

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Franci STRAH

**VPLIV TLAKA IN ČASA STISKANJA NA KVALITETO
OPLEMENITENJA IVERNE PLOŠČE S FURNIRJEM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF PRESSURE AND PRESS TIME ON QUALITY OF
SURFACING OF PARTICLEBORDS WITH VENEER**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, kjer je bil izveden celoten eksperiment.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval izr. prof. dr. Milana Šerneka, za recenzenta pa doc. dr. Sergeja Medveda.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Franci Strah

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 360*862.2
- KG lepljenje/UF lepilo/natezna trdnost
- AV STRAH, Franci
- SA ŠERNEK, Milan (mentor)/MEDVED, Sergej (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2009
- IN VPLIV TLAKA IN ČASA STISKANJA NA KVALITETO OPLEMENITENJA
IVERNE PLOŠČE S FURNIRJEM
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 36 str., 2 pregl., 18 sl., 3 pril., 10 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Proučevali smo vpliv tlaka in časa stiskanja na debelino iverne plošče in na trdnost urea-formaldehidnega (UF) lepilnega spoja pri furniranju iverne plošče. Pri testiranju smo uporabili predhodno pripravljene iverne plošče, nažagane na dimenzije 250 mm x 481 mm in brušene na debelino 17,4 mm in 27,4 mm. Površino ivernih plošč smo obložili z bukovim furnirjem debeline 0,6 mm. Predpostavili smo, da pri manjših časih in nižjih tlakih stiskanja lepilni spoj ne bo zadovoljiv, in da bi pri daljšem času in večjem tlaku stiskanja lahko prišlo do večjih odstopanj v debelini. Lepljenje je potekalo v klasični vroči stiskalnici pri temperaturi 120 °C. Pri testiranju smo spreminjali čas in tlak stiskanja. Ugotovili smo, da je lepilni spoj pri vseh izvedenih variacijah parametrov ustrezal zahtevam. Prihajalo je do minimalnih odstopanj v debelini furniranih ivernih plošč.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*862.2
- CX gluing/UF glue/tension strength
- AU STRAH Franci
- AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/MEDVED, Sergej (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2009
- TI INFLUENCE OF PRESSURE AND PRESS TIME ON QUALITY OF SURFACING OF PARTICLEBOARDS WITH VENEER
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 36 p., 2 tab., 18 fig., 3 ann., 10 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB We studied the affects of different parameters of pressure (strength, time) on the changing thickness of particleboards, and on the quality of the urea formaldehyde glue used for bonding particle boards and plywood. For testing we used particle boards cut into 250 mm x 481 mm pieces which were then calibrated and ground to 17.4 and 27.4 mm thickness. The surface was refined with 0.6 mm beech plywood. Assuming that in a shorter time and at lower strength of pressure, the adhesive connection would not be acceptable. At given more time and pressure, a greater difference in thickness may occur. Gluing took place in a standard hot pressure chamber. While testing, we changed the time and strength of pressure. We came to the conclusion that the glue held, regardless of the varying parameters of strength and pressure. However, minimal differences in the thickness of particle boards occurred.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
	KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO PREGLEDNIC	VII
	KAZALO SLIK	VIII
	KAZALO PRILOG	IX
	KAZALO PRILOG	IX
1	UVOD	1
1.1	SPLOŠNO	1
1.2	PREDSTAVITEV PROBLEMA	2
1.3	HIPOTEZA	2
1.4	CILJ NALOGE	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	IVERNE PLOŠČE	3
2.1.1	Predstavitev iverne plošče	3
2.1.2	Razdelitev ivernih plošč	3
2.1.3	Pomembne lastnosti ivernih plošč za potrebe pohištvene industrije	4
2.1.4	Uporaba ivernih plošč	5
2.2	FURNIR	5
2.2.1	Vrste furnirja	5
2.2.2	Uporaba furnirja	7
2.3	LEPILA	7
2.3.1	Razvrščanje lepil	7
2.3.2	Urea-formaldehidna (UF) lepila	9
2.3.2.1	Osnovne sestavine UF lepila	10
2.3.2.2	Kemizem UF lepila	10
2.3.2.3	Proces utrjevanja UF lepil v lepilnem spoju	11
2.3.2.4	Postopki lepljenja	12
3	MATERIALI IN METODE	13
3.1	ZASNOVA RAZISKAVE	13
3.2	MATERIALI (IVERNA PLOŠČA; LEPILO)	14
3.2.1	Priprava iverne plošče in furnirja	14

3.3	IZDELAVA, PREIZKUS	16
3.3.2	Priprava stiskalnice	17
3.3.3	Priprava katalizatorja in lepilne mešanice	18
3.3.4	Ploskovno oplemenitenje iverne plošče	19
3.3.5	Ugotavljanje trdnosti UF lepilnega spoja	19
3.3.5.1	Obseg	19
3.3.5.2	Definicija	19
3.3.5.3	Potek	20
3.3.5.5	Testni vzorec	21
3.3.5.6	Postopek	22
3.3.6	Izdelava preizkušancev - SIST EN 311	22
3.3.7	Testiranje preizkušancev	24
4	REZULTATI	26
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	32
5.1	RAZPRAVA	32
5.2	SKLEPI	34
6	POVZETEK	35
7	VIRI	36
	ZAHVALE	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Število furniranih plošč debeline 18 mm, glede na čas in tlak stiskanja</i>	<i>13</i>
<i>Preglednica 2: Število furniranih plošč debeline 28 mm, glede na čas in tlak stiskanja</i>	<i>13</i>

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Shematski prikaz pridobivanja sečnine (eksotermna reakcija) (Resnik 1997)</i>	10
<i>Slika 2: Shematski prikaz pridobivanja sečnine (endotermna reakcija) (Resnik 1997)</i>	11
<i>Slika 3: Klimatiziranje ivernih plošč v klima komori</i>	17
<i>Slika 4: Laboratorijska stiskalnica za vroče lepljenje</i>	18
<i>Slika 5: Oblika in dimenzije pečata (SIST EN 311:1992: 6)</i>	20
<i>Slika 6: Princip vpetja preizkušanca v trgalno napravo (SIST EN311:1992: 7)</i>	21
<i>Slika 7: Prikaz razžagovanja plošče.</i>	23
<i>Slika 8: Izgled preizkušanca za testiranje.</i>	24
<i>Slika 9: Univerzalni trgalni stroj ZWICK\Z 100</i>	25
<i>Slika 10: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo, debeline 28 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7 \text{ bar}$; $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	26
<i>Slika 11: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	27
<i>Slika 12: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 18 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7 \text{ bar}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	27
<i>Slika 13: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 18 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	28
<i>Slika 14: Debeline furnirane iverne plošče debeline 18 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja, ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	29
<i>Slika 15: Debeline furnirane iverne plošče debeline 18 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7 \text{ bar}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	30
<i>Slika 16: Debeline furnirane iverne plošče debeline 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	30
<i>Slika 17: Debeline furnirane iverne plošče debeline 28 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	31
<i>Slika 18: Debeline furnirane iverne plošče debelin 18 in 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120 \text{ s}$, $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$).</i>	33

KAZALO PRILOG

Priloga A: Podatki meritev za preizkušance dobljene iz iverne plošče debeline 28mm.

Priloga B: Podatki meritev za preizkušance dobljene iz iverne plošče debeline 18mm.

Priloga C: Podatki meritev debeline ivernih plošč

1 UVOD

1.1 SPLOŠNO

Lesne plošče, ki se uporabljajo v lesarstvu, vse pogosteje oblagamo z različnimi prekrivnimi materiali, začeni s furnirjem, ki so ga poznali in uporabljali že stari Egipčani, Grki in Rimljani, pa do sodobnih modernih dekorativnih laminatov in folij, ki so na voljo v različnih barvah in imitacij lesa. Z oblaganjem izboljšamo predvsem estetski videz plošč, izboljšamo njihove fizikalne lastnosti, saj s tem povečamo odpornost le-teh proti vlagi in toploti ter dosežemo boljšo dimenzijsko stabilnost. S tem se izboljšajo tudi mehanske lastnosti, saj se poveča odpornost na udarce, raze in obrabo, ter odpornost proti kemičnim vplivom (Podjed, 2004).

Furniranje je lepljenje furnirja na nosilne materiale – lesne plošče. S tem postopkom nadomestimo plemenit in dragocen les. Furnirji so listi lesa debeline do 7 mm, ki jih izdelujemo iz hloda ali dela hloda z rezanjem, luščenjem ali žaganjem z namenom pridobitve čim več uporabnih površin lesa z določenimi lastnostmi. Debelina furnirja je odvisna od drevesne vrste, tehnike izdelave in načina uporabe. Največ se uporablja rezan furnir debeline od 0,5 mm do 1,0 mm. Le v izjemnih primerih so furnirji lahko tanjši, debeline od 0,09 mm do 0,1 mm, in jih zato imenujemo mikro furnirji. Za posebne namene se proizvajajo tudi debelejši furnirji, ki se uporabljajo za izdelavo vezanega lesa in embalaže.

Lepljenje je v lesni industriji gledano s tehnološkega vidika bistvenega pomena. Tehnologijo lepljenja obravnavamo z različnih vidikov, kar pomeni, da moramo pri lepljenju upoštevati znanja iz anatomije, tehnologije lesa, fizike, kemije in nenazadnje ekologije. Izdelava lepil je seveda področje kemikov, ki pa so pri tem uspešni le, če k sodelovanju pritegnejo tudi strokovnjake s področja lesarstva. Lepila so makromolekulske snovi, ki so zmožne zlepiti dve površini zaradi površinskega zlepljanja in notranjih sil (adhezije in kohezije). Utrjevanje lepil temelji na fizikalno-kemičnih pojavih, je zelo kompleksen in zapleten postopek, ki ga največkrat sestavlja več medsebojno dopolnjujočih se faz. Med utrjevanjem prehaja lepilo iz tekočega v želatinasto in končno v trdo stanje. Na ta pojav pa vpliva sprememba temperature, oddajanje disperzijskega sredstva in kemijske reakcije v lepilu. Vezivno trdnost lepilnega spoja lahko definiramo kot vsoto adhezijskih in kohezijskih sil na enoto lepilne površine.

Tehnični napredek in konkurenca sta prinesla na tržišče stalno izboljševanje lepil in sredstev za površinsko obdelavo. V proizvodne procese se stalno uvajajo tehnološke

novosti. Industrijska proizvodnja pa ne prenese kar tako vpeljevanja novih in nepreverjenih tehnologij, ampak samo takšne, ki jo popolnoma zavaruje pred presenečenji. Kontrolirani morajo biti predvsem materiali, uporabljeni za proizvodnjo, ker je le tako zagotovljena stalnost njihovih fizikalno-kemijskih lastnosti (Mihevc, 1987).

1.2 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Dandanes se v lesni industriji mnoga podjetja srečujejo s problemom majhnih naročil izdelkov in kratkimi izvedbenimi roki. Težave, ki se ob tem pojavljajo, so tudi stalno prilagajanje in nastavljanje lesnih obdelovalnih strojev. Pogoste nastavitve strojev povečujejo čas izdelave izdelka, zahtevnost dela in možnost pojava napak v postopku izdelave izdelka. Za kvalitetno ploskovno oblaganje iverne plošče je zelo pomembno zagotoviti ustrezne pogoje lepljenja v klasični vroči stiskalnici. Zelo pomembna pa je tudi kvaliteta surove iverne plošče.

1.3 HIPOTEZA

Predpostavili smo, da pri krajših časih in nizkih tlakih furniranja spoj med furnirjem in iverno ploščo ne bo kvaliteten, in da bi pri daljših časih in večjih tlakih lahko prišlo do večjih odstopanj debeline furniranih ivernih plošč.

1.4 CILJ NALOGE

Cilj diplomske naloge je proučiti vplive različnih parametrov stiskanja (tlak in čas) na debelino iverne plošče in na trdnost lepilnega spoja pri ploskovnem oplemenitju iverne plošče. Uporabili bomo urea-formaldehidno (UF) lepilo. Z različnimi tlaki in časi stiskanja želimo ugotoviti optimalne nastavitve stiskalnice za kvalitetno ploskovno oplemenitje iverne plošče. Zato bomo izdelali preizkušance iz posameznih plošč in jih testirali po navodilih standarda SIST EN 311 na trgalnem stroju. Ugotavljali bomo natezno trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo pri posameznih parametrih lepljenja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 IVERNE PLOŠČE

2.1.1 Predstavitev iverne plošče

Iverna plošča (iverka) je splošni izraz za ploščo, ki je izdelana iz iverja lesa (ali drugih lignoceluloznih snovi). Iveri so sestavljene iz vlaken oz. snopov vlaken, katerih narava in značilnosti so odvisne od drevesne vrste, iz katere so bile proizvedene. Za proizvodnjo se lahko uporabljajo lesno industrijski ostanki (žagovina, krajniki, obrezline, sekanci, skoblanci itn.) kakor tudi gozdni sortimenti (dolžinski ali kratek les). Glede na vrsto sortimentov je iverje lahko izdelano direktno ali indirektno. Geometrija iverja je odvisna tako od uporabljene drevesne vrste kakor tudi od načina izdelave, ki je pogojeno s tipom plošče, ki ga želimo izdelati.

Iverje je med seboj povezano v dovolj trdno ploščo s sintetičnimi lepili ali kakšnim drugim primernim vezivom, toploto in ustreznim tlakom. Celotna vez med delci je ustvarjena s pomočjo dodatnega veziva. Med proizvodnjo lahko dodajamo druge materiale, z namenom da bi izboljšali nekatere lastnosti.

2.1.2 Razdelitev ivernih plošč

Iverne plošče delimo glede na različne kriterije. Našteli bomo le nekaj najpomembnejših kriterijev, po katerih razvrščajo iverne plošče.

Plošče razvrščamo glede na:

- a) strukturo plošč
- b) položaj iverja v ploščah
- c) namen uporabe plošč
- d) gostoto plošč
- e) vsebnost prostega formaldehida

a) Po strukturi plošče ločimo:

- enoslojne plošče, ki so izdelane iz iverja ene same velikosti,
- troslojne plošče z zunanjim slojem iz drobnega in srednjim slojem iz bolj grobega iverja,
- plošče z enakomernim prehodom iverja (od najfinejšega na površini do grobega v sredini plošče).

- b) Po položaju iverja ločimo:
- plošče, v katerih je iverje razporejeno vzporedno s površino (plosko stiskane plošče),
 - plošče, kjer je iverje razporejeno pravokotno na površino (batno stiskane plošče).
- c) Po namenu uporabe ločimo:
- plošče, uporabne pri normalni klimi,
 - plošče, uporabne pri povišani zračni vlagi,
 - plošče uporabne v tropski klimi ter odporne proti glivam in insektom,
 - plošče odporne proti gorenju in širjenju plamenov.
- d) Po gostoti plošč ločimo:
- lahke plošče z gostoto do 500 kg/m^3 ,
 - normalne plošče z gostoto od 500 do 800 kg/m^3 ,
 - zelo goste plošče z gostoto nad 800 kg/m^3 .
- e) Po vsebnosti prostega formaldehida plošče razvrščamo v dva emisijska razreda:
- E1- manj kot $8 \text{ mg CHO}/100 \text{ g}$ prostega formaldehida,
 - E2- od 8 do $30 \text{ mg CHO}/100 \text{ g}$ prostega formaldehida.

2.1.3 Pomembne lastnosti ivernih plošč za potrebe pohištvene industrije

Iverne plošče proizvajamo izključno iz manjvrednega lesa, zato so razmeroma poceni. Imajo dovolj dobre fizikalne in mehanske lastnosti. Večino plošč površinsko oplemenitimo z različnimi materiali brez večjih težav. Na kvaliteto ivernih plošč vplivajo njihove lastnosti. Nekatere pomembnejših lastnosti ivernih plošč, ki se pretežno uporabljajo v pohištveni industriji so:

- debelina,
- vlaga,
- prostorninska masa,
- upogibna trdnost,
- razslojna trdnost,
- debelinski nabrek,
- vsebnost prostega formaldehida,
- trdnost zunanjega sloja,
- časovna obremenitev (lezenje),
- lastnosti površine: hrapavost, Vpijanje, pH vrednost zunanje cone.

2.1.4 Uporaba ivernih plošč

Med najpogostejšimi materiali, ki se danes uporabljajo v pohištveni industriji, so iverne in vlaknene plošče. Zavedati pa se moramo, da vsaka plošča ni primerna in ne zagotavlja končne kakovosti izdelka. Razvoj ivernih plošč gre v smeri njihove vse večje specializacije za posamezna področja uporabe.

Kljub nekaterim neugodnim lastnostim imajo iverne plošče široko področje uporabe. Surove in obložene plošče uporabljamo v proizvodnji bivalnega pohištva, za vrata in druge elemente stavbnega pohištva, za obloge ipd. Tanke iverne plošče (3 do 12mm) uporabljamo za hrbtišča omar in razne obloge. Precejšnje področje uporabe specialnih ivernih plošč je v gradbeništvu.

Iverne plošče različnih tipov uporabljamo tudi v industriji transportnih sredstev, v ladjedelništvu, za odrske kulise, urejanje sejemskih prostorov, za embalažo itd.

2.2 FURNIR

Z besedo furnir opredeljujemo liste lesa debeline do 7 mm, ki jih izdelujemo z namenom pridobitve čim več uporabne površine lesa z določenimi lastnostmi. Pridobivamo jih iz hloda ali dela hloda z rezanjem, luščenjem ali žaganjem.

Debelina furnirja praviloma ni predpisana, je pa odvisna od drevesne vrste, tehnike izdelave in načina uporabe. Največ se uporablja rezani furnir debeline od 0,5 mm do 1 mm. Le v izjemnih primerih so furnirji tanjši, debeline od 0,09 mm do 0,1 mm, in jih zato imenujemo mikro furnirji. Te furnirje že pri sami izdelavi nalepijo na podlago in s tem preprečijo, da bi se listi zaradi tankosti in krhkosti poškodovali. Za posebne namene se proizvajajo tudi debelejši furnirji, ki se uporabljajo predvsem za izdelovanje vezanega lesa in embalaže.

2.2.1 Vrste furnirja

Furnirje delimo po več različnih kriterijih.

Po načinu izdelave:

- luščene furnirje, ki so lahko luščeni spiralno, ekscentrično ali stožčasto,
- rezane furnirje, ki so lahko radialne, tangencialne ali koreninaste teksture,
- žagane furnirje.

Po načinu uporabe furnirje razvrstimo na:

- slepe furnirje, ki jih rabimo za proizvodnjo vezanih plošč, panel plošč in lahke embalaže,
- podložne furnirje, ki jih rabimo za proizvodnjo vezanih plošč kot podlago koreninastim in drugim dragocenim plemenitim furnirjem,
- notranje furnirje, ki jih uporabljamo za furniranje površin brez estetskih zahtev,
- plemenite oz. zunanje furnirje, ki jih uporabljamo za furniranje površin, ki dajejo izdelkom končno zunanjo podobo,
- lepljeni furnirji (»FINE - LINE«),
- posebni ali mikro furnirji (0,09-0,3 mm) pridobivamo jih lahko iz plemenitih furnirjev s pomočjo brušenja ali pa z japonskim nožem,
- barvane furnirje,
- robne furnirje, vzdolžno spojeni trakovi furnirja na lepilno podlago,
- kaširane furnirje, ki so nalepljeni na platneno podlago,
- tiskane furnirje.

Po načinu povezovanja:

- hldarke ali bulsi, listi furnirja zloženi po istem vrstnem redu kot so bili izdelani.

Po načinu obdelave:

- obrezan,
- neobrezan.

Po debelini ločimo:

- mikro furnirji,
- tanki furnirji,
- srednji furnirji,
- debeli furnirji (3,6-7 mm).

Po širini :

- vsaj 10 cm ali več.

2.2.2 Uporaba furnirja

Furnir se najpogosteje uporablja za oblaganje nosilnih materialov (lesene plošče), z namenom izboljšanja lastnosti. S tem postopkom nadomestimo plemeniti in dragoceni les, saj so furnirji tanki listi lesa. Furnir se uporablja tudi za izdelovanje slojnatega (lameliranega) lesa. Proizvajamo ga predvsem iz vzporedno lepljenih bukovih furnirjev do debeline 1,5 mm. Zunanji sloji furnirja so iz zahtevane drevesne vrste, sloji furnirja se lahko glede na srednji slej obojestransko, simetrično, pravokotno križno zlagajo. Zaradi izredno dobrih fizikalno-mehanskih lastnosti se tako izdelan lameliran les pogosto uporablja pri izdelavi upognjenega sedežnega in drugega pohištva.

2.3 LEPILA

Iz različnih zgodovinskih virov je razvidno, da so lepila poznale že stare civilizacije. Prva veziva so bili naravni materiali: ilovica, voski, smole itn., pozneje pa so začeli uporabljati lepilne snovi iz krvi, jajc, mleka, kož in kosti.

Prvo sintetično lepilo je bilo izdelano že pred prvo svetovno vojno (iz fenolnih smol), danes pa je njihova proizvodnja zelo razvita. Proizvajalci vse pogosteje ponujajo lepila, namenjena spajanju zelo različnih materialov ter številne tipe lepil, ki so prilagojeni posebnim zahtevam (odpornost proti vlagi, povišani temperaturi, staranju,...). Sodobna lepila morajo biti ne samo kakovostna, ampak tudi ekonomična, enostavna za pripravo in uporabo, zdravju neškodljiva, kemično nevtralna ter ekološko sprejemljiva.

Lepljenje je povezovanje ali spajanje materiala s pomočjo lepila. Lepilo je nekovinska snov, ki je zmožna zlepliti dve površini zaradi površinskega zlepljanja in notranjih sil adhezije in kohezije.

Les lepimo zaradi dimenzijske omejenosti, izboljšanja dimenzijske stabilnosti, izboljševanja mehanskih lastnosti, konstrukcijskih povezav, boljšega izkoristka lesa, oplemenitenja lesa, oblikovanja itn.. Lepljenje lesa je lahko dolžinsko, širinsko in ploskovno ali debelinsko.

2.3.1 Razvrščanje lepil

Lepila lahko razvrščamo po različnih kriterijih.

Po namenu uporabe ločimo:

- lepila za montažno lepljenje,
- lepila za slojna lepljenja in furniranje,
- lepila za lepljenje iverja in vlaken,
- lepila za gradbene konstrukcije.

Po načinu utrjevanja ločimo:

- lepila, ki utrjujejo zaradi fizikalnih procesov (talilna lepila, topilna lepila, plastisoli),
- lepila, ki utrjujejo po kemijski reakciji (polimerizacijska lepila, poliadicijska lepila, polikondenzacijska lepila). S kemijsko utrjujočim lepilom lahko lepimo v hladnem ali pa v vročem okolju,
- lepila, ki utrjujejo zaradi fizikalno-kemijskih reakcij (dvokomponentna lepila).

Po načinu pridobivanja delimo lepila na:

- naravna lepila,
- sintetična lepila.

Naravna lepila razdelimo na:

- lepila rastlinskega izvora (škrobna in dekstrinska lepila, proteinska lepila, lepila iz naravne gume, celulozna lepila),
- lepila živalskega izvora (glutinska lepila, kazeinska lepila, krvnoalbuminska lepila),
- šelak lepilo,
- bitumensko lepilo,
- vodno steklo.

Sintetična lepila razdelimo na:

- polimerizacijska lepila (polivinilacetatna lepila, polivinilalkoholna lepila, polivinilkloridna lepila, poliakrilatna lepila, lepila iz sintetičnega kavčuka),
- polikondenzacijska lepila (urea-formaldehidna lepila, melamin-formaldehidna lepila, anilin-formaldehidna lepila, fenol-formaldehidna lepila, resorcinol-formaldehidna lepila, poliamidna lepila, poliesterska lepila, silikonska lepila)
- poliadicijska lepila (poliuretanska lepila, epoksidna lepila),
- posebne oblike in sestave lepil (talilna lepila, lepila na osnovi tanina, lepila na osnovi lignina).

2.3.2 Urea-formaldehidna (UF) lepila

Urea-formaldehidna (UF) lepila so ena najpomembnejših v proizvodnji pohištva in lesnih plošč ter so po količini porabe najbolj zastopana. Lepilo prihaja na tržišče kot rumenobela vodna disperzija ali pa v prašnati obliki. Lepila izdelujejo z reakcijo sečnine in formaldehida v vodni raztopini v skrbno nadzorovanih razmerah. Reakcija pri tem traja le toliko časa, da se nastali proizvodi stopijo v vodi oziroma, da se delno razpršijo v tej raztopini. Ta stopnja predelave, običajno trgovsko pomeni UF lepilo v tekočem stanju. Glede na to, da se ta kemijska reakcija počasi nadaljuje tudi pri sobni temperaturi, imajo ta lepila omejen čas uporabe odvisno od tipa in sestave tekočega lepila. Življenjska doba lepilne disperzije znaša od 1 do 3 mesece, lepila v prahu pa 1 leto. Z dodajanjem utrjevalca in dovajanjem toplote se kemijska reakcija naglo nadaljuje, lepilo utrjuje in tvori tridimenzionalno prostorsko mrežno strukturo. Proces utrjevanja je ireverzibilen. Lepilo, ki je na začetku redko tekoče, postaja vse gostejše, tako, da proti koncu želira in končno tudi utrdi. Proces polikondenzacije je v začetni fazi endotermen (potrebno je dovajanje toplote), v poznejši fazi pa postane eksotermen.

Reakcija, ki jo spremljamo z nadzorovanjem temperature, poteka v treh fazah:

- faza A: stanje rezol, v katerem so produkti topni v vodi in drugih topilih,
- faza B: stanje rezitol, v katerem so produkti netopni, vendar nabrekajo in se talijo,
- faza C: stanje rezit, produkti so netopni, ne nabrekajo in se ne talijo.

Pri izdelavi lepil prekinjajo proces polikondenzacije v fazi A, vendar je ta prekinitve prisilna in je kemijska snov nestabilna. Zato je uporabnost UF lepil v obliki disperzije časovno omejena. Stabilnejše polikondenzacijske produkte dobimo, če jih pripravimo v obliki prahu. Na današnji stopnji razvoja teh lepil in utrjevalcev, ki morajo poleg drugega ustrezati visokim standardom kvalitete v tehnološkem in ekološkem smislu (E 1), je možno določeni sistem lepljenja prilagoditi posebnim razmeram v konkretnem obratu.

Prednosti UF lepil so:

- uporabljamo jih lahko za hladna, topla in vroča lepljenja,
- z izbiro utrjevalcev spreminjamo vezilno hitrost,
- z lesom ne reagirajo in ga ne obarvajo,
- lepilni film je prozoren, brezbarven,
- lepilni filmi nimajo vonja in so odporni proti bakterijam in insektom,
- dolga življenjska doba v prašnati obliki,
- omogočajo mešanje z drugimi naravnimi in sintetičnimi lepili.

Pomanjkljivosti UF lepil so:

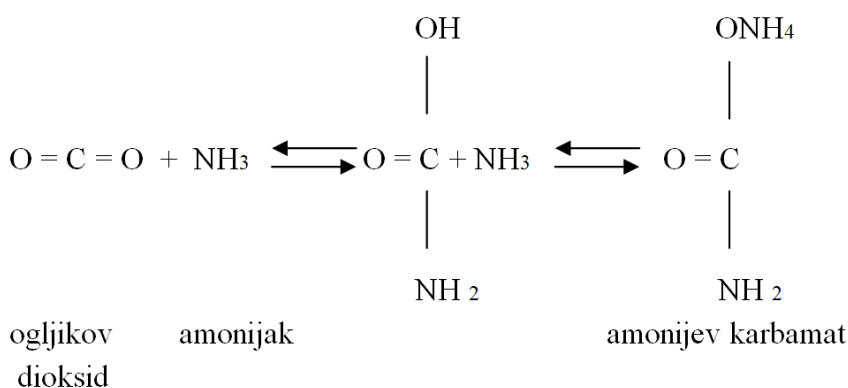
- lepilni filmi niso popolnoma odporni proti vodi in visoki zračni vlagi (tropska klima),
- obraba rezil pri nadaljnji obdelavi je velika in zato potrebujemo visokokvalitetna in draga rezila,
- preboj lepil je težko odstraniti,
- niso uporabna za lepljenje kovin na les,
- fiziološki učinki so negativni (izhlapevanje formaldehida) in zahtevajo prezračevanje,
- kratka življenjska doba tekočih lepil (3 mesece).

2.3.2.1 Osnovne sestavine UF lepila

Za izdelavo UF smol sta potrebni dve glavni sestavini, in sicer: urea (sečnina, karbamid) in formaldehid. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) je bel, hidroskopičen, kristalen prah brez vonja, ki se lahko topi v vodi. Urea so prvič izdelali konec 20. let prejšnjega stoletja v Nemčiji za gnojilo. Formaldehid (HCHO) je plin ostrega vonja, ki zelo draži sluznico, sili k solzenju, v zadnjem času pa mu pripisujejo tudi karcinogene lastnosti. Je zelo reaktiven in ga zato uporabljajo kot kondenzacijsko sredstvo pri večini industrijskih polikondenzacij.

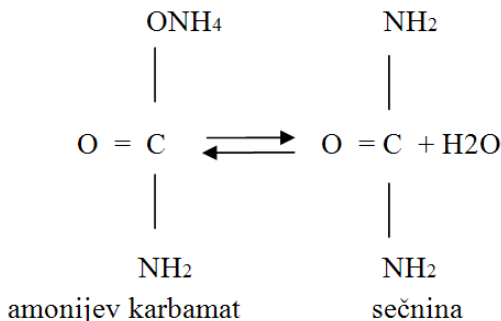
2.3.2.2 Kemizem UF lepila

Osnovne surovine za izdelavo UF smol so premog, nafta, voda in zrak. Sečnino pridobivamo iz ogljikovega dioksida in amoniaka pod tlakom v avtoklavih. Amoniak, potreben za pridobivanje uree, pa po Haber- Boschevem postopku pridobivanja iz dušika in vodika.



Slika 1: Shematski prikaz pridobivanja sečnine (eksotermna reakcija) (Resnik, 1997)

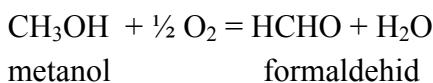
Prvi del reakcije je eksotermen, zato sistem hladijo. Sledi odcepitev vode pri višji temperaturi, reakcija je endotermna.



Slika 2: Shematski prikaz pridobivanja sečnine (endotermna reakcija) (Resnik, 1997)

Formaldehid:

Formaldehid nastane pri delni oksidaciji metanola z zrakom. Sam metanol (CH_3OH) izdelujejo iz ogljikovega monoksida ali iz nafte.



Pravilen potek kondenzacije med ureo in formaldehidom zagotavljajo: temperatura, čas, pH vrednost in ustrezno molarno razmerje.

2.3.2.3 Proces utrjevanja UF lepil v lepilnem spoju

Pod pojmom proces utrjevanja razumemo utrditev lepilnih plasti v spoju. Proces se začne z omočitvijo in absorpcijo lepila v les in vodi do nastanka in naraščanja adhezijskih in kohezijskih sil. Utrjevanje UF smol je kot pri vseh polikondenzacijskih smolah kemijske in fizikalne narave. Prav tako je tudi proces utrjevanja teh umetnih lepil fizikalen in kemijski. Fizikalni proces predstavlja oddajanje vode v les in ozračje, kemijski pa nadaljevanje prekinjene kondenzacije pod vplivom utrjevalca in drugih dejavnikov, npr. temperature. Pri kemijski reakciji prav tako nastaja voda. Oba dela vezilnega procesa, tako fizikalni kot kemijski, morata potekati v medsebojni skladnosti.

Poleg vode iz lepila in vode, ki nastane v kemijski reakciji v lepilu, je za dobro lepljenje zelo pomembna tudi pravšnja vlažnost lesa, ki naj bo 4–12 %, običajno pa je od 8–12%. Pri neustrezni vlažnosti ne potekata oba procesa vzporedno in je lepljenje nezanesljivo. Pri preveč vlažnem lesu teče kemijska reakcija hitreje kot fizikalna, pri suhem lesu pa je

fizikalna hitrejša. Kemijska reakcija poteka v vodnem mediju in če tega ni ali pa ga je premalo, se spajajo male molekule (metilosečnin) z ostalimi molekulami prepočasi, nastale molekule pa so prekratke in nimajo pravilne mrežaste struktur. Še preden se nastale molekule dovolj razvijejo, dosežejo pravo velikost in prostorninsko zgradbo, zmanjka vode in lepilni film se posuši. Take molekule oz. filmi nimajo zadostne trdnosti. Če pa je les preveč vlažen, ne more sprejeti ob pravem času še ostale vode iz lepila. Kemijska reakcija sicer normalno poteka, vendar ostane nekaj vode v lepilni plasti in ji zmanjšuje trdnost. Praktično je možno pravilno utrjevanje urea lepil le v kislem mediju. Zato dodajajo utrjevalce, ki nakisajo lepilo do pravilne pH vrednosti, da potečeta reakciji v lepilnem spoju paralelno. Ker je lepilni proces povezan tudi s temperaturo in ker toplota pospešuje vezilni proces, je nujno, da so utrjevalci za hladna lepljenja bolj kisli kot pa utrjevalci za vroča lepljenja.

2.3.2.4 Postopki lepljenja

Postopki lepljenja so seveda prilagojeni različnim zahtevam, namenom in tehnologijam.

Različnim postopkom lepljenja so skupne naslednje faze (Resnik, 1989):

- priprava lepila, ki obsega pripravo lepilne mešanice v trdi, tekoči, prašnati ali tekoči obliki oz. pripravo lepilnih filmov;
- nanos lepila v tekoči, prašnati, raztaljeni ali trdi obliki. Pri nanašanju je pomemben predvsem nanos, ki mora biti enakomeren in ustrezen;
- odprti čas lepila, ki je pri nekaterih lepilih potreben, da le-te preidejo v obliko, ko je lepljenje mogoče;
- približanje lepilnih ploskev in stiskanje, ki mora zagotoviti pravilen stik lepilnih površin in ustrezen tlak na lepilni spoj. Za dosego ustrezne adhezije zadostujejo v večini primerov relativno nizki tlaki.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 ZASNOVA RAZISKAVE

Za raziskavo trdnosti lepilnega spoja med iverno ploščo in furnirjem smo izvedli niz meritev pri različnih parametrih furniranja. Konstantni parametri so bili nanos lepila, ki je znašal 120 g/m^2 , temperatura stiskanja, ki je bila $120 \text{ }^\circ\text{C}$ in odprti čas, ki je znašal 2 minuti. Uporabili smo dve najpogosteje uporabljeni debelini ivernih plošč v praksi: 18 mm in 28 mm. Spreminjali pa smo tlak in čas stiskanja. Nabor različnih pogojev tlaka in časa stiskanja je prikazan v preglednici 2 za 18 mm debelo iverno ploščo in v preglednici 3 za 28 mm debelo iverno ploščo.

Preglednica 1: Število furniranih plošč debeline 18 mm, glede na čas in tlak stiskanja

Čas stiskanja (s)	Specifični tlak (bar)				Skupno št. lepljencev
	4	5	7	10	
90			4		4
120	4	4	4	4	16
150			4		4
180			4		4
Skupaj	4	4	16	4	28

Preglednica 2: Število furniranih plošč debeline 28 mm, glede na čas in tlak stiskanja

Čas stiskanja (s)	Specifični tlak (bar)				Skupno št. lepljencev
	4	5	7	10	
90			4		4
120	4	4	4	4	16
150			4		4
180			4		4
Skupaj	4	4	16	4	28

3.2 MATERIALI (IVERNA PLOŠČA; LEPILO)

3.2.1 Priprava iverne plošče in furnirja

Material za izdelavo diplomske naloge smo dobili v podjetju Novoles. Za izvedbo testa smo uporabili brušene iverne plošče. Velikosti posameznih preizkusnih plošč so znašale: 250 x 481 x 17,4 mm in 250 x 481 x 27,4 mm. Za oplemenitenje plošč pa smo potrebovali tudi 56 listov bukovega furnirja z dimenzijami: 280 x 520 x 0,6 mm. Vsako posamezno ploščo smo s spodnje strani označili z oznako (tlak, čas, zaporedna številka) s katere je razviden postopek dela.

3.2.2 Osnovne značilnosti uporabljenega lepila lendur

Za delo s posamezno vrsto lepila je potrebno poznati njegove zakonitosti in lastnosti. Osnovne lastnosti Lendur lepil so sledeče: vsebnost suhe snovi, specifična teža, pH vrednost, topnost v vodi, vsebnost prostega formaldehida, reaktivnost, viskoznost, barva, lepljivost, obstojnost (Benko, 1996).

- Vsebnost suhe snovi

Vsebnost suhe snovi nam daje podatek vsebnosti redčila v lepilu. Vsako lepilo tipa Lendur lahko redčimo z vodo do določene vsebnosti suhe snovi, ki je določena z recepturo v proizvodnji in je odvisna od vrste lepila. Če dodamo preveč vode, se zmanjša vezivna trdnost lepila.

- Specifična teža

Specifična teža nam služi za preračun volumna lepila v maso. Specifično težo merimo z areometrom pri 20°C, lahko pa tudi z denzitometrom.

- Vrednost pH

Vrednost pH lepila je zelo pomemben podatek. Od pH vrednosti lepila je odvisna stabilnost oziroma življenjska doba lepila, zato mora biti pH lepila v mejah od 7,5 do 9,5. V nasprotnem primeru raste viskoznost lepila. Vrednosti pH pod 7 (kislo področje) so nevarne, ker lepilo v kratkem časovnem intervalu želira. Pri pH vrednosti nad 9 (alkalno področje) prihaja do zgoščevanja lepil v pasto. pH vrednost lepil merimo pri 20°C.

- Topnost v vodi

Podatek o topnosti v vodi nam pove, s koliko vode lahko lepilo redčimo, da pri tem še ne pride do izločanja lepila iz vode. Če dodamo preveč vode, se izločeno lepilo nalaga na stene posode ali cevovodov in ga kasneje težko izperemo. Topnost lepila v vodi pada s povečanjem viskoznosti, daljšim časom skladiščenja in povišano temperaturo skladiščenja. Topnost lepila v vodi lahko določamo tako, da vzamemo 10 ml lepila in vanj postopno dodajamo po 5 ml vode in vse skupaj dobro mešamo. Ko se na stenah posode začno nabirati kosmiči, lepilo ni več topno v vodi.

- Vsebnost prostega formaldehida

Vsako lepilo Lendur oziroma UF smola vsebuje določeno količino prostega formaldehida, ki je pomemben podatek in ima direkten vpliv na reaktivnost lepila. Prost formaldehid reagira s komponento katalizatorja, kjer nastaja kislina, ki omogoča utrjevanje lepila v stiskalnici. Zaradi teh razlogov vsebnosti prostega formaldehida ne moremo povsem omejiti. Njegova vsebnost je vsekakor pokazatelj njegove poznejše emisije, ker kaže na količino formaldehida, vmešanega v proces.

- Viskoznost

Preden lepilo pripravimo za lepljenje (dodatek moke kot polnilo, katalizatorja in vode), moramo poznati njegovo viskoznost. Viskoznost vpliva na nanašanje lepila, na penetracijo lepila v les ter na preboj lepila skozi furnir pri furniranju. Odvisna je od temperature lepila, z naraščanjem temperature viskoznost pada. Povečuje pa se s starostjo lepila. Preverjamo jo ob sprejemu večjih pošiljk, po daljšem skladiščenju in pred nanašanjem. Viskoznost do neke mere lahko povečujemo z dodajanjem polnil, zmanjšujemo pa z redčenjem. Viskoznost merimo s Fordovo čašo z odprtino 4 mm pri 20°C, kjer merimo čas iztoka iz čaše, ter s Höpplerjevim viskozimetrom, kjer rezultat izražamo kot viskoznost v mPas.

- Barva

Barva je odvisna od vrste lepila, po njej lahko tudi sklepamo na reaktivnost lepila. Po potrebi lahko lepilo tudi obarvamo, kar običajno delamo pri lepljenju tankih furnirjev, kjer obstaja nevarnost preboja lepila.

- Lepljivost

Od lepljivosti oziroma adhezijskih lastnosti lepil Lendur so odvisne mehanske lastnosti strjenega lepilnega spoja. Te lastnosti se običajno določajo s preskusom na natezno trdnost.

- Obstočnost

Podatek o obstojnosti lepila nam pove, v kakšnem časovnem intervalu moramo lepilo uporabiti, da se preveč ne zgosti ali strdi. Na zalogi naj bo samo toliko lepila, kolikor ga lahko pravočasno porabimo. Obstočnost lepila je odvisna od vrste lepila in temperature skladiščenja. Pri vsaki vrsti lepila je označen optimalni čas obstojnosti lepila.

3.3 IZDELAVA, PREIZKUS

3.3.1 Klimatiziranje iverne plošče in furnirja

Klimatiziranje ivernih plošč in furnirja je potekalo v klima komori (slika 3). V njej so bile plošče in furnir izpostavljeni standardni klimi: ($\varphi=65\%$, $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Klimatiziranje smo opravili zato, da bi izravnali vlažnostni gradient vsake plošče ter izenačili vlažnost med posameznimi elementi. Plošče smo v komori razporedili tako, da je bilo omogočeno kroženje zraka med njimi. Furnir pa smo zgolj razpostavili po komori. Pred začetkom postopka klimatiziranja smo stehali naključno izbrane štiri plošče in izmerili njihovo začetno maso. Plošče smo v komori pustili 7 dni, nato pa smo tehtanja ponovili na vsakih 24 ur. Med vsakim tehtanjem smo izračunali spremembo mase. Ko je bila sprememba mase manj kot 0,1 % - kot je določeno v standardih, so bile vse plošče in furnir klimatizirani. Iz komore smo plošče jemali neposredno pred delom in se tako izognili morebitnim vplivom klime okolja na rezultate naloge.



Slika 3: Klimatiziranje ivernih plošč v klima komori

3.3.2 Priprava stiskalnice

Pred začetkom furniranja plošč je bilo potrebno nastaviti tlak in temperaturo na laboratorijski vroči stiskalnici. Želena temperaturo smo nastavili s pomočjo regulatorja na stiskalnici. Zaprto stiskalnico smo segrevali do nastavljenе temperature. Temperaturo smo preverjali tako, da smo v stiskalnico vložili dva furnirna lista, med njiju pa položili termočlen. Termočlen je bil povezan z računalnikom, na katerem smo odčitali temperaturo v stiskalnici. Tlak smo spreminjali po načrtu dela (4, 5, 7 in 10 barov).

Določitev tlaka na stiskalnici

V enem ciklu stiskanja smo stiskali dve plošči.

$$S_{\text{kosov}} = 2 \times \text{širina plošče} \times \text{dolžina plošče} = 0,2405 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{bata}} = 0,02 \text{ m}^2$$

Preračun tlaka stiskanja

$$P_{\text{stiskalnice}} = P_{\text{specifični}} \times S_{\text{kosov}} / S_{\text{bata}}$$

$$P_{\text{specifični}} = 4 \text{ bar (0.4 N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{stiskalnice}} = 48 \text{ bar}$$

$$P_{\text{specifični}} = 5 \text{ bar (0.5 N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{stiskalnice}} = 60 \text{ bar}$$

$$P_{\text{specifični}} = 7 \text{ bar (0.7 N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{stiskalnice}} = 85 \text{ bar}$$

$$P_{\text{specifični}} = 10 \text{ bar (1 N/mm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{stiskalnice}} = 120 \text{ bar}$$

kjer pomeni:

S_{kosov} – površina obeh plošč stiskanih v enem ciklu stiskanja

S_{bata} – površina bata stiskalnice

$P_{\text{stiskalnice}}$ – tlak nastavljen na stiskalnici

$P_{\text{specifični}}$ – dejanski tlak stiskanja na plošči



Slika 4: Laboratorijska stiskalnica za vroče lepljenje

3.3.3 Priprava katalizatorja in lepilne mešanice

Za pripravo lepilne mešanice smo potrebovali katalizator. Uporabili smo 20 % raztopino amonijevega klorida v vodi in sicer po naslednjem postopku. V čaši smo na laboratorijski tehtnici stehali 6g amonijevega klorida v prahu nato pa 24 g vode, vse skupaj premešali tako, da se je ves amonijev klorid raztopil.

Za furniranje smo uporabili lepilo lendur 120. Za pripravo lepilne mešanice smo uporabili lepilno smolo, katalizator in moko. Mešali smo v razmerju: smola 100 delov, amonijev klorid 8 delov in moka 10 delov. Lepilo smo mešali pred vsakim ciklom stiskanja posebej. Natančno smo zagotovili, da je bila lepilna mešanica vedno sveža. Pri vsakem mešanju lepilne mešanice smo v določenem razmerju, vse sestavine stehali z laboratorijsko tehtnico. Vse skupaj smo dobro premešali z električnim mešalnikom. Tako pridobljeno lepilno mešanico smo z nanašalnim valčkom nanegli na prej pripravljeno iverno ploščo. Po vsakem nanašanju smo delavni pribor (nanašalni valj, stekleno paličico in čašo) temeljito očistili z vodo in posušili.

3.3.4 Ploskovno oplemenitenje iverne plošče

Furnirali smo po dve plošči hkrati v laboratorijski stiskalnici. En cikel stiskanja je potekal po naslednjem postopku. Iz klima komore smo vzeli dve plošči in furnir. Vsako ploščo smo z vrhne strani očistili, jo položili na tehtnico in tehtnico nastavili na vrednost 0. Na vsako ploščo posebej smo nanegli po 14,4 g lepila ter s nanašalnim valjčkom lepilo porazdelili po zgornji ploskvi plošče. Lepilo smo pripravili za vsak cikel posebej po zgoraj navedenem postopku. Količino lepila smo po potrebi še korigirali. Na ploščo smo položili furnir. Tako smo pripravili dve plošči. Zatem smo ju vstavili v vročo stiskalnico in jo zaprli. Ko je tlak stiskanja narasel do želene višine, smo sprožili uro. Po pretečenem času smo odprli stiskalnico ter plošči vzeli iz nje. Ko sta se ohladili, smo po robovih odstranili odvečen furnir in opravili meritev debeline.

3.3.5 Ugotavljanje trdnosti UF lepilnega spoja

Trdnost smo ugotavljali po modificirani (spremenjeni) standardni metodi za določanje čvrstosti površine (SIST EN 311).

3.3.5.1 Obseg

Standard specificira metodo ocenitve površinske trdnosti surove iverne plošče. Lahko pa se jo uporabi tudi za oceno trdnosti lepilnega spoja med iverno ploščo in furnirjem.

3.3.5.2 Definicija

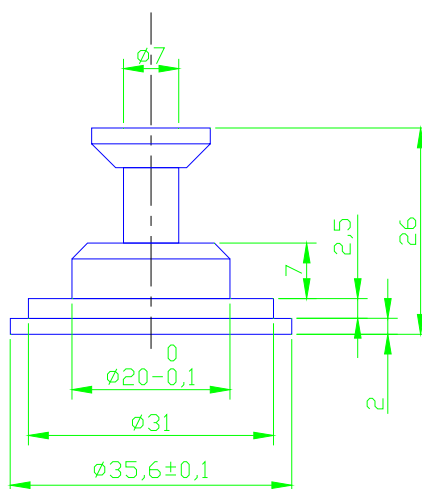
Površinska trdnost je jakost oz. kvaliteta vezi oz. povezave med delci na površju plošče in globlje ležečim materialom v plošči. Meri se kot sila potrebna za trganje jeklenega pečata prilepljenega na testirano površino plošče.

3.3.5.3 Potek

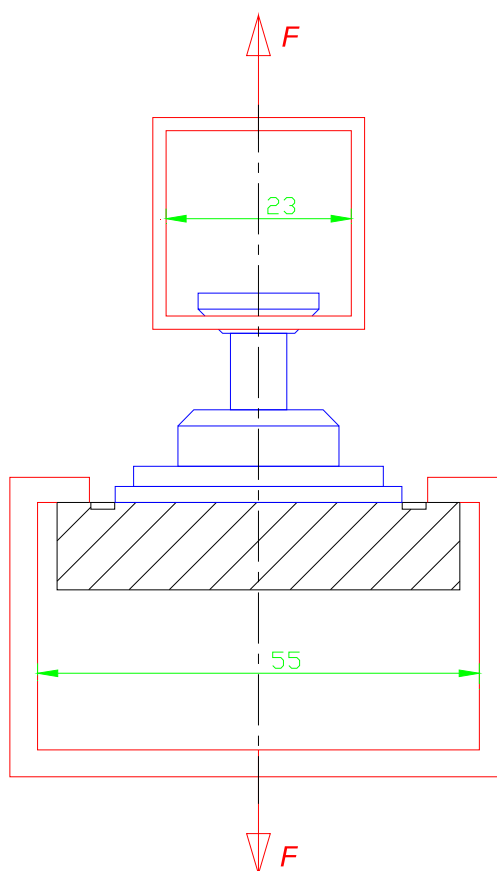
Kvadratne vzorce dimenzij 50 x 50 mm se izžaga iz testirane plošče. V vzorce se izdela plitev kvadraten utor. Pečat se prilepi na površino znotraj utora. Sila potrebna za trganje pečata se meri na univerzalnem trgalnem stroju.

3.3.5.4 Priprave oz. orodja

- Jekleni pečat prikazan na Slika 5,
- Univerzalni trgalni stroj ZWICK\ Z100 prikazan na Slika 9,
- Vpetje vzorca kot je prikazano na Slika 6.



Slika 5: Oblika in dimenzije pečata (SIST EN 311:1992: 6)



Slika 6: Princip vpetja preizkušanca v trgalno napravo (SIST EN311:1992: 7)

3.3.5.5 Testni vzorec

Vzorčenje in razžagovanje

Iz testirane plošče se vzame 10 vzorcev velikosti 50 x 50 mm.

Priprava utora na vzorcu

Utor smo izdelali kot je prikazano na preizkušancu, sliki 8. Dolžina diagonale kvadratnega zareza je znašala 35,7 mm (površina znotraj utora pa 625 mm^2). Globina utora pa je presegala debelino furnirja za $(0,3 \pm 0,1) \text{ mm}$.

Klimatiziranje

Vsi vzorci naj imajo pred lepljenjem pečata konstantno maso, ki se jo doseže z klimatiziranjem vzorcev pri pogojih $(65 \pm 5) \%$ relativne vlage in temperaturi $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. Smatra se, da je konstantna masa dosežena, ko je sprememba mase vzorca (merjena v intervalu 24ur) manjša kot 0,1%.

3.3.5.6 Postopek

Lepljenje pečata

Uporabljali smo dvokomponentno lepilo, UHU epoxidharzkleber. Maksimalna uporaba lepila za ta primer je 0,3 g. Lepilo se enakomerno razporedi po celotni površini jeklenega pečata. S pomočjo centriranega okvirja se pečat prilepi natančno na sredino izdelanega utora. Dokler lepilo ne utrdi, naj bo pečat rahlo pritisnjen z 0,1 do 0,2 N/mm². Tip in kvaliteta uporabljenega lepila lahko vplivata na merjeno površinsko trdnost.

Določanje sile trganja

Ko je lepilo utrdilo, se vzorec lahko vstavi v trgalni stroj. Trgalni stroj naj razvije tako silo, da se porušitev zgodi med 30 in 90 sekundami.

Predstavitev rezultatov

Površinska trdnost (*SS*) vsakega vzorca se izračuna po enačbi:

$$SS = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

kjer je: *F* sila trganja (N) in

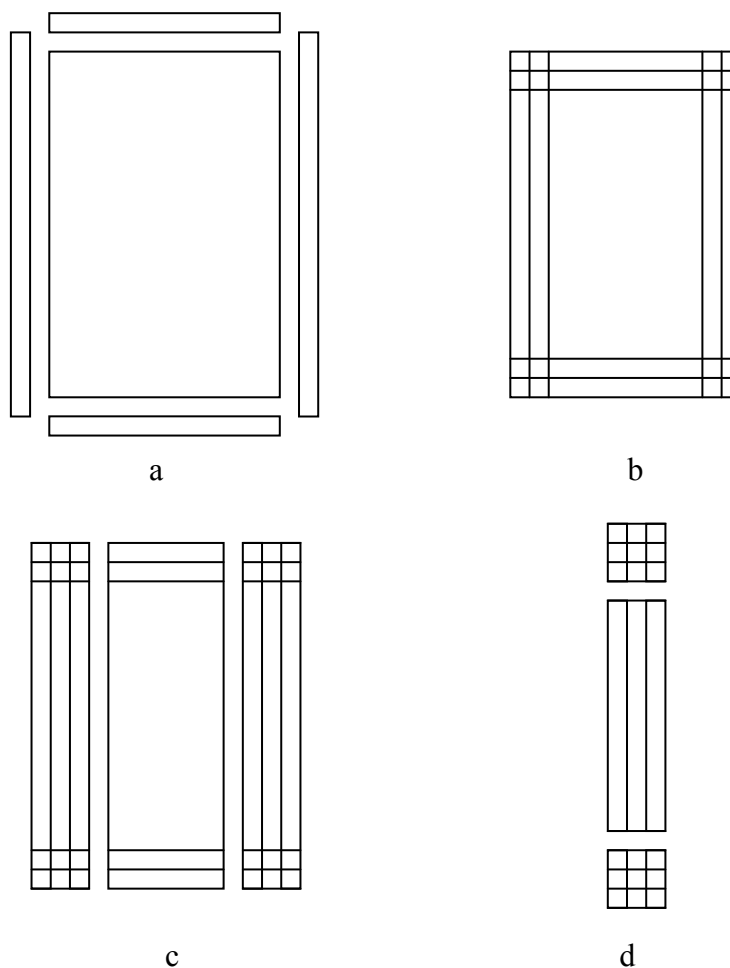
A površina dobljenega kvadrata znotraj utora (625 mm²)

Rezultat se zaokroži na dve decimalni mesti natančno.

3.3.6 Izdelava preizkušancev - SIST EN 311

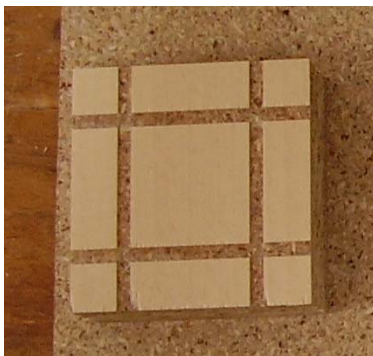
Iz vsake ploskovno furnirane plošče smo pripravili po štiri preizkušance za preizkus trdnosti lepilnega spoja. Preizkušance smo izdelali po prilagojenem standardu SIST EN 311. Zaradi tehničnih omejitev pri zrezu furnirja smo metodo modificirali. Namesto utora s kronskim rezkarjem smo utore izvedli s formatnim žagalnim strojem, pri čemer smo zelo pazili na globino reza. Namesto okroglega utora smo izdelali kvadratnega, tako da je njegova diagonala ustrezala premeru pečata.

Iz plošče smo preizkušance izdelali tako, da smo najprej oznake vsake plošče prenesli na mesta preizkušancev, nato pa smo plošče z vseh strani obžagali po 20 do 30 mm (Slika 7a). Nadaljevali smo z izdelavo kvadratnega utora. Na površino plošče smo zažagali po dva utora z vsake strani (Slika 7b).



Slika 7: Prikaz razžagovanja plošče

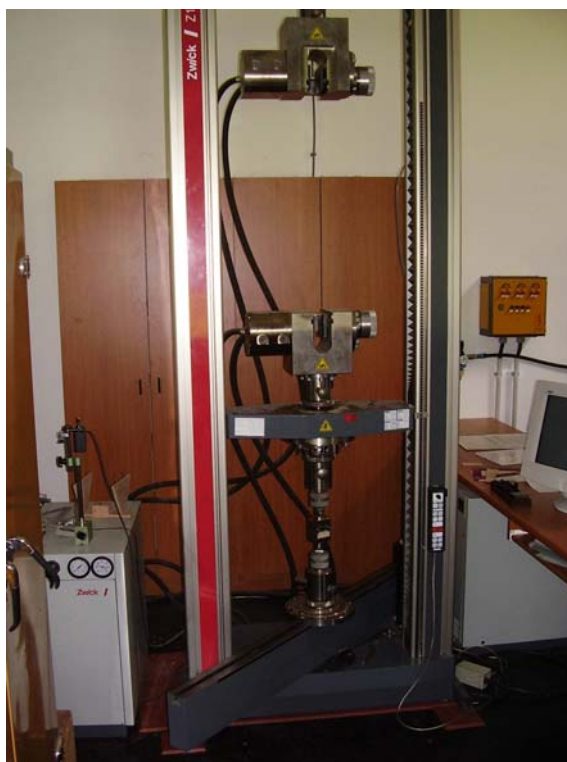
Nato smo po dolžini z vsake strani odžagali pasova širine 50 mm (Slika 7c), potem pa smo na vsakem koncu pasa odžagali po en preizkušanec (Slika 7d). Pri izdelavi preizkušancev iz plošč debeline 28 mm pa smo pasove odžagali tudi na debelino 20 mm. S tem smo zadostili omejitvi debeline preizkušanca na trgalnem stroju. Izgled preizkušanca z utori je prikazan na sliki 8.



Slika 8: Izgled preizkušanca za testiranje

3.3.7 Testiranje preizkušancev

Trdnost lepilnega spoja smo testirali na univerzalnem trgalnem stroju, ZWICK\ Z100, ki lahko zagotovi maksimalno obremenitvijo do 2500 N (Slika 9), in sicer v laboratoriju Oddelka za lesarstvo. Univerzalni trgalni stroj ima tudi pribor za druga testiranja, kot na primer: tlačno, natezno in upogibno testiranje. Stroj je povezan z računalnikom za vodenje preizkusa, shranjevanje in obdelavo podatkov.



Slika 9: Univerzalni trgalni stroj ZWICK\Z 100

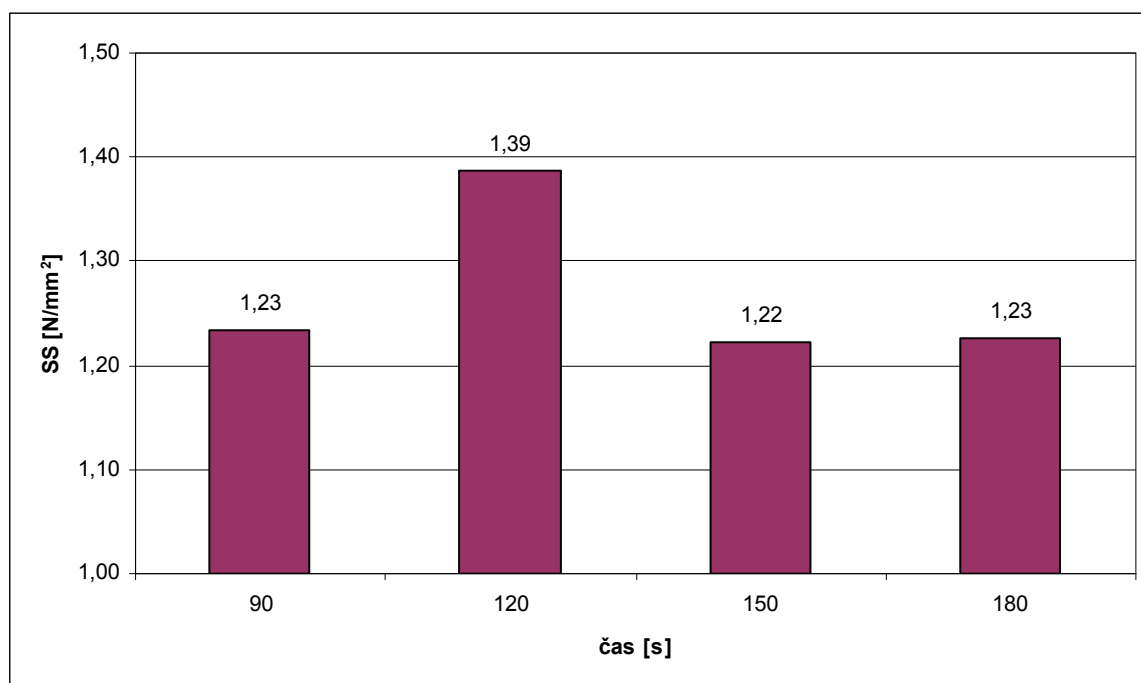
Pred začetku testiranja smo pripravili trgalni stroj. Namestili smo ustrezna prijemala za izvedbo testa in nastavili premično konzolo stroja na ustrezno višino. Nato smo zagnali program, ki podpira beleženje meritev natezne trdnosti lepilnega spoja po standardu SIST EN 311. V program smo vnesli oznako posameznega vzorca in površino stične ploskve. Nato smo v prijemala vstavili preizkušane in sprožili postopek. Hitrost pomika čeljusti trgalnega stroja smo nastavili na takšno vrednost, da je prišlo do porušitve v času od 30 do 90 sekund. Ko pride do porušitve spoja preizkušance, računalnik zabeleži maksimalno silo in izračuna natezno trdnost spoja. Po koncu meritev smo podatke prenesli v program Microsoft Excel, kjer smo jih pripravili za obdelavo. V omenjenem programu smo obdelovali tudi podatke o spremembi debeline plošč med postopkom oplemenitenja.

4 REZULTATI

Preučevani sta bili: natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo, in debelina furnirane iverne plošče.

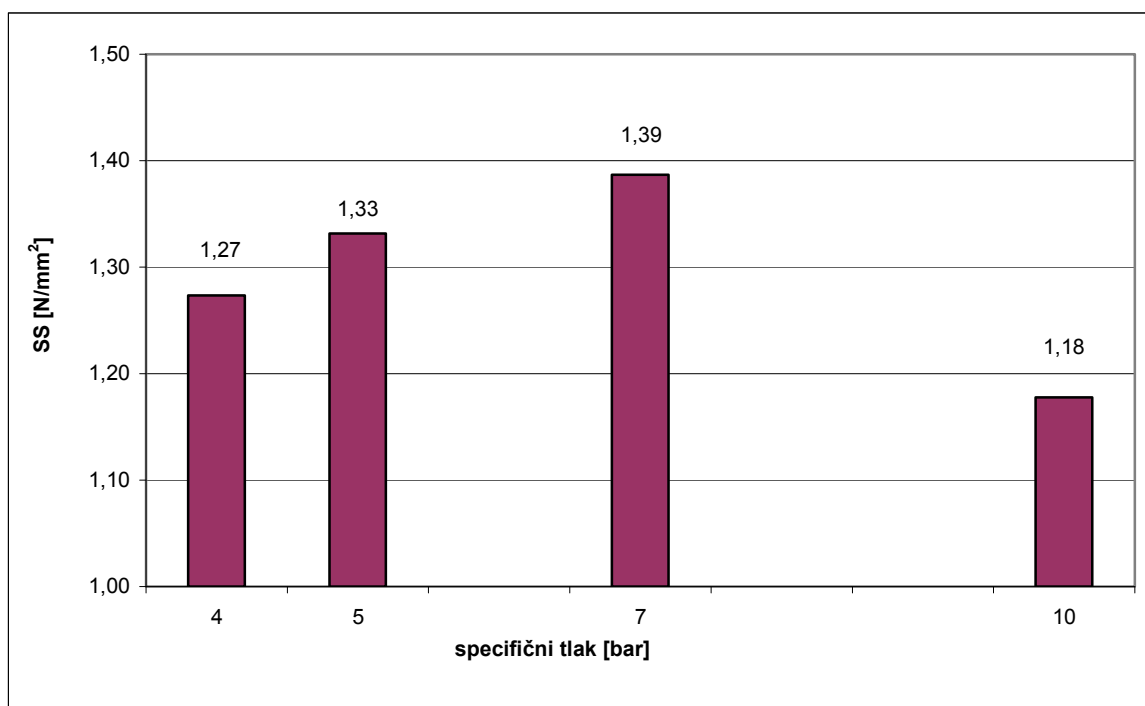
4.1 NATEZNA TRDNOST UF LEPILNEGA SPOJA

Na slikah od 10 do 13 so prikazane povprečne vrednosti natezne trdnosti SS [N/mm²] preizkušancev pridobljenih iz furniranih ivernih plošč. Plošče so bile furnirane pod različnimi parametri. Spreminjali smo čas ($t=90, 120, 150, \text{ in } 180$ sekund) in tlak ($p=4, 5, 7$ in 10 barov), temperatura ($T=120^{\circ}\text{C}$) in nanos lepila (120g/m^2) pa sta bila vedno enaka.

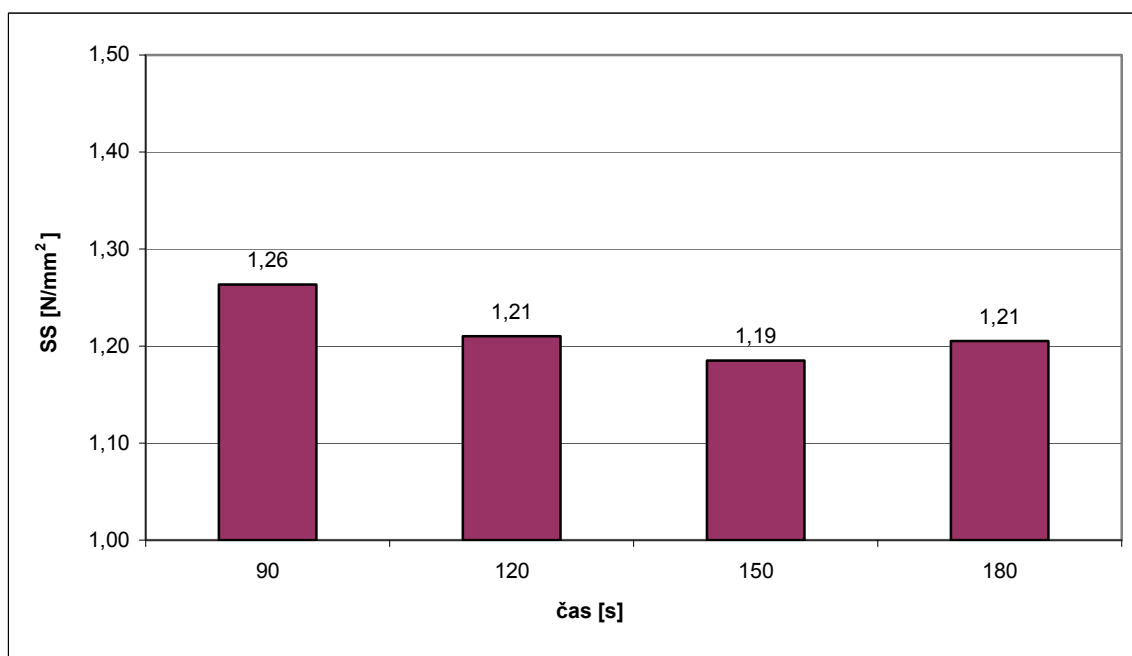


Slika 10: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo, debeline 28 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7$ bar; $T = 120^{\circ}\text{C}$).

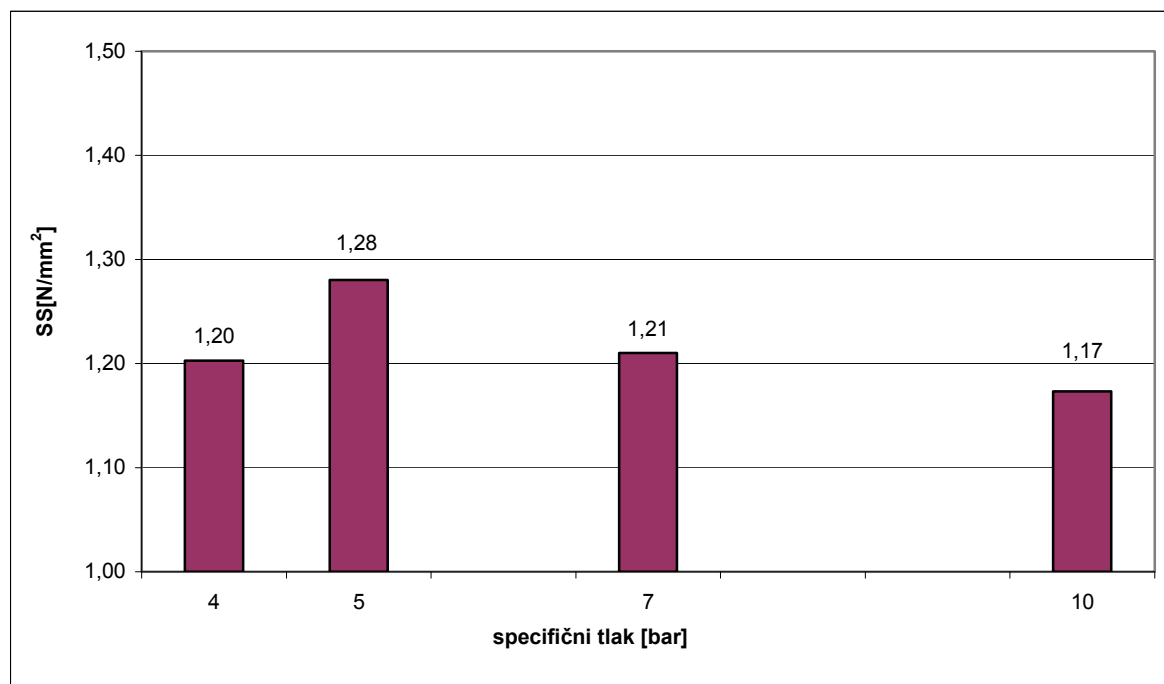
Pri furniranju iverne plošče debeline 28 mm (slika 10), z uporabljenimi pogoji furniranja, specifični tlak 7 barov, temperatura 120°C , nanosu lepila 120g/m^2 in različnimi časi, smo dobili najboljše rezultate testa natezne trdnosti pri času 120 sekund. Pri furniranju iverne plošče debeline 18 mm (slika 12) pa smo dobili najboljše rezultate testa natezne trdnosti pri času 90 sekund.



Slika 11: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120$ s, $T = 120$ °C).



Slika 12: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 18 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7$ bar, $T = 120$ °C).

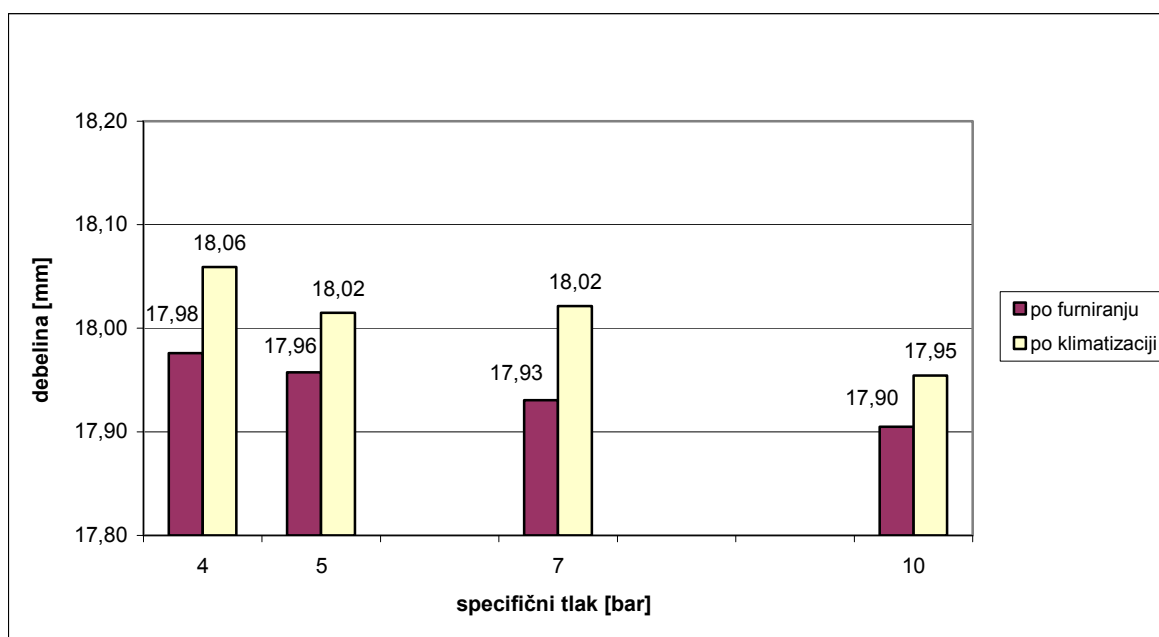


Slika 13: Natezna trdnost lepilnega spoja med furnirjem in iverno ploščo debeline 18 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120$ s, $T = 120$ °C).

Pri furniranju iverne plošče debeline 28 mm, (slika 11) z uporabljenimi pogoji furniranja, čas 120 sekund, temperatura 120 °C, nanosu lepila 120g/m² in različnimi tlaki, so vrednosti testa natezne trdnosti z večanjem tlaka naraščale. Najmočnejše lepilne spoje smo dobili pri specifičnem tlaku furniranja 7 barov. Presenetljivo pa smo pri najvišjem specifičnem tlaku furniranja (10 barov) zabeležili najnižje vrednosti rezultatov. Pri furniranju iverne plošče debeline 18 mm (slika 13) pa smo dobili najboljše rezultate testa natezne trdnosti pri specifičnem tlaku furniranja 5 barov. Pri najvišjem specifičnem tlaku furniranja (10 barov) pa ni zaznati večjega padca vrednosti natezne trdnosti.

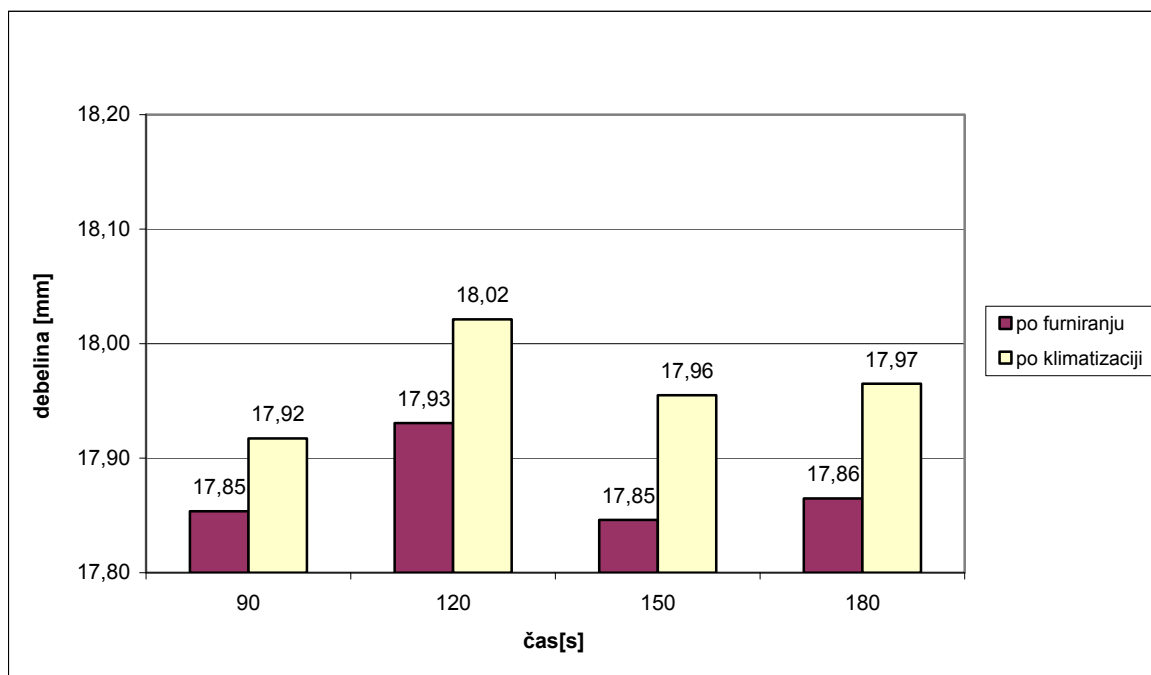
4.2 DEBELINA FURNIRANE IVERNE PLOŠČE

Na slikah od 14 do 17 so prikazane vrednosti debelin ivernih plošč furniranih pod različnimi pogoji. Spreminjali smo čas ($t=90, 120, 150, \text{ in } 180$ sekund) in specifični tlak ($p=4, 5, 7$ in 10 barov), temperatura furniranja ($T=120^{\circ}\text{C}$) in nanos lepila ($120\text{g}/\text{m}^2$) pa sta bila vedno enaka. Prikazana je tudi sprememba debeline, posameznih skupin ivernih plošč nastala po klimatizaciji furniranih ivernih plošč.

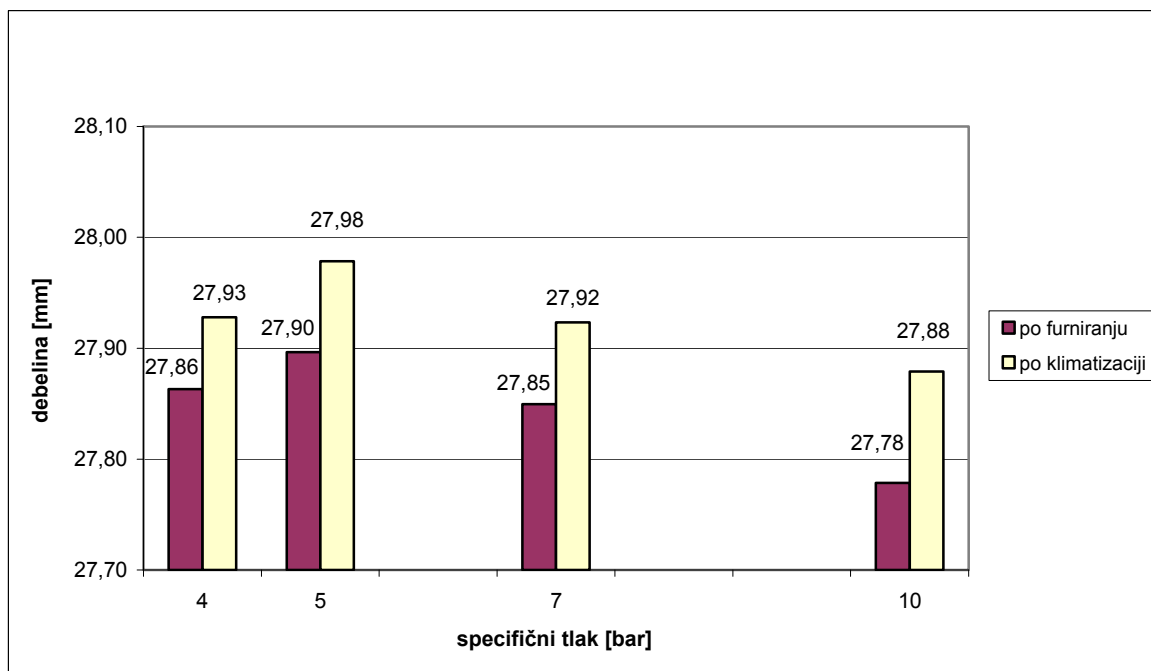


Slika 14: Debeline furnirane iverne plošče debeline 18 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja, ($t = 120$ s, $T = 120^{\circ}\text{C}$).

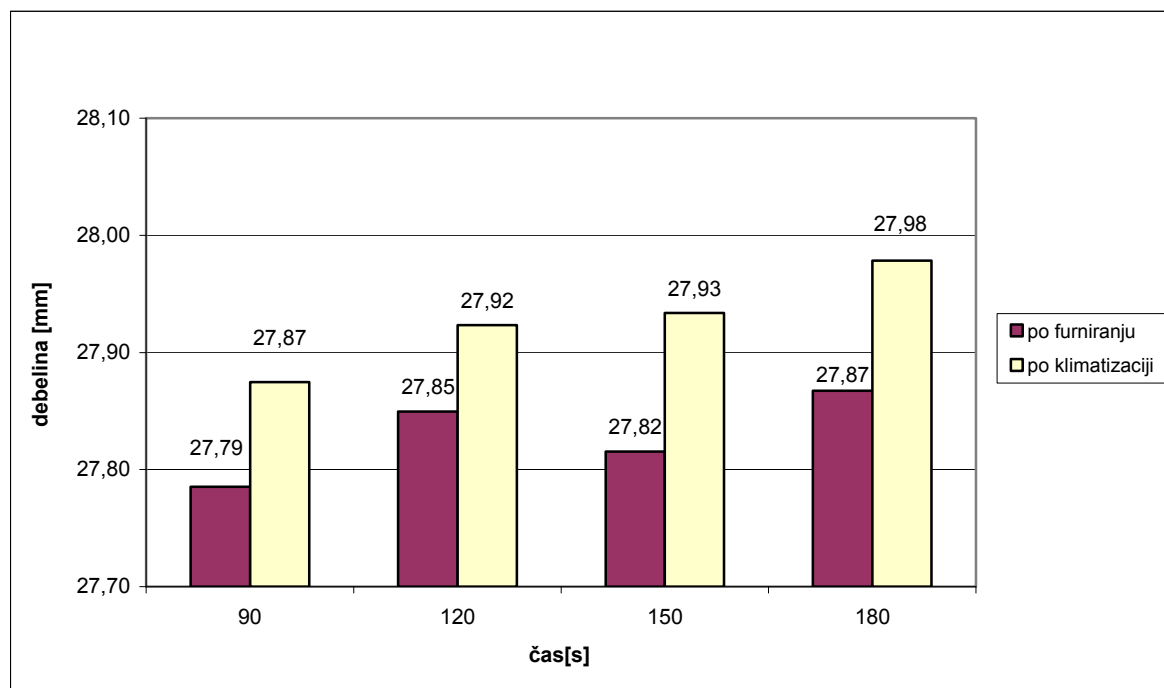
Pri furniranju iverne plošče debeline 18 mm (slika 14), z uporabljenimi pogoji lepljenja, čas 120 sekund, temperatura 120°C , nanosu lepila $120\text{g}/\text{m}^2$ in različnimi specifični tlaki smo izmerili največje debeline ivernim ploščam, furniranim z najnižjim specifičnim tlakom 4 bare. Z večanjem tlaka furniranja pa so se vrednosti debelin ivernih plošč rahlo nižale. Pri furniranju ivernih plošč debeline 28 mm (slika 16) pa smo dobili maksimalne vrednosti debelin ivernih plošč pri specifičnem tlaku furniranja 5 barov, nato se kaže trend padanja vrednosti debelin.



Slika 15: Debeline furnirane iverne plošče debeline 18 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($p = 7$ bar, $T = 120$ °C).



Slika 16: Debeline furnirane iverne plošče debeline 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120$ s, $T = 120$ °C).



Slika 17: Debeline furnirane iverne plošče debeline 28 mm v odvisnosti od časa stiskanja ($t = 120$ s, $T = 120$ °C).

Pri furniranju iverne plošče debeline 28 mm (slika 17), z uporabljenimi pogoji lepljenja, specifični tlak 7 barov, temperatura 120 °C, nanosu lepila 120g/m^2 in različnimi časi smo izmerili najmanjše debeline ivernim ploščam, furniranim z najkrajšim časom. z večanjem časa furniranja pa so vrednosti debelin ivernih plošč naraščale. Pri furniranju iverne plošče debeline 18 mm (slika 15) pa smo dobili maksimalne vrednosti debelin ivernih plošč pri času furniranja 120 sekund, nato se kaže trend padanja vrednosti debelin.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

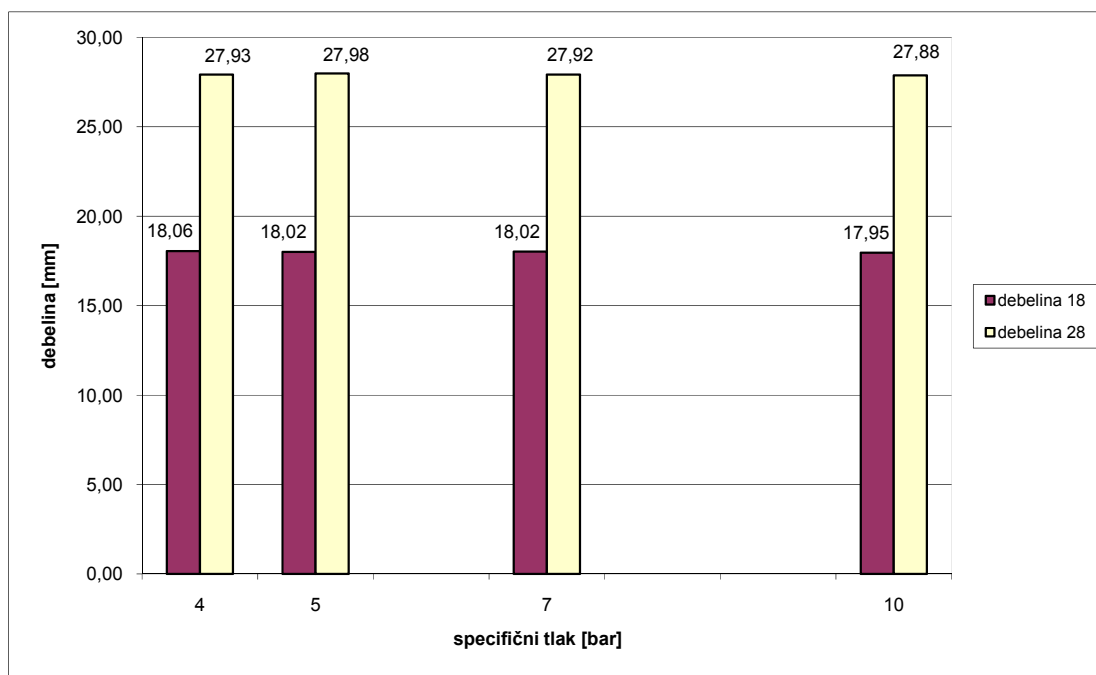
5.1 RAZPRAVA

UF lepila, tekoča ali v prahu, se uporabljajo v proizvodnji ivernih, vlaknenih, furniranih, mizarskih in drugih plošč iz masivnega lesa, za furniranje in kaširanje. Brez njih si ne moremo zamišljati sodobne proizvodnje plošč in pohištva. Na današnji stopnji razvoja teh lepil in utrjevalcev, ki morajo poleg drugega ustrezati visokim standardom kvalitete v tehnološkem in ekološkem smislu (E1), je možno določeni sistem lepljenja prilagoditi posebnim razmeram v konkretnem obratu.

Rezultati raziskave so pokazali, da je bil pri vseh parametrih furniranja, tako pri različnih specifičnih tlakih (4, 5, 7 in 10 barov) kot tudi pri različnih časih (90, 120, 150, in 180 sekund) in z uporabljenim UF lepilom, tipa lendur 120, lepilni spoj med iverno ploščo in furnirjem zadovoljiv. Pri obdelavi podatkov so se pokazala minimalna odstopanja v vrednostih natezne trdnosti spoja. Ob upoštevanju dejstva, da je pri vseh preizkušancih prišlo do porušitve spoja med furnirjem in iverno ploščo v sami strukturi iverne plošče lahko sklepamo, da dobljene vrednosti kažejo na večjo trdnost lepilnega spoja kot pa je strukturna trdnost same iverne plošče.

Proti pričakovanjem je bila trdnost lepilnega spoja povsod zadovoljiva, tudi pri minimalnih uporabljenih parametrih lepljenja (čas, tlak). Iz tega lahko sklepamo, da smo si za začetne (minimalne) čase in tlake furniranja zastavili prevelike vrednosti. Vodilo za določitev nabora tlakov in časov furniranja so bili parametri kot jih najpogosteje uporablja podjetje.

Pri furniranju ivernih plošč, ploskovno nanje deluje sila s katero zagotavljamo čim boljše medsebojno prilagajanje prekrivnih materialov in iverne plošče. Na zunanjo plast iverne plošče in na furnir, delujeta tudi vlaga iz lepilnega filma in temperatura, ki pripomore k hitrejšemu utrjevanju lepila. Ti dejavniki imajo tudi svoj doprinos k debelinskem krčenju zunanje plasti iverne plošče pri postopku furniranja. V zunanji plasti iverne plošče in furnirja se zaradi delovanja temperature in vlage, vlakna iz katerih so grajene iveri, iverne plošče in furnirja, mehčajo in ob delovanju večjih tlakov stiskanja prihaja do zgoščanja strukturne zgradbe zunanjih plasti furniranih ivernih plošč. Po končanem postopku se vnesene napetosti počasi sproščajo, temu pravimo, da se zunanja plast iverne plošče umirja. Pri tem pa se spreminja tudi debelina iverne plošče. Pri sproščanju vnesenih napetosti se zmanjšujejo tudi deformacije vlaken nastale pri postopku lepljenja. Nastale deformacije se v celoti nikoli ne povrnejo v prvotno stanje, ostaja zmanjšana debelina.



Slika 18: Debeline furnirane iverne plošče debelin 18 in 28 mm v odvisnosti od tlaka stiskanja ($t = 120$ s, $T = 120$ °C).

Na zgornji sliki so prikazane debeline ivernih plošč, furnirane pri različnih specifičnih tlakih (4, 5, 7 in 10 barov). Pri debelini iverne plošče 18 mm in tudi 28mm je opazen trend manjšanja debeline pri furniranju ivernih plošč z višjim tlakom, iz česar lahko sklepamo, da tlak furniranja tudi prispeva k zmanjšanju debeline ivernih plošč.

Iz primerjave debelin ivernih plošč (sliki 15 in 17) furniranih pri enakem specifičnem tlaku 7 barov, temperaturi 120 °C, nanosu lepila 120g/m^2 in različni časi (90,120,150 in 180 sekund), je razvidno, da z večanjem časa furniranja narašča razlika v debelini ivernih plošč merjena takoj po furniranju in po opravljeni klimatizaciji.

Glede na rezultate testiranja lahko sklepamo, da so minimalni parametri furniranja, ki so bili uporabljeni v raziskavi in sicer: tlak 4 bare, čas 90 sekund in nanos lepila 120 g/m^2 , že zadovoljivi za kvalitetno furniranje.

Optimalnih parametrov furniranja ivernih plošč ob upoštevanju cene, na podlagi raziskave, ne moremo določiti. V raziskavi namreč nismo našli parametrov nekvalitetnega spoja (porušitev po lepilu), ki bi predstavljal prekoračeno spodnjo mejo kvalitete spoja. Optimalni parametri so prvi parametri nad spodnjo mejo kvalitete spoja. Smiselno bi bilo preveriti kvaliteto lepilnega spoja še z manjšanjem nanosa lepila.

5.2 SKLEPI

Glede na dobljene rezultate opravljene raziskave lahko podamo naslednje ugotovitve:

- Uporabljeno lepilo Lendur 120, proizvajalca Nafta Lendava, pri predpisanih parametrih lepljenja, zagotavlja spoj, ki presega natezno trdnost iverne plošče.
- UF lepilni spoj dosega zadovoljivo trdnost pri vseh časih in tlakih stiskanja, ki so bili uporabljeni pri lepljenju.
- Pri lepljenju z visokim tlakom se natezna trdnost preizkušanelega spoja manjša.
- Z naraščanjem časa stiskanja se kaže rahlo naraščanje debeline ivernih plošč po opravljeni klimatizaciji.
- Lepljenje z višjimi tlaki se pri debelini iverne plošče 28 mm odraža na večjem zmanjšanju debeline furniranih ivernih plošč.

6 POVZETEK

Proučevali smo vpliv različnih parametrov furniranja (tlak in čas stiskanja) na debelino iverne plošče in na trdnost (UF) lepilnega spoja pri ploskovnem oplemenitju iverne plošče. Pri testiranju smo uporabili surove iverne plošče, dimenzijsko obžagane in debelinsko brušene. Površino pa smo oplemenitili z bukovim furnirjem debeline 0,6 mm.

Testiranje je potekalo v laboratoriju po natančno določenih pogojih. Iverne plošče in furnirje smo 7 dni klimatizirali v standardni klimi s temperaturo 20 ± 2 °C in relativno zračno vlažnost 65 ± 5 %. Nato smo iverne plošče in furnirje razdelili v 7 skupin in vsako skupino pod različnimi pogoji zlepili v klasični vroči stiskalnici. Med potekom furniranja smo opravili več meritev debeline ivernih plošč. V nadaljevanju naloge smo iz vsake iverne plošče izdelali po štiri preizkušance za izvedbo testa natezne trdnosti lepilnega spoja med iverno ploščo in furnirjem. Preizkušance smo izdelali po modificirani standardni metodi SIST EN 311. Namesto utora s kronskim rezkarjem smo utor izvedli s formatnim žagalnim strojem. Izdelali smo utor v obliki kvadrata, tako da je njegova diagonala ustrezala premeru pečata. Preizkušance smo testirali na univerzalnem trgalnem stroju ZWICK\Z100.

Predpostavili smo, da pri manjših časih stiskanja in nižjih tlakih lepilni spoj ne bo zadovoljiv in da bo pri daljšem času in večjem tlaku lepljenja lahko prišlo do večjih odstopanj v debelini oplemenitene iverne plošče. Pri testiranju smo spreminjali čas in tlak stiskanja.

Ugotovili smo, da se je pri vseh uporabljenih parametrih lepljenja, lepilni spoj porušil po strukturi iverne plošče. Iz tega lahko sklepamo, da dobljeni podatki nateznih trdnosti kažejo na vrednosti razslojne trdnosti iverne plošče.

Iz dobljenih rezultatov smo ugotovili, da UF lepilo tipa Lendur 120 omogoča kvaliteten lepilni spoj med iverno ploščo in furnirjem tudi z najnižjimi parametri lepljenja (tlak 4 bare, čas 90 sekund in nanos lepila 120g/m^2), ki so bili uporabljeni v izvedbi naloge. Ugotovili smo tudi, da se pri lepljenju z višjimi tlaki, manjša debelina furniranih ivernih plošč.

7 VIRI

1. Čermak M. 1996. Furnirji in plošče. 3. natis, Ljubljana, Lesarska založba: 204 str.
2. Dekleva R. 1990. Lepljenje lesa. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 34 str.
3. Grošelj A., Kovačič B., Čermek M., Geršak M. 1999. Tehnologija lesa 2. Ljubljana, Lesarska založba: 237 str.
4. Mavrič F. 1992. Sintetična lepila in njihova uporaba. Ljubljana, Tehniška šola KRML: 42-77
5. Mervič B. Sintetična lepila in njihova uporaba. Ljubljana, Lesnoindustrijska knjižnica: 287 str.
6. Mihevc V. 1987. Kontrolne metode lepljenja in površinske obdelave lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 179 str.
7. Nikolič M. S. 1988. Furniri i slojevite ploče. Gradževinska knjiga, Beograd: 183-252
8. Resnik J. 1997. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 103 str.
9. Benko L. 1996. Osnovne lastnosti UF lepil. Lendava, Nafta Lendava: 1-12
10. SIST EN 311. Lesne plošče – Čvrstost površine – Preskusna metoda. 2004: 8 str.

ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Milanu Šerneku, ki mi je z nasveti in navodili pomagal pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu doc. dr. Sergeju Medvedu za skrben pregled diplomske naloge, strokovne nasvete in kritične pripombe

Zahvaljujem se asistentu dr. Mateju Joštu za pomoč pri eksperimentalnem delu in Štefanu Breznikarju iz podjetja Novoles, ki mi je pripravil potreben material za izvedbo testiranja.

Hvala vsem, ki ste mi kakorkoli pomagali pri izvedbi diplomske naloge!

PRILOGE

Priloga A: Podatki meritev za preizkušance dobljene iz iverne plošče debeline 28mm.

specifični tlak: 4 bar, čas stiskanja: 120 s, debeline: 28 mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,32	24,76	626,92	829	1,32
2	25,32	24,72	625,91	777	1,24
3	25,38	24,78	628,92	947	1,51
4	25,38	24,76	628,41	803	1,28
5	25,28	24,72	624,92	889	1,42
6	25,40	24,77	629,16	935	1,49
7	25,32	24,91	630,72	720	1,14
8	25,20	24,76	623,95	804	1,29
9	25,33	24,69	625,40	654	1,05
10	25,31	24,59	622,37	787	1,26
11	25,31	24,74	626,17	731	1,17
12	25,40	24,62	625,35	699	1,12
			Min	654,00	1,05
			Max	947,00	1,51
			Povprečje	797,92	1,27

specifični tlak: 5 bar, čas stiskanja: 120 s, debeline 28 mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,51	24,80	632,65	550	0,87
2	25,38	24,86	630,95	818	1,30
3	25,39	24,84	630,69	822	1,30
4	25,40	24,84	630,94	890	1,41
5	25,34	24,80	628,43	858	1,37
6	25,31	24,89	629,97	1011	1,60
7	25,44	24,67	627,60	820	1,31
8	25,30	24,74	625,92	758	1,21
9	25,35	24,78	628,17	992	1,58
10	25,33	24,71	625,90	790	1,26
11	25,29	24,71	624,92	779	1,25
12	25,29	24,72	625,17	952	1,52
			Min	550,00	0,87
			Max	1011,00	1,60
			Povprečje	836,67	1,33

specifični tlak: 7 bar, čas stiskanja: 120 s; debeline: 28 mm						
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>	
1	25,24	24,76	624,94	869	1,39	
2	25,26	24,69	623,67	846	1,36	
3	25,22	24,87	627,22	895	1,43	
4	25,22	24,80	625,46	894	1,43	
5	25,34	24,78	627,93	981	1,56	
6	25,34	24,71	626,15	983	1,57	
7	25,27	24,65	622,91	733	1,18	
8	25,33	24,69	625,40	855	1,37	
9	25,27	24,71	624,42	814	1,30	
10	25,24	24,75	624,69	879	1,41	
11	25,33	24,72	626,16	749	1,20	
12	25,34	24,72	626,40	911	1,45	
				Min	733,00	1,18
				Max	983,00	1,57
				Povprečje	867,42	1,39

specifični tlak: 10 bar, čas stiskanja: 120 s; debeline: 28 mm						
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>	
1	25,22	24,94	628,99	790	1,26	
2	25,38	24,88	631,45	773	1,22	
3	25,37	24,96	633,24	881	1,39	
4	25,28	24,75	625,68	722	1,15	
5	25,39	24,67	626,37	658	1,05	
6	25,31	24,76	626,68	732	1,17	
7	25,31	25,05	634,02	570	0,90	
8	25,36	24,82	629,44	805	1,28	
9	25,34	24,85	629,70	807	1,28	
10	25,28	24,96	630,99	781	1,24	
11	25,39	24,84	630,69	668	1,06	
12	25,23	24,77	624,95	708	1,13	
				Min	570,00	0,90
				Max	881,00	1,39
				Povprečje	741,25	1,18

specifični tlak: 7 bar, čas stiskanja: 180 s, debelina: 28 mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,29	24,65	623,40	933	1,50
2	25,36	24,75	627,66	890	1,42
3	25,28	24,75	625,68	972	1,55
4	25,23	24,70	623,18	704	1,13
5	25,27	24,72	624,67	639	1,02
6	25,32	24,96	631,99	672	1,06
7	25,39	25,05	636,02	723	1,14
8	25,41	24,84	631,18	699	1,11
9	25,36	24,70	626,39	746	1,19
10	25,40	24,82	630,43	860	1,36
11	25,40	24,81	630,17	759	1,20
12	25,28	24,75	625,68	647	1,03
			Min	639,00	1,02
			Max	972,00	1,55
			Povprečje	770,33	1,23

specifični tlak: 7 bar, čas stiskanja: 150 s, debelina: 28 mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,26	24,68	623,42	845	1,36
2	25,25	24,66	622,67	697	1,12
3	25,24	24,68	622,92	873	1,40
4	25,43	24,72	628,63	662	1,05
5	25,36	24,70	626,39	761	1,21
6	25,32	24,84	628,95	807	1,28
7	25,29	24,56	621,12	841	1,35
8	25,34	24,68	625,39	843	1,35
9	25,39	24,71	627,39	829	1,32
10	25,30	24,74	625,92	631	1,01
11	25,50	24,80	632,40	692	1,09
12	25,35	24,76	627,67	702	1,12
			Min	631,00	1,01
			Max	873,00	1,40
			Povprečje	765,25	1,22

specifični tlak: 7 bar, čas stiskanja: 90 s, debelina: 28 mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,28	24,77	626,19	760	1,21
2	25,42	24,62	625,84	775	1,24
3	25,30	24,68	624,40	660	1,06
4	25,11	24,65	618,96	798	1,29
5	25,28	24,74	625,43	858	1,37
6	25,35	24,77	627,92	859	1,37
7	25,28	24,98	631,49	862	1,37
8	25,43	24,75	629,39	799	1,27
9	25,28	24,80	626,94	796	1,27
10	25,38	24,76	628,41	674	1,07
11	25,31	24,72	625,66	674	1,08
12	25,33	24,80	628,18	768	1,22
			Min	660,00	1,06
			Max	862,00	1,37
			Povprečje	773,58	1,23

Priloga B: Podatki meritev za preizkušance dobljene iz iverne plošče debeline 18mm.

specifični tlak: 4bar, čas stiskanja: 120s, debelina: 18mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	24,81	25,30	627,69	797	1,27
2	25,27	24,81	626,95	810	1,29
3	25,14	24,83	624,23	687	1,10
4	25,23	24,63	621,41	850	1,37
5	25,31	24,59	622,37	716	1,15
6	25,35	24,59	623,36	825	1,32
7	25,28	24,68	623,91	796	1,28
8	25,35	24,70	626,15	729	1,16
9	25,23	24,70	623,18	654	1,05
10	25,20	24,72	622,94	663	1,06
11	25,35	24,75	627,41	781	1,24
12	25,30	24,79	627,19	709	1,13
Min				654,00	1,05
Max				850,00	1,37
Povprečje				751,42	1,20

specifični tlak: 5bar, čas stiskanja: 120s, debelina: 18mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,15	24,79	623,47	723	1,16
2	25,32	24,78	627,43	653	1,04
3	25,30	24,82	627,95	782	1,25
4	25,30	24,84	628,45	874	1,39
5	25,33	24,80	628,18	736	1,17
6	25,32	24,73	626,16	841	1,34
7	25,33	24,78	627,68	898	1,43
8	25,33	24,76	627,17	735	1,17
9	25,29	24,71	624,92	715	1,14
10	25,25	24,66	622,67	853	1,37
11	25,27	24,70	624,17	790	1,27
12	25,38	24,82	629,93	1028	1,63
Min				653,00	1,04
Max				1028,00	1,63
Povprečje				802,33	1,28

specifični tlak: 7bar, čas stiskanja: 120s, debelina: 18mm						
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>	
1	25,26	24,63	622,15	731	1,17	
2	25,29	24,84	628,20	767	1,22	
3	25,34	24,77	627,67	802	1,28	
4	25,36	24,81	629,18	801	1,27	
5	25,52	24,77	632,13	780	1,23	
6	25,44	24,74	629,39	702	1,12	
7	25,28	24,86	628,46	773	1,23	
8	25,33	24,77	627,42	681	1,09	
9	25,42	24,84	631,43	772	1,22	
10	25,29	24,81	627,44	761	1,21	
11	25,33	24,76	627,17	774	1,23	
12	25,36	24,74	627,41	778	1,24	
				Min	681,00	1,09
				Max	802,00	1,28
				Povprečje	760,17	1,21

specifični tlak: 10bar, čas stiskanja: 120s, debelina: 18mm						
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>	
1	25,38	24,69	626,63	524	0,84	
2	25,45	24,71	628,87	826	1,31	
3	25,35	24,66	625,13	784	1,25	
4	25,40	24,84	630,94	785	1,24	
5	25,34	24,82	628,94	715	1,14	
6	25,46	24,68	628,35	741	1,18	
7	25,40	24,73	628,14	868	1,38	
8	25,43	24,72	628,63	741	1,18	
9	25,40	24,72	627,89	696	1,11	
10	25,39	24,92	632,72	684	1,08	
11	25,42	24,74	628,89	733	1,17	
12	25,36	24,84	629,94	755	1,20	
				Min	524,00	0,84
				Max	868,00	1,38
				Povprečje	737,67	1,17

specifični tlak: 7bar, čas stiskanja: 180s, debelina: 18mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,29	24,78	626,69	806	1,29
2	25,28	24,82	627,45	873	1,39
3	25,22	24,83	626,21	673	1,07
4	25,14	24,80	623,47	628	1,01
5	25,35	24,85	629,95	834	1,32
6	25,30	24,71	625,16	763	1,22
7	25,35	24,82	629,19	805	1,28
8	24,76	25,26	625,44	705	1,13
9	25,28	24,78	626,44	678	1,08
10	25,30	24,69	624,66	894	1,43
11	25,40	24,67	626,62	727	1,16
12	25,24	24,68	622,92	673	1,08
Min				628,00	1,01
Max				894,00	1,43
Povprečje				754,92	1,21

specifični tlak: 7bar, čas stiskanja: 150s, debelina: 18mm					
<i>št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,43	24,88	632,70	782	1,24
2	25,32	24,90	630,47	759	1,20
3	25,38	24,75	628,16	811	1,29
4	25,34	24,70	625,90	794	1,27
5	25,30	24,67	624,15	894	1,43
6	25,35	24,73	626,91	614	0,98
7	25,42	24,70	627,87	756	1,20
8	25,45	24,65	627,34	825	1,32
9	25,50	24,62	627,81	859	1,37
10	25,36	24,70	626,39	735	1,17
11	25,36	24,74	627,41	449	0,72
12	25,36	24,59	623,60	646	1,04
Min				449,00	0,72
Max				894,00	1,43
Povprečje				743,67	1,19

specifični tlak: 7bar, čas stiskanja: 120s, debelina: 18mm					
<i>Št. vzorca</i>	<i>a [mm]</i>	<i>b [mm]</i>	<i>S [mm²]</i>	<i>F [N]</i>	<i>SS [N/mm²]</i>
1	25,32	24,83	628,70	608	0,97
2	25,43	24,78	630,16	825	1,31
3	25,34	24,73	626,66	808	1,29
4	25,40	24,63	625,60	816	1,30
5	25,40	24,73	628,14	922	1,47
6	25,31	24,73	625,92	837	1,34
7	25,24	24,77	625,19	780	1,25
8	25,18	24,79	624,21	889	1,42
9	25,20	24,88	626,98	727	1,16
10	25,27	24,82	627,20	583	0,93
11	25,28	24,56	620,88	661	1,06
12	25,30	24,34	615,80	816	1,33
			Min	583,00	0,93
			Max	922,00	1,47
			Povprečje	772,67	1,24

Priloga C: Podatki meritev debeline ivernih plošč

oznaka	meritev- a	meritev- b	meritev- c	meritev- d		
4-120-1	18,115	17,974	17,958	18,093		
4-120-2	18,000	18,109	18,026	17,871	min	17,822
4-120-3	18,019	17,966	17,842	17,957	max	18,115
4-120-4	18,018	17,897	17,822	17,949	povprečje	17,976
5-120-1	17,880	18,018	17,971	17,999		
5-120-2	17,873	18,016	18,012	17,884	min	17,839
5-120-3	17,898	18,286	17,870	17,955	max	18,286
5-120-4	17,839	17,875	17,957	17,985	povprečje	17,957
7-120-1	17,839	18,018	17,818	17,837		
7-120-2	17,851	18,095	17,887	18,026	min	17,743
7-120-3	17,919	18,078	17,743	18,163	max	18,163
7-120-4	17,986	17,929	17,791	17,908	povprečje	17,931
10-120-1	17,821	18,111	17,835	18,092		
10-120-2	17,879	17,951	17,738	17,896	min	17,711
10-120-3	17,761	17,874	18,174	18,098	max	18,174
10-120-4	17,711	17,771	17,940	17,827	povprečje	17,905
7-180-1	17,788	17,836	17,852	17,985		
7-180-2	17,877	17,934	17,787	17,715	min	17,715
7-180-3	17,942	17,856	17,806	17,970	max	17,985
7-180-4	17,908	17,911	17,801	17,870	povprečje	17,865
7-150-1	17,911	17,805	17,807	17,893		
7-150-2	17,773	17,881	17,840	17,763	min	17,745
7-150-3	17,948	17,866	17,801	17,835	max	17,948
7-150-4	17,889	17,877	17,745	17,906	povprečje	17,846
7-90-1	17,845	17,921	17,877	17,880		
7-90-2	17,832	17,862	17,996	17,912	min	17,707
7-90-3	17,795	17,929	17,876	17,788	max	17,996
7-90-4	17,754	17,707	17,804	17,880	povprečje	17,854
debeline iverne plošče takoj po furniranju. D=18mm						

oznaka	meritev- a	meritev- b	meritev- c	meritev- d		
4-120-1	18,072	17,987	18,020	18,210		
4-120-2	18,064	18,287	18,051	18,008	min	17,897
4-120-3	18,110	18,037	17,934	18,133	max	18,287
4-120-4	18,087	17,999	17,897	18,053	povprečje	18,059
5-120-1	17,977	18,141	18,006	18,024		
5-120-2	17,941	18,154	18,026	17,923	min	17,904
5-120-3	17,992	18,101	17,922	18,038	max	18,154
5-120-4	17,904	18,022	18,044	18,027	povprečje	18,015
7-120-1	17,976	17,936	17,869	17,918		
7-120-2	17,914	18,436	17,941	18,039	min	17,794
7-120-3	18,008	18,112	17,794	18,196	max	18,436
7-120-4	18,029	18,292	17,893	17,989	povprečje	18,021
10-120-1	17,877	18,168	17,909	18,129		
10-120-2	17,935	18,019	17,765	17,872	min	17,759
10-120-3	17,852	18,218	18,000	17,932	max	18,218
10-120-4	17,759	17,893	18,032	17,911	povprečje	17,954
7-180-1	17,932	18,076	17,932	18,040		
7-180-2	17,982	18,071	17,879	17,774	min	17,774
7-180-3	18,027	17,935	17,918	18,050	max	18,076
7-180-4	18,032	17,997	17,872	17,923	povprečje	17,965
7-150-1	18,021	17,919	17,857	18,005		
7-150-2	17,873	18,098	17,902	17,894	min	17,857
7-150-3	17,997	17,948	17,903	17,998	max	18,098
7-150-4	17,955	17,989	17,874	18,047	povprečje	17,955
7-90-1	17,881	17,972	17,908	17,946		
7-90-2	17,822	17,892	18,030	17,945	min	17,822
7-90-3	17,934	18,029	17,929	17,867	max	18,030
7-90-4	17,833	17,826	17,841	18,019	povprečje	17,917
debeline iverne plošče po opravljeni klimatizaciji. D=18mm						

oznaka	meritev- a	meritev- b	meritev- c	meritev- d		
4-120-1	27,830	27,888	27,896	27,748		
4-120-2	27,810	27,900	27,888	27,882	min	27,726
4-120-3	27,968	28,089	27,930	27,864	max	28,089
4-120-4	27,864	27,764	27,726	27,766	povprečje	27,863
5-120-1	27,838	27,912	27,952	27,950		
5-120-2	27,836	27,902	27,942	27,830	min	27,804
5-120-3	27,994	28,108	27,804	27,832	max	28,108
5-120-4	27,850	27,870	27,870	27,850	povprečje	27,896
7-120-1	27,880	27,846	27,810	27,882		
7-120-2	27,878	27,800	27,868	27,842	min	27,778
7-120-3	27,870	27,914	27,800	27,828	max	27,914
7-120-4	27,882	27,874	27,778	27,840	povprečje	27,850
10-120-1	27,852	27,960	27,700	27,798		
10-120-2	27,810	27,726	27,745	27,730	min	27,652
10-120-3	27,652	27,734	27,934	27,785	max	27,960
10-120-4	27,799	27,764	27,706	27,764	povprečje	27,779
7-180-1	27,845	27,781	27,945	27,999		
7-180-2	27,838	27,876	27,940	27,820	min	27,726
7-180-3	27,906	27,942	27,802	27,806	max	27,942
7-180-4	27,780	27,986	27,726	27,884	povprečje	27,992
7-150-1	27,784	27,765	27,854	27,782		
7-150-2	27,882	27,895	27,774	27,881	min	27,702
7-150-3	27,940	27,860	27,741	27,702	max	27,940
7-150-4	27,715	27,868	27,806	27,795	povprečje	27,815
7-90-1	27,802	27,885	27,610	27,666		
7-90-2	27,967	27,950	27,624	27,660	min	27,610
7-90-3	27,665	27,726	27,896	27,882	max	27,967
7-90-4	27,735	27,752	27,846	27,898	povprečje	27,785
debeline iverne plošče takoj po furniranjem. D=28mm						

oznaka	meritev- a	meritev- b	meritev- c	meritev- d		
4-120-1	27,878	27,920	27,996	27,840		
4-120-2	27,854	27,980	27,939	27,942	min	27,808
4-120-3	28,030	28,160	28,052	27,912	max	28,160
4-120-4	27,808	27,834	27,815	27,884	povprečje	27,928
5-120-1	27,946	27,962	27,992	28,012		
5-120-2	27,882	27,926	28,034	27,980	min	27,882
5-120-3	28,036	28,172	27,952	27,938	max	28,012
5-120-4	27,904	27,942	27,995	27,982	povprečje	27,947
7-120-1	27,931	27,910	27,940	27,952		
7-120-2	27,912	27,808	27,962	27,972	min	27,808
7-120-3	27,949	27,998	27,884	27,880	max	27,998
7-120-4	27,966	27,935	27,882	27,893	povprečje	27,923
10-120-1	27,911	28,003	27,845	27,910		
10-120-2	27,860	27,772	27,916	27,860	min	27,739
10-120-3	27,739	27,810	28,079	27,944	max	28,079
10-120-4	27,952	27,869	27,778	27,816	povprečje	27,879
7-180-1	27,952	27,946	28,010	28,103		
7-180-2	28,023	27,972	28,009	27,936	min	27,842
7-180-3	28,010	27,926	27,930	27,994	max	28,111
7-180-4	27,999	28,111	27,842	27,892	povprečje	27,978
7-150-1	27,894	27,880	27,950	27,976		
7-150-2	27,966	27,960	27,910	28,000	min	27,836
7-150-3	28,041	27,942	27,836	27,866	max	28,041
7-150-4	27,924	27,981	27,900	27,913	povprečje	27,934
7-90-1	27,868	27,925	27,726	27,740		
7-90-2	28,051	28,000	27,726	27,780	min	27,726
7-90-3	27,790	27,833	27,979	27,990	max	28,051
7-90-4	27,824	27,868	27,936	27,960	povprečje	27,875
debeline iverne plošče po opravljeni klimatizaciji. D=28mm						