MP) na površino IP. Proces oblaganja IP z MP lahko obvladujemo s tremi parametri: temperaturo, časom in tlakom.

Za aktivacijo, nadaljevanje reakcije polikondenzacije melamina s formaldehidom, sta potrebna bodisi utrjevalec (različne kisline ali amonijeve soli močnih kislin) bodisi povišana temperatura ali oboje hkrati. V našem primeru, pri oblaganju IP z MP, je primernejša povišana temperatura. Z višanjem temperature povečujemo hitrost reakcije polikondenzacije (Čermak, 1996).

Za zamreženje ni pomembna le temperatura, le-ta je odvisna predvsem od časa. Pri nižjih temperaturah je potreben daljši čas stiskanja in obratno za optimalen potek polikondenzacije.

Ob prenizki temperaturi in času stiskanja prihaja do prenizke otrdelosti oplemenitene (OP) IP, kar se kaže v mehki površini, v najslabšem primeru pa prihaja do slabe adhezije med IP in MP. Če imamo previsoke temperature ali predolge čase stiskanja, prihaja do preotrdele površine, ki je mikroporozna, lahko se pojavijo manjše razpoke, v najslabšem primeru pa se pojavijo vročinske lise ali še hujše poškodbe površine oz. same nosilne IP.

Tretji pomemben parameter je tlak stiskanja, ki zagotavlja primerno zbližanje MP in IP. Če pri procesu oblaganja IP z MP ne uporabimo zadostnega tlaka, bo sicer proces polikondenzacije potekel, a bo prišlo le do kohezijske vezave znotraj reaktivnih skupin v MP, ki pa se ne bo oprijel IP. Pri previsokih tlakih stiskanja pa lahko prihaja do deformacij nosilne IP.

1.2 CILJI RAZISKOVANJA

Ugotavljali bomo, kako vpliva priprava površine IP na oprijemnost MP – ali se pri bolj hrapavi površini papir bolje oprime podlage ali ne. Različno razbrazdanost površine bomo dosegli z uporabo različno grobih brusnih papirjev. Tako bomo kot končne papirje uporabljali papirje granulacije P 36, P 60, P 100. Te ugotovitve bi nam lahko povedale, ali bi pri brušenju z manj brusnimi postajami lahko kaj prihranili ali ne. Hkrati bomo ugotovili, kako vpliva nihanje debelin surove IP na kakovost oprijemnosti MP.

Ugotovljeno bo, ali je brušenje z večjim številom brusnih postaj do fino gladke površine smiselno ali je morda odveč, gledano z vidika optimalne oprijemnosti MP na površino IP. In nenazadnje bomo prišli tudi do ugotovitve, kako vpliva odprtost površine IP na oprijemnost MP, saj prihaja do različnih odbruskov in posledično do prebrušenja IP.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Glede na podatke iz literature predvidevamo, da bo prevladala najmočnejša komponenta vezave, tj. kemična. Torej IP, ki bo na površini najgostejša in katere vlakna bodo najbolj fino poškodovana ali brušena, bo imela tudi najvišjo vrednost oprijema MP na IP.

Predpostavljamo tudi, da bo kakovost površine višja pri bolj fino brušenih IP ter IP, ki bodo imele gostejšo površino.

2 PREGLED OBJAV

Razloge za to, kako vpliva brušenje na oprijemnost MP, lahko iščemo v več dejavnikih. Zagotovo so pomembni izdelava IP in njene lastnosti, tehnološki faktorji pri brušenju IP in kakovost samega MP. Trdnost spoja med IP in MP zagotavljajo mehanske, fizikalne in kemijske vezi. Adhezija med IP in MP je torej seštevek vseh treh sil, seveda pa so za vsako vezavo pomembni tudi drugi dejavniki.

2.1 IZDELAVA IP

Izdelava (IP) je proces, sestavljen iz različnih operacij. Tehnološke operacije izdelovanja IP si sledijo v sledečem vrstnem redu: skladiščenje lesne surovine, lupljenje, priprava iveri, sušenje, presevanje, medfazno skladiščenje, oblepljanje, natresanje, formiranje iverne pogače, predstiskanje (zgolj s tlakom), vlaženje, razrezovanje (za etažne stiskalnice), predsegrevanje, stiskanje, formiranje in kalibriranje kompaktnega izdelka v stiskalnici pod vplivom temperature in tlaka, razrezovanje (za kontinuirane stiskalnice), nadzor kakovosti in dimenzij, hlajenje in kondicioniranje IP. Izmed pravkar navedenih operacij je lahko katera izvzeta, morda dodana ali spremenjena, odvisno od specifike posameznega obrata (Miljković, 1996).

Poznamo več vrst standardnih stiskalnic. Kontinuirane stiskalnice, ki delujejo povsem kontinuirano, ter eno- in večetažne stiskalnice. Glavne razlike izdelanih IP med omenjenimi tipi stiskalnic so v razporeditvi materiala v plošči¹ in njeni potrebni nadmeri, ki se za IP, proizvedenimi na kontinuirani stiskalnici, giblje ok. 0,2 mm, na novejših večetažnih stiskalnicah od 0,3 mm do 0,6 mm, na starejših pa tudi več milimetrov, v našem primeru tudi do 1,5 mm. Tako velike nadmere so potrebne zaradi velikih razlik med bruto debelinami plošč v posameznih etažah, ki so posledica neenakomerne sprostitve notranjih

¹Plošče, ki so proizvedene v enoetažnih stiskalnicah, imajo površino bolj gosto, višek gostotnega profila je dosežen nekaj desetink milimetra pod površino, sredica plošče pa ima gostoto sedlaste oblike, je nižja v primerjavi z IP, proizvedenimi v kontinuirani stiskalnici. Upogibna trdnost, modul elastičnosti in hrapavost površine so zaradi višjega gostotnega vrha v prid IP, proizvedenih v enoetažnih stiskalnicah, razplastna trdnost pa je boljša pri IP, proizvedenih v kontinuiranih stiskalnicah. (Nemli in Demirel, 2007.)

napetosti znotraj IP, neenakomernih tlakov zaradi etažnega tlaka, netočne nastavitve razmakov med posameznimi etažami, tolerančnih odstopanj ter poškodb in obrabe stiskalnice ali poškodbe pločevine stiskalnice, kjer pa prihaja predvsem do manjših lokalnih nihanj debeline IP in posledično različnih notranjih napetosti v IP. Poleg večje porabe surovin in težje kalibracije lahko prihaja do težav, tj. premalih odbruskov, pri nadaljnjih ploščah pa tudi do prebruskov zunanega sloja do srednjega, kajti pri kalibriranju plošč 'fiksno' nastavimo želen odbrusek na spodnji strani plošč, na zgornji pa odvzamemo preostanek. In zaradi različnih dejanskih debelin surovih plošč prihaja pri brušenju plošč do prej navedenih napak.

2.1.1 Uporabljen material za proizvodnjo IP

Les, kot surovina za proizvodnjo IP, ima velik vpliv na lastnosti le-teh. Na voljo imamo velik nabor različnih vrst lesa, ki se uporabljajo v proizvodnji IP. Elementna sestava lesa je naslednja: 50 % ogljika, 44 % kisika in 6 % vodika. Dušika, kalija, kalcija, železa ter ostalih elementov pa je manj kot 1 %. Molekularno gledano je les prav tako dokaj enoličen, saj ga sestavljajo le tri glavne skupine molekul: 40–50 % celuloze, 25–35 % hemiceluloze in 20–30 % lignina. Vsebuje še 5 % prijetno dišečih ekstraktivnih snovi in do 0,5 % anorganskih snovi. Vse snovi, razen anorganskih, lahko aktivno učinkujejo na adhezijo med lepilom in njimi. Poleg tega pa lahko ekstraktivne snovi tako pozitivno kot negativno vplivajo tudi na penetracijo lepila v lesna vlakna (Fengel in Wegener, 1989).

Uporaba kontroliranega nabora asortimanov ali uporaba le ene drevesne vrste za izdelavo IP ne pomeni nujno produktov z enakomernejšimi mehanskimi lastnostmi. Pri proizvodnji z več vrstami lesa nam je lahko v veliko pomoč izbira pravšnje geometrije iverja (Xu in Suchsland, 1998).

Zagotovo imajo pri kakovostni površini pomembno vlogo tudi lastnosti iveri, uporabljene za zunanji in srednji sloj. Ker si želimo imeti zunanji sloj bolj kompakten in gost, uporabljamo za ta sloj vrste lesa, ki imajo višjo specifično gostoto, to velja predvsem za les težkih listavcev. Ker pa imajo ti listavci krajša lesna vlakna, so tudi iveri, ki jih dobimo pri

procesu mehanskega rezanja in drobljenja lesa v iverilnikih, bolj kubične in krajše (Torelli, 1987).

Velikost iveri ima še eno lastnost – specifično površino; to je razmerje površine vseh iveri določene geometrije z maso teh iveri. Namreč, z večanjem površine iverja se specifična površina iveri znižuje, hkrati pa se zvišuje delež lepila na površino iveri (Medved in Resnik, 2010 in 2004).

Od velikosti delcev sta odvisni tudi trdnost in gostota zunanjega sloja. To sta ugotovila Medved in Resnik (2007), ko sta opazovala vpliv geometrije iverja lesa vrste bukev (*Fagus sylvatica* L.) na razmerje kompaktnosti zunanjega sloja (CR_{SL}).

$$CR_{SL} = Q_{SL2} / Q_{SL1} \dots (1)$$

Kjer so:

Q_{SL2} – srednja gostota zunanjega sloja po stiskanju

Q_{SL1} – srednja gostota natresne pogače zunanjega sloja pred stiskanjem

Ugotovljena je bila odvisnost med debelino bukovih iveri zunanjega sloja in CR_{SL} ; z naraščajočo debelino iveri pada CR_{SL} . Z nižanjem velikosti delcev se zvišuje gostota zunanjega sloja IP. Razlog je verjetno v tem, da se pri soleganju manjših delcev pojavi volumsko manj praznih prostorov (Medved in Resnik, 2007).

Hkrati pa se pri manjših delcih opazi izrazitejši mehčanje lesa zaradi prodora vroče pare v notranjost plošče, po tem, ko zaradi oddaje energije iz grelnih plošč na površino pogače voda izpari in kot vodna para prodira v notranjost stiskajoče pogače. V geometrijsko manjše iveri para lažje prodira in je zaradi tega efekt mehčanja lesa izrazitejši (Medved in Resnik, 2007).

2.1.2 Uporabljen lepilo za proizvodnjo IP

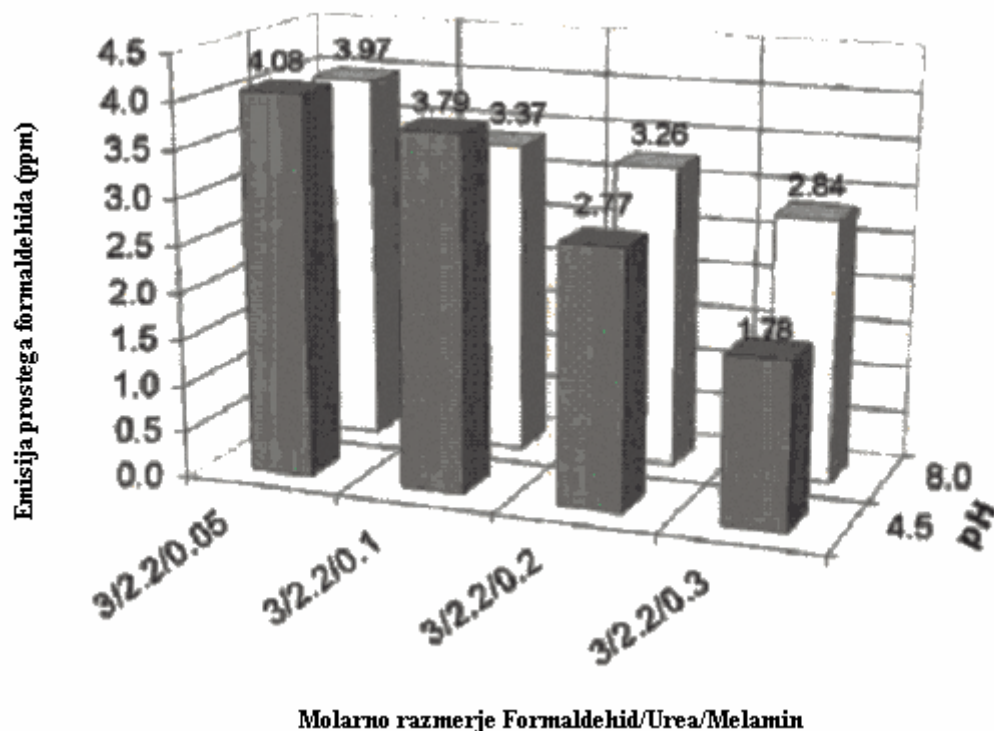
Določene lastnosti IP so pogojene tudi z uporabo lepila, ki se uporablja za izdelavo IP.

2.1.2.1 Lepila

Za izdelavo IP se uporabljajo različna lepila, a najpogosteje uporabljeno je urea-formaldehidno (UF). Delež lepila v zunanjem in srednjem sloju se razlikuje, tako ga potrebujemo za zunanji sloj nekoliko več, kar je posledica uporabe geometrijsko manjših iveri, ki imajo specifično višjo površino in jim je treba, če želimo imeti primerno vezavo med ivermi, dodati odstotno več lepila glede na suho iverje (Medved in Resnik, 2004 in 2010).

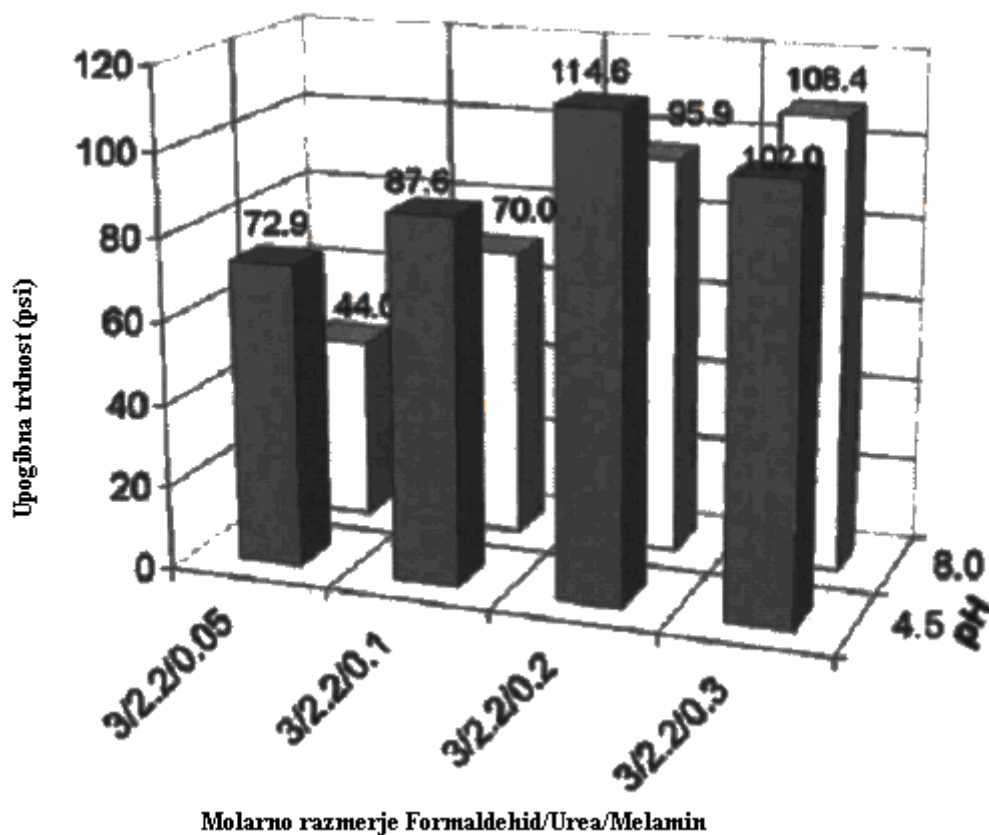
Za zagotovljeno trdnost vezi je pomembno molarno razmerje med ureo in formaldehidom. Za močnejšo vez je veliko ugodneje, če imamo prebitek formaldehida (Vizovišek, 1966).

Ker pa so ekološke zahteve glede vsebnosti prostega formaldehida v IP vse bolj stroge, se iščejo rešitve, kjer prehajajo razmerja s pomočjo dodatkov, predvsem melamina, celo v prid uree, saj le tako lahko dosežemo zadostne mehanske lastnosti in nizko vsebnost prostega formaldehida v IP. Tako je praktično emisijski razred prostega formaldehida E2 zgodovina, emisijski razred E1 je v opušcanju, saj najzahtevnejši uporabniki želijo imeti plošče s še nižjo vsebnostjo prostega formaldehida v IP (E0, JAS Fc0 ali F**** oznake in zelene meje se še niso čisto ustalile). Vsebnosti prostega formaldehida pa niso pomembne le v samih materialih, ampak je pomembna njihova vsebnost v prostoru, ki pa je delno odvisna tudi od drugih dejavnikov, kot sta temperatura in koncentracija CO₂. (Proizvodni program (5. 6. 2010); Mui in sod., 2009; Tohmura in sod., 2001).



Slika 1: Vsebnost prostega formaldehida v IP v odvisnosti od deleža melamina in pH-reakcije (Chung in sod., 2008)

Mehanske lastnosti IP se močno izboljšajo, če kot dodatek uporabimo melamin, o tem je precej navedenega in je poročal že Chung s sod. (2008). Tako je melamin zaradi svoje kemijske zgradbe primeren zaradi večje zmožnosti vezave formaldehida nase, poleg tega pa tvori močnejše vezi, saj se lahko z ostalimi molekulami prostorsko veže. Lastnostim melamina in njegovi pomembnosti pri adheziji se bomo posvetili nekoliko kasneje.



Slika 2: Upogibna trdnost IP v odvisnosti od deleža melamina in pH-reakcije (Chung in sod., 2008)

Dodatna rešitev je uvajanje drugih tipov lepil, ki ne vsebujejo formaldehida, tako se z uporabo izocianatnega lepila (PMDI) znižuje vsebnost prostega formaldehida v IP praktično po linearni funkciji. (Wang in sod., 2007.)

2.1.2.2 Katalizatorji

S pomočjo katalizatorjev pospešimo polikondenzacijsko reakcijo, v našem primeru med formaldehidom in ureo ali melaminom. Poznamo več vrst katalizatorjev, razlikujejo pa se predvsem po tem, kolikšen pH ustvarimo z njimi za potek reakcije polikondenzacije. Nekaj lastnosti, kot so: upogibna trdnost, hitrejši čas želiranja, nižja vsebnost prostega formaldehida, nabrek itd., se je pokazalo kot boljših, če se je reakcija polikondenzacije odvijala v kislih pogojih, v primerjavi s katalizatorji, kjer reakcija poteka v bazičnih pogojih (Chung in sod., 2008).

Podobne vzporednice lahko povlečemo tudi iz sinteze smol, kjer Vizovišek (1966) navaja, da je za zaustavitev reakcije sinteze smol eno izmed učinkovitih rešitev za zvišanje pH-ja reakcije. Torej je pri samem nadaljevanju zamreževanja zakonitost podobna.

2.1.3 Osnovni tehnološki parametri za proizvodnjo IP

IP, ki imajo bolj kompaktno površino, zagotavljajo boljšo kakovost zbrušene površine IP, ugotavljata Hiziroglu in Suchsland (1993). Na to, da dosežemo dovolj kompaktno površino, pa vplivajo nekateri dejavniki, ki jih bomo opisali v nadaljevanju.

2.1.3.1 Temperatura stiskanja IP

Zagotovljena mora biti zadostna temperatura znotraj plošče, da lahko poteče polikondenzacijska reakcija med ureo in formaldehidom. To je pogoj za vzpostavitev trdnega duroplasta.

2.1.3.2 Vlažnost pogače IP

Zvišanje gostotnega profila na površini je cilj, ki nas privede do primerne površine za nadaljnje oblaganje. Wong s sod. (1998) navaja, da je za povečanje gostotnega viška IP pomembna predvsem vlaga v zunanjem sloju natresne pogače. Tako je imela IP z 20 % vlažnostjo pogače zunanjega sloja višji gostotni višek od IP, ki je imela 10 % vlažnost pogače zunanjega sloja. Dodajanje vode je možno v fazi oblepljanja ali pršenja natresne pogače pred vročim stiskanjem.

2.1.3.3 Razmerje zunanji – srednji sloj

Poleg tega je pomembno razmerje med deležem zunanjega in srednjega sloja. Pri isti vlažnosti natresne pogače, zunanji sloj 20 %, sta bili izbrani dve razmerji zunanjega v primerjavi z notranjim slojem (zunanji/notranji/zunanji), in sicer: 1/4/1 in 1/8/1. Opaženo je bilo, da je pri razmerju 1/8/1 gostotni višek višji, samo območje gostotnega vrha pa nekoliko ožje, bolj skoncentrirano (Wong in sod., 1998).

2.1.3.4 Hitrost zapiranja stiskalnice

Hitrost zapiranja stiskalnice ima določene vplive na lastnosti IP. Te lastnosti so vidne že iz gostotnih profilov IP. Tako so Wong in sod. (1998) v istem delu raziskovali vpliv hitrosti zapiranja stiskalnice, kjer so bile izbrane tri hitrosti. Razlike v IP so se pojavile pri treh tipičnih parametrih, ki jih lahko razberemo iz gostotnih profilov IP: oddaljenost gostotnega vrha od površine, baza gostotnega vrha in faktor gradienta.

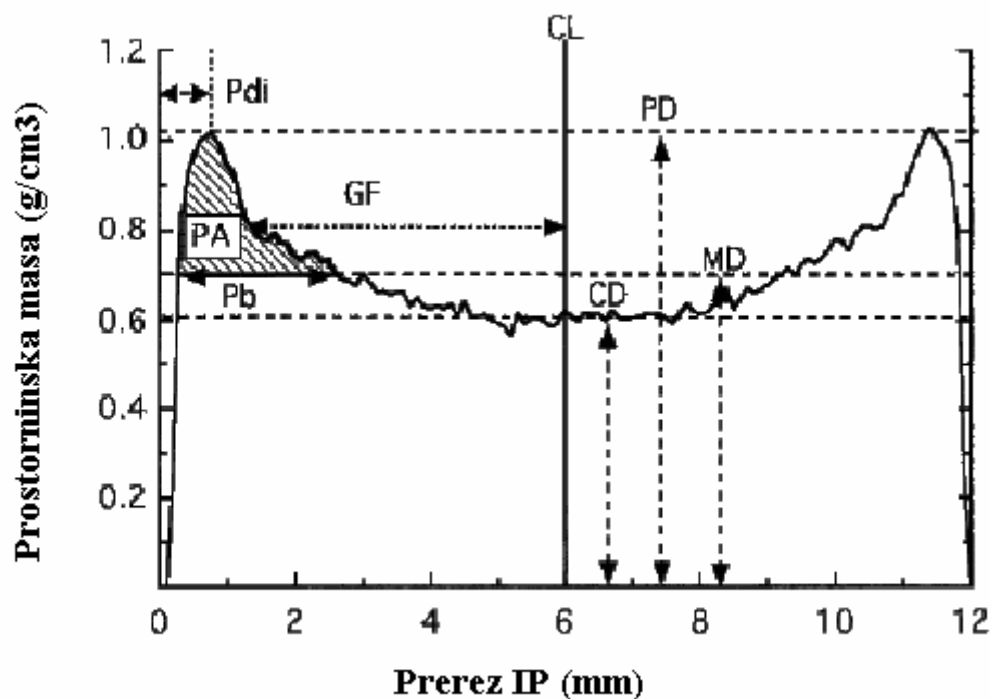
Oddaljenost gostotnega vrha od površine nebrušene IP pove, koliko IP na površini ima nižjo gostoto od gostotnega vrha nebrušene IP. Manjša kot je oddaljenost, manj IP je treba zbrusiti, da dosežemo najvišjo gostoto IP na površini. Ugotovljeno je, da z višanjem hitrosti zapiranja stiskalnice ta razdalja pada. Torej z višjo hitrostjo zapiranja stiskalnice omogočimo nižje odbruske (Wong in sod., 1998).

Baza gostotnega vrha IP nam pove interval porazdelitve prostorninskih mas IP, ki je nad mejo srednje vrednosti gostote IP. S hitrostjo zapiranja stiskalnice se ta interval krajša (Wong in sod., 1998).

Faktor gradienta je interval med geometrično sredino IP in gostotnim vrhom surove IP. Faktor gradienta se je višal s hitrostjo zapiranja stiskalnice (Wong in sod., 1998).

Iz teh treh parametrov vidimo, da z višanjem hitrosti zapiranja stiskalnice dobimo IP, ki imajo zelo ozko in močno izrazito bazo gostotnega vrha. Zaradi tega se gostota srednjega

sloja IP močno približa srednji vrednosti gostote IP, sam profil pa spominja na nočni obris glave človeka netopirja. Tako so v žargonu tovrstni gostotni profili dobili vzdevek Batman.



Slika 3: Prikaz pojmov, povezanih z gostotnim profilom (Wong in sod., 1998)

2.1.3.5 Čas stiskanja IP

Prav tako ima določen vpliv čas stiskanja IP. Tako sta Hiziroglu in Graham (1998) odkrila razliko pri izdelavi 17,9 mm in 18,2 mm debele IP, kjer sta uporabila dva različna časovna intervala stiskanja: 36 s in 45 s. IP, pri katerih je bil uporabljen čas stiskanja 36 s, so imele nekoliko bolj ravno površino po brušenju od IP, ki so imele čas stiskanja 45 s. Prav tako so imele debelejšše zbrušene IP nekoliko manj hrapavo površino od tanjših, kar sta avtorja povezala z gostoto površine zbrušene IP. Namreč, debelejšše IP so po brušenju imele nekoliko višji gostotni vrh. Vzrok, da so imele višji gostotni vrh, sta z največjo verjetnostjo pripisala načinu brušenja, ker pa so karakteristike brušenja precej odvisne od dimenzijskih lastnosti surove IP, opozarjata, da je zelo pomembno minimalno dimenzijsko nihanje surovih IP.

2.1.3.6 Tlak stiskalnice in predstiskalnice

Z višanjem tlaka predstiskanja natresne pogače višamo gostotni vrh izdelane IP (Nemli in Demirel, 2007).

Z višanjem tlaka stiskanja pogače se zvišuje gostota IP in posledično gostotni vrh IP. Tlaka stiskanja ne moremo poviševati v nedogled, saj se pri previsokih tlakih pojavi porušenje celičnih sten.

2.1.3.7 Vlažnost IP in kakovost površine

Les je higroskopni material, vpija vodo, jo veže v celične stene in kopiči v lumne. Dobro je znano dvigovanje lesnih vlaken, ki je posledica vezanja vode iz zraka v les (Jaić in Živanović, 1995), prav tako sta Ozdemir in Hiziroglu (2009) ugotovila, da se z različno vlažnostjo lesa površina le-tega spreminja. Hrapavost površine lesa je med 7,5 % in 11 % ravnovesno vlažnostjo zelo podobna, skoraj zanemarljiva, ko pa les navlažimo na 14,5 %, se hrapavost površine močno zviša. Vlažnost lesa pa ne vpliva le na kakovost površine, ampak tudi na kakovost spoja med lesom in zaščitnim sredstvom. Pri uporabi celuloznih in poliuretanskih zaščitnih sredstev se namreč z zviševanjem lesne vlažnosti adhezija znižuje.

2.2 BRUŠENJE IP

Skorajda ni lesnoobdelovalnega postopka, kjer ne bi kot osnova za kakovosten izdelek bilo potrebno kakovostno brušenje površine. Zanima nas, ali je pri procesu brušenja plošč, ki so namenjene nadaljnjemu postopku oblaganja z melaminskimi papirji, zelo fino brušena površina IP sploh zaželena ali pa morda takšna površina celo negativno vpliva na kakovost oprijemnosti MP.

2.2.1 Cilji brušenja IP

Brušenje lesa je zelo pogosta operacija, ki je praktično nujno potrebna v vsakem pohištvenem obratu. Mihevc (1994) v zborniku *Priprava površin, brusni materiali, brušenje lesa* navaja naslednje lastnosti in zahteve brušenja:

- egaliziranje: izravnavanje neravnin, nastalih pri predhodni obdelavi ali izdelavi,
- kalibriranje: debelinsko izenačevanje ploskovnih obdelovancev,
- oblikovanje: dokončno oblikovanje različnih vrst izdelkov, izredno rahlo profiliranje,
- čiščenje in glajenje: pri površinskih obdelovancih, kjer stremimo za želeno kakovostjo površine (gladko ali hrapavo).

Gladkost površine ni vedno cilj, želja po hrapavih ploščah se pojavi v več primerih: kadar lepimo z lepili z mehanskim in fizikalnim vezanjem, pri ploščah, ki služijo za različne namene – kjer je še posebej pomembno, da plošča ni preveč gladka –, ali pa pri brušenju s predbrusilko, ko le iščemo ekonomske učinke².

Brušenje je sestavljeno iz dveh procesov, to sta:

- brušenje; odzemanje materiala,
- abrazija; glajenje, poliranje.

Pri obeh procesih je potrebna uporaba podobnih strojev in prav tako podobnih brusnih trakov, razlikujeta se lahko le po finosti trakov ali po smeri brušenja, neposredni izvedbi brusne postaje. (Mihevc, 1994.)

² Eden izmed proizvodov, kjer je hrapava površina potrebna, je sedalo stola – tu mora biti drsni koeficient med nosilno ploščo in oblazinjenjem zadosten, da se oblazinjenje ne premika po nosilnem sedalu. Zanimivo je, da so surove plošče, ki jih proizvedemo v kontinuirani stiskalnici, preveč gladke in zaprte, zato jih je treba nabrazdati, kar pa najlažje dosežemo z brušenjem.

2.2.2 Nosilna podlaga

Nosilne podlage so temelj brusnih papirjev. Predstavljajo transportni medij abrazivnih zrn, tvorijo obliko brusnih papirjev in določajo njihovo moč ter s tem pogoje uporabe. Nosilne podlage so iz različnih materialov, izbiramo jih glede na njihovo zahtevano mehansko trdnost brusnega papirja, ki je potrebna za obdelovanje.

Osnovna delitev nosilnih podlag, kot jo v zborniku *Izbira ustreznega brusilnega sredstva* navaja Polančeva (1994), je odvisna od kakovosti podlage – glede na to razlikujemo med papirno podlago ali podlago, ki je tkana. Tkane podlage so veliko močnejše od papirnih, zato jih uporabljamo za zahtevne brusne operacije.

Papirne nosilne podlage delimo v naslednje razrede:

- A-papirji,
- do F-papirji.

Razredi odpornosti papirjev se višajo s črko abecede od A do F. A-papirji prenesejo nizke natezne in razplastne trdnosti. Višine teh se gibljejo ok.: natezne 7 N/mm, razplastne 5 N/mm. Te sile se povzpnejo na: natezne 30 N/mm, razplastne 10 N/mm, pri papirjih kakovosti F (Polanc, 1994).

Tkane podlage sestojijo iz različnih materialov, ti so lahko, kot zasledimo pri Polančevi (1994):

- bombaž,
- rayon,
- poliester.

Mehanske lastnosti se višajo od bombažnih, ki so primerljivi z najkakovostnejšimi papirnatimi, prek rayona do poliestrov, ki so najmočnejši in zato namenjeni najzahtevnejšim brusnim operacijam.

2.2.3 Izbira finosti brusnega traku

Na brusnih trakovih iz različnih materialov so nameščena abrazivna zrna, ki imajo funkcijo odzemanja materiala. Zrna morajo imeti takšno lastnost, da se ne obrabijo prehitro, se dobro držijo z nosilno podlago in da so samobrusilna. Material morajo enakomerno odzemat ž pri nizkih pritiskih, ne glede na to, ali je podlaga nehomogeno trda ali ne. Abrazivna sredstva ne smejo vsebovati primesi železa ali drugih kovin. (Polanc, 1994.)

Brusni trakovi, ki se uporabljajo za brušenje IP, so gibki. Osnova upogibnih brusnih teles so lahko papirji, platna ali umetna vlakna. Na trakovih so nanosi veziva, v katerega so potopljena brusna zrna, ki so elektrostatično usmerjena, dokler se vezivo ne strdi. Nanj je nanesen še en sloj prekrivnega veziva, ki brusna zrna še močneje veže s podlago.

Finost brusnega papirja določamo s številko zrnatosti, npr. P 100, kar pomeni, da je na 1 inčo v situ 100 odprt in nam pove, katera zrna se presejejo skozi sito in ne padejo skozi naslednje po velikosti ter so primerna za trakove, ki nosijo oznako P 100.

V industriji IP se uporabljajo brusilni trakovi zrnatosti od P 36 do P 120, za posebne primere tudi do P 400. Brusne trakove do P 120 se uporablja za normalno fino brušenje IP, fino brušenje s trakovi do P 400 uporabljamo za IP, ki so namenjene neposrednemu tiskanju, saj so nanosi temelja, kita in nato barve zelo nizki in le z zelo gladko in zapolnjeno površino lahko dosežemo enakomeren nanos brez estetskih napak površine³.

Poznamo različne vrste abrazivnih zrn, njihove lastnosti se med seboj razlikujejo in glede na to jih tudi izbiramo za določeno operacijo. Kot material so uporabljena korundna zrna in še nekatere druge anorganske, mineralne kamnine (Polanc, 1994).

³ To je odvisno od tehnološke dovršenosti nanašalne linije. Pri novejših strojih so gramature nanosov kita, temelja in tiska nižje kot pri starejših linijah; zaradi tako nizkih nanosov pa je treba površino IP zelo kvalitetno zgladiti, kar pa lahko dosežemo s finimi brusnimi papirji.

Preglednica 1: Abrazivna zrna, njihove lastnosti in uporaba (Polanc, 1994)

Material	barva	trdota po Mohsu	uporaba, lastnost
Kremen	mlečno bel, rjav, siv, rdeč	6,5–7,0	ročno in strojno brušenje mehkih vrst lesa
granat (zrnati kamen)	rumenkast	7,5–8,0	ročno brušenje mehkih vrst lesa
črn korund	Črn	7,0	krhek, groba zrnatost, mehke vrste lesa
rjav korund	rjav	8,0–9,0	Brušenje mehkih vrst lesa
roza korund	roza	9,0–9,2	strojno brušenje tudi trdih vrst lesa
beli korund	bel	9,4–9,5	krhek, strojno brušenje, trde vrste lesa, umetnih snovi in kovine
Silicijev korund	Črn	9,6	za vse vrste brusnih trakov, ki so zelo obremenjeni; vlaknenih ploščah (MDF), IP in filmih laka

Ko primerjamo med sabo površine IP, ki so bile zbrušene z različno finimi brusnimi papirji, ugotovimo, da uporaba finejšega brusnega papirja zniža neravnost površine. Torej je površina IP nekakšen zrcalni odsev hrapavosti brusnega papirja. Z višanjem finosti brusnega papirja pri potrebni isti moči motorjev brusnega sklopa pa se znižuje odvzem materiala iz IP. Tako je razlika med neravninami kar za polovico nižja, če po končnem brušenju z brusnim papirjem zrnatosti P 80 uporabimo še brusni papir P 120 (Nemli in sod., 2007).

Prav tako v svojem delu Gladek (1997) ugotavlja, da z bolj fino mehansko obdelavo IP površina postaja vedno bolj gladka, kar se v precej nižji meri odraža tudi na OP IP.

2.2.4 Vpliv hitrosti brušenja na kakovost površine zbrušene IP

Brušenje, kljub svoji navidezni enostavnosti, ni tako preprost in vodljiv proces. Vodljivost se zmanjšuje s stopnjo vodljivosti in zmožnostjo nadzorovanja brusilke. Brusilka je namreč sestavljena iz več sklopov in ko spremenimo en parameter, pa naj bo to le na enem sklopu, povzročimo spremembo dimenzij ali kakovosti brušenega izdelka. Tak rezultat je posredno viden pri Nemliju, kjer so s spreminjanjem določenih faktorjev brušenja dobili zbrušene IP, ki so bile dimenzijsko bolj razpršene kot surove IP pred brušenjem (Nemli in sod., 2007).

Podajalna hitrost IP v brusilko ima predvsem ekonomske učinke, saj z višjo podajalno hitrostjo zbrusimo več IP na časovno enoto. Je pa slabost v tem, da s samim zviševanjem hitrosti brušenja narašča hrapavost brušene površine IP, hkrati pa se znižajo odvzemi materiala (Nemli in sod., 2007).

2.2.5 Vpliv uporabljene moči za pogon brusilke na površino zbrušene IP

Moč toka, ki je potreben za pogon elektromotorja brusilne glave je odvisna od količine materiala, ki je odstranjen na časovno enoto. Neposredno lahko na moč toka elektromotorja vplivamo z zapiranjem ali odpiranjem brusilke. Tako pri bolj zaprti brusilki, bolj obremenimo elektromotor, kar ima za posledico večje odvzeme materiala IP. Parametri brušenja niso samostojni vsak zase. Ko spremenimo enega od njih, je za dosego določenega cilja nujno potrebna prilagoditev še drugih (Nemli in sod., 2007).

2.2.6 Vpliv podajalne hitrosti brusilke

Podajalna hitrost IP v brusilko ima predvsem ekonomski pomen, saj se z višanjem podajalne hitrosti zviša kapaciteta brusilke. Seveda pa hitrosti podajanja IP v brusilko ne moremo višati v nedogled, saj se kaj kmalu pojavijo negativni učinki, ki postajajo s hitrostjo vse bolj moteči. Z višanjem hitrosti podajanja se zvišujejo neravnine na površini zbrušenih IP, hkrati pa se znižuje odzvem materiala. (Nemli in sod., 2007).

2.3 PAPIR, IMPREGNIRAN Z MELAMINSKO SMOLO

Seveda pa ni pomembna le IP in pripravljena površina IP, pomembno vlogo ima tudi sam MP, saj so od njegove kakovosti odvisne karakteristike površine in končni izgled OP IP. Raziskali bomo lastnosti melamina, melaminskih smol in vpliv kakovosti MP na kakovost površine OP IP ter na načine adhezije MP in IP.

2.3.1 Melamin

2,4,6-triamino-1,3,5-triazin, trgovsko: melamin, je leta 1835 prvi pripravil in izoliral nemški kemik Justus von Liebig. To mu je uspelo s segrevanjem amonijevega klorida (NH_4Cl) in kalijevega rodanida (KSCN) v retorti. Je hidrofoben, bel kristaličen prah, ko pa pogledamo njegovo kemijsko $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ali $\text{C}_3\text{N}_3(\text{NH}_2)_3$ in strukturno formulo, ki obstaja kot resonančni hibrid treh oblik, nam pade v oči predvsem njegova aromatičnost cikličnega obroča, tri aminske skupine ($-\text{NH}_2$) in velika vsebnost dušika, kar 66,6 %. Zaradi aromatskega obroča in treh aaminskih skupin je ta molekula zelo reaktivna, saj ima šest prostih funkcionalnih skupin in tri dvojne vezi na heterocikličnem obroču. Gledano z druge strani pa so izdelki iz melamina higienični; ljudje nanj niso alergični in ne povzročajo akutnih ali toksičnih učinkov. Izdelke poleg naštetega odlikujeta tudi izjemna odpornost proti kemikalijam in mehanska vzdržljivost, še posebej proti razam. Posebne vrline pa dobijo izdelki, obdelani z melaminom, pri še dveh lastnostih: voodpornosti, tako proti hladni kot topli vodi, in pri ognjevarnosti. Pri višjih temperaturah začne namreč MF-smola razpadati, s tem vsrkava toploto iz okolice, kar se pokaže kot efekt hlajenja. Kot produkt pri reakciji nastajajo dušikovi plini, ki procese gorenja dodatno zavirajo (Brydson, 1999; Maxwell, 2003).

Neposredno uživanje melamina – kot v primeru dodajanja melamina v mleko, kjer je bil močno prekoračen dnevni, še dopusten vnos melamina v telo, ki znaša 0,2 mg/kg telesne teže –, pa ima lahko za posledico težje zdravstvene težave ali celo smrt (Toksičnost melamina..., 2008).

Lastnosti melamina so:

- molska masa je 126,13 g/mol;
- specifična gostota je 1,573 g/cm³;
- masna gostota je 650–750 kg/m³;
- je bel prah, ki se nahaja v različno finih oblikah: od nekaj mikrometrov do nekaj sto mikrometrov;
- tališče je 354 °C;
- sublimira pod točko tališča, tj. pri okrog 300 °C, kjer razpade z izhajanjem amonijevih hlapov;
- toksičnost je rahla do nizka;
- stabilnost je dobra;
- netopen je v večini organskih topil;
- v vodi je slabo topen, saj se topi: v 100 ml, pri 20 °C je topnost 0,38 g,
pri 90 °C pa 3,7 g;
- dobro je topen v formaldehidu, kje se raztapljanje prepleta s kemijskimi reakcijami;
- je šibka baza in s kislinami tvori dobro določene (kationske) soli; njegova vrednost pH se v 10 % vodni raztopini giblje med 8,2 in 9,4;
- za rokovanje z melaminom kljub vsemu priporočajo uporabo zaščitnih rokavic iz PVC ali PE, zaščitnih očal in zaščitne maske proti vdihavanju prahu (Maxwell, 2003; Melamin podatki Borealis..., 2009).

Melamin je dobil svojo uporabno vrednost šele po stotih letih, odkar je bil odkrit z MF-smolami. Kondenzacijo melamina s formaldehidom so patentirali pri podjetju Henkel z britanskim patentom 455,008 (Brydson, 1999).

Melamin s svojimi tremi aminskimi skupinami premore šest reaktivnih vodikovih atomov, zato z lahkoto postopoma reagira s formaldehidom in tvori metilolno vez z melaminom. Na ta način prihaja do postopne vezave na vseh šest vodikovih atomov, tako da nastanejo mono-, di-, tri-, tetra-, penta- in heksametilolmelamin. Hitrost adicije enega do treh molov formaldehida na en mol melamina je približno enaka, za nastanek višjih metilolmelaminov pa se le-ta zmanjša. Hitrost je manjša za 1,5-krat, kar je celo več, kot je povratna reakcija

disociacije. Zato je za doseganje višjih metilolmelaminov potrebno zagotoviti višji prebitek formaldehida in višjo temperaturo. Hitrost adicije formaldehida na melamin je odvisna od koncentracije OH^- -ionov in se premosorazmerno upočasnjuje z njihovim upadanjem; pH, dosežen v reakciji, pa naj nanjo ne bi imel vpliva, saj se lahko reakcija odvija tako v kislem kot v bazičnem okolju (Vizovišek, 1966; Deanin in Mead, 2003).

Obstaja pestra paleta smol. Melamin-formaldehid (MF) uvrščamo v skupino polikondenzacijskih smol, kamor spadajo tudi urea-formaldehidne (UF), fenol-formaldehidne (FF), anulin-formaldehidne (AF) in rezolcinol-formaldehidne smole (RF) ter različne mešanice smol: melamin-urea-formaldehidne (MUF), fenol-melamin-formaldehidne smole (FMF) in melamin-urea-fenol-formaldehidne smole (MUPF). Za te vrste smol je značilno, da se molekule povezujejo z drugimi molekulami tako, da pri tem izstopajo enostavne molekule (H_2O , NH_3 , HCl , H_2S , H_2 , ...) (Resnik, 1989).

Molekule se spajajo, kondenzirajo prek ogljikovih ali drugih atomov. Kondenzacija, pri kateri zadostuje ena vrsta molekul, je intramolekularna kondenzacija. Lahko sta udeleženi dve različni vrsti molekul – homokondenzacija, ali pa jih je več – heterokondenzacija. Čas trajanja kondenzacije je odvisen od časa trajanja prisotnosti prostih funkcionalnih skupin ali atomov med spojinami. Za uspešno kondenzacijo in regulacijo so potrebni ustrezni pogoji: temperatura, pH, topila, razredčila, tlak, vakuum in ustrezna izvedba aparatov. Potek polikondenzacije najlažje nadzorujemo z izbiro primernih izhodnih produktov, s količino izhodnih snovi ali glede na burnost, zmožnost reakcij. Zaustavitev reakcije dosežemo z znižanjem temperature ali spremembe pH-ja (ponavadi ga zvišamo). Kondenzacijski procesi so zanimivi, ker jih lahko zaustavimo v vsaki točki – tako na primer pripravimo in skladiščimo polizdelke –, in po želji nato s polikondenzacijo spet nadaljujemo (Vizovišek, 1966).

2.3.2 Uporaba MF-smol

Predstavili bomo uporabo MF-smol, pri tem pa se bomo orientirali po delu *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry* (1992 in 2003). Uporaba MF-smol je zelo pestra in razširjena. Na kratko bomo navedli nekatera področja uporabe, nato pa bomo nekoliko podrobneje opisali še uporabo MF-smol pri dekorativnih papirjih, impregniranih z melaminsko smolo.

Melaminske smole se uporabljajo v različne namene, in sicer za:

- izdelavo lakov za les in kovino; za izboljšanje akrilnih premazov v avtomobilski industriji in v povezavi s poliestrskimi premazi;
- izdelavo laminatov in oplemenitenje delovnih površin;
- izdelavo kuhinjskih posod; zaradi majhne teže, dobre odpornosti, atraktivnega izgleda in uspešne primerljivosti z drugimi izdelki;
- lepljenje lesa; zaradi izjemnih lastnosti večkrat primešajo cenejša (UF, FF) lepila;
- apreturo za tekstil;
- povečanje odpornosti papirja proti vodi in večjo odpornost proti ognju;
- odpornost produktov, kateremu dodajajo melamin, proti gorenju;
- strojenje usnja. (Maxwell, 2003; Pesce in Jenks, 1992.)

Papir, impregniran z melaminsko smolo, lepimo na surovo ploščo pri povišanih temperaturah, ki se giblje med 170 °C in 190 °C, čas stiskanja pa je odvisen od gramature osmoljenega papirja. Gramaturo papirja označujemo z dvema številoma: 80/200 in enoto [g/m²]. Prvo število nam poda maso čistega papirja, drugo pa maso papirja, ki je nasmoljen (papir in smola). Osmoljenost papirja je običajno med 57 % in 60 %, kar pomeni, da več kot polovico celotne mase zavzema smola, velja pa omeniti, da so papirji precej tanki (Vratanar, 1996).

Čas utrjevanja mora biti ravno pravšnji, tako da dobimo dovolj trdo površino, ki pa je še dovolj žilava. Tako je npr. najprimernejši čas stiskanja za papir 80/200 g/m², pri

temperaturi 190 °C z optimalnim časom 50 s, za papirje gramature 120/300 g/m² pa je pri isti temperaturi optimalen čas 60 s (Vratanar, 1996).

Pri potrebni temperaturi v določenem času pride do nadaljevanja kondenzacije, smola v papirju se zmehta, usidra med majhne razpoke, otrdi ter se fizikalno, mehansko in kemijsko poveže z osnovno ploščo. Dekorativni papir mora biti dovolj trd in hkrati zadosti žilav ter kemijsko odporen, da prenese hojo po laminatih, razlitje tekočin na stalažah ipd.

Z oblaganjem IP z MP pridobi IP kar nekaj izboljšanih lastnosti: povišajo se ji mehanske lastnosti, odpornost površine na obrabo, zniža se ji debelinski nabrek, vsebnost prostega formaldehida ipd. (Nemli in Colakoglu, 2005).

2.3.3 Kakovost MP

MP je sestavljen iz nosilne podlage ali iz več slojev le-te, ki je impregnirana z UF-smolo. Vrhnji sloj pa je impregniran z melaminformaldehidom, ki daje papirju površinsko odpornost in po reagiranju v stiskalnici kemijsko odpornost. Zaradi ekonomskih učinkov se pojavljajo tudi težnje, da se v vrhnjem sloju uporablja MUF namesto MF (Kandelbauer in sod., 2010).

Delež UF-smole v nosilni podlagi se lahko razlikuje zaradi ekonomskih učinkov in nihanj med proizvodnjo. Običajen delež UF-smole je nad 50 %, če pa ga zmanjšujemo, se odprtost površine sorazmerno povečuje, kar lahko vpliva na višanje rezultata pri kislinskem testu. Kritična meja je 25 % delež UF-smole, kar sta ocenila Roberts in Evans (2005).

Delež UF v MP pa ne vpliva le na odprtost površine, ampak je z nižanjem deleža UF-smole v MP povišan prehod melamina iz površine MP v notranjost, kar pa zagotovo zniža kakovost površine OP IP (Roberts in Evans, 2005).

Površina oplemenitenih površin, ki so izpostavljene vlagi – vodi, ne spremeni svojega reliefa. Ena od razlag se skriva v zgornjih navedkih, avtorja Kalaycioglu in Hiziroglu (2006) ugotavljata, da postane površina obložene težke vlaknene plošče po daljšem namakanju v vodi celo manj hrapava, kot je bila pred namakanjem.

2.3.4 Hrapavost IP in oprijem MP

Na oprijem in kakovost površine OP IP ima zagotovo pomemben vpliv tudi sama podlaga IP. Iz literature je razvidno, da je površina IP za nadaljnje oblaganje z obložnimi MP primernejša, če je gostejša in bolj zaprta (Hiziroglu in Suchsland, 1993).

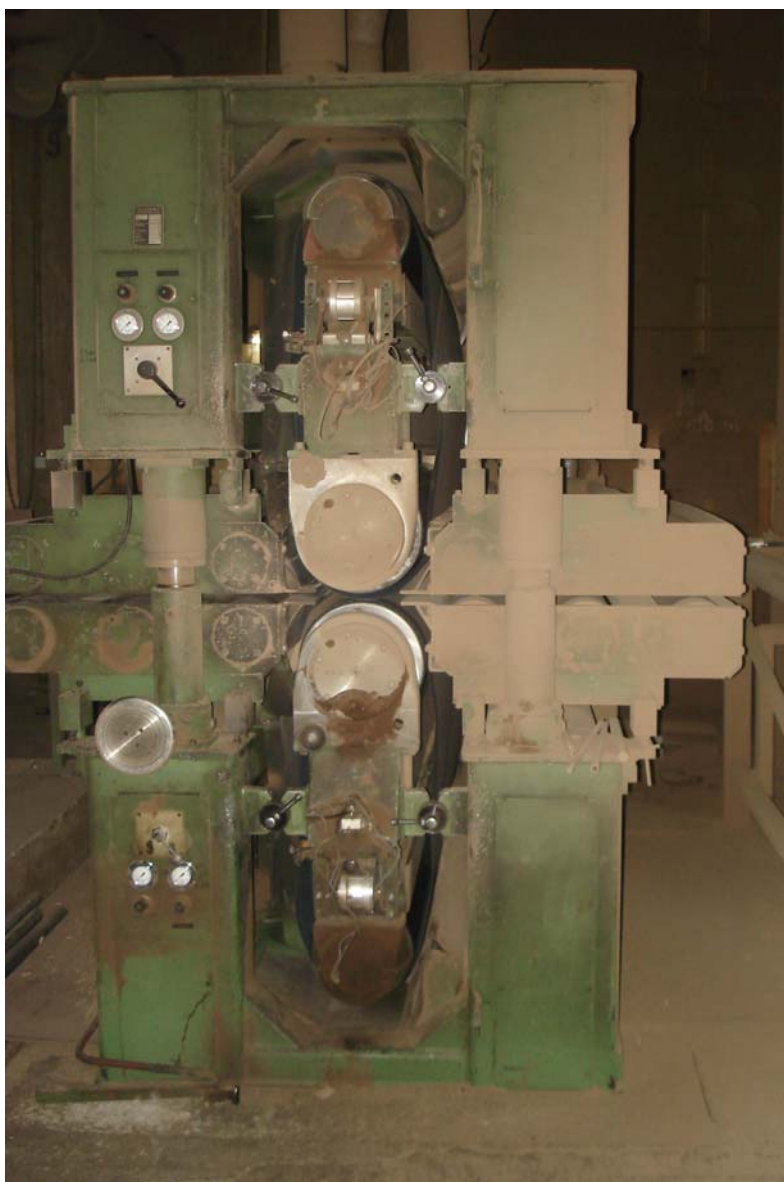
3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Plošče, ki smo jih uporabili, so bile izdelane v sedemetažni stiskalnici Siempelkamp v podjetju Tovarna ivernih plošč Lesna TIP Otiški Vrh, d. d. IP so klasične, trislojne, za njihovo izdelavo je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo, oznake Lendur-111, proizvajalca Nafta Lendava (Petrokemija). Skupno število odvzetih vzorcev IP je bilo 18.

Plošče smo nato kondicionirali do brušenja. IP smo brusili na brusilnem sklopu predbrusilke Stainemann in brusne postaje Bizon s štirimi brusnimi glavami. Gre za plošče z veliko nadmero, saj je njihova neto debelina znašala 16 mm, dejanska pa se je gibala med 16,30 mm in 18,30 mm (tabela priloga C), tako da je povprečna bruto debelina, 17,4 mm, ki jo upoštevajo pri kalkulacijah, dokaj zanesljiva. Med operacijo brušenja smo merili debelino plošč in ugotovili, da se le-ta spreminja v ciklikih števila 7, na kar smo bili opozorjeni že s strani tehnologov v podjetju. Torej so razlike v debelinah plošč posledica tehnološkega procesa, različnega specifičnega tlaka med etažami in neenakomernega pozicioniranja etaž. Zaradi nihanj od sredinske debeline, ki je bila ciljna, tj. 17,4 mm, smo IP razporedili v tri debelinske skupine: IP debelih plošč (17,9 mm–19,0 mm), ki smo jih označili z oznako C, srednjih (17,0 mm–17,8 mm) z oznako A in tankih (16,3 mm–16,9 mm), ki smo jih označili z oznako B. Ker brusilke ne nastavljamo za vsako ploščo posebej, je prihajalo do nesimetričnega brušenja.

Tehnika brušenja je namreč takšna, da imamo več brusilnih postaj eno za drugo. V našem primeru smo imeli tri postaje. Prva, predbrusilka – kalibrirka, ima dva kontaktna pritiska valja, enega nad drugim, ki sta nam omogočila kalibracijo plošče na nadmero 0,6 mm, to pomeni 0,6 mm večjo debelino, kot je zelena končna. Spodnji strani smo nastavili fiksni odvzem, polovico pričakovane nadmere, zgoraj pa smo odvzeli preostanek viška. Torej smo pri debelejših ploščah dobili zgornjo stran delno prebrušeno, pri tankih pa premalo zbrušeno. Na tej postaji uporabljamo grob brusni papir granulacije P 36, ki je primeren za večje odvzeme, da ploščo lažje stanjšamo na 0,6 mm nadmere .



Slika 4: Predbrusilka

Druga brusna postaja ima dva pritiska valja, ki sta zamaknjena. Tu uporabljamo finejše brusne papirje granulacije P 60 s teoretičnim odvzemom 0,2 mm na zgornji in spodnji strani.



Slika 5: Sklop druge in tretje brusne postaje

Poleg druge je v istem bloku še tretja brusna postaja, ki ima zgoraj in spodaj dva valja, ki sta prav tako zamaknjena. Med obema valjema, ki sta zgoraj in spodaj, je vstavljena drsna letev. Tu uporabljamo najfinejše papirje, za osnovno brušenje IP je granulacija papirja P 100. Želeni odvzemi so 0,1 mm na obeh straneh. Drsna letev je med pritiskoma valjema nekoliko nižja in s tem omogoča, da pritiska valja ne pritiskata neposredno na površino obdelovanca. Tako brusni trak pride v stik z obdelovancem na pritiski letvi, ne pa kontaktno na pritisknem valju. Zaradi tega se na površino plošč ne prenašajo ekscentrična gibanja in vibriranja ali nihanja valja⁴.

⁴ Poimenovanje drsne letve izhaja iz drsenja brusnega traku, ki s hrbtno stranjo drsi po tej letvi. Drsna letev je kovinski distančnik, ki je vstavljen med pritiska valja tako, da brusni trak odmakne od površine obdelovanca. Ta kovinski distančnik je obložen s tanko podlogo, ki je lahko klobučevina ali MDF, z razlogom, da se drsna letev lahko nekoliko vdaja ali bolj prilega površini obdelovanca. Nanjo pa je nalepljen grafitni trak, ki zagotavlja nizko trenje drsne letve s hrbtno stranjo brusnega traku. Hkrati je omenjena letev široka nekaj centimetrov, tako da je delovna površina precej širša kot pri pritisknem kontaktnem valju in zaradi tega je možna enakomernjša abrazija. Druga prednost drsne letve je tudi ta, da ne prihaja do preslikave tresljajev brusnih valjev na površino, saj so pritiskne letve statične in na njih ne vplivajo centrifugalna sila valja, resonanca rotirajočega elementa, dimenzijska tolerančna in balansijska odstopanja valja brusilke.



Slika 6: Drsna letev med valjema

Po brušenju smo IP razvrstili v tri debelinske skupine in jih poimenovali:

- **A:** normalno debele (17,0 mm–17,8 mm);
- **B:** tanke (16,3 mm–16,9 mm);
- **C:** debele (17,9 mm–19,0 mm).

Vzeli smo po tri plošče iz vsake skupine A, B ter C, da smo jih lahko zbrusili na tri različne načine:

1. z brusnim papirjem granulacije P 36 do neto debeline;
2. z brusnima papirjema granulacije P 36 in P 60 do neto debeline;
3. z brusnimi papirji granulacije P 36, P 60 in P 100 do neto debeline.

S tem postopkom smo dobili devet različnih variant plošč glede na osnovno debelino in variacijo brušenja:

- **A1:** IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
- **A2:** IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
- **A3:** IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100;
- **B1:** IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
- **B2:** IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
- **B3:** IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100;
- **C1:** IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
- **C2:** IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
- **C3:** IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100.

Osnovni podatki o uporabljenih brusnih papirjih so navedeni v prilogi B.

Vse IP so bile končne neto debeline približno 16 mm. Velikost formata je: 5500 mm x 2070 mm. Po kondicioniranju so bile plošče oplemenitene z belim MP, oznake 70/150, proizvajalca Melamin, nato pa prerezane na polovico. Dobljena dimenzija plošče je 2750 mm x 2070 mm. Prvi konec smo označili s številko 1, drugega z 2 (npr. **1A3**, **2A3**). Iz teh 18 plošč smo izrezali vzorce za test čvrstosti površine, kislinski test, test s svinčniki in interni test s svinčniki. Naknadno smo opravili še test porazdelitve prostorninskih mas, vzorce pa smo dobili iz dodatnih vzorcev, ki smo jih hranili po razrezu. Izrez vzorcev je prikazan na spodnji kosovnici.

Skladiščenje in kondicioniranje vzorcev je potekalo v laboratoriju podjetja Lesna TIP Otiški Vrh, d. d., kjer smo jih nato tudi testirali (priloga C).

3.2 METODE DELA

Po razrezu plošč smo dobljene vzorce razporedili in jih kondicionirali v laboratoriju. Nato smo opravili teste kakovosti oprijemnosti OP IP. Opravljen je bil kislinski test po internem standardu, ki nam pove, ali so bili faktorji oplemenitenja primerni in primerljivi za vse plošče.

Kot pokazatelj kakovosti oprijemnosti MP na pripravljeno površino IP je služil test čvrstosti površine, ki je bil opravljen po standardu SIST EN 311.

Naslednji test je bil test s svinčniki, opravljen po dveh postopkih. Test s svinčniki po metodi EN 14323; kjer se opazujejo spremembe sijaja površine. Druga vrsta metode pa je interna metoda testa s svinčniki, kjer ocenjujemo trdoto OP površine IP, torej globino ugreznine v film.

Test porazdelitve prostorninskih mas je bil opravljen po internih navodilih v merilniku porazdelitve prostorninskih mas GreCon.

3.2.1 Izbira surovih testnih IP iz proizvodnje

Po spremljanju proizvodnje surovih IP, ki je potekala normalno in brez posebnosti, smo prešli k brusilnemu sklopu. Pred vstopom IP v predbrusilko smo merili levo debelino plošč v smeri proizvodnje⁵. Izmerjena je bila debelina 100 IP med tekočo proizvodnjo. Rezultati meritev, ki so bile opravljene s pomočjo debelinomera, so zbrani v prilogi C.

⁵ Morda se zdi neobičajno, da navajamo podatke o straneh proizvodnje, a le-te so, poleg zaporedja plošč ali drugih proizvodnih elementov, posebnost določenega obrata. V konkretnem primeru se plošče med proizvodnjo dvakrat obrnejo okrog vzdolžne osi, enkrat prek prečne, hkrati pa njihovo zaporedje po postopku stiskanja motijo dejavniki, kot so: paketno premikanje plošč od sklopa do sklopa, višina paketov je med sklopi različna, vmesna razvrščanja v kakovostne kategorije, vmesna odlagalna skladiščenja plošč z istim vstopom in izstopom, poleg vsega pa so možni še najrazličnejši človeški dejavniki in vsemogoče mehanske okvare ter elektromotnje, ki prinesejo s seboj določeno nepravilnost z vidika sledljivosti.



Slika 7: Debelinomer

Merjenje je bilo zahtevno in je terjalo precejšnjo mero spretnosti. Na podlagi dobljenih meritev so bili določeni trije debelinski razredi: A, B in C. Iz vsakega debelinskega razreda so bile izbrane po 3 plošče, ki smo jih zbrusili vsako na svoj način, kot je bilo opisano na začetku pričujočega poglavja.

3.2.2 Razrez testnih vzorčnih plošč in vzorčenje

Pri pripravi laboratorijskih vzorcev za predhodno dogovorjene teste smo si pomagali s standardom EN 326-1, kjer je navedeno, da naj bodo vzorci vzeti vsaj 150 mm od roba cele testne plošče. Omenjeni standard navaja tudi najnižje število vzorcev za test čvrstosti površine, in sicer 8. Velikost vzorcev smo prilagodili potrebam posameznega testa, ki smo ga opravili, tako so bili vsi vzorci velikosti 100 mm x 100 mm, vzeli smo jih razpršeno, iz vsake plošče po 10 za vsak tip testa. Pri merjenju porazdelitve prostorninskih pa je bil uporabljen po en vzorec iz vsake plošče, dimenzije 50 mm x 50 mm. Dimenzija vzorcev je bila določena in preverjena po standardu EN 325.

3.2.3 Kondicioniranje vzorcev

Kondicioniranje vzorcev se opravlja po standardu EN 14323. Vzorci, ki so primerno dimenzionirani, se skladiščijo pri sobni temperaturi, definirani s temperaturo $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, in hkrati pri relativni zračni vlažnosti prostora $(50 \pm 5) \%$ do konstantne mase (pri 24-urnih merilnih intervalih se masa med zadnjima meritvama ne sme razlikovati za več kot 0,1 % mase vzorca).

3.2.4 Opis opravljenih testov

3.2.4.1 Kislini test

Kislini test je bil izveden po internem standardu, kjer opazujemo spremembo barve površine oplemenitene IP, ki je izpostavljena kislini. Na površino obložene IP kanemo kapljico kisline. Premer razlite kapljice na površini obložene IP je približno 15 mm. Imamo dve izpeljanki; če uporabljamo 1 M HCl pustimo kislino na površini 20 min., če pa uporabimo 0,2 M HCl, pustimo kislino na površini 24 ur. Pri svetlih ploščah se zaradi boljše vidljivosti kislini dodaja rdeče barvilo (Medved in Pirkmaier, 2000).

Vzorci smo kondicionirali v laboratoriju pri sobnih pogojih. Dan pred testiranjem smo jih očistili prahu, morebitnih nečistoč in masti prstnih odtisov z acetonom. Pri tem je bil izveden testni postopek, ki ga bomo predstavili v nadaljevanju.

Na očiščeno površino vzorca dimenzije 100 mm x 100 mm, smo kanili kapljico 0,2 M HCl s keton rdečim barvilom in jo pokrili z urnim steklom ter počakali 24 ur. Z mehko krpo smo s površine odstranili tekočino in z barvne lestvice (slika 8), ki jo uporabljajo v podjetju, odčitali intenzivnost obarvanosti, ki predstavlja stopnjo otrdelosti in je ovrednotena s številčno lestvico od 1 (nizka otrdelost) do 5 (visoka otrdelost površine). Pri tem je vrednost 3 optimalna. Test smo opravili ločeno na spodnji in zgornji strani.



Slika 8: Obarvana HCl za test belih OP IP

3.2.4.2 Test čvrstosti površine

Test čvrstosti površine je bil opravljen po standardu SIST EN 311. S take vrste testom ugotavljamo adhezijo med MP in osnovno IP. V vzorec velikosti 100 mm x 100 mm smo s predrezilom zarezali utor globine MP, tako da smo dobili kvadrat dimenzije 25 mm x 25 mm. Nato smo površino papirja na tem kvadratu nekoliko obrusili, da se je kovinska ploščica dovolj dobro oprijela na površino vzorca. Pri lepljenju kovinskega nastavka z vzorcem smo uporabili termoplastno lepilo. Test čvrstosti površine je bil opravljen le na zgornji površini. Ker je površina obložene IP z MP zelo zaprta, tudi z rahlim brušenjem nismo vedno uspeli zagotoviti višje sile med kovinskimi ploščicami in vzorcem, kot je bila med vzorcem samim, zato so se te ploščice odlepile. Ti rezultati izstopajo kot zelo nizki in jih pri izračunih nismo upoštevali.

Pri izvedbi poskusa smo uporabili trgalni stroj znamke Wolpert (slika 9).



Slika 9: Trgalni stroj Wolpert

3.2.4.3 Test s svinčniki

Test s svinčniki je bil izveden v dveh različicah – po standardu EN 14323 in po internem standardu. Vzorci so bili kondicionirani pri sobnih pogojih laboratorija. Velikost vzorcev je bila 100 mm x 100 mm. Pri obeh izvedenih poskusih je bil uporabljen isti vzorec, kar pa ni motilo verodostojnosti rezultatov, ker smo zadostili prej omenjenemu standardu.

Standard EN 14323 opisuje spremembe sijaja oz. leska na površini, obloženi z MP. Vzorec smo najprej očistili z bombažno krpo, ki je bila prepojena z acetonom. Rezultat razenja je numerična vrednost, izražena v N, in pove največjo obtežitev, ki ne izzove trajnih poškodb na površini. Pri razenju smo uporabili obtežnostni svinčnik znamke Erichsen.



Slika 10: Obtežnostni svinčnik Erichsen

Začetna obtežba je 1 N, ki jo povečujemo za 0,5 N do 4 N. Pri vsaki obtežitvi naredimo dve razi v razmaku 1 mm–2 mm. Pri obtežbah, večjih od 4 N, pa je korak sile med obtežbami 1 N, razmak med obema razama pri večji obtežbi pa mora biti vsaj 3 mm–5 mm, čas vleka pa krajši od 10 s. Test smo opravili na zgornji in spodnji strani vzorca. Opazovanje spremembe sijaja je zelo subjektivno delo, zato bi bilo treba pri tovrstnem testu upoštevati oceno treh ljudi in za končni rezultat vzeti povprečje ocen. Rezultat se mora preveriti še čez 24 ur, da se oceni, če je na vzorcu v standardni klimi še vidna sprememba sijaja ali ne, rezultati naslednjega dne pa so dokončni. Kot končni rezultat je podana vrednost obtežbe, kjer je v paralelnih testih pri isti obtežbi vidne vsaj 90 % sledi.

Po standardu je predpisana odpornost površine proti razenju vsaj 1,5 N.

3.2.4.4 Interni test s svinčniki

Opravili smo še interni test s svinčniki, kjer na klimatiziranih in očiščenih vzorcih ocenjujemo trdoto površine do trajnega ugrezanja oz. vtiskanja površine v podlago, ki ga izzovemo z obtežbo kovinske konice svinčnika. Test se opravlja z identičnim orodjem kot predhodno opisan test s svinčniki (Erichsen), le da so pri tem sile precej višje. Čas trajanja vlečenja svinčnika se giblje med 4 s in 10 s, razdalje med poskusi so vsaj 5 mm, pri vsaki obtežbi pa izvedemo po dva poskusa. Test smo opravili na spodnji in zgornji strani.

Za mehke površine velja, da je po internih izkustvih ocenjena sila trajne vtisnitve površine nižja od 10 N, pri pretrdih površinah pa višja od 20 N. Kot optimum se štejejo vrednosti med 14 N in 18 N. Pri preveč mehkih površinah obstaja nevarnost ali bojazen, da bodo preveč občutljive na mehanske obtežbe in potemtakem bi se npr. na mizi lahko poznal. duplikat otrokove domače naloge, posebej pri tistih, ki imajo malenkost pretežko roko. V nasprotnem primeru pa bi papir, ki bi na mizi zelo otrdel, lahko kar počil, ko in če bi npr. mati postavila na mizo nedeljski jušnik za celo družino (interni standard...Lesna TIP).

3.2.4.5 Merjenje vertikalnih porazdelitev prostorninskih mas IP

Iz OP IP smo izrezali vzorce 50 mm x 50 mm in smo jim izmerili gostotni profil, porazdelitev prostorninskih mas. Pri analizi smo uporabili merilec vertikalnih porazdelitev prostorninskih mas GreCon, kljunasto merilo in laboratorijsko tehtnico. Podatki so bili obdelani na osebнем računalniku s programom DAX in predstavljeni kot graf porazdelitve prostorninskih mas ter numerične vrednosti karakteristik merjenega vzorca. Pri tem je bila natančnost, hitrost meritev nastavljena na 0,78 mm/s.



Slika 11: Merilec vertikalnih prostorninskih mas GreCon s pripadajočo pomožno opremo

Rezultati, ki smo jih uporabili in so bili pridobljeni z omenjeno napravo, so:

- graf vertikalnih porazdelitev prostorninskih mas vzorca;
- izračunana prostornina mase vzorca;
- najnižja in najvišja vrednost, gostotni vrh vzorca.

Iz grafa gostotnega profila je dobro razvidna porazdelitev mas v plošči. Le-ta ima velik vpliv na mehanske lastnosti IP, tako lahko za upogibno trdnost preverimo porazdelitev sil v nosilcu Krautovega *Strojniškega priročnika* (Puhar in Stropnik, 2007) in ugotovimo, da iščemo zelo klinaste gostotne profile plošč; za razplastno trdnost pa po principu najšibkejšega člena zelo enovito gostoto IP.

4 REZULTATI

4.1 KISLINSKI TEST

Za vsako ploščo je bilo izmerjenih po 20 vzorcev, za katere je bila izbrana povprečna vrednost. Kjer se je pojavil rezultat na meji med eno in drugo vrednostjo, smo se odločili za višjo vrednost. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti rezultatov kislinskega testa

Plošča	ZGORAJ	SPODAJ	Σ
A1	3	4	4
A2	3	4	4
A3	4	4	4
B1	3	3	3
B2	3	4	3
B3	3	4	4
C1	3	4	4
C2	3	4	4
C3	3	5	4
povprečje	3	4	4

Celostno gledano so bile plošče nekoliko oz. lahko bi rekli malenkost preotrdele. Če primerjamo zgornjo in spodnjo stran, ugotovimo, da zgornja ustreza standardu internega kislinskega testa, spodnja pa je že preveč otdela. Kljub vsemu bi lahko zaključili, da ustrezajo zahtevam internega standarda; plošče so torej primerne za tržišče.

4.2 TEST ČVRSTOSTI POVRŠINE

V preglednici 3 so zbrane povprečne vrednosti testa čvrstosti površine za vsak tip plošče. Najnižje vrednosti so ugotovljene pri IP tipa A, najvišje pa pri IP tipa C.

Glede na vrsto brušenja dobimo sledeče rezultate: brušenje 1 in 3 imata enak rezultat, pri tem pa nekoliko izstopa vrsta brušenja 2, kjer so bile dobljene najvišje vrednosti.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za vsak tip in vrsto brušenja IP

Plošča	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
vrednost [N/mm ²]	0,99	0,98	0,95	1,02	1,09	1,04	1,04	1,10	1,07

Preglednica 4: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za tip IP

Plošča	A	B	C
vrednost [N/mm ²]	0,97	1,05	1,07

Preglednica 5: Povprečne vrednosti rezultatov testa čvrstosti površine za vrsto brušenja IP

Brušenje	1	2	3
vrednost [N/mm ²]	1,02	1,06	1,02

Vrednosti pri vseh ploščah zadoščajo zahtevam standarda SIST EN 311. Če primerjamo povprečne vrednosti glede na tip plošče ali vrsto brušenja, ugotovimo, da prihaja do večjih nihanj rezultata prej glede na tip plošč kot pa glede na vrsto brušenja.

4.3 TEST S SVINČNIKI

Dobili smo rezultate testa s svinčniki po metodi EN 14323 za posamezen tip plošče in glede na njeno stran (zgornjo ali spodnjo). Vsi rezultati ustrezajo zahtevam standarda, saj jih presegajo za vsaj 0,5 N.

Preglednica 6: Rezultati testa s svinčniki (N) EN 14323 za vse izbrane tipe IP in vse vrste brušenja

Plošča	ZGORAJ	SPODAJ	Σ
A1	1,6	1,5	1,5
A2	1,6	1,6	1,6
A3	1,8	1,6	1,7
B1	1,5	1,6	1,6
B2	1,8	1,5	1,6
B3	1,8	1,7	1,7
C1	1,6	1,5	1,5
C2	1,6	1,6	1,6
C3	1,5	1,5	1,5
povprečje	1,6	1,5	1,6

Glede na stran plošče je nekoliko odpornejša zgornja stran plošče.

Poleg omenjenega lahko še razberemo, da se najvišje vrednosti pojavijo pri ploščah tipa B, najnižje pa pri ploščah tipa C.

Preglednica 7: Vrednosti testa s svinčniki EN 14323 glede na tip plošče

TIP PLOŠČE	A	B	C
[N]	1,59	1,63	1,53

Če primerjamo vrednosti razenja glede na vrsto brušenja, ugotovimo, da so najodpornejše plošče vrste brušenja 3, najmanj pa IP, ki so bile brušene po načinu 1.

Preglednica 8: Vrednosti testa s svinčniki po EN 14323 glede na vrsto brušenja

VRSTA BRUŠENJA	1	2	3
[N]	1,53	1,58	1,63

4.4 INTERNI TEST S SVINČNIKI

Oceno odpornosti zgornje oz. spodnje strani IP proti razenju po metodi internega testa s svinčniki smo dobili z določitvijo srednje vrednosti paralelnih rezultatov. Če se je pri tem pojavil rezultat med celima vrednostma, smo ga zaokrožili navzgor. Rezultat zgornje oz. spodnje vrednosti je aritmetična sredina. Prav tako je skupna ocena aritmetična sredina med zgornjo in spodnjo ploščo.

Preglednica 9: Rezultati internega testa s svinčniki (v N) za vse izbrane tipe IP in vse vrste brušenja

Plošča	ZGORAJ	SPODAJ	Σ
A1	16,9	16,7	16,8
A2	17,0	16,9	17,0
A3	17,3	16,8	17,1
B1	17,0	16,8	16,9
B2	17,2	17,1	17,2
B3	15,8	15,9	15,9
C1	15,8	15,4	15,6
C2	15,4	15,6	15,5
C3	14,6	14,7	14,7
povprečje	16,3	16,2	16,3

Za boljši pregled so izpostavljene še vrednosti po tipih plošč (A, B, C) in po vrstah brušenja (1, 2, 3).

Preglednica 10: Vrednosti internega testa s svinčniki glede na tip plošče

TIP PLOŠČE	A	B	C
[N]	16,9	16,6	15,3

Preglednica 11: Vrednosti internega testa s svinčniki glede na vrsto brušenja

VRSTA BRUŠENJA	1	2	3
[N]	16,4	16,5	15,9

Če primerjamo vrednosti internega testa s svinčniki glede na tip plošče z rezultati glede na vrsto brušenja, lahko rečemo, da so povprečni rezultati glede na vrsto brušenja bolj izenačeni.

4.5 VERTIKALNE PORAZDELITVE PROSTORNINSKIH MAS IP

Zbrani so podatki meritev gostotnega profila. Rezultati so prikazani v preglednici 12, kjer so zbrana povprečja glede na tip debeline surove IP (A, B, C) in še povprečje glede na vrsto brušenja (1, 2, 3).

Preglednica 12: Povprečne karakteristične vrednosti gostotnega profila vseh tipov IP

	vrednost [ENOTA]	gostota [kg/m ³]	Min [kg/m ³]	Maks [kg/m ³]	Debelina [mm]	Teža [g]
TIP DEBELINE	A	715	532	1966	17,1	30,3
	B	708	532	1987	17,1	30,1
	C	697	520	1912	17,1	29,5
VRSTA BRUŠENJA	1	709	529	1945	17,2	30,3
	2	709	534	2004	16,9	29,6
	3	703	522	1915	17,2	30,1

Iz rezultatov je razvidno, da so plošče z najvišjo povprečno gostoto plošče tipa A, z najnižjo pa plošče tipa C. Glede vrste brušenja sta 1 in 2 nekoliko gostejši od IP, ki so bile brušene na način 3.

Najvišja dosežena gostota je dosežena pri ploščah tipa B in vrsti brušenja 2.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Testi so bili opravljeni v industrijskih pogojih. Zaradi težkega nadziranja pozicije odbruskov smo dobili nekoliko nepričakovane rezultate.

5.1.1 Kakovost izdelave OP IP

Testi, ki smo jih opravili, so nam pokazali, da so bili tehnološki parametri ustrezno nastavljeni (z nekaj pomanjkljivostmi), saj rezultati ustrezajo normam standardov.

Pokazatelj pravilno nastavljenih parametrov oplemenitenja je kislinski test, ki je pokazal predvsem razliko med zgornjo in spodnjo stranjo OP IP. Zgornja stran OP IP je imela povprečno oceno kislinskega testa 3,2. Spodnja stran pa je bila ocenjena s povprečno oceno 4,1. Glede na te vrednosti lahko sklepamo, da je bila nastavljena (morda pa samo dejanska) temperatura spodnje grelna plošče nekoliko previsoka in bi jo morali nekoliko 'korigirati'. Druga možnost bi bila povišanje temperature zgornje grelna plošče, a bi nato morali sorazmerno znižati čas stiskanja. O obeh možnostih bi moral odločiti posluževalec ali odgovorni tehnolog.⁶

⁶ Na surovo zbrušeno IP elektrostatično začasno pritrdimo prekrivni MP. Tako IP skupaj s prekrivnim papirjem zapeljemo v ogreto stiskalnico in jo spustimo na ogreto spodnjo grelna ploščo, kjer preteče nekaj časa, da se stiskalnica zapre, tako da je IP med obema ogretim grelnima ploščama, kjer s pomočjo tlaka in temperature v odvisnosti od časa spojimo IP in prekrivni MP. Po preteku časa stiskanja se stiskalnica odpre in OP IP ponovno obleži na spodnji grelni plošči, še preden jo dvignemo s pomočjo podtlaka in odpeljemo iz stiskalnice. Tako je IP, ki jo želimo obložiti s prekrivnim MP, na spodnji strani dlje časa v neposrednem stiku z grelna ploščo kot zgornja, zato to časovno razliko najlažje korigiramo z različnimi temperaturama grelnih plošč. Tako je običajno, da je spodnja grelna plošča za nekaj stopinj nižja od zgornje.

5.1.2 Vpliv različne debeline surove IP

Pri razlagi rezultatov smo si pomagali z grafi gostotnih profilov. Predpostavljali smo namreč, da bo prišlo pri ploščah tipa B do najmanjših odbruskov, tako da bi ploščo verjetno premalo zbrusili. Iz gostotnega profila bi bilo razvidno, da po vrhu gostotnega profila pride do padca gostote IP.

Predvidevali smo, da bomo pri ploščah tipa A odbrusili nekje do vrha gostote surove IP, kar bi zagotovilo optimalno gostoto, zaprtost in kompaktnost površine.

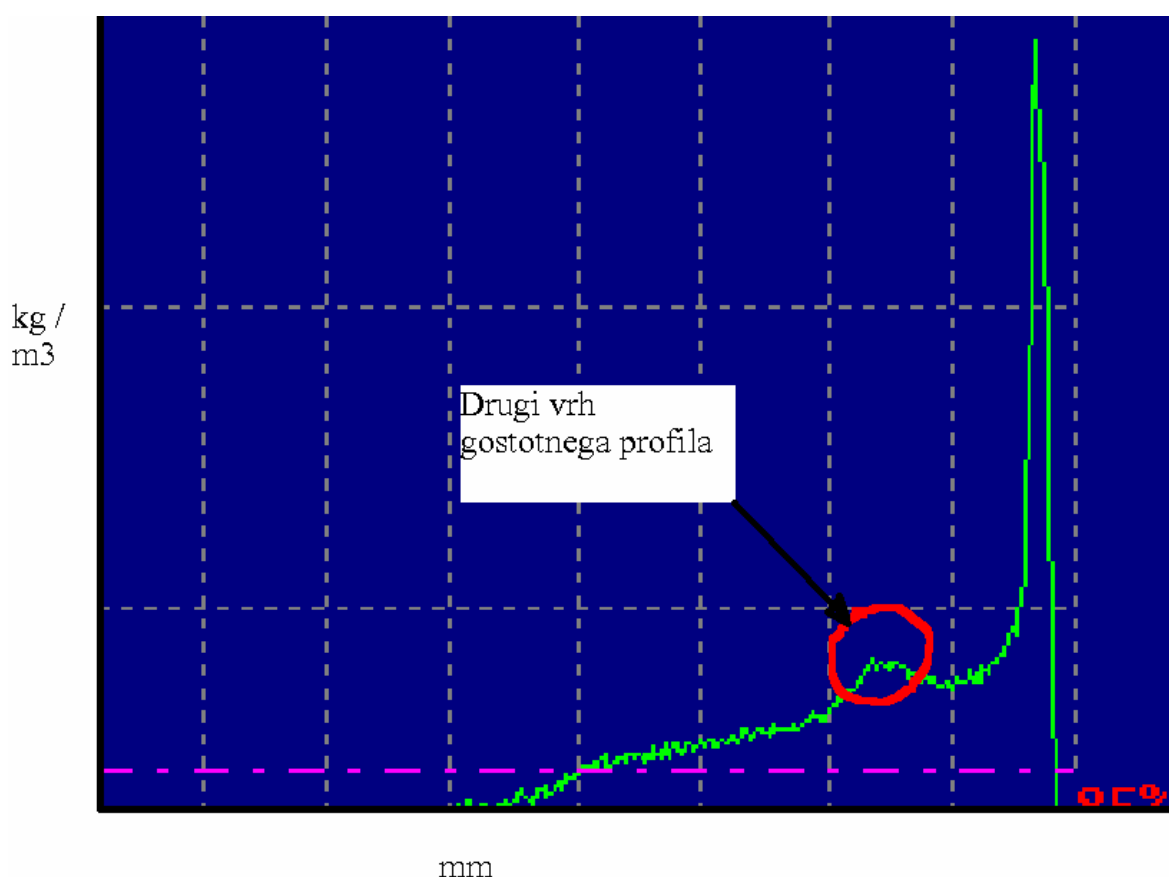
Plošče tipa C pa glede na svojo debelino predstavljajo neizogibno prebrušenje gostotnega viška IP, kar posledično predstavlja manj gosto in zaprto površino zbrusene IP.

Iz dobljenih porazdelitev prostorninskih mas razberemo naslednje značilnosti:

- Opazimo lahko nesimetričnost določenih plošč. Spodnja stran IP nima postopnega padanja gostote od vrha proti sredini plošče, kar je značilno za IP, proizvedene v večetažnih stiskalnicah, ampak je opazen drugi gostotni vrh (peak tail), iz česar lahko sklepamo, da je bila površina natresene pogače, ki je bila vstavljena v stiskalnico, izpostavljena dovolj visokim temperaturam zadosti časa, da je na površju UF-lepilo že dovolj zamrežilo ter zaradi tega zgornje plasti pogače ni bilo mogoče več deformirati in se je pritisk prenesel na oblepljeno iverje pod njo. Tam se je ustvarila nova gostotna cona – drugi gostotni vrh. Tako je nastala nesimetrična plošča, obenem pa je imela gostoto tik pod vrhom nekoliko nižjo, kot bi jo imela, če drugi gostotni vrh ne bi nastal. Ta fenomen ni prisoten le pri štirih ploščah tipa B.
- Vpliv zapiranja stiskalnice. Večetažna stiskalnica, kjer so bile izdelane IP, se zapira od spodaj navzgor. Tako vsaka spodnja etaža stiskalnice z natresno ploščo pritiska na zgornjo etažo z natresno pogačo. Že samo stiskanje pogač po etažah je neenakomerno, poleg tega po zaprtju stiskalnice pride do rahlega odprtja,

popuščanja pritiska zaradi regulacije. Takrat se lahko posameznemu sloju plošče dimenzija različno spremeni in lahko se zgodi, da se raztegne le en zunanji sloj, kar ima za posledico padec gostote tega sloja.

- Določen sloj je bil presuh, ali je bilo v njem premalo vlage ali pa se je med tehnološkim procesom preveč izsušil. Suh material je slabše stisljiv, prevaja manj temperature in, če je to zunanji sloj, izostane fenomen parnega udara v notranjost plošče in s tem hitrejšega prehajanja toplotne energije v notranjost še ne izgotovljene IP. Tako je sloj pod vrhnjim, suhim slojem stisljiv dlje časa in ker je vlažen, hkrati pa lažje stisljiv, lahko nastane anomalija, ki jo prikazuje spodnja slika.



Slika 12: Drugi gostotni vrh IP

Ker pri IP tipa B prihaja do pojava drugega gostotnega vrha le v enem primeru od petih, ali pa je v teh štirih primerih veliko manj izrazit, lahko potegnemo dobro vzporednico s tem,

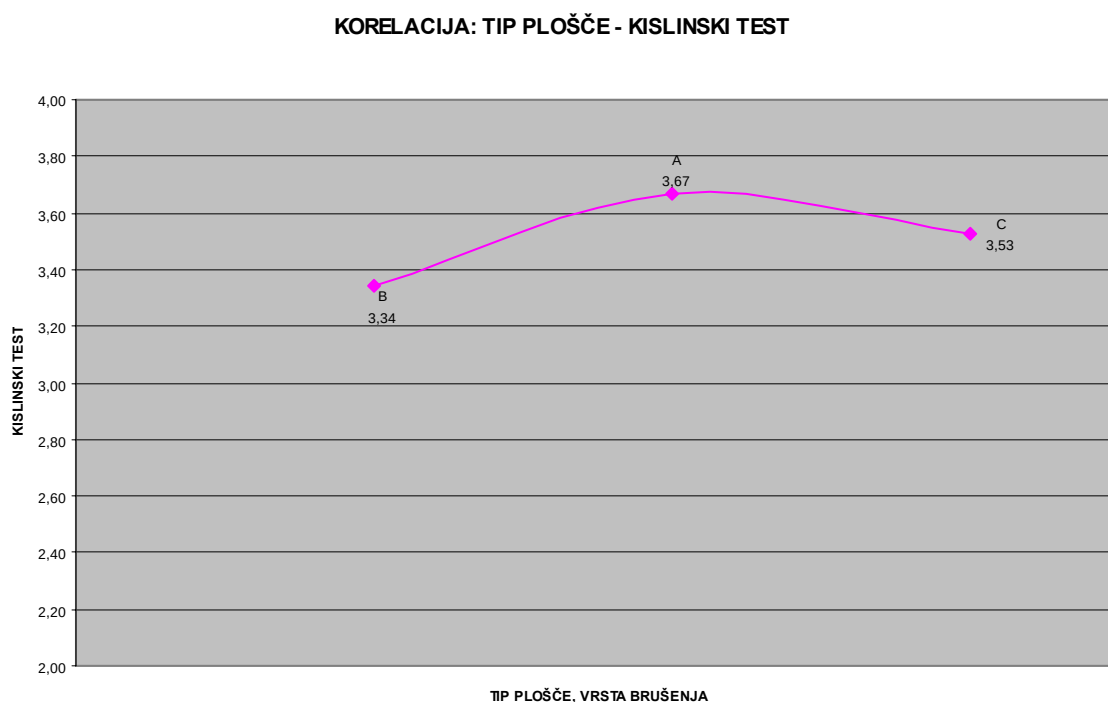
da je gostotni vrh zbrušene IP najvišji pri IP tipa B. Res je, da bi naj bile te plošče tudi najgostejše, saj bi naj bile najtanjše, predvidevamo pa lahko, da bi naj bila v vseh IP masa oblepljenega iverja statistično enaka.

Zanimiva je tudi ugotovitev, da je pri nekaterih ploščah opazen padec gostote tik pod slojem MP. Vzrok bi lahko iskali v nezadostnem brušenju plošč, kjer bi ostal vrhnji sloj IP, ki je zaradi močnega kontaktnega segrevanja iz ogrevalnih plošč in visokega specifičnega tlaka stiskanja na površini spremenil kemijsko sestavo. V tem sloju je lepilo razpadlo, verjetno pa je bila močno znižana sposobnost vezanja lesa in MP. Tak pojav se opazi predvsem pri ploščah 2A1, 1A2, 2A2, 1A3 in 1C3. Tako je pri ploščah tipa A opazen pojav znižanja gostote tik pod MP pri 4 od 12 površin. Torej smo pri ploščah tipa A rahlo zgrešili zadani cilj in smo jih na eni strani dejansko premalo zbrusili.

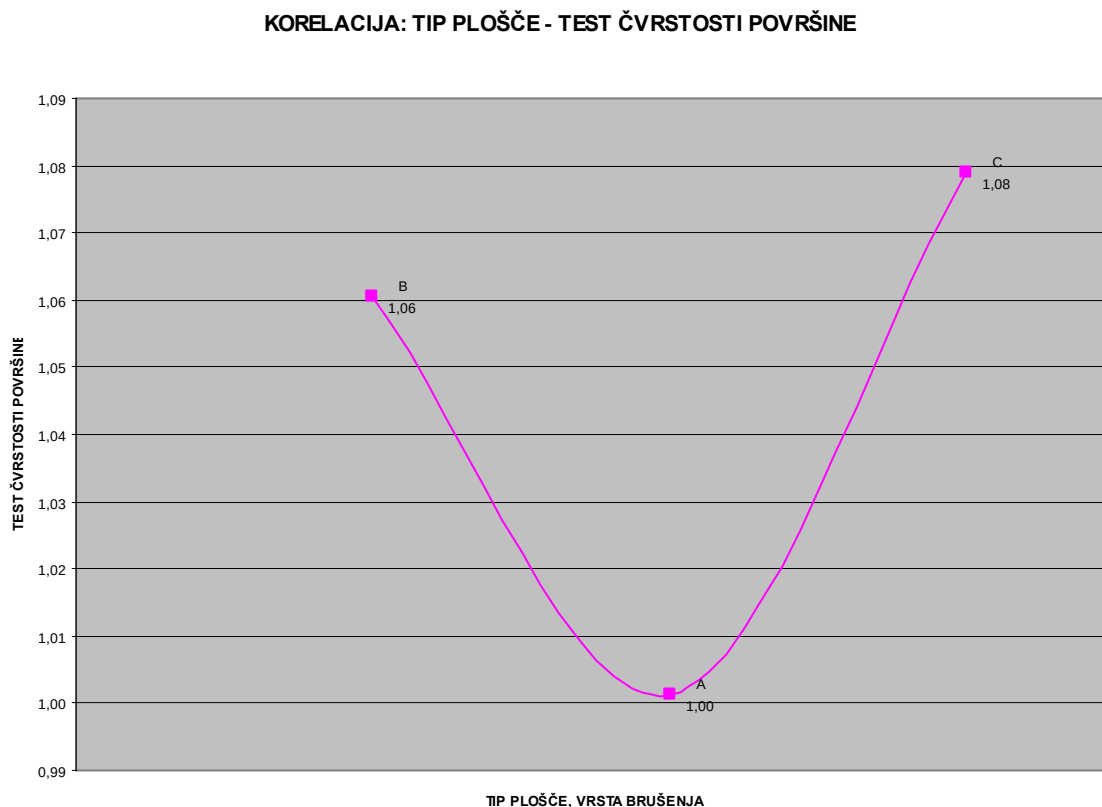


Slika 13: Padec gostote na stični meji IP in MP

Ta pojav ima za posledico močno penetracijo melamina v IP. Kislini test je torej pokazal najmanj zaprto površino dekorativnega MP, hkrati pa ta penetracija ni tako dobro vplivala na čvrstost površine, saj je vrhnji sloj IP tipa A manj gost in toplotno degradiran, s tem je znižana zmožnost kemijske vezave. Zaradi tega se pri take vrste testu pojavijo nižji rezultati, kot jih dobimo pri tipu plošč B in C.



Slika 14: Graf, ki prikazuje rezultate kislinskega testa v odvisnosti od tipa IP

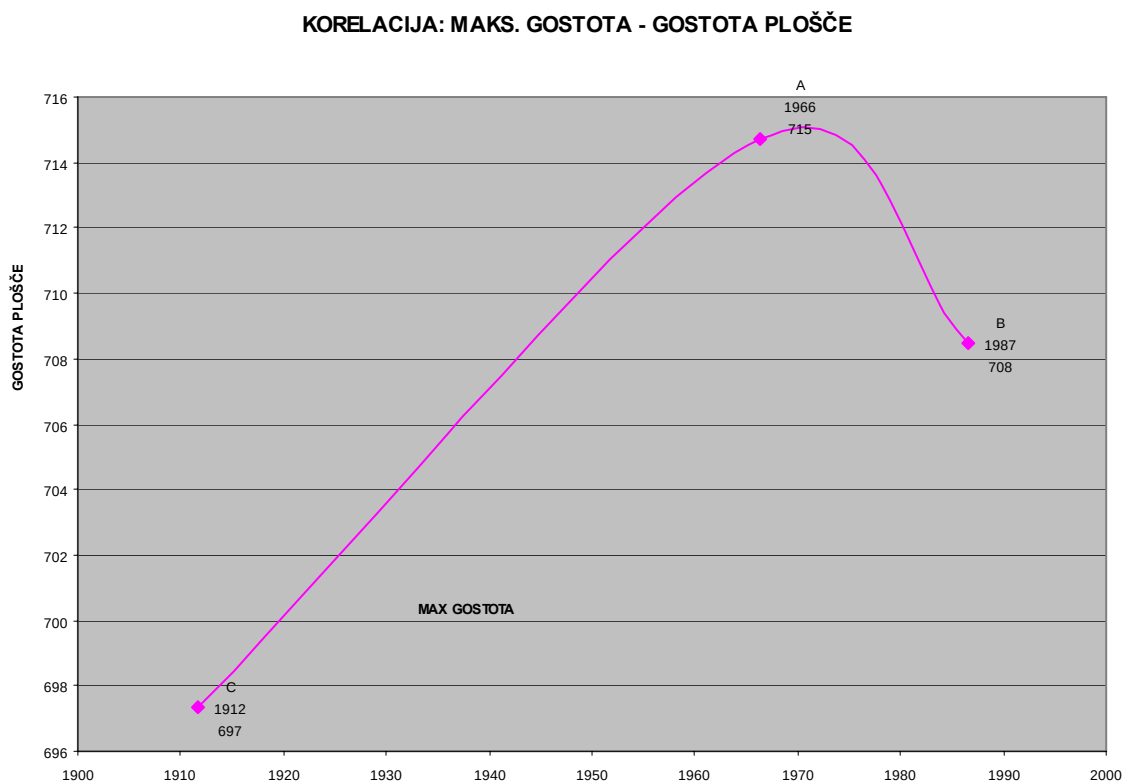


Slika 15: Graf, ki prikazuje rezultate testa čvrstosti površine v odvisnosti od tipa IP

Tako je plošča tipa A navkljub najvišji izmerjeni povprečni gostoti vzorcev, imela slabše karakteristike kislinskega in testa čvrstosti površine. Poleg tega smo dobili nižjo najvišjo gostoto vzorca tipa A kot B, tako predvidevamo, da je pri ploščah tipa A več smole prodrlo v zunanji sloj IP, ki pa je bil podvržen previsokim temperaturam in zaradi tega toplotno modificiran, posledično pa ni bil zmožen tako dobre kemijske vezave z melaminom.

Kot je bilo pričakovati, smo z IP tipa C odbrusili največ površine. IP tipa C so bile najdebelejše in smo morali zato od njih odvzeti največ materiala. Posledično smo dobili IP, ki ima najnižjo povprečno gostoto, iz grafov gostotnih profilov pa lahko sklepamo, da so tudi najvišje gostote surove IP bile najnižje med tipi IP, ki so bile izbrane. Ker je pri IP tipa C prihajalo do prebrušenja, smo v primerjavi z obema preostalima tipoma IP dobili manj gosto površino zbrušene IP, ki je bila bolj odprta. Tako je med postopkom oblaganja IP z MP prišlo do večje penetracije smole v IP in posledica tega je bil nižji vrh gostote OP IP.

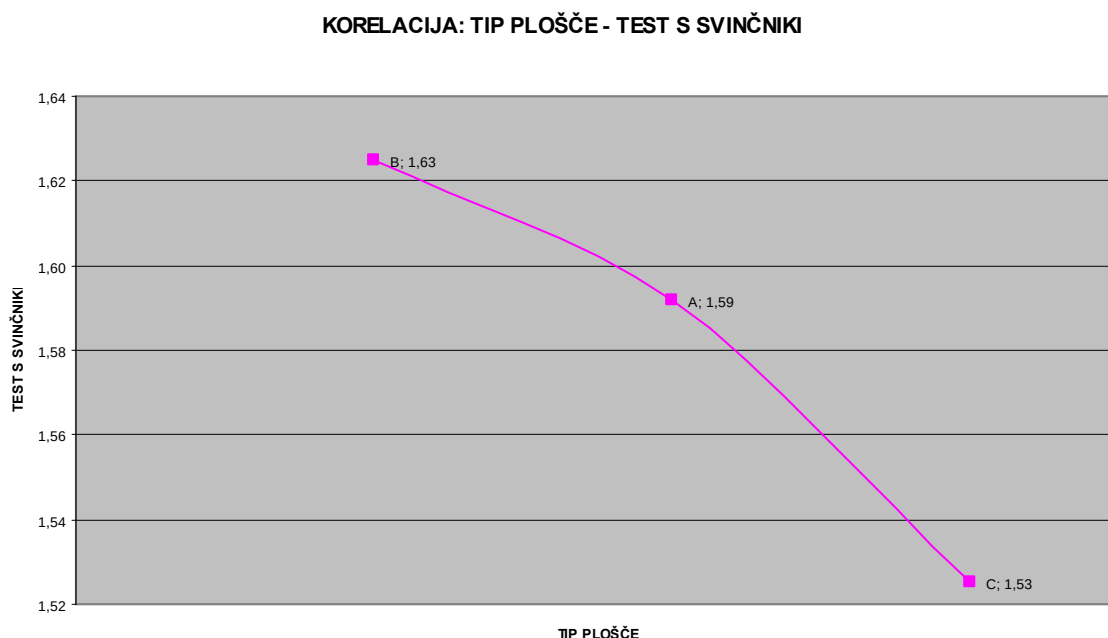
Težje bi lahko razložili najvišjo vrednost čvrstosti površine IP tipa C, glede na to, da je gostota IP tipa C bila najnižja, pri njih je prišlo do prebrušenja, hkrati pa je razvidno, da je prišlo do precejšnje penetracije melaminske smole, saj je kislinski test pokazal le nekoliko nižjo vrednost kot pri IP tipa A.



Slika 16: Graf najvišje gostote OP IP v odvisnosti od gostote OP IP

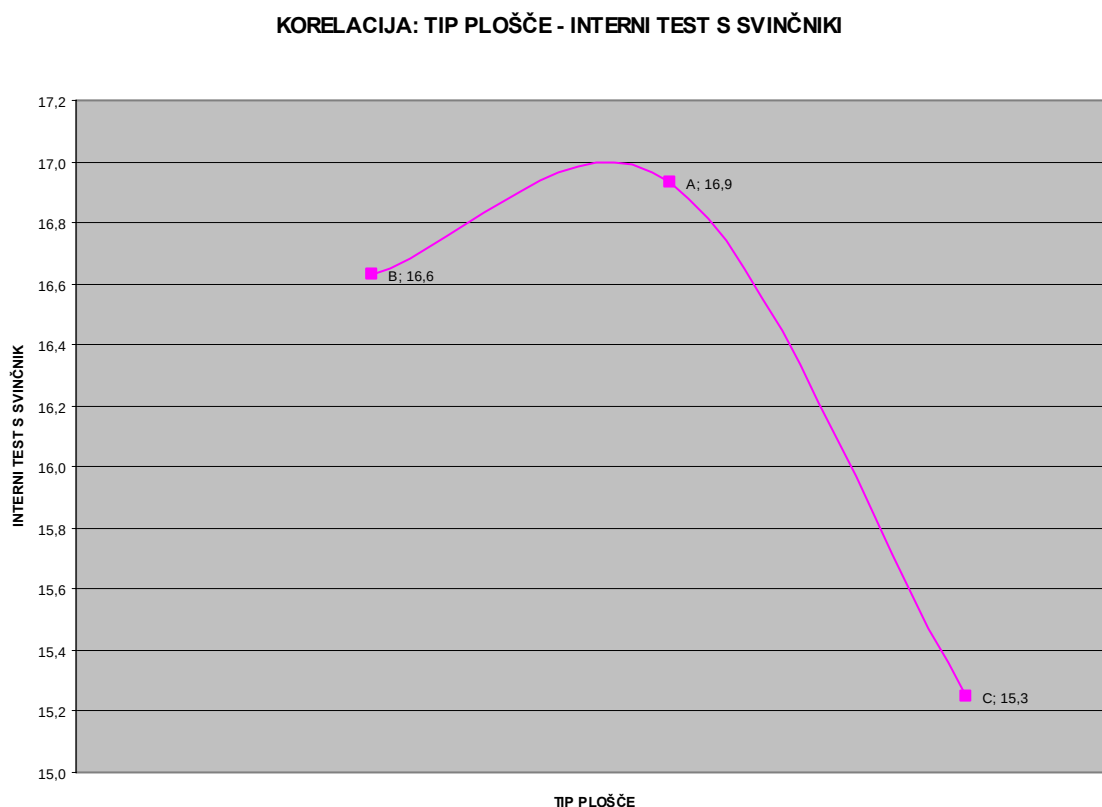
Odpornost površine proti razenju pri različnih tipih IP je bila zelo podobna. Če pogledamo podrobneje, ugotovimo, da je površina IP tipa B najbolj odporna proti spremembam sijaja, najmanj pa IP tipa C. Ta značilnost se ujema z dejansko točko brušenja glede na gostotni profil. Pri brušenju IP tipa B smo torej 'zadeli' gostotni vrh surove IP, IP tipa A so bile dejansko nekoliko premalo zbrušene na zgornji strani, IP tipa C pa so bile zbrušene globlje v sredico IP. Glede na dejanski položaj brušenja surove IP, kot smo lahko videli na prejšnji sliki, dobimo v istem vrstnem redu najvišjo vrednost gostote prostorninskih mas. Iz tega

dobimo povezavo med najvišjo gostoto prostorninskih mas in odpornostjo površine proti razenju (test s svinčniki).



Slika 17: Graf korelacije testa s svinčniki v odvisnosti od tipa IP

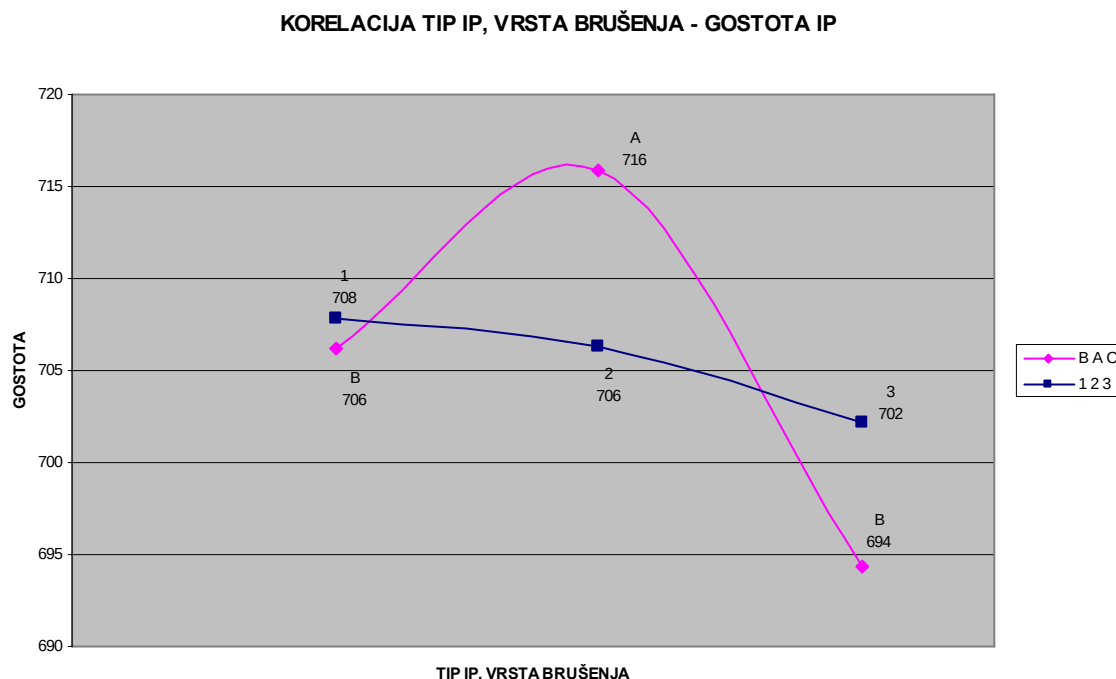
Pomen rezultatov internega testa s svinčniki je predvsem v tem, da izvemo, na kakšni podlagi je dekorativni obložni papir. S podlago mislimo predvsem kakovostne lastnosti IP. Tako vidimo, da so rezultati internega testa s svinčniki v povezavi s povprečno gostoto IP. Najvišja gostota OP IP je bila izmerjena pri IP tipa A, kjer je bil dobljen tudi najvišji rezultat internega testa s svinčniki. Najnižja gostota pa je bila izmerjena pri IP tipa C, kakor tudi najnižji rezultat internega testa s svinčniki. Ker prihaja pri tovrstnem testu do vtiskanja kovinske kroglice v površino OP IP, je pri nespremenjenih drugih parametrih pomembna le kakovost površine pod obložnim dekorativnim papirjem.



Slika 18: Graf odpornosti površine OP IP po interni metodi s svinčniki v odvisnosti od tipa IP

5.1.3 Vpliv različnih vrst brušenja IP

Število vzorčnih IP res ni bilo veliko. Nenazadnje so bile to velike IP, osnovnega formata, ki so predstavljale kar poldrugi kubični meter OP IP. Glede na to ni bilo smiselno izvesti še bolj obširnega vzorčenja. Kljub vsemu lahko trdimo, da je vzorčenje bilo uspešno (razen napake brušenja plošč tipa A, ki smo jo razložili v predhodnem poglavju), saj iz spodnje slike lahko razberemo, da je bila razlika povprečne gostote OP IP glede na vrsto brušenja nižja kot pa glede na tip OP IP. IP, ki so bile izbrane za določeno vrsto brušenja, so vsebovale vse debelinske tipe IP, ki smo si jih izbrali. Fenomeni, ki so se pojavljali zaradi debelin IP, so zabrisani, saj vsaka vrsta brušenja vsebuje vse debelinske tipe IP.



Slika 19: Graf gostote IP v odvisnosti od tipa IP in vrste brušenja

Pri opazovanju različnih vrst brušenja smo uporabili tri načine brušenja. V prvem, poimenovanem s številko 1, smo brusili le z eno brusno postajo, ki ima na vsaki strani en kontaktni valj. Pri tej brusni postaji prihaja do močnega in grobega (v smislu velikosti odbrušanih delcev) odvzema. IP, ki jo dobimo po tej tehnološki fazi, je precej grobo obrušena, njena površina pa nemirna.

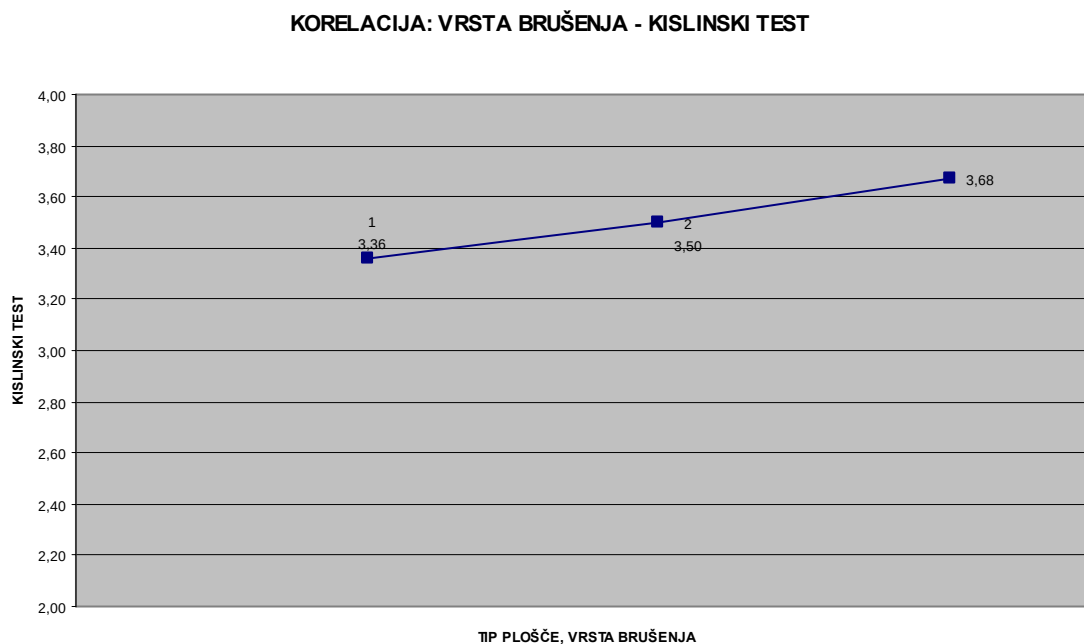
Drugo brušenje, poimenovano s številko 2, je poleg prej omenjene postaje vključevalo še drugo postajo, ki sestoji iz dveh kontaktnih valjev na zgornji in spodnji strani, brez drsne letve. Na tej brusni postaji rahlo znižamo relief IP. Predvidevamo, da tudi tu prihaja pretežno do odrezovanja lesnega materiala.

Ko dodamo še tretjo brusno postajo, ki ima na vsaki strani še po dva brusna valja z vmesno drsno letvijo, dobimo tretje brušenje, poimenovano s številko 3. Ker pa je v tretjem brusilnem sklopu med valjema drsna letev, prihaja do veliko nižjih specifičnih pritiskov, saj je stroj korigiran glede na porabljen tok pogonskega motorja, aktivna površina, kjer brusni trak odvzema material iz IP, pa je večja, tako da za doseganje porabe določenega

toka zadostuje nižji specifični pritisk brusnih valjev. Zaradi finejšega brusnega papirja, nižjega specifičnega pritiska valjev, slabšega samočiščenja brusnih trakov v primerjavi s prvo in drugo brusno postajo ter drsne letve, predvidevamo – na kar se bomo sklicevali tudi pri nadaljnjih interpretacijah rezultatov –, da prihaja na tretji brusni postaji poleg odrezovanja tudi do glajenja, vtiskovanja lesnih vlaken v IP.

Skušali bomo odgovoriti na vprašanje, zakaj sploh prihaja do različne obarvanosti površine, ki je bila izpostavljena solni kislini z barvilom? Pri ploščah, z ocenjeno otrdelostjo vrednosti 1, ni prišlo do zadostnega razlitja smole (zaradi prenizke temperature ali prekratkega časa stiskanja) in je površina osmoljenega papirja čisto zaprta. Ko pa je bila otrdelost površine ovrednotena z oceno 5, je prišlo do prevelikega termičnega razlitja smole, ki ga je IP posrkala vase. Taka površina je zelo porozna in v njej ostane barvilo, katerega sled je opazna s prostim očesom. Vendar je treba dodati in omeniti, da so tovrstne meritve subjektivne, saj so podvržene lastni presoji posameznika, niso pa tako nezanesljive, da jih ne bi uporabljali v praksi (Medved in Pirkmaier, 2000).

Pri rezultatih kislinskega testa smo opazili podoben interval porazdelitve rezultatov, kot pri rezultatih glede na tip IP. Razporeditev rezultatov je bila praktično zvezna. Najnižje vrednosti so bile dobljene pri najbolj grobem, najvišje pa pri najbolj finem brušenju. Torej s finostjo brušenja narašča otrdelost površine.

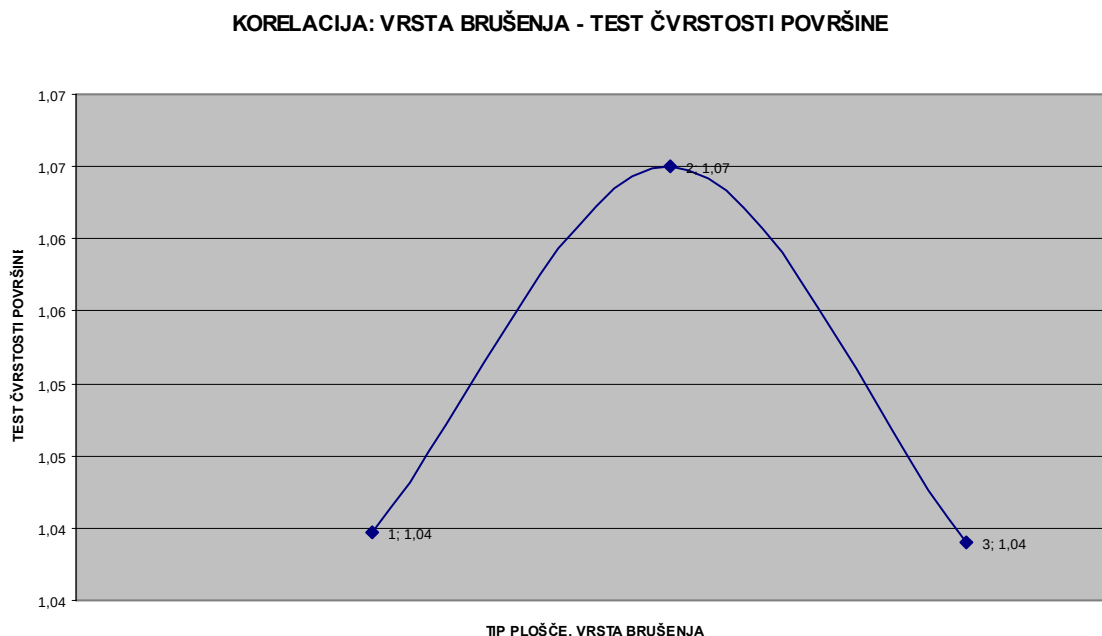


Slika 20: Graf rezultatov kislinskega testa v odvisnosti od vrste brušenja IP

Čvrstost površine glede na vrsto brušenja ima manjši interval povprečnih rezultatov kot glede na vrsto IP. Iz manjših razlik lahko sklepamo, da je finost obdelane površine surove IP manj odločujoč dejavnik kot pa sama debelinska karakteristika IP. Najvišjo vrednost povprečnih rezultatov smo dobili pri vzorcih 2. vrste brušenja, kar je posledica več prostih –OH kot pa jih imajo vzorci vrste brušenja 1, kar omogoča boljšo kemijsko vezavo. To predvidevam zato, ker s finejšim brušenjem dobimo več razklenjenih vezi v lesnih vlaknih. Seveda bi potem morali dobiti pri vzorcih vrste brušenja 3 še boljše rezultate, pa temu ni bilo tako. Povprečni rezultati so se znižali na stopnjo povprečnih rezultatov vrste brušenja 1. Pri razlagi fenomena se bomo oprli na uvodno tezo pričujočega poglavja, da je padcu mehanskih vrednosti testa čvrstosti površine botrovalo glajenje IP, kjer se lesna vlakna vtisnejo v površino IP, ne pa odrežejo.

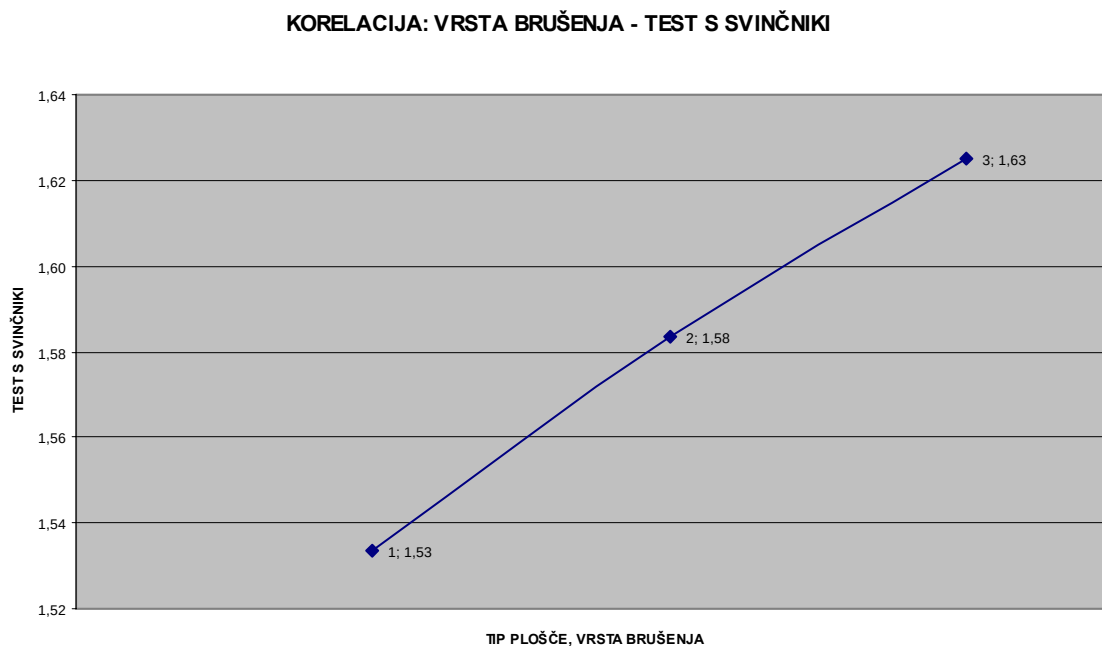
Čvrstost površine je močno nad predpisanimi standardi za surovo IP. Tudi sam lom površine ni nikoli potekal med MP in IP, temveč v notranjosti IP, iz česar lahko sklepamo, da je adhezija med MP in IP večja od kohezije v sami IP. Z brušenjem uspešno rešimo problem nezmožnosti kemijske vezave med toplotno degradiranim vrhnjim slojem IP, ki nastane pri tehnološkem procesu izdelave IP, in MP. Višja adhezija med MP in IP je zelo

zaželena, saj je površina vseskozi izpostavljena najvišjim in najbolj pogostim obremenitvam v vsakodnevni uporabi. Če bi bila vezava med obložnim MP in IP šibak člen OP IP, bi bil njihov rok uporabe in njihova uporabna vrednost močno znižana.



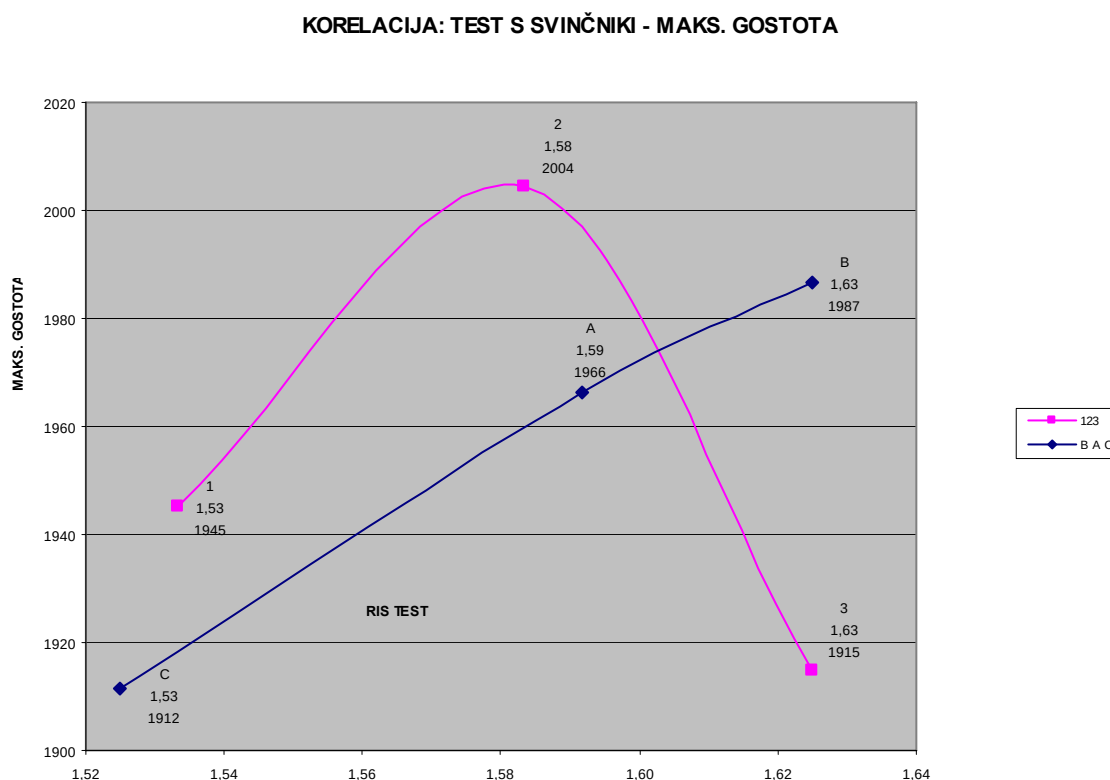
Slika 21: Graf rezultatov testa čvrstosti površine v odvisnosti od vrste brušenja

Pri testu s svinčniki dobimo podobno porazdelitev vrednosti kot pri kislinskem testu. S finostjo brušenja narašča odpornost površine proti razenju. Če potegnemo paralelo glede na tip IP, ugotovimo, da najvišja dosežena gostota OP IP narašča od vzorcev vrste brušenja 1 do 2, vrsta brušenja 3 pa ima najnižjo vrednost.



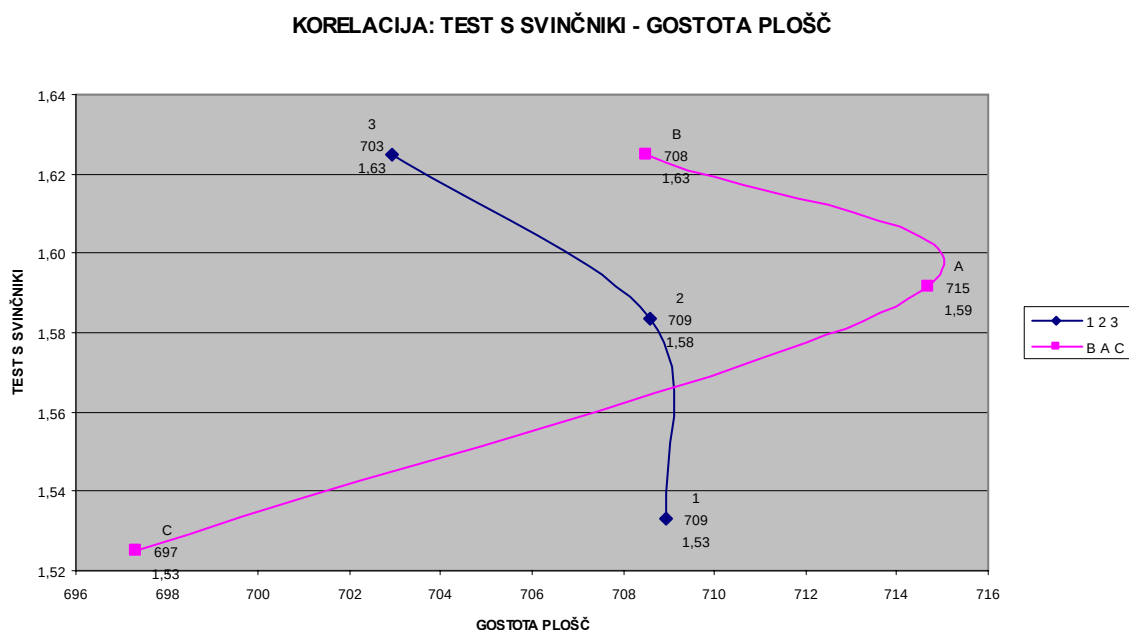
Slika 22: Graf rezultatov testa s svinčniki v odvisnosti od vrste brušenja

Da imajo vzorci 3 najnižjo vrednost, ponovno povezujemo s fenomenom, da ima ta IP vtisnjena lesna vlakna in lesni prah, ki je v procesu oplemenitenja nabrekli ali se izbočil kot lesna vlakna na omočeni površini. S tem je zavzel dobršen volumen in posledično znižal najvišjo gostoto površine.



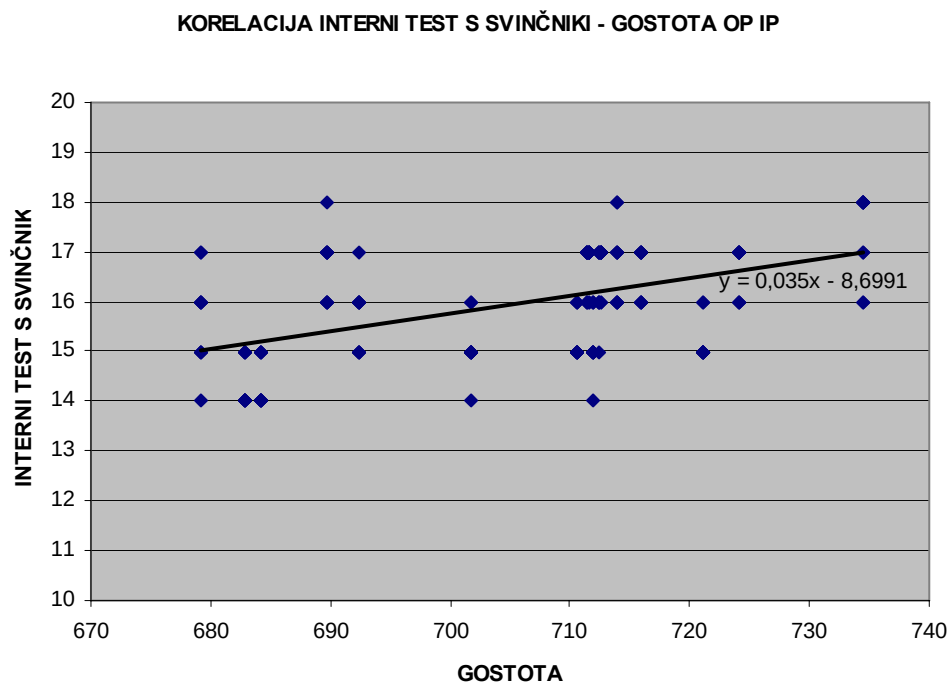
Slika 23: Graf korelacije najvišje gostote OP IP in rezultatov testa s svinčniki

Tako kot smo dosegli z gostoto površine surove IP boljše rezultate testa s svinčniki, tako ima tudi kakovost brušenja podoben vpliv. Z višanjem finosti brušenja prihaja do boljše odpornosti proti razenju površine po standardu EN 14323. Povezava je posrečena, saj hkrati s kompaktnostjo površine dosežemo tudi njeno (boljšo) ravnost, tako kot jo dosežemo tudi z uporabo bolj finih brusnih papirjev.

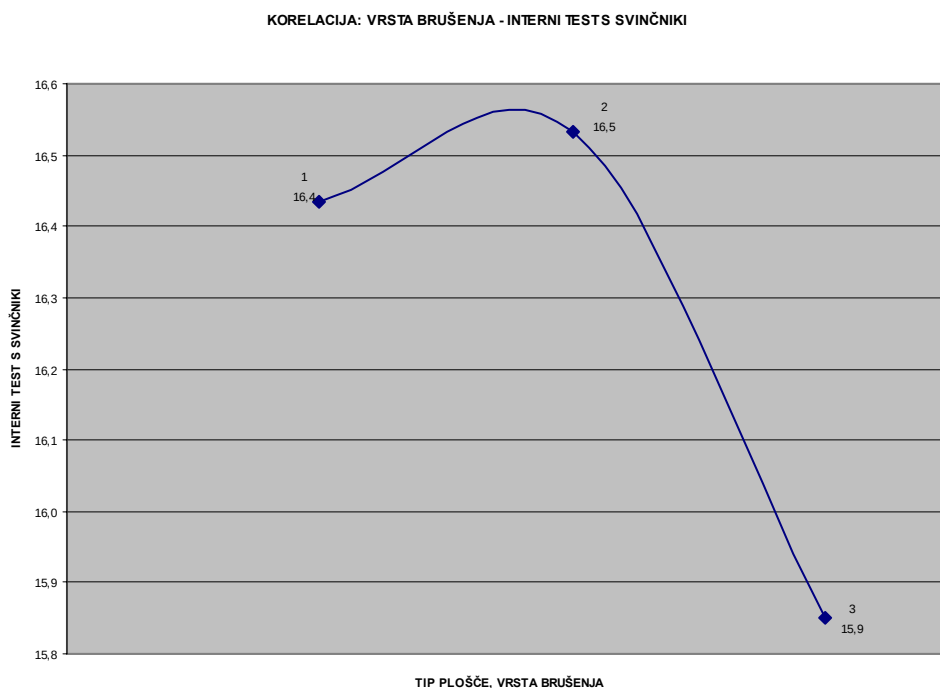


Slika 24: Graf rezultatov testa s svinčniki v odvisnosti od gostote IP

Če vzamemo pod drobnogled interni test s svinčniki, pa lahko ugotovimo, da vrednost rezultatov internega testa s svinčniki narašča od vrste brušenja 1 do 2, pri vrsti brušenja 3 pa pade pod vrednost vrste brušenja 1. Povprečja rezultatov so manj razpršena kot povprečja rezultatov glede na tip IP, iz česar lahko sklepamo, da ima vrsta brušenja manjši vpliv na rezultat internega testa s svinčniki kot pa tip IP. Ponovno zasledimo dobro korelacijo med gostoto OP IP in internim testom s svinčniki, z večanjem gostote IP narašča vrednost rezultatov internega testa s svinčniki, kar je razvidno s slike 25.



Slika 25: Graf povezanosti med vrednostmi, dobljenimi z internim testom s svinčniki in gostoto OP IP



Slika 26: Graf rezultatov internega testa s svinčniki v odvisnosti od vrste brušenja

Pri vizualnem izgledu pridemo do naslednjih ugotovitev. Vrsti brušenja 2 in 3 sta dobri, saj ni vidnih nobenih pomanjkljivosti. Pri vrsti brušenja 1 pa lahko omenimo, da površina oplemenitene IP ni ravna, je rahlo nemirna, kar je na gladki površini precej moteče, saj površina dejansko ni več gladka. Torej nastopi nova omejitev, ki nima izvora v opazovanih testih ali mehanskih omejitvah, ampak je vizualne narave. Podobne ugotovitve zasledimo tudi v diplomskem delu Gladkega (1997), kjer se je med drugim ukvarjal z vplivi mehanske obdelave na hrapavost površine IP. Ugotovil je, da z višanjem stopnje mehanske obdelave pada hrapavost površine, čeprav je hrapavost nižja na obloženem vzorcu, se ta vendarle pojavlja.

5.2 SKLEPI

V raziskavi smo opazovali spremembe mehanskih lastnosti OP IP glede na dejansko debelino surove IP in uporabljenih različno finih brusnih papirjev. Razlike so majhne, a pri optimizaciji proizvodnje lahko ključne.

Večji vpliv ima bruto debelina surovih IP kot pa različni vrsti brušenja.

5.2.1 Različni tipi debelin IP

- IP, ki so bile le površinsko obrušene (tip A), imajo višjo vrednost kislinkega testa, v našem primeru nekoliko previsoko.
- IP, ki so bile prebrušene (tip C), so imele najvišjo vrednost testa čvrstosti površine (SIST EN 311).
- Kot najprimernejše so se izkazale IP tipa B, ki so bile zbrušene nekje do gostotnega vrha, najvišja vrednost je zabeležena pri testu s svinčniki (EN 14323) in pri doseganju gostotnega vrha OP IP.

5.2.2 Različne vrste brušenja

- Najboljše rezultate vrste brušenja 1 smo izmerili pri kislinškem testu, najslabše pa pri testu s svinčniki.
- Najboljše rezultate vrste brušenja 2 smo izmerili pri testu čvrstosti površine in pri gostotnem vrhu OP IP, najnižje pa pri internem testu s svinčniki.

- Najboljše rezultate vrste brušenja 3 smo izmerili pri testu s svinčniki (SIST EN 14323) in internem testu s svinčniki, najslabše pa pri kislinskem testu in testu čvrstosti površine (SIST EN 311).

5.2.3 Korelacije

- Otrdelost površine (kislinski test) narašča s finostjo brušenja.
- Vrednosti testa s svinčniki (SIST EN 14323) naraščajo s finostjo brušenja.
- Čvrstost površine (SIST EN 311) je naraščala s finostjo brušenja do 3. načina brušenja, kjer se je zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken čvrstost površine znižala na vrednost, dobljeno pri grobem brušenju.
- Vrednosti rezultatov internega testa s svinčniki naraščajo s finostjo brušenja do 3. tipa brušenja, kjer se zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken ter močnejše poroznosti in penetracije MP v IP vrednost zniža pod vrednost, dobljeno pri grobem brušenju.
- Z naraščanjem gostotnega vrha narašča vrednost rezultatov internega testa s svinčniki.

Vsi rezultati testov, ki smo jih izvajali, so bili v mejah predpisanih standardov, zatoorej lahko, z vidika ekonomskih učinkov, vrsto brušenja poljubno izbiramo.

6 POVZETEK

V diplomskem delu smo raziskovali vpliv brušenja različno debelih surovih IP na kakovost oprijemnosti papirja, ki je bil impregniran z melaminsko smolo, MP.

Za izvedbo testov smo uporabili IP z minimalno nadmero (tip B), IP z običajno nadmero (tip A) ter IP, ki so imele veliko nadmero (tip C). Vsak tip plošče smo brusili na tri načine: z grobim brusnim papirjem P 36 (vrsta brušenja 1), s srednje grobim brusnim papirjem P 36 in P 60 (vrsta brušenja 2) ter finim brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100 (vrsta brušenja 3).

Ugotovili smo, da imata tip IP in interval brušenja večji vpliv na kakovost oprijema MP na IP kot pa vrsta brušenja. Pri izbiri debeline surove IP smo dobili najboljše rezultate pri OP IP tipa B, veliko slabše od pričakovanih glede na porazdelitve prostorninskih mas pa imajo vzorci tipa A, ki so bili na eni strani premalo zbrušeni. Tako smo ugotovili, da neprimerno, nezadostno brušenje IP močno zniža lastnosti oprijema MP na IP.

Korelacije, dobljene pri poskusih, so pokazale, da s finostjo brušenja narašča otrdelost površine. Podobno korelacijo smo opazili pri testu s svinčniki (SIST EN 14323), kjer vrednost rezultata ravno tako narašča s finostjo površine.

Adhezija MP in IP, ki smo jo ocenjevali s testom čvrstosti površine (SIST EN 311), je naraščala s finostjo brušenja do točke, na kateri se je zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken čvrstost površine znižala na vrednost grobega brušenja.

Podoben fenomen je bilo mogoče opaziti še pri internem testu s svinčniki, kjer je rezultat testov naraščal s finostjo brušenja do tretjega, najfinejšega načina brušenja. Pri tem smo opazili, da se je vrednost rezultatov ponovno znižala pod vrednost grobega brušenja. Vzrok smo poiskali v tem, da so vrhnja vlakna obrušene IP mehansko poškodovana zaradi fenomena glajenja in vtiskovanja lesnih vlaken v površino surove IP, ne pa zaradi odrezovanja le-teh.

V tej raziskavi smo tudi opazili, da z naraščajočo gostoto OP IP narašča vrednost rezultatov internega testa s svinčniki.

Vse vrednosti testov so bile v mejah vrednosti, predpisanih s standardi. Glede na lastnosti, ki smo jih testirali v tej nalogi, lahko zaključimo, da je optimizacija brušenja glede finosti možna.

7 VIRI

- Brydson J. A. 1999. *Plastics materials*. Oxford, Butterworth – Heinemann: 680–702
- Chung Y. H., Feng F., Hui P. 2008. Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particleboards. *Forest products journal*, 58, 4: 56–61
- Čermak M. 1996. *Lepila in materiali za površinsko obdelavo in zaščito lesa*. Ljubljana, Lesarska založba: 30–31
- Deanin R. D., Mead J. L. 2003. *Synthetic Resins and Plastics*. V: *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers: 662–725
- Fengel D., Wegener G. 1989. *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin, New York, ed. Walter de Gruyter: 319–344
- Gladek J. 1997. Vpliv mehanske obdelave in klimatskih sprememb na hrapavost površine ivernih plošč. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 41–42
- Hiziroglu S., Graham M. 1998. Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard. *Forest products journal*, 48, 3: 50–54
- Hiziroglu S., Suchsland O. 1993. Linear expansion and surface stability of particleboard. *Forest products journal*, 43, 4: 31–35
- Jaić M., Živanović R. 1995. The influence of the ratio of the polyurethane coating components on the quality of finished wood surface. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 55: 319–322
- Kalaycioglu H., Hiziroglu S. 2006. Evaluation of surface characteristics of laminated flooring. *Building and environment*, 41: 756–762
- Kandelbauer A., Petek P., Medved S., Pizzi A., Teischinger A. 2010. On the performance of a melamine-urea-formaldehyde resin for decorative paper coatings. *Eur. J. Wood Prod*, 68: 63–75
- Maxwell G. R. 2003. *Synthetic Nitrogen Products*. V: *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers: 1157–1234
- Medved S., Pirkmaier S. 2000. *Praktikum za preizkušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Medved S., Resnik J. 2007. Impact of beech particle size on compaction ratio of the surface layer. *Wood research*, 52, 3: 101–108

- Medved S., Resnik J. 2010. Determination of share of adhesive on particles with FT-IR spectroscopy. *Wood research*, 55, 1: 101–110
- Medved S., Resnik J. 2004. Influence of particle size on the surface covered with adhesive at particles from beech wood. *V: Wood reserch*, 49, 1: 33–40
- Mihevc S. 1994. Brušenje. V: Priprava površin, brusni materiali, brušenje lesa. Zbornik referatov, Ljubljana 9. november 1994. Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije in Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 1–5
- Miljković J. 1991. Kompozitni materiali od usitnjenog drveta iverice. Beograd, Naučna knjiga: 9–11
- Mui KW., Wong LT., Hui PS., Chan WY. 2009. Formaldehyde exposure risk in air-conditioned offices of Hong Kong. *Building services engineering research and technology*, 30, 4: 279–286
- Nemli G., Akbutut T., Zeković E. 2007. Effects of some sanding factors on the surface roughness of particleboard. *Silva Fennica*, 41, 2: 373–378
- Nemli G., Colakoglu G. 2005. The influence of lamination technique on the properties of particleboard. *Building and environment*, 40: 83–87
- Nemli G., Demirel S. 2007. Relationship between the density and the technological properties of the particleboard composite. *Journal of composite materials*, 41, 15: 1793–1802
- Ozdemir T., Hiziroglu S. 2009. Influence of surface roughness and species on bond strength between the wood and the finish. *Forest products journal*, 50, 6: 90–94
- Pesce L. D., Jenks W. R. 1992: Synthetic Nitrogen Products. V: *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*. New York, Van Nostrand Reinhold: 1069–1140
- Polanc J. 1994. Izbira ustreznega brusilnega sredstva. V: Priprava površin, brusni materiali, brušenje lesa. Zbornik referatov, Ljubljana 9. november 1994. Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije in Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 1–10
- Puhar J., Stropnik J. 2007. Krautov strojniški priročnik. Ljubljana, Littera picta: 128–129
- Resnik J. 1989. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani. Biotehniška fakulteta. VTOZD za lesarstvo: 19–20
- Roberts R. J., Evans P. D. 2005. Effects of manufacturing variables on surface quality and distribution of melamine formaldehyde resins in paper laminates. *Composites, Part A*, 36: 95–104

SIST EN 325. Lesne plošče – Določanje mer preskušancev. 1996: 3–5

SIST EN 326-1. Vzorčenje, izrez in pregled lesnih plošč – Vzorčenje, izrez in izražanje rezultatov preskušanja. 1996: 5–6

SIST EN 311. Lesne plošče – Čvrstost površine – Preskusna metoda. 2004: 8

SIST EN 14323. Lesne plošče – Plošče, oplemenitene z melaminom za notranje prostore. 2004: 4–8

Tohmura S., Inoue A., Sahari S.H. 2001. Influence of the melamine content in melamine-urea-formaldehyde resin and cured resin structure. The Japan wood research society, 47: 451–457

Torelli N. 1987. Les nastanek in zgradba. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani. Biotehniška fakulteta. VTOZD za lesarstvo: 29

Vizovišek I. 1966. Industrijski procesi za pridobivanje melaminskih smol. Ljubljana, RSS.

Vratanar U. 1996. Vpliv parametrov stiskanja na kakovost površinskega oplemenitenja ivernih plošč za splošno uporabo s papirji, melaminske smole. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 16, 75

Wang S. Y., Yang T. H., Lin L. T., Lin C. J., Tsai M. J. 2007. Properties of low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste chips sprayed with PMDI/PF resin. Building and environment, 42: 2472–2479

Wong E. D., Zhang M., Wang Q., Kawai S. 1998. Effects of mat moisture content and press closing speed on the formation of density profile and properties of particleboard. The Japan wood research society, 44: 287–295

Xu W., Suchsland O. 1998. Variability of particleboard properties from single- and mixed-species processes. Forest products journal, 48, 9: 68–74

Melamin, podatki, Borealis Agrolinz Melamine GmbH, 2009
http://www.borealisgroup.com/pdf/literature/borealis/product-sheet/MSDS_Melamine_englich.pdf (23. 3. 2010)

Proizvodni program lepil – Nafta Lendava, 2010
<http://www.nafta-lendava.si/default.asp?nad=2&pod=3> (5. 6. 2010)

Toksičnost melamina, World Health Organization, 2008
http://www.who.int/foodsafety/fs_management/Exec_Summary_melamine.pdf (4. 6. 2010)

Interni standard – interni test s svinčniki. Interna metoda preizkusa oplemenitenih ivernih plošč. Interni podatki podjetja Lesna TIP, d. d.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za pomoč in usmerjanje pri nastajanju tega dela.

Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Marku Petriču za celostno recenzijo tega dela.

Empirični del naloge je bil opravljen v tovarni ivernih plošč Lesna TIP Otiški Vrh, d. d. Zahvaljujem se predvsem tamkajšnjemu vodstvu, tehnologom, proizvodnim delavcem in dragim laborantom.

Zahvaljujem se delavcem na fakulteti; referatu, knjižničarkama, anglistki, ...

Zahvaljujem se staršem in družini, ki so mi bili v gmotno in moralno podporo.

Rad bi se zahvalil še Alenki Potočnik in Mojci Pori za pomoč pri reševanju manjših ali večjih problemov.

Skoraj bi se pozabil zahvaliti svojima hčerkama, Eli in Ivi, ki sta mi odstopili dovolj časa za moje delo. Hkrati pa za 'moralno podporo', predvsem ko je prva po skupnem obisku na govorilnih urah pri g. Medvedu pripomnila, da Medved sploh ni pravi medved.

Trenutki, ko sva presedela skupaj in premlevala vsak svoje čtivo, mi bodo ostali v spominu kot sprehodi po grebenih vršacev.

Ljubi ženi Evi se zahvaljujem za vso podporo, še prav posebej pa za lektoriranje diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga A:

Tehnični podatki uporabljenih brusnih papirjev pri brušenju testnih plošč.

PRVA POSTAJA, PREDBRUSILKA:

<u>Brusni papir, proizvajalec:</u>	CARBO SCHRÖDER
<u>Granulacija brusnega papirja:</u>	36
<u>Tip brusnega papirja:</u>	CLZ 611
<u>Dimenzija brusnega papirja:</u>	2250 mm x 2800 mm

<u>Brusni papir, proizvajalec:</u>	CORA
<u>Granulacija brusnega papirja:</u>	60
<u>Tip brusnega papirja:</u>	S88YY
<u>Dimenzija brusnega papirja:</u>	2250 mm x 3810 mm

<u>Brusni papir, proizvajalec:</u>	CORA
<u>Granulacija brusnega papirja:</u>	100
<u>Tip brusnega papirja:</u>	S88YY
<u>Dimenzija brusnega papirja:</u>	2250 mm x 3810 mm

Priloga B:

Teža 9 vzorcev med kondicioniranjem v laboratoriju

	12.4.05 (g)	13.4.05 (g)	14.4.05 (g)	21.4.05 (g)	23.4.05 (g)
2A1C1	114,0	114,1	114,2	114,4	114,4
2A2C1	112,7	112,8	113,0	113,1	113,1
2A3C1	107,6	107,8	107,9	108,1	108,1
2B1C1	113,2	113,3	113,5	113,6	113,6
2B2C1	108,4	108,5	108,6	108,8	108,9
2B3C1	110,5	110,6	110,7	110,7	110,7
2C1C1	112,7	112,8	112,9	113,1	113,1
2C2C1	114,1	114,2	114,3	114,5	114,6
2C3C1	111,2	111,3	111,4	111,6	111,6

Priloga C:

Izmerjene debeline 100 surovih IP

18,0	17,7	16,8	17,0	16,5	16,8	17,6	17,4	17,5	16,7
18,0	18,4	17,4	17,5	17,7	17,2	17,0	18,2	18,0	18,0
18,0	17,2	17,2	17,8	17,3	17,8	18,0	17,3	16,6	16,8
17,6	17,5	17,3	17,5	17,3	16,7	17,5	17,8	17,2	17,3
18,2	16,3	17,7	18,7	17,5	17,5	18,9	18,0	17,7	17,7
18,0	17,0	17,2	17,7	17,5	17,0	18,1	18,7	17,3	18,4
17,8	17,8	17,4	18,0	17,5	18,9	17,0	16,7	17,8	18,2
17,7	16,5	17,6	17,5	18,4	16,8	16,9	18,0	17,6	17,2
17,6	17,8	18,2	16,9	16,8	17,9	17,3	17,6	17,9	18,1
17,2	16,7	18,0	17,2	17,6	17,6	18,0	17,1	17,9	17,8

Priloga D:

Kazalo poimenovanja plošč

Številka pred ploščo (**1A1**):

1. prvi del plošče
2. drugi del iste surove plošče.

Oznaka plošče (**1A1**):

- A: normalno debele (17,0 mm–17,8 mm);
- B: tanke (16,3 mm–16,9 mm);
- C: debele (17,9 mm–19,0 mm).

Številke za oznako plošč (**1A1**):

1. s predbrusnim papirjem granulacije P 36 do neto debeline;
 2. s predbrusnim papirjem granulacije P 36 in P 60 do neto debeline;
 3. s predbrusnim papirjem granulacije P 36, P 60 in P 100 do neto debeline.
-
- A1: IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
 - A2: IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
 - A3: IP debeline 17,0 mm–17,8 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100;
 - B1: IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
 - B2: IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
 - B3: IP debeline 16,3 mm–16,9 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100;
 - C1: IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36;
 - C2: IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36 in P 60;
 - C3: IP debeline 17,9 mm–19,0 mm, brušena z brusnim papirjem P 36, P 60 in P 100.

Priloga E:

Posamezne vrednosti kislinskega testa

	A1z	A1s	A6z	A6s	A8z	A8s	B2z	B2s	B4z	B4s	C3z	C3s	C5z	C5s	D2z	D2s	D6z	D6s	D8z	D8s
1A1	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4
2A1	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1A2	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	5	4	5
2A2	3	5	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	5	3	5
1A3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5
2A3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	5	3	5
1B1	3	4	3	4	3	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2B1	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3
1B2	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
2B2	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1B3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	5	4	5
2B3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1C1	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5	3	5	3	5
2C1	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4
1C2	3	4	3	4	3	3	3	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	5	4	4
2C2	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	2	3	3	4	3	4	3	5	3	4
1C3	3	4	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5	3	5	3	5
2C3	3	4	3	4	3	4	3	5	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3	4
Povp.	3,1	3,9	3,0	4,1	3,1	3,9	2,9	3,6	2,9	3,8	3,0	3,8	3,0	3,8	3,2	4,0	3,1	4,3	3,3	4,3

Priloga F:

Podane so vrednosti testa čvrstosti površine; sile v [N]

	A2	A4	A9	B1	B6	C2	C4	D3	D4	D7
1A1	1040	1080	940	1060	1080	1020	1040	770	1000	1040
2A1	1070	1000	890	780	1190	1330	900	870	660	1080
1A2	870	940	1050	990	990	1030	880	840	940	1100
2A2	1010	1010	910	940	1040	1050	1050	970	920	1020
1A3	1040	1320	930	990	870	950	990	990	1000	1050
2A3	980	980	750	850	1020	1020	910	970	350	1040
1B1	1000	1080	1120	1360	940	940	550	1030	1020	1010
2B1	1100	960	1210	1030	1030	1060	870	1010	1020	1020
1B2	1100	1130	960	990	1400	1090	1080	990	1080	1110
2B2	950	1150	1440	1040	1200	1110	950	1030	1040	1050
1B3	1070	1000	1000	1010	1270	1040	1080	960	1070	1370
2B3	1010	910	1010	1000	1000	980	980	1000	1080	1040
1C1	1110	1110	1030	980	1140	1030	990	1080	980	1000
2C1	1010	1070	970	860	870	1140	1040	1200	1040	1130
1C2	1070	1160	1180	1100	1070	1010	1350	1060	1150	1080
2C2	1120	1400	1100	520	1060	1120	1080	1150	1150	990
1C3	1280	1110	1340	1130	1160	1080	1060	1300	1090	1280
2C3	890	850	900	860	1020	1030	1100	1050	1010	940

Priloga G:

Rezultati testa s svinčniki po metodi EN 14323, enota [N]

	A3z	A3s	A5z	A5s	A7z	A7s	B3z	B3s	B3z	B3s	C1z	C1s	C6z	C6s	D1z	D1s	D5z	D5s	D9z	D9s
1A1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2A1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5
1A2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5
2A2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5
1A3	1,5	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	1,5	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0	1,5
2A3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1B1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2B1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
1B2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2B2	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5
1B3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5
2B3	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5
1C1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2C1	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1C2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2C2	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1C3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2C3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Povp.	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5

Priloga H:

Rezultati interne metode testa s svinčniki, enota [N]

[illegible]

Priloga I:

Rezultati testa čvrstosti površine v [N/mm²]

	A2	A4	A9	B1	B6	C2	C4	D3	D4	D7
1A1	1,04	1,08	0,94	1,06	1,08	1,02	1,04	0,77	1,00	1,04
2A1	1,07	1,00	0,89	0,78	1,19	1,33	0,90	0,87	0,66	1,08
1A2	0,87	0,94	1,05	0,99	0,99	1,03	0,88	0,84	0,94	1,10
2A2	1,01	1,01	0,91	0,94	1,04	1,05	1,05	0,97	0,92	1,02
1A3	1,04	1,32	0,93	0,99	0,87	0,95	0,99	0,99	1,00	1,05
2A3	0,98	0,98	0,75	0,85	1,02	1,02	0,91	0,97	0,35	1,04
1B1	1,00	1,08	1,12	1,36	0,94	0,94	0,55	1,03	1,02	1,01
2B1	1,10	0,96	1,21	1,03	1,03	1,06	0,87	1,01	1,02	1,02
1B2	1,10	1,13	0,96	0,99	1,40	1,09	1,08	0,99	1,08	1,11
2B2	0,95	1,15	1,44	1,04	1,20	1,11	0,95	1,03	1,04	1,05
1B3	1,07	1,00	1,00	1,01	1,27	1,04	1,08	0,96	1,07	1,37
2B3	1,01	0,91	1,01	1,00	1,00	0,98	0,98	1,00	1,08	1,04
1C1	1,11	1,11	1,03	0,98	1,14	1,03	0,99	1,08	0,98	1,00
2C1	1,01	1,07	0,97	0,86	0,87	1,14	1,04	1,20	1,04	1,13
1C2	1,07	1,16	1,18	1,10	1,07	1,01	1,35	1,06	1,15	1,08
2C2	1,12	1,40	1,10	0,52	1,06	1,12	1,08	1,15	1,15	0,99
1C3	1,28	1,11	1,34	1,13	1,16	1,08	1,06	1,30	1,09	1,28
2C3	0,89	0,85	0,90	0,86	1,02	1,03	1,10	1,05	1,01	0,94
Povp.	1,04	1,07	1,04	0,97	1,08	1,06	0,99	1,02	0,98	1,08

Priloga J:

Grafi gostotnih profilov OP IP, dobljeni pri zunanji ravnovesni vlažnosti vzorcev

- Plošča 1A1



- Plošča 1A2



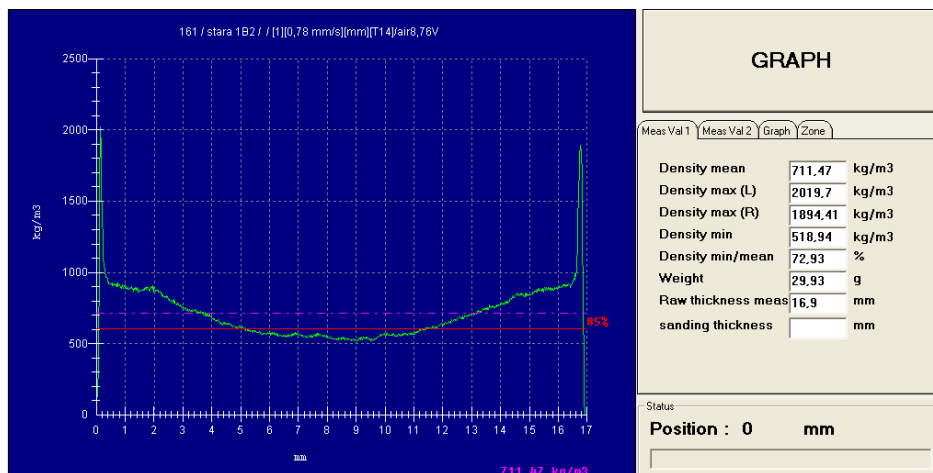
- Plošča 1A3



- Plošča 1B1



- Plošča 1B2



- Plošča 1B3



- Plošča 1C1



- Plošča 1C2



- Plošča 1C3



- Plošča 2A1



- Plošča 2A2



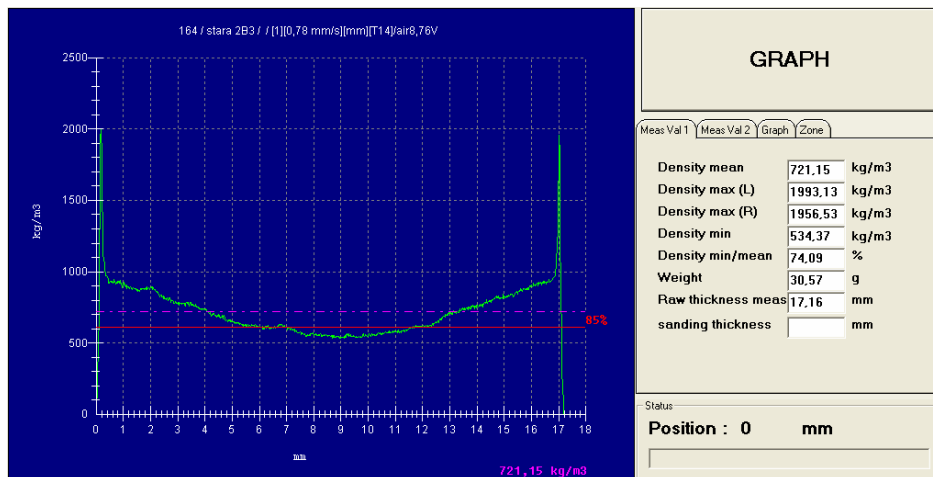
- Plošča 2A3



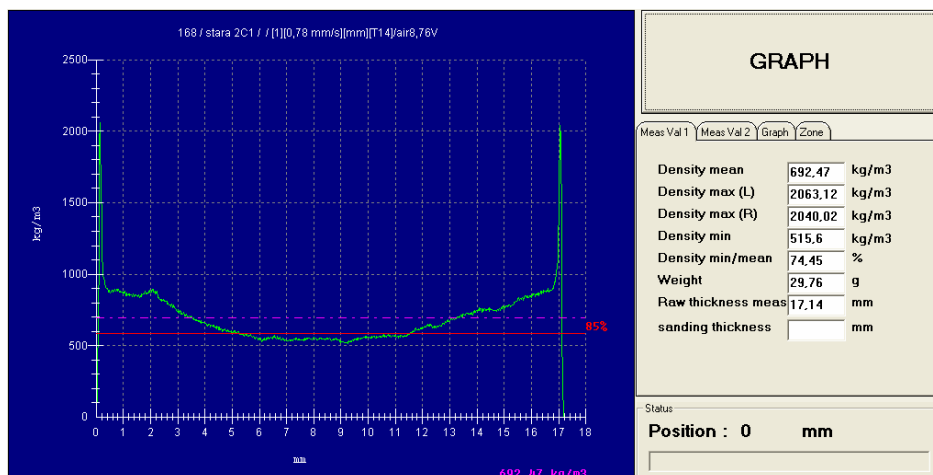
- Plošča 2B2



- Plošča 2B3



- Plošča 2C1



- Plošča 2C2



- Plošča 2C3



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Pavel PORI

**VPLIV BRUŠENJA IVERNIH PLOŠČ NA
OPRIJEMNOST PAPIRJA, IMPREGNIRANEGA Z
MELAMINSKO SMOLO**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010