

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan ŠALAMON

**VPLIV VLAŽNOSTI FURNIRJA IN TEMPERATURE
STISKANJA NA NAPAKE FURNIRANIH IVERNIH
PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2006

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan ŠALAMON

**VPLIV VLAŽNOSTI FURNIRJA IN TEMPERATURE STISKANJA
NA NAPAKE FURNIRANIH IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT OF VENEER AND
TEMPERATURE OF HOT PRESSING ON DEFECT OF VENEERED
PARTICLEBOARD**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2006

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 smo v Laboratoriju za žagarstvo in lesna tvoriva furnirali iverne plošče z različnimi vlažnostmi furnirja in na dveh različnih temperaturah. Nato smo ugotavljali vlažnost, prostorninsko maso in čvrstost.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška.

Mentor: doc. dr. Sergej Medved

Recenzent: prof. dr. Željko Gorišek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Boštjan Šalamon

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*862.3
KG	furnir/vlažnost/temperatura stiskanja/oblaganje
AV	ŠALAMON, Boštjan
SA	MEDVED, Sergej (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ	SI-1000, Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2006
IN	VPLIV VLAŽNOSTI FURNIRJA IN TEMPERATURE STISKANJA NA NAPAKE FURNIRANIH IVERNIH PLOŠČ
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 24 str., 2 pregl., 13 sl., 4 pril., 10 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na kakovost lepilnega spoja furnirane iverne plošče vpliva več dejavnikov. Med njimi so tudi temperatura stiskanja, vlažnost nosilnih plošč in vlažnost furnirja. Pri poizkusu smo uporabljali furnirje, ki so bili izpostavljeni relativni zračni vlažnosti 0 %, 35 %, 65 %, 85 % in 95 % ter temperaturi stiskanja 90 °C in 110 °C. Čas stiskanja je bil pri obeh temperaturah 5 minut. Na vzorcih smo nato izvedli poizkus za trdnost spoja. Ugotavljali smo tudi vlažnost in prostorninsko maso vzorcev. Najboljše lastnosti smo dosegli pri vlažnosti furnirja 1 % in temperaturi stiskanja 90 °C. Najslabše lastnosti je dosegel furnir z 38 % vlažnostjo in temperaturo stiskanja 110 °C.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*862.3
CX veneer/moisture content/pressing temperature/overlying
AU ŠALAMON, Boštjan
AA MEDVED, Sergej (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-advisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2006
TI INFLUENCE OF VENEER MOISTURE CONTENT AND PRESSING TEMPERATURE ON DEFECTS OF VENEERED PARTICLEBOARDS
DT Graduation thesis (Higher professional studies)
NO VIII, 24 p., 2 tab., 13 fig., 4 ann., 10 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The quality of adhesive bonding of veneered particleboards depends on several factors, including pressing temperature, carrier panels' humidity and moisture content of veneer. In the experiment veneers exposed to relative air humidity of 0 %, 35 %, 65 %, 85 %, 95 %, and pressing temperatures of 110 °C and 90 °C were used. Pressing time for each temperature value was 5 minutes. On samples provided a bonding strength test was performed, and the moisture content values so as their volume mass recorded. The best characteristics were achieved using a veneer having moisture content of 1 % and pressing temperature of 90 °C. The worst characteristics were achieved using veneer having moisture content of 38 % and pressing temperature of 110 °C.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Kazalo prilog	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	3
1.2 CILJI RAZISKOVANJA	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
3 MATERIALI IN METODE	7
3.1 MATERIALI	7
3.1.1 Iverna plošča	7
3.1.2 Furnir	7
3.1.3 Urea formaldehidno lepilo	7
3.2 METODE	9
3.2.1 Kondicioniranje furnirja in iverne plošče	9
3.2.2 Priprava lepila po navodilih proizvajalca	9
3.2.3 Nanašanje lepila na preizkušance	10
3.2.4 Furniranje	10
3.2.5 Ohlajevanje	10
3.2.6 Kondicioniranje	11
3.2.7 Izžaganje vzorcev	11
3.2.7 Vlažnost	12
3.2.8 Prostorninska masa	13
3.2.9 Trdnost spoja	14
4 REZULTATI	16
4.1 VLAŽNOST FURNIRJA IN PROSTORNINSKA MASA VZORCEV	16
4.2 TRDNOST SPOJA	17
5 RAZPRAVA	19
6 SKLEPI	22
7 POVZETEK	23
8 VIRI	24
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Priporočen čas stiskanja	8
Preglednica 2: Vlažnost furnirja in prostorninska masa vzorcev	16

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Priprava lepila po navodilih proizvajalca	9
Slika 2: Ohlajevanje plošč	10
Slika 3: Klima komora	11
Slika 4: Vzorci za testiranje	11
Slika 5: Razpored vzorcev za testiranje	12
Slika 6: Shema vpenjanja v čeljusti trgalnega stroja	15
Slika 7: Vpenjanje v čeljusti trgalnega stroja	15
Slika 8: Trdnost spoja pri različnih vlažnostih furnirja in temperaturi stiskanja 90 °C	17
Slika 9: Trdnost spoja pri različnih vlažnostih furnirja in temperaturi stiskanja 110 °C	17
Slika 10: Vzorci po končanem preizkušanju čvrstosti	18
Slika 11: Odvisnost trdnosti spoja od vlažnosti furnirja pri T stiskanja 90 °C	19
Slika 12: Odvisnost trdnosti spoja od vlažnosti furnirja pri T stiskanja 110 °C	20
Slika 13: Primerjava trdnosti spoja pri obeh T stiskanja v odvisnosti od vlažnosti furnirja	21

KAZALO PRILOG

Priloga A: Lesna vlažnost vzorcev po kondicioniranju

Priloga B: Vlažnost furnirja

Priloga C: Prostorninska masa vzorcev

Priloga D: Trdnost spoja

1 UVOD

Iverna plošča je vsestransko uporabno lesno tvorivo, predvsem zaradi njene dimenzijske stabilnosti in homogenosti. Iverne plošče so izdelane iz iveri, ki jih proizvedemo iz lesa. Iveri so sestavljene iz vlaken oziroma snopov vlaken, katerih narava in značilnosti so odvisne od drevesne vrste iz katere so bile proizvedene. Za proizvodnjo iveri se lahko uporabljajo tako lesnoindustrijski ostanki (žagovina, krajniki, sekanci, itd.) kakor tudi gozdni sortimenti. Estetski izgled plošče pa lahko spremenimo z različnimi materiali (furnirji, folijami, laminati, dekorativnimi papirji, ...) in s pomočjo različnih postopkov (brizganje, nanašanje z valji, oblaganje, oplaščenje).

Furniranje je eden izmed načinov oplemenitenja pri katerem furnir lepimo na iverne plošče in se s tem približamo videzu plemenitega pohištva iz masivnega lesa. Stiskamo jih v stiskalnicah, ki so namenjene ploskovnemu oplemenitenu plošč pri visokih temperaturah (90 -110 °C). Poznamo več različnih izvedb stiskalnic, ki se razlikujejo tako po načinu segrevanja, kot tudi po sami izvedbi (eno etažne, več etažne, visoko frekvenčne, membranske, ...). Pri ploskovnem furniranju uporabljamo lepila na osnovi formaldehida (UF, MF, RF, itd.).

Pri furniranju največkrat uporabljamo urea - formaldehidna lepila (UF) s katerimi lahko lepimo po hladnem, toplem in vročem postopku. UF smole se na trgu nahajajo v obliki disperzij katere lahko skladiščimo tri mesece ali pa praškov, ki jih lahko skladiščimo eno leto pri temperaturah pod 18 °C. UF lepila imajo tako dobre kot tudi slabe lastnosti. Najpomembnejše dobre lastnosti so, da ne povzročajo madežev na lesu, lepilni spoj pa je brezbarven. So razmeroma poceni, lahko pa jih mešamo z drugimi lepili in jim dodajamo različne dodatke za prilagoditev lastnosti filma različnim zahtevam. So termoplastična in odporna proti insektom, mikroorganizmom in organskim topilom. Kot vsa ostala lepila pa imajo UF lepila tudi slabe lastnosti. Med najpomembnejše pomanjkljivosti štejemo, da niso zadosti odporna proti vlagi, vroči vodi in tropski klimi. So občutljiva za hrapave in neravne spoje, trdnost lepljenja z debelino sloja upada. So trda in zato obrabljajo obdelovalna rezila in orodja ter sproščajo formaldehid in so v klasični mešanici zdravju škodljiva.

Na samo kvaliteto lepljenja pa vpliva več dejavnikov kot so: temperatura stiskanja, čas stiskanja, tlak stiskanja in vlažnost obdelovancev. Temperatura stiskanja je zelo pomemben dejavnik tako z vidika zagotovitve kakovostnega lepilnega spoja

kot tudi z ekonomičnega vidika, saj nam previsoke temperature lahko oslabijo lepilni spoj in še stroški ogrevanja so višji, zato moramo zagotoviti optimalne pogoje pri procesu furniranja. Tudi vlažnost furnirja je zelo pomemben dejavnik pri kvaliteti oblepljenja. Preden združimo furnir z iverno ploščo ponavadi le to nekaj časa skladiščimo in se zaradi takšnih in drugačnih razlogov spreminja ravnovesna lesna vlažnost. Pri spreminjanju teh dveh faktorjev pa lahko naletimo na težave, katere nam lahko bistveno oslabijo lepilni spoj.

Furniranje je pogost način oplemenitenja lesnih tvoriv pri katerem poizkušamo čimbolj zmanjšati cikel stiskanja, da s tem povečamo kapaciteto stiskalnice. Najbolj pomemben dejavnik je vsekakor čas stiskanja, ki nam omejuje kapaciteto stiskalnice. Ta problem lahko rešimo s tem da povišamo temperaturo stiskanja ali pa uporabimo drugo vrsto lepila, ki ima hitrejše utrjevanje. Spreminjanje vseh teh parametrov stiskanja pa nas lahko pripelje tudi k slabšemu lepilnemu spoju. Lahko se zgodi, da nastavimo prekratek čas stiskanja ali pa prenizko temperaturo in s tem onemogočimo lepilu, da bi se dovolj utrdilo, kar nas pa lahko privede do nekakovostnega oplemenitenja ali celo odstopanja furnirja. Posledica tega je velik izmet, težava pri nadaljnji obdelavi, reklamaciji kupcev, itd., ter s tem povezani višji stroški proizvodnje.

Težava lahko nastane tudi na skladišču vhodne surovine, ker se lahko material, ki je skladiščen v zložajih nahaja v različnih klimatskih pogojih (bližina vrat, izpostavljenost soncu, itd.). Na samo klimo v skladišču pa vplivajo tudi letni časi zaradi katerih se nam spreminja temperatura in relativna zračna vlažnost. Ker imata iverna plošča in furnir različne lastnosti se vsak po svoje odzoveta na klimatske spremembe. Dokler se vsak po svoje odzoveta na te spremembe nam ne predstavljata bistvenega problema pri nadaljnji obdelavi, ko pa jih enkrat povežemo s pomočjo UF lepila pri visokih temperaturah pa lahko pride do težav. Pri vročem lepljenju lahko zaradi visokih temperatur pride do oslabitve lepilnega spoja zato ker lepilo prehitro utrdi in nima časa penetrirati v podlago. Tudi pri vlažnosti furnirja lahko naletimo na težave. V primeru presuhega furnirja lahko pride do pojava t.i. pustega spoja, ker vso lepilo penetrira v podlago in ostane pretanek film za zagotovitev kvalitetnega lepilnega spoja. V primeru prevlažnega furnirja pa lahko vlaga v njem prepreči penetracijo lepila v les in se nam lahko prav tako pojavi nekakovosten lepilni sloj.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Furniranje je zelo pogost način oplemenitenja ivernih plošč. Zaradi tehnološkega postopka furniranja pri visokih temperaturah lahko naletimo na težave, katere nam povzročijo velik problem pri nadaljnji obdelavi. Pri tem postopku oplemenitenja združujemo pri visokih temperaturah dva različna materiala, ki imata različne lastnosti, in se zato vsak po svoje odzivata na klimatske spremembe. Ta dva materiala združimo z lepilom katero ima tudi svoje pogoje za optimalen oprijem. V primeru, da kakšen od parametrov furniranja preveč odstopa se lahko pokaže problem nekakovostnega oplemenitenja.

1.2 CILJI RAZISKOVANJA

Cilj naloge je ugotoviti optimalne pogoje stiskanja za zagotovitev kakovostnega lepilnega spoja in ugotoviti kako se spreminjajo lastnosti lepilnega spoja če spreminjamo vlažnost furnirja in temperaturo stiskanja .

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Glede na podatke iz literature predvidevamo, da pri vlažnostih furnirja nižjih od 6% prihaja do slabšega spoja, ker voda iz lepila prehitro izide in pride do izsušitve lepilnega spoja. V primeru vročega lepljenja lahko pride do t.i. pustega spoja, če ima furnir previsoko vlažnost. To se zgodi zato, ker se voda v lesu uparja in zaradi izhajanja pare pride do intenzivne penetracije lepila v les kar oslabi film med dvema lepljencema.

2 PREGLED OBJAV

Šega (2003) navaja, da s segrevanjem lahko čas stiskanja skrajšamo (razen pri talilnih lepilih), saj potekata pri višjih temperaturah hitreje tako kemična reakcija kot penetracija in difuzija topil v podlago. Pri utrjevanju lepil, pri katerih potekata sočasno kemijska reakcija in oddajanje disperzijskega sredstva, moramo zagotoviti takšne pogoje, da sta hitrosti obeh procesov usklajeni. V končni fazi moramo iz lepilnega sloja odstraniti vso vodo, vendar pa to odstranjevanje ne sme biti prehitro, ker predstavlja voda v tem primeru tudi reakcijski medij v katerem poteka reakcija polikondenzacije (polikondenzacijska lepila). Če prehitro odstranimo vodo, reakcija ne poteče do konca, kar se odraža v slabši adheziji in koheziji. Do izsušitve lepilnega sloja lahko pride zaradi prenizke vlažnosti lesa, zato mora les vsebovati minimalno 6 - 8 % vlage.

Avtor navaja, da na splošno velja, da višja kot je temperatura, krajši so časi stiskanja. Pri lepljenju z MUF in FF lepili moramo upoštevati minimalno potrebno temperaturo. Pri lepljenih, ki potekajo pri temperaturah, ki so višje od 100 °C, se moramo zavedati, da se voda, ki se nahaja v lepilnem sloju in lesu, uparja. Velika poraba toplote za izparevanje ima za posledico zmanjšano hitrost utrjevanja lepila. Vodna para ima v primerjavi z vodo tudi bistveno večji volumen in, če ne uspe iziti iz lepljenca, lahko v njem nastanejo mehurji. Zaradi segrevanja se lepilu poveča mobilnost, zato je penetracija lepila v času stiskanja zelo intenzivna in če je potek reakcije prepočasen lahko večina lepila penetrira v podlago in nastane pust lepilni spoj.

Proizvajalec lepila priporoča, da mora temperatura stiskanja sovpadati z delovnim ciklom. Previsoke temperature in predolgi cikli podajanj lahko sčasoma privedejo do časovno nedoločenega zgoščevanja. Prenizke temperature pri prekratkih časih stiskanja lahko privedejo do premajhnega zgoščevanja, kar ima za posledico slabo lepljenje in vodo odpornost. Pritisk naj bi bil tako visok, da dosežemo popolno prileganje spoju. Glede na njihove izkušnje priporočajo vlažnost med 8 in 10 %.

(Navodilo za uporabo ...,2003)

Šernek (1999) navaja, da temperatura lepljenja pospeši utrjevanje lepila in s tem skrajšuje čas lepljenja. UF lepila lahko uporabljamo za hladno, toplo in vroče lepljenje, vendar je predvsem uveljavljeno vroče lepljenje pri temperaturi od 90 do 120 °C. Avtor navaja, da ima vlažnost lesa v procesu lepljenja pomemben vpliv na penetracijo UF lepila in na oblikovanje lepilne vezi, saj je UF lepilo pripravljeno na vodni osnovi. Suh les hitro absorbira molekule vode iz lepilne mešanice in

povzroči izsušitev lepilnega spoja. Vlažen les ne omogoča hitre absorpcije vode in vpliva na viskoznost lepila. Pri poroznih lesovih lahko pride zaradi visoke vlažnosti lesa do preboja lepila. Vlaga ima pomembno vlogo pri kemijski reakciji, saj le ta poteka v vodnem mediju. Če tega medija ni ali pa ga je premalo, se spajajo male molekule metilouree z ostalimi prepočasi in nastale molekule so prekratke, niti nimajo pravilne mrežaste strukture. Taki filmi nimajo zadostne adhezije niti kohezije. Če je pa les preveč vlažen, ne more sprejeti ob pravem času preostale vode iz lepila. Kemijska reakcija sicer normalno poteka, vendar ostane nekaj vode v lepilnem spoju in mu zmanjšuje trdnost. Vlažnost furnirja za lepljenje z UF lepili naj bi bila od 4 do 12 % oziroma okrog 8 %

Čermak (1996) navaja da na rezultate lepljenja odločilno vpliva vlažnost lesa, ki naj znaša od 6 do 10 %. Prevlažen les ovira pronicanje vode v les, lepilo se počasneje utrjuje, čas stiskanja pa podaljšuje. Lahko se pojavijo mehurji, saj se pri vročem lepljenju voda upari. Presuh les vpije preveč lepila in adhezijske sile niso optimalne

Anžur (1995) navaja, da je vlažnost lesa pri lepljenju pomemben dejavnik, ki močno vpliva na čas stiskanja in trdnost lepilnih spojev. Če je les prevlažen je ovirano prodiranje vode iz lepila v les. Lepilo veže počasneje in podaljša se čas stiskanja. V primeru, ko je les presuh, ta vpije posebno pri tankih nanosih, lepilo iz spoja, kar osiromaši lepilni spoj in negativno vpliva na njegovo trdnost. Pri urea-formaldehidnem lepilu nizke vlažnosti lesa (pod 5 %) ne vplivajo bistveno na trdnost lepilnega spoja, medtem ko imajo visoke vlažnosti (20 - 30 %) zelo negativen vpliv.

Niemz (1993) je predstavil dejavnike, ki vplivajo na lastnosti ivernih plošč. Ti dejavniki so dolžina iverja, specifična površina iverja, vitkost iverja, uporabljena vrsta lesa, povprečna prostorninska masa, profil porazdelitve prostorninskih mas po prerezu in vsebnost lepila v plošči.

Boehme in Hora (1996) sta ugotavljala vpliv uporabljene vrste lesa na vpijanje vode in kot omočitve. Najmanjše vpijanje sta ugotovila pri hrastu, temu sledi smreka, največje pa je bilo pri bukvi. Ugotovila sta, da na vpijanje vode vpliva delež ekstrakcijskih snovi, ki vpliva tudi na kakovost lepljenja. Boljše lastnosti lepljenih spojev sta ugotovila pri preskušancih, ki sta jima predhodno odstranila ekstrakcijske komponente. Najmanjši kot omočitve in največjo dinamiko vpijanja sta ugotovila pri smreki, tej sledi bukev in največji kot omočitve ter najmanjšo

dinamiko vpijanja pa sta ugotovila pri hrastu (največji delež ekstrakcijskih snovi). Med prostorninsko maso in kontaktnim kotom nista ugotovila soodvisnosti.

Tudi Gindl in sod. (2001) so ugotovili, da na omočitev lepila vpliva gladkost oz. hrapavost površine, in da je prosta površinska energija najnižja pri brušeni površini, kontaktni kot pa je najnižji pri hrapavi površini.

Brady in Kamke (1988) sta raziskovala, kako vroče stiskanje vpliva na penetracijo lepila. Za ugotavljanje vpliva sta uporabila iverje topola in duglazije dimenzij 76,2x12,7x0,76 mm. Penetracijo lepila sta ugotavljala s pomočjo flourestenčne mikroskopije in ugotovila, da na penetracijo lepila vplivajo vlažnost iverja, tlak stiskanja ter čas in temperatura stiskanja. Tlak stiskanja po njunem mnenju vpliva na penetracijo kot pogonski mehanizem hidrodinamičnega pretoka tekočine v lesu, medtem ko vlažnost in temperatura vplivata predvsem na viskoznost lepila samega.

Plath in Schnitzler (1981) sta ugotovila, da so lastnosti plošč bolj ali manj odvisne od prostorninske mase. Upogibna trdnost plošč je močno, razslojna trdnost pa manj odvisna od prostorninske mase plošče. Te korelacije veljajo samo za povprečno prostorninsko maso.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Iverna plošča

Uporabili smo iverno ploščo debeline 60 mm, ki smo jo razžagali na dimenzije 390 x 390 mm. Debelino plošče 60 mm smo izbrali zato, ker smo potem na vsaki strani furnirali z različno temperaturo stiskanja. S to debelino smo izničili vpliv razlike v temperaturah lepljenja oz. različnih temperaturah grelnih plošč. Tudi kasneje, ko so bili vzorci razpolovljeni po debelini smo dobili preizkušance z zelo podobno strukturo iverne plošče, kar v primeru, da bi vzorce izdelovali iz različnih plošč ne bi mogli trditi.

3.1.2 Furnir

Za izdelavo vzorcev smo uporabili bukov furnir debeline 1,8 mm. Preden smo furnir nalepili na iverno ploščo smo ga v komorah z relativno zračno vlažnostjo 0%, 35 %, 65 %, 85 % in 95 % kondicionirali na želeno ravnovesno vlažnost.

3.1.3 Urea formaldehidno lepilo

RAKOLL ISARIT E1 je že s trdilom mešano urea formaldehidno prašnato lepilo z nizko vsebnostjo formaldehida, ki se uporablja za furniranje in prečno lepljenje. Prah se zelo lepo zmeša z vodo tako, da dobimo gladko, za uporabo pripravljeno zmes. Ob uporabi RAKOLL ISARIT E1 pri furniranju zagotovo dosegamo norme E1 pri končnem proizvodu tudi po klasifikaciji »Richtlinie über die Klassifizierung von Spanplatten bezuglich der Formaldehydabgabe«. (navodilo za uporabo..., 2003)

Lepilo se uporablja za furniranje in prečno lepljenje v ogrevanih stiskalnicah ter za robno lepljenje v stacionarnih ogrevanih stiskalnicah

Tehnični podatki:

- Osnova: že pripravljena zmes urea formaldehidne mešanice
- Pakiranje: prašek (vreče po 25 kg)
- Izguba na teži: cca. 550 g/l
- PH –vrednost : cca. 6

Lepilo se meša z vodo v razmerju 100 : 50 ... 70 (delov glede na težo).

Lepilo nanašamo enakomerno. Če so plošče visoko vpojne, je potrebno močnejše oplaščanje. Če uporabljamo surov furnir, bi moralo biti lepilo visoko viskozno in njegov nanos tanjši z namenom, da preprečimo preboj skozi furnir.

Temperatura stiskanja mora sovpadati z delovnim ciklom (preglednica 1). Previsoke temperature in predolgi cikli podajanj lahko sčasoma privedejo do časovno nedoločenega zgoščevanja. Prenizke temperature pri prekratkih časih stiskanja lahko privedejo do premajhnega zgoščevanja, kar ima za posledico slabo lepljenje in vodo odpornost. Pritisk naj bi bil tako visok, da dosežemo popolno prileganje spoju. Odprti čas pri +20 °C: 15 ... 20 min

Preglednica 1: Priporočen čas stiskanja

Temperatura	90 °C	100 °C	110 °C
Čas (min)	4	3	2
Ogrevalni čas (1 min / mm)	1	1	1

Pomembno navodilo:

Posebne vrste lesa kot breza, kostanj, bor, jesen, indijska vrtnica in pterygota lahko po spojih zaradi vsebnosti hemiceluloze in drugih lesnih polisaharidov, ne držijo. Tudi tu pa lahko tako kot pri večini lepljenj s tem lepilom, dosežemo s 15 % dodatkom RAKOLL® disperzijskega lepila, vidno izboljšanje in izničimo preboj. Vodoodpornost: IF 20 v skladu z DIN 68 705.

Priporočeni tlak stiskanja je od 0,3 - 0,8 N/mm²

Zaradi večvrstnih dejavnikov, ki vplivajo na posamezen kos lesa, kot so področje rasti, tip gojenja sadik, ..., lahko v nekaterih primerih pride do nepredvidene obarvanosti lesa. Največ podobnih primerov smo zasledili pri bukvi, češnji in še nekaterih. Pozorni moramo biti tudi pri obdelavi hrasta, kjer lahko pride do obarvanja, ko pride železo v stik s taninom.

RAKOLL ISARIT E1 shranjujemo v hladnem in suhem prostoru. Vlažnost bo povzročila strdke, ki v vodi niso več topni. Po vsaki uporabi moramo vrečo dobro

zapreti. RAKOLL ISARIT E1 lahko pod temi pogoji skladiščimo najmanj 6 mesecev.

3.2 METODE

3.2.1 Kondicioniranje furnirja in iverne plošče

Furnir smo v komorah s kontrolirano klimo kondicionirali na ravnovesno vlažnost. Uravnovesili smo ga pri relativni zračni vlažnosti 35 %, 65 %, 85 % in 95 % pri temperaturi 20 °C. Furnir smo izpostavili tudi temperaturi 103±2°C in ga sušili do konstantne mase, da smo zagotovili vlažnost 0 %. Uporabili smo bukov furnir debeline 1.8 mm.

Iverno ploščo smo razžagali na dimenzijo 390x390 mm in jo do furniranja pustili pri sobni temperaturi.

3.2.2 Priprava lepila po navodilih proizvajalca

V laboratoriju smo v čašo zmešali lepilo v razmerju 100 : 50. Najprej smo stehali 300 g lepila in mu dodali 150 g destilirane vode. Nato smo mešanico mešali z laboratorijskim mešalom tako dolgo, da smo dobili lepilno smolo, ki ni vsebovala kepic lepila v prahu (slika 1).



Slika 1: Priprava lepila po navodilih proizvajalca

3.2.3 Nanašanje lepila na preizkušance

Najprej smo izračunali potrebno količino lepila, da smo dobili nanos 130 g/m^2 . Nato smo lepilo stehali v čaši ter ga nanесли na površino. Lepilo smo enakomerno nanесли na obe površini plošče.

3.2.4 Furniranje

Po končanem nanašanju lepila smo na vsako ploskev položili furnir z enako vlažnostjo. Za vsako vlažnost smo naredili po dva vzorca. Po nanosu lepila smo na ploščo položili furnir, ki je bil v stiku s ploščo 1 minuto. Nato smo dali ploščo obloženo s furnirjem v stiskalnico in stiskali s specifičnim tlakom $0,5 \text{ N/mm}^2$. Stiskali smo 5 minut pri temperaturi $90 \text{ }^\circ\text{C}$ oz. $110 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2.5 Ohlajevanje

Po končanem stiskanju smo vzorce zložili v zložaj. Med njih smo vstavili letvice, da je lahko toplota enakomerno izhajala iz plošč. Ohlajali smo jih toliko časa, da smo jih ohladili na sobno temperaturo (slika 2).



Slika 2: Ohlajevanje plošč

3.2.6 Kondicioniranje

Ohlajene plošče smo dali v klima komoro s temperaturo 20 °C in zračno vlažnostjo 65 %. Klimatizirali smo do konstantne mase (slika 3).



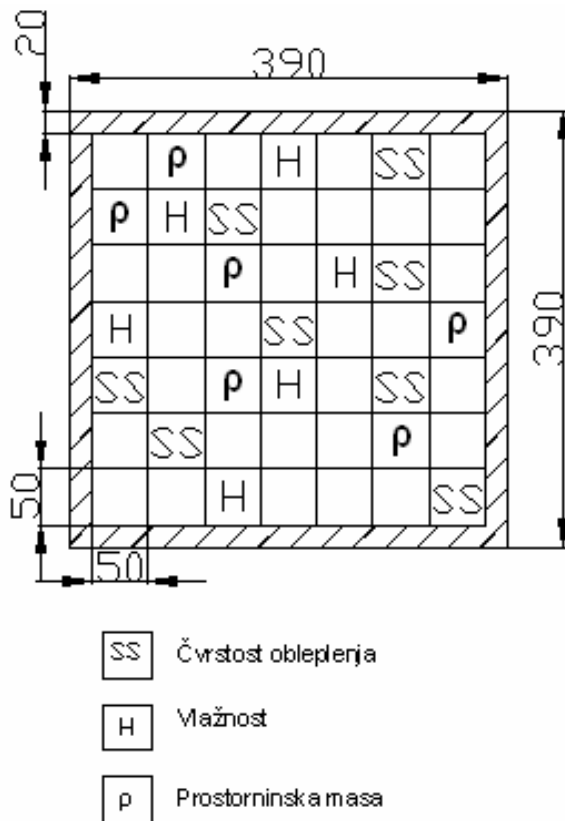
Slika 3: Klima komora

3.2.7 Izžaganje vzorcev

Po končanem kondicioniranju smo iz plošč naredili testni vzorci dimenzij 50x50 mm. Iz vsake plošče smo naredili 20 vzorcev. Vsakih prvih osem vzorcev je bilo potrebno razžagati na debelino 20 mm, da se jim je lahko preizkusila čvrstost oblepljenja na trgalnem stroju. Nato smo rabili še 6 vzorcev za izračun prostorninske mase, ter še 6 vzorcev za izračun vlažnosti. Vsi vzorci so se po končani izdelavi postavili v klima komoro dokler jih nismo potrebovali za preizkus (slika 4 in 5).



Slika 4: Vzorci za testiranje



Slika 5: Razpored vzorcev za testiranje

3.2.8 Vlažnost

Za merjenje lesne vlažnosti smo uporabili gravimetrično metodo. Vzorce dimenzij 50 x 50 mm smo najprej tehtali in odčitali začetno maso. Nato smo jih postavili v komoro s temperaturo 103 ± 2 °C in jih sušili do konstantne mase. Potem smo jih ohladili in ponovno tehtali. Prav tako smo to naredili s furnirjem, ki smo ga vzeli iz komor z različnimi vlažnostmi. Na podlagi spremembe mase smo lahko izračunali vsebnost vlage v posameznem vzorcu. To smo naredili tako, da smo izračunali razliko med začetno in končno maso, ter jo delili s končno maso in pomnožili s 100, da smo dobili procente.

Izračun vlažnosti:

$$u = \frac{mz - mk}{mk} \times 100 \quad \dots (1)$$

u....vlažnost (%)

mz....začetna masa (g)

mk....končna masa (g)

3.2.9 Prostorninska masa

Za ugotavljanje prostorninske mase smo prav tako uporabili po 12 vzorcev iz vsake vlažnosti. Najprej smo jih oštevilčili z zaporednimi številkami in potem smo s kljunastim merilom izmerili višino, dolžino in širino preizkušanca, nato pa smo ga še stehali. Na osnovi teh podatkov smo lahko izračunali prostornino vzorca ter s podatkom o masi izračunali tudi prostorninsko maso. To smo naredili tako, da smo dobljeno maso delili s prostornino in nato dobili rezultat v g/cm³.

Izračun volumna:

$$V = š \times d \times v \quad \dots (2)$$

V....volumen (cm³)

š....širina (cm)

d.... dolžina (cm)

v....višina (cm)

Izračun prostorninske mase:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots (3)$$

V....volumen (cm³)

ρprostorninska masa (g/ cm³)

3.2.10 Trdnost spoja

Pri ugotavljanju trdnosti spoja smo najprej izbrali po 16 vzorcev iz vsake vlažnosti. Ti vzorci so bili debeline 60 mm. Nato smo preizkušance razžagali na debelino 20 mm in tako dobili iz ene kocke po dva vzorca. Na vsaki ploskvi kocke smo imeli furnir enake vlažnosti, le temperatura stiskanja je bila drugačna. Tako smo imeli na eni strani temperaturo stiskanja 90 °C, na drugi strani pa temperaturo 110 °C. Po končanem razžagovanju smo na ploskev vzorca s pomočjo krožnega žagalnega stroja zažagali kvadratke dimenzije 25 x 25mm, da smo lahko potem prilepili pečate, kateri so potrebni pri tej vrsti preizkusa. V ploskev smo zažagali le za debelino furnirja, da smo lahko potem dobili čimbolj natančne rezultate. Nato smo vse vzorce označili z zaporednimi števkami in vsakem posebej izmerili dolžino in širino kvadratka katerega bomo kasneje preizkušali na trgalnem stroju. Na podlagi izmer smo izračunali površino iz katere bomo lahko kasneje iz dobljene sile izračunali specifično obremenitev. Ko smo vse vzorce izmerili smo pripravili dvo komponento lepilo in pečate, ki se uporabljajo pri tej vrsti preizkusov. Lepilo smo zmešali v razmerju 1:1 in ga enakomerno razmazali po površini kvadratka. Nato smo nanj položili železen pečat in ga pustili 24 ur ,da se je lepilo popolnoma utrdilo. To smo naredili na vseh vzorcih v dveh serijah po 80. Ko je bilo lepilo dokončno utrjeno smo vzorce preizkušali na trgalnem stroju. To smo naredili tako, da smo vzorce vstavili v posebno čeljust in jih nato obremenili na nateg (slika 6 in 7). S pomočjo računalnika smo dobili maksimalno silo katera je potrebna za razslojevanje in še specifično silo v N/mm². Na trgalnem stroju smo uporabljali hitrost obremenitve 7mm/min. Po končanem preizkusu smo vrednosti vpisali v tabelo in jih razvrstili glede na vlažnost in temperaturo stiskanja.

Izračun trdnosti spoja:

$$A = \check{s} \times d \quad \dots (4)$$

$$SS = \frac{F}{A} \quad \dots (5)$$

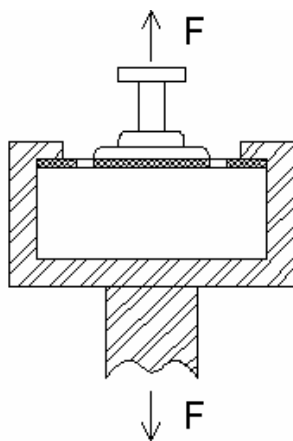
A.... površina testirane ploskve (mm²)

š....širina (mm)

d.... dolžina (mm)

F....sila (N)

SS....trdnost spoja (N/mm²)



Slika 6: Shema vpenjanja v čeljusti trgalnega stroja



Slika 7: Vpenjanje v čeljusti trgalnega stroja

4 REZULTATI

4.1 VLAŽNOST FURNIRJA IN PROSTORNINSKA MASA VZORCEV

V preglednici 2 so prikazane vrednosti o vlažnosti furnirja in prostorninski masi vzorcev posameznih skupin.

Preglednica 2: Vlažnost furnirja in prostorninska masa vzorcev

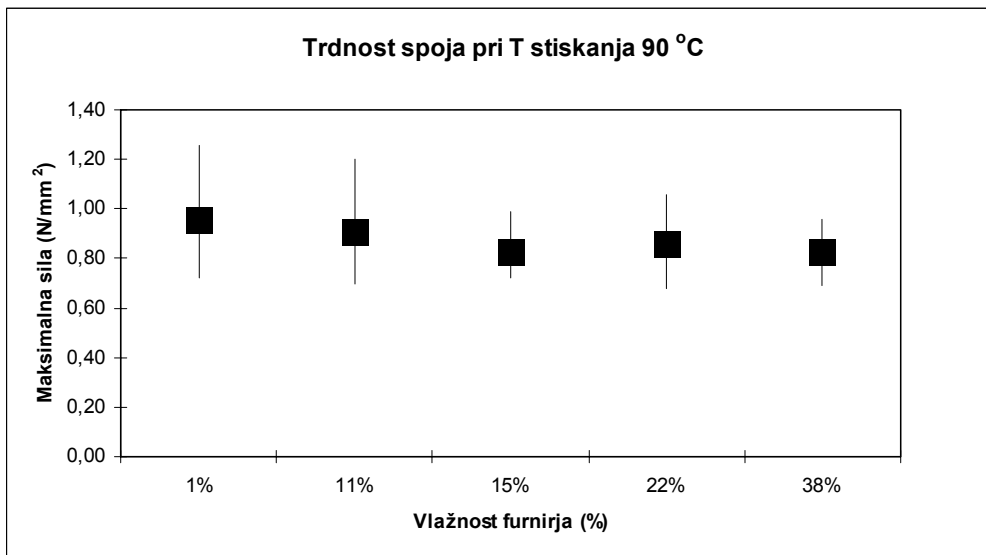
Vzorci:	Vlažnost furnirja u (%)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
A (0%)	0,55%	0,577
B (20°C/35%)	10,65%	0,583
C (20°C/65%)	15,23%	0,560
D (20°C/85%)	21,66%	0,568
E (20°C/95%)	38,46%	0,560



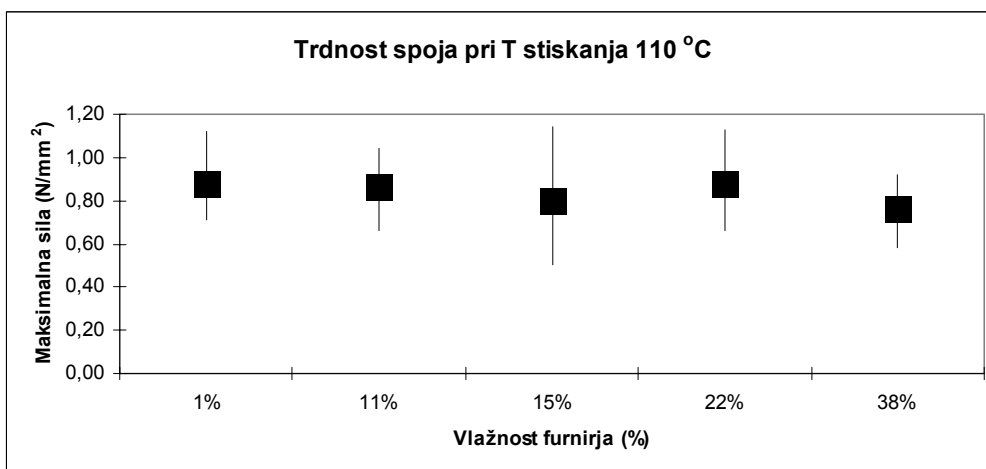
Iz preglednice 2 je razvidno, da so bili vzorci furnirja klimatizirani na želeno ravnovesno vlažnost. Razvidno je tudi, da se prostorninska masa med samimi vzorci bistveno ne razlikuje iz česar lahko sklepamo, da so si vzorci med sabo podobni po sami strukturi iverne plošče. Vzorci za prostorninsko maso so bili kondicionirani na klimi s temperaturo 20 °C in relativno zračno vlažnostjo 65%. Podatki v tabeli so povprečne vrednosti vsake skupine.

4.2 TRDNOST SPOJA

V spodnjih slikah so prikazane dobljene vrednosti trdnosti spoja pri temperaturah stiskanja 90 °C (slika 8) in 110 °C (slika 9), ter različnih vlažnostih furnirja.



Slika 8: Trdnost spoja pri različnih vlažnostih furnirja in temperaturi stiskanja 90 °C



Slika 9: Trdnost spoja pri različnih vlažnostih furnirja in temperaturi stiskanja 110 °C

Pri temperaturi stiskanja 90 °C smo najvišjo trdnost spoja ugotovili pri uporabi furnirja z vlažnostjo 1 %. Z višanjem vlažnosti pa trdnost spoja pada. Izjema je le vlažnost furnirja 22 % pri kateri se čvrstost poviša.

Tudi pri temperaturi 110 °C smo najvišjo trdnost spoja ugotovili pri vlažnosti furnirja 1%. Prav tako je tudi pri tej temperaturi trdnost spoja z višanjem vlage padala. Pri vlažnosti furnirja 22 % so se nam lastnosti zopet izboljšale zaradi vsebnosti vlage, ki je izhajala zaradi visoke temperature in zaradi kapilarnega vleka povzročila ravno pravšnjo penetracijo lepila v les.

Najboljše rezultate smo dosegli s temperaturo stiskanja 90 °C in vlažnostjo furnirja 1 %, najslabše lastnosti pa s temperaturo stiskanja 110 °C in vlažnostjo furnirja 38 %.

V spodnji sliki (slika 10) so prikazani vzorci po končanem preizkusu s katerim smo ugotavljali trdnost spoja.



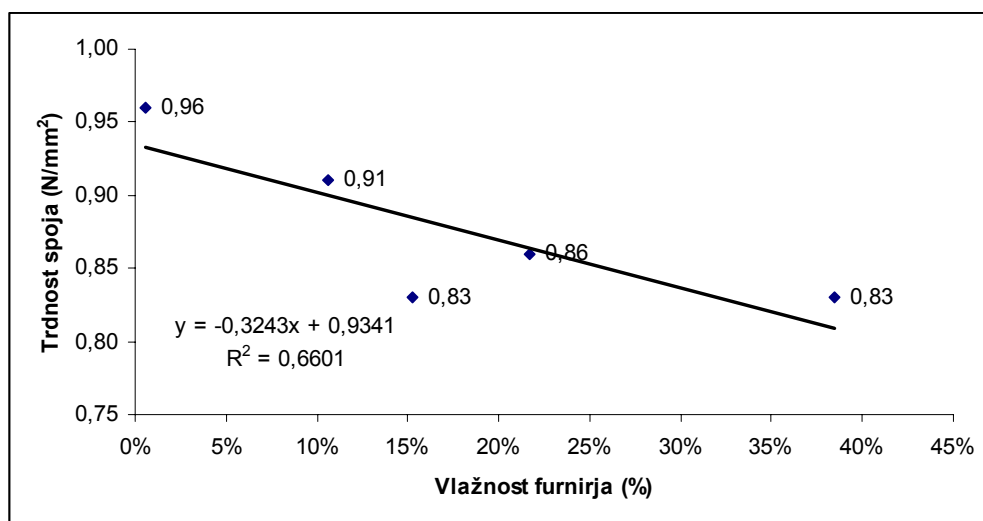
Slika 10: Vzorci po končanem preizkušanju čvrstosti

5 RAZPRAVA

Glede na dobljene rezultate lahko sklepamo, da je vlažnost plošč po stiskanju približno enaka. Vlažnost vseh vzorcev se giblje od 6,8 do 7 %.

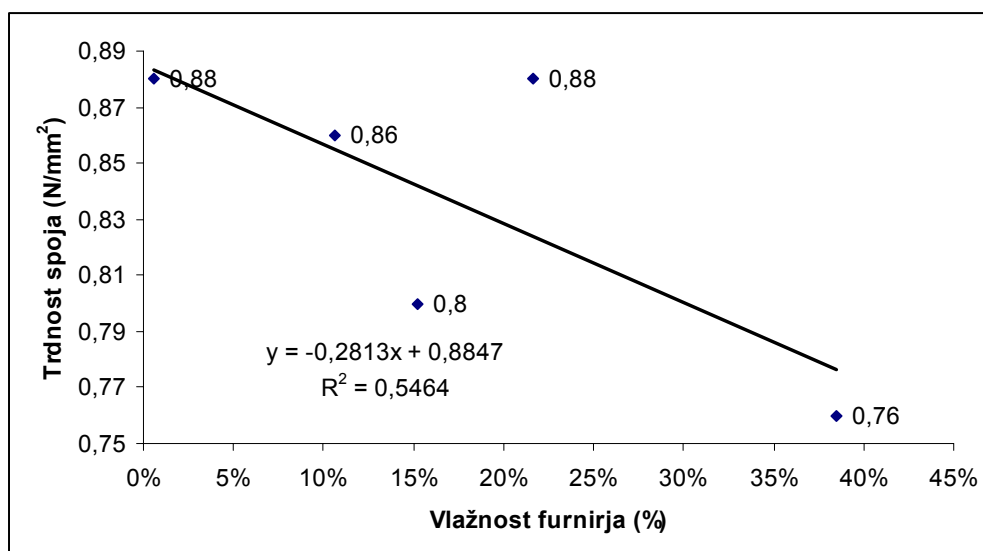
Prostorninska masa samih vzorcev se giblje od 0,56 do 0,59 g/cm³. Iz tega rezultata lahko sklepamo, da so si bili vzorci podobni po gostotnem profilu in da sama prostorninska masa vzorcev ni bistveno vplivala na dobljene rezultate.

Pri temperaturi stiskanja 90 °C (slika 11) smo ugotovili, da se je najbolje obnesla vlažnost furnirja 1 % iz česar lahko sklepamo, da je kljub nizki vlažnosti furnirja, lepilo imelo dovolj časa za penetriranje v površino. Pri vlažnosti furnirja 11 % je lepilo zaradi vlage manj penetriralo in smo zato dobili nekoliko slabši spoj. Še slabši spoj smo dobili pri vlažnosti furnirja 15 %, ker je lepilo zaradi vlage manj penetriralo v podlago. Pri vlažnosti 22 % pa se je kakovost spoja nekoliko izboljšala, to pa verjetno zaradi kapilarnega vleka, ki ga je povzročila izhajajoča para. Za vlažnost furnirja 38 % pa se spoj spet poslabša, ker zaradi izhajanja pare pride do prevelike penetracije lepila v furnir in zaradi tega pride do t.i. pojava pustega spoja.



Slika 11: Odvisnost trdnosti spoja od vlažnosti furnirja pri T stiskanja 90°C

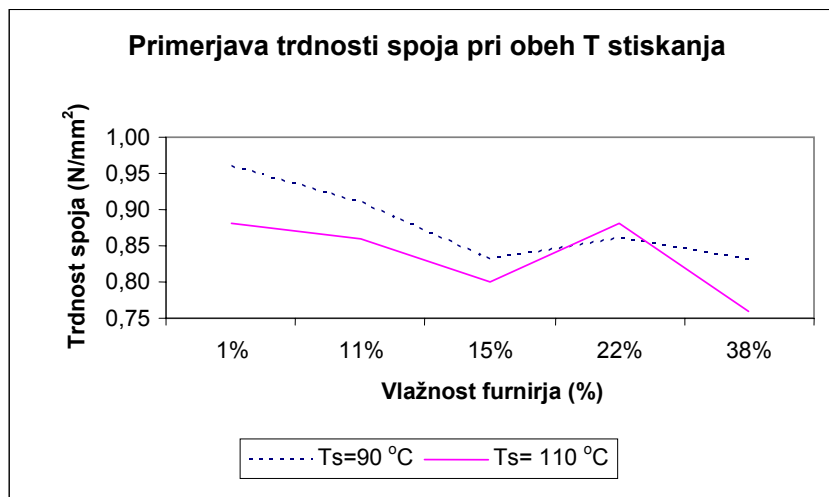
Pri temperaturi stiskanja 110 °C smo dobili naslednje rezultate. Zopet se je najbolje obnesla vlažnost furnirja 1% iz istih razlogov kot pri temperaturi stiskanja 90 °C. Furnir vlažnosti 11% je imel slabše lastnosti kot furnir pri temperaturi 90 °C, ker je bila temperatura višja kot prej in je zaradi tega prišlo do prehitrega utrjevanja in manjše penetracije. Še slabše lastnosti je imel furnir vlažnosti 15 %, ker je zaradi višje temperature penetracija manjša kot pa pri temperaturi 90 °C. Pri vlažnosti 22 % pa so se lastnosti spoja bistveno izboljšale in so bile enakovredne tistim z 1 % vlažnostjo furnirja. Ta pojav lahko pripišemo pravemu razmerju med kapilarnem vlekem in temperaturo stiskanja. Pri vlažnosti furnirja 38 % pa smo dobili najslabše lastnosti pri tej temperaturi stiskanja. Ta pojav lahko opišemo še z večjim kapilarnim vlekem kot pri prejšnji temperaturi in tudi v tem primeru se nam pojavi pusti spoj.



Slika 12: Odvisnost trdnosti spoja od vlažnosti furnirja pri T stiskanja 110°C

Po podatkih iz literature predvidevamo, da bomo najboljše lastnosti lepilnega spoja dosegli pri nizkih vlažnostih furnirja. Nekateri avtorji navajajo, da pri zelo nizkih vlažnostih ne dosežemo dovolj kakovostnega lepilnega spoja. Navajajo tudi, da se z višanjem lesne vlažnosti kakovost lepilnega spoja slabša. Penetracija lepila v iverno ploščo je odvisna tudi od same strukture plošče, vendar smo pri poizkusih uporabljali ploščo istega proizvajalca in zato se rezultati ne bi smeli razlikovati zaradi strukture iverne plošče.

Iz slike 13 je razvidno, da smo boljše rezultate dosegli s temperaturo stiskanja 90 °C kar pomeni, da rabi lepilo več časa za penetriranje v podlago. V obeh primerih pa se nam pojavi povišanje trdnosti spoja pri 22 % vlažnosti furnirja. Vzrok je verjetno v kapilarnem vleku, kateri pri tej vlažnosti furnirja povzroči ravno pravšnjo penetracijo lepila v podlago. Pri vlažnosti furnirja 38 % pa pride zopet do padca trdnosti spoja, ker je zaradi prevelikega kapilarnega vleka film lepila pretanek, da bi zagotovil kakovosten spoj.



Slika 13: Primerjava trdnosti spoja pri obeh T stiskanja v odvisnosti od vlažnosti furnirja

Na splošno lahko rečemo, da smo boljše rezultate dosegli pri temperaturi stiskanja 90 °C, ker ima lepilo zaradi nižje temperature več časa za penetriranje in utrjevanje. Pri temperaturi stiskanja 110 °C pa se lepilo hitreje utrdi in zaradi tega nima dovolj časa za penetriranje. Še slabše lastnosti pa pri temperaturi stiskanja 110 °C dosežemo pri zelo vlažnih furnirjih, ker se voda v njih uparja in tako preprečuje penetracijo lepila v les.

6 SKLEPI

Pri izdelavi diplomske naloge smo ugotovili, da boljše lastnosti dosežemo z nižjo vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90 °C. Pri višjih vlažnostih furnirja dosežemo slabše rezultate zaradi večje penetracije, ki je posledica uparjanja vode v furnirju. Pri visokih vlažnostih se nam pojavi t.i. pusti spoj.

Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da se bolje obnese temperatura stiskanja 90 °C, ker se pri tej temperaturi lepilo kasneje utrdi in ima zato čas penetrirati v podlago. Pri obeh temperaturah se čvrstost poveča pri vlažnosti furnirja 22 % kar lahko pripišemo ravno pravšnjemu kapilarnemu vleku, kateri omogoči penetracijo lepila v les.

Pri temperaturi 110 °C pa se bolje obnese vlažnost furnirja s 22 % vlažnostjo, ker zaradi višje temperature in visoke vlažnosti pride ob uparjanju vode do večjega kapilarnega vleka in zato je penetracija intenzivnejša kot pri temperaturi 90 °C.

Pri obeh temperaturah pa je najbolj primerna vlažnost furnirja 1 % in najmanj primerna vlažnost 38 %.

Na splošno velja, da se z višjo lesno vlažnostjo čvrstost površine zmanjšuje. Izjema je le vlažnost 22 % pri kateri se verjetno zaradi ravno pravšnjega kapilarnega vleka ustvarijo pogoji za kakovosten lepilni spoj.

Tudi pri temperaturi stiskanja velja, da se pri višjih vrednostih lepilo hitreje utrdi in zato nima možnosti dovolj penetrirati v les. Če med furniranjem ne zagotovimo dovolj visoke temperature se lahko zgodi, da lepilo ne doseže končne utrjenosti. V nasprotnem primeru pa se nam lahko zgodi, da lepilo med lepljenjem razpade.

Najboljše rezultate dosežemo pri temperaturi stiskanja 90 °C in vlažnosti 1 %.

7 POVZETEK

Pri izdelavi diplomske naloge smo se osredotočili na oprijem, ki nastane pri furniranju ivernih plošč in na optimalne pogoje za furniranje. Opazovali smo kaj se zgodi če se pri furniranju ivernih plošč spremeni temperatura stiskanja in vlažnost furnirja.

Na vse vzorce smo nanесли enako količino lepila, ki smo ga pripravili po navodilih proizvajalca. Uporabili smo že pripravljeno lepilo v prašnati obliki, kateremu smo v pravem razmerju dodali vodo. Iz že kondicioniranih plošč smo naredili vzorce katere smo preizkušali na treh vrstah testov. Preizkusili smo lesno vlažnost, prostorninsko maso in čvrstost.

Iz poizkusov smo ugotovili, da je vlažnost vzorcev po kondicioniranju enaka, ker vsa vlaga med furniranjem izhlapi in zato se vzorci kondicionirajo na ravnovesno vlažnost katero določa prostor kondicioniranja.

Tudi prostorninska masa vzorcev je odvisna samo od strukture ivernih plošč in ne od vlažnosti furnirja, ki se na njej nahaja.

Pri preizkušanju čvrstosti pa smo ugotovili, da se je najbolje obnesel furnir z vlažnostjo 1 %, ker je pri obeh temperaturah stiskanja dosegel najboljše rezultate. Izjema je le furnir z 22 % vlažnostjo, ki je pri temperaturi stiskanja 110 °C zaradi ravno pravšnjega kapilarnega vleka dosegel enako dobre rezultate kot pa furnir z 0 % vlažnostjo. Najslabše se je v obeh primerih obnesel furnir z 38 % vlažnostjo.

Na splošno velja, da kakovost spoja z višanjem vlažnosti pada, in da z višjim temperaturam stiskanja dosežemo manj kakovosten spoj kot pa z nižjimi.

8 VIRI

1. Anžur M. 1995. Vpliv temperature lepljenja in lepljenca na trdnost PVAc in UF lepilnega spoja. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 11-12
2. Boehme C., Hora G. 1996. Water Absorption and Contact Angle Measurement of Native European, North American and Tropical Wood Species to Predict Gluing Properties. *Holzforschung*, 50, 3: 269-276
3. Brady D. E., Kamke F. A. 1988. Effects of hot-pressing parameters on resin Penetration. *Forest Products Journal*, 38, 11/12: 63-68
4. Čermak M., 1996. Lepila in materiali za površinsko obdelavo in zaščito lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 30-31
5. Gindl M., Sinn G., Reiterer A., Tschegg S. 2001. Wood Surface Energy and Time Dependence of Wettability: A Comparison of Different Wood Surface Using an Acid-Base Approach. *Holzforschung*, 55, 4: 433-440
6. Navodila za uporabo lepila za vroče spajanje furnirja. 2003. Mengeš, KLP (osebni vir 14.jun.2005)
7. Niemz P. 1993. Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Leinfelden – Echterdingen, DRW – Verlag: 27-33
8. Plath E., Schnitzler E. 1981. Das Rohdischprofil als Beurteilungsmerkmal von Spanplatten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 32, 11 : 443- 449
9. Šega B. 2003. Osnove lepljenja lesa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 62 str.
10. Šernek M. 1999. Vpliv bistvenih dejavnikov na penetracijo in trdnost UF lepilnega spoja pri lepljenju bukovine. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 111 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Sergeju Medvedu, za mentorstvo, za vso pomoč in koristne napotke ter prizadevnost, kljub njegovemu pomanjkanju časa pri izdelavi tega diplomskega dela. Nadalje bi se rad zahvalil recenzentu prof. dr. Željku Gorišku za opravljeno recenzentsko delo in asistentu Janiju Renku za vso pomoč pri poizkusih v laboratoriju na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Končno bi se rad zahvalil še vsem svojim profesorjem, za vso posredovano znanje, mojima staršema za podporo in spodbudne besede in moji puncu Veroniki, ki mi je stala ob strani ves čas mojega študija ter pisanja diplomske naloge in mi vlivala moč v težkih trenutkih ter vsem, ki sem jih pozabil omeniti, pa so zaslužni zahvale.

PRILOGE

Priloga A: Lesna vlažnost vzorcev po kondicioniranju.

Vlažnost vzorcev furniranih z 1% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
1.	89,87	84,1	5,77	6,86%
2.	88,65	82,92	5,73	6,91%
3.	86,51	81	5,51	6,80%
4.	89,42	83,64	5,78	6,91%
5.	87,75	82,16	5,59	6,80%
6.	88,79	82,99	5,8	6,99%
7.	85,81	80,25	5,56	6,93%
8.	85,96	80,44	5,52	6,86%
9.	86,32	80,93	5,39	6,66%
10.	86,89	81,46	5,43	6,67%
11.	87,08	81,48	5,6	6,87%
12.	86,64	81,01	5,63	6,95%
Povprečje:				6,85%

Vlažnost vzorcev furniranih z 11% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
13.	86,1	80,51	5,59	6,94%
14.	86,1	80,6	5,5	6,82%
15.	86,38	80,81	5,57	6,89%
16.	85,96	80,44	5,52	6,86%
17.	85,65	80,17	5,48	6,84%
18.	86,32	80,72	5,6	6,94%
19.	92,72	86,63	6,09	7,03%
20.	92,91	86,81	6,1	7,03%
21.	93,41	87,33	6,08	6,96%
22.	93,27	87,18	6,09	6,99%
23.	94,29	88,08	6,21	7,05%
24.	93,9	87,75	6,15	7,01%
Povprečje:				6,95%

Vlažnost vzorcev furniranih z 5% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
25.	87,84	82,14	5,7	6,94%
26.	85,85	80,26	5,59	6,96%
27.	89,22	83,4	5,82	6,98%
28.	86,39	80,76	5,63	6,97%
29.	84,45	79,02	5,43	6,87%
30.	84,1	78,6	5,5	7,00%
31.	86,49	80,85	5,64	6,98%
32.	86,75	81,1	5,65	6,97%
33.	88,19	82,53	5,66	6,86%
34.	88,69	82,97	5,72	6,89%
35.	89,01	83,27	5,74	6,89%
36.	88,68	82,9	5,78	6,97%
Povprečje:				6,94%

Vlažnost vzorcev furniranih z 22% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
37.	85,84	80,28	5,56	6,93%
38.	85,13	79,71	5,42	6,80%
39.	85,31	79,96	5,35	6,69%
40.	84,76	79,39	5,37	6,76%
41.	84,8	79,34	5,46	6,88%
42.	84,8	79,34	5,46	6,88%
43.	91,01	85,18	5,83	6,84%
44.	90,63	84,84	5,79	6,82%
45.	89,53	83,8	5,73	6,84%
46.	90,2	84,46	5,74	6,80%
47.	91,84	86,02	5,82	6,77%
48.	90,33	84,64	5,69	6,72%
Povprečje:				6,81%

Vlažnost vzorcev furniranih z 38% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
49.	82,35	76,95	5,4	7,02%
50.	82,77	77,41	5,36	6,92%

51.	82,57	77,14	5,43	7,04%
52.	82,97	77,54	5,43	7,00%
53.	83,56	78,11	5,45	6,98%
54.	83,84	78,28	5,56	7,10%
55.	89,53	83,68	5,85	6,99%
56.	89,82	84	5,82	6,93%
57.	89,11	83,35	5,76	6,91%
58.	89,26	83,38	5,88	7,05%
59.	89,13	83,25	5,88	7,06%
60.	89,43	83,55	5,88	7,04%
Povprečje:				7,00%

Priloga B: Vlažnost furnirja

Ravnovesna vlažnost furnirja pri relativni zračni vlažnosti 0%

Vzorec št.:	Začetna masa (g)	Končna masa (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
1.	110,06	109,43	0,63	0,58%
2.	86,94	86,55	0,39	0,45%
3.	89,51	88,96	0,55	0,62%
Povprečje:				0,55%

Ravnovesna vlažnost furnirja pri relativni zračni vlažnosti 35 % in temperaturi 20 °C

Vzorec št.:	Začetna teža (g)	Končna teža (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
4.	149,26	134,81	14,45	10,72%
5.	116,06	104,47	11,59	11,09%
6.	122,2	110,94	11,26	10,15%
Povprečje:				10,65%

Ravnovesna vlažnost furnirja pri relativni zračni vlažnosti 65 % in temperaturi 20 °C

Vzorec št.:	Začetna teža (g)	Končna teža (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
7.	197,26	171,05	26,21	15,32%
8.	152,1	131,72	20,38	15,47%
9.	142,26	123,83	18,43	14,88%
Povprečje:				15,23%

Ravnovesna vlažnost furnirja pri relativni zračni vlažnosti 85 % in temperaturi 20 °C

Vzorec št.:	Začetna teža (g)	Končna teža (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
10.	134,56	110,73	23,83	21,52%
11.	142,52	117,05	25,47	21,76%
12.	151,14	124,19	26,95	21,70%
			Povprečje:	21,66%

Ravnovesna vlažnost furnirja pri relativni zračni vlažnosti 95 % in temperaturi 20 °C

Vzorec št.:	Začetna teža (g)	Končna teža (g)	mz-mk (g)	Vlažnost (%)
13.	177,47	127,83	49,64	38,83%
14.	191,46	138,32	53,14	38,42%
15.	166,83	120,79	46,04	38,12%
			Povprečje:	38,46%

Priloga C: Prostorninska masa vzorcev

Prostorninska masa vzorcev z 0% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	teža (g)	višina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	gostota (g/cm ³)
1.	86,8	60,58	50,2	50,33	0,57
2.	88,79	60,62	50,64	50,43	0,57
3.	87,64	60,6	50,64	50,19	0,57
4.	88,83	60,6	50,45	50,41	0,58
5.	90,13	60,57	50,5	50,46	0,58
6.	89,96	60,62	50,45	50,39	0,58
7.	91,32	60,71	50,05	50,12	0,60
8.	85,66	60,69	50,45	50,43	0,55
9.	86,42	60,6	50,4	50,47	0,56
10.	91,6	60,69	50,53	50,3	0,59
11.	90,52	60,7	50,43	50,46	0,59
12.	88,54	60,7	50,55	50,36	0,57
Povprečje:	88,85	60,64	50,44	50,36	0,58

Prostorninska masa vzorcev z 35% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	teža (g)	višina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	gostota (g/cm ³)
13.	85,75	60,64	50,47	49,81	0,56
14.	86,19	60,62	50,4	50,47	0,56
15.	86,13	60,66	50,43	50,3	0,56
16.	86,18	60,61	50,43	50,4	0,56
17.	86,08	60,6	50,45	50,4	0,56
18.	86,54	60,58	50,45	50,4	0,56
19.	94,17	60,66	50,52	50,45	0,61
20.	93,77	60,65	50,43	50,43	0,61
21.	93,92	60,67	50,41	50,38	0,61
22.	93,23	60,66	50,42	50,42	0,60
23.	93,21	60,67	50,44	50,44	0,60
24.	92,91	60,63	50,41	50,47	0,60
Povprečje:	89,84	60,64	50,44	50,36	0,58

Prostorninska masa vzorcev z 65% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	teža (g)	višina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	gostota (g/cm ³)
25.	83,78	60,78	50,4	50,45	0,54
26.	84,87	60,71	50,42	50,44	0,55
27.	85,48	60,73	50,41	50,45	0,55
28.	87,7	60,74	50,42	50,44	0,57
29.	89,73	60,75	50,42	50,44	0,58
30.	89,6	60,82	50,44	50,31	0,58
31.	85,32	60,69	50,33	50,4	0,55
32.	84,91	60,7	50,28	50,41	0,55
33.	86,39	60,72	50,38	50,42	0,56
34.	86,99	60,72	50,36	50,46	0,56
35.	86,26	60,71	50,35	50,42	0,56
36.	86,72	60,75	50,43	50,42	0,56
Povprečje:	86,48	60,74	50,39	50,42	0,56

Prostorninska masa vzorcev z 85% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	teža (g)	višina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	gostota (g/cm ³)
37.	85,39	60,76	50,37	50,4	0,55
38.	85,18	60,77	50,36	50,43	0,55
39.	84,66	60,74	50,35	50,43	0,55
40.	84,86	60,73	50,35	50,3	0,55
41.	85,13	60,71	50,27	50,31	0,55
42.	85,54	60,74	50,32	50,4	0,56
43.	90,93	60,89	50,41	50,43	0,59
44.	89,53	60,9	50,42	50,4	0,58
45.	90,73	60,9	50,3	50,45	0,59
46.	90,14	60,9	50,36	50,46	0,58
47.	89,53	60,85	50,19	50,35	0,58
48.	89,28	60,92	50,27	50,44	0,58
Povprečje:	87,58	60,82	50,33	50,4	0,57

Prostorninska masa vzorcev z 95% vlažnostjo furnirja

Vzorec št.:	teža (g)	višina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	gostota (g/cm ³)
49.	82,73	60,99	50,35	50,4	0,53
50.	83,25	60,98	50,32	50,42	0,54
51.	83,22	61,03	50,37	50,42	0,54
52.	84,11	60,99	50,42	50,42	0,54
53.	82,82	60,95	50,48	50,29	0,54
54.	83,5	60,95	50,42	50,29	0,54
55.	89,53	60,73	50,42	50,38	0,58
56.	89,69	60,72	50,42	50,45	0,58
57.	89,62	60,74	50,3	50,45	0,58
58.	90,07	60,7	50,36	50,44	0,58
59.	89,06	60,73	49,9	50,49	0,58
60.	89,19	60,77	50,2	50,46	0,58
Povprečje:	86,40	60,86	50,33	50,41	0,56

Priloga D: Trdnost spoja

Trdnost spoja z 0% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,4	626	0,97
2.	25,15	25,3	595	0,94
3.	25,15	25,3	456	0,72
4.	25,3	25,3	637	1,00
5.	25,4	25,4	811	1,26
6.	25,4	25,4	608	0,94
7.	25,45	25,4	658	1,02
8.	25	25,2	489	0,78
9.	25,4	25,5	625	0,96
10.	25,35	25,25	645	1,01
11.	25,3	25,3	558	0,87
12.	25,5	25,5	660	1,01
13.	25,45	25,95	593	0,90
14.	25,2	25,2	611	0,96
15.	25,4	25,2	707	1,10
Povprečje:			618,6	0,96

Trdnost spoja z 0% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 110°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,15	25,3	536	0,84
2.	25,4	25,4	565	0,88
3.	25,4	25,3	556	0,87
4.	25,45	25,3	580	0,90
5.	25,5	25,6	666	1,02
6.	25,35	25,4	457	0,71
7.	25,2	25,3	648	1,02
8.	25,2	25,25	572	0,90
9.	25,5	25,5	586	0,90
10.	25,4	25,4	458	0,71
11.	25,45	25,5	543	0,84
12.	25,4	25,35	532	0,83
13.	25,35	25,3	720	1,12

14.	25,4	25,4	560	0,87
15.	25,2	25,3	471	0,74
Povprečje:			563,33	0,88

Trdnost spoja z 35% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,2	474	0,74
2.	25,45	25,25	460	0,72
3.	25,25	25,35	524	0,82
4.	25,1	25,5	556	0,87
5.	25,4	25,3	451	0,70
6.	25,4	25,3	602	0,94
7.	25,4	25,4	563	0,87
8.	25,4	25,4	575	0,89
9.	25,2	25,3	634	0,99
10.	25,3	25,4	769	1,20
11.	25,3	25,4	642	1,00
12.	25,4	24,9	540	0,85
13.	25,4	25,4	691	1,07
14.	25,3	25,5	620	0,96
15.	25,6	25,5	699	1,07
Povprečje:			586,7	0,91

Trdnost spoja z 35% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 110°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,3	25,3	455	0,71
2.	25,4	25,1	470	0,74
3.	25,35	25,35	530	0,82
4.	25,4	25,3	636	0,99
5.	25,5	25,1	572	0,89
6.	25,4	25,5	552	0,85
7.	25,4	25,4	629	0,97
8.	25,3	25,3	537	0,84
9.	25,3	25,4	564	0,88
10.	25,3	25,4	422	0,66
11.	25,3	25,4	462	0,72

12.	25,3	25,3	612	0,96
13.	25,3	25,4	641	1,00
14.	25,6	25,4	675	1,04
	Povprečje:		554,07	0,86

Trdnost spoja z 65% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,4	466	0,72
2.	24,7	25,4	496	0,79
3.	25	25,6	473	0,74
4.	24,9	25,5	502	0,79
5.	24,5	25,3	469	0,76
6.	25,1	25,5	532	0,83
7.	25,2	25,3	556	0,87
8.	25,4	25	480	0,76
9.	25,5	25	634	0,99
10.	25,3	25,3	549	0,86
11.	25,3	25,3	555	0,87
12.	25,4	24,7	547	0,87
13.	25,4	25,2	562	0,88
14.	25,4	25,4	564	0,87
	Povprečje:		527,5	0,83

Trdnost spoja z 65% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 110°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,4	325	0,50
2.	24,8	25,5	524	0,83
3.	24,6	25,4	436	0,70
4.	25	25,5	433	0,68
5.	24,9	25,5	597	0,94
6.	24,7	25,3	452	0,72
7.	24,9	25,5	410	0,65
8.	25,2	25,6	448	0,69
9.	25,5	25,5	500	0,77
10.	25,5	25,3	516	0,80
11.	25,4	24,9	718	1,14

12.	25,4	25,4	624	0,97
13.	25,4	25,4	596	0,92
14.	25,4	24,8	616	0,98
15.	25,3	24,8	473	0,75
Povprečje:			511,2	0,80

Trdnost spoja z 85% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,3	460	0,72
2.	25,1	25,2	638	1,01
3.	25,2	25,2	647	1,02
4.	25,4	25,1	509	0,80
5.	25,3	25,1	627	0,99
6.	25,1	25,1	491	0,78
7.	25,2	25,1	501	0,79
8.	25,1	25	425	0,68
9.	25,3	25,1	445	0,70
10.	25,2	25,1	480	0,76
11.	25,2	25,2	671	1,06
12.	25,2	25,1	595	0,94
13.	25,1	25,1	646	1,03
14.	24,7	*	709	0,74
15.	25,1	*	846	0,86
Povprečje:			579,3	0,86

- vzorec okrogle oblike

Trdnost spoja z 85% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 110°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,5	25,3	503	0,78
2.	25,3	25,1	715	1,13
3.	25,2	25,1	536	0,85
4.	25,1	25,2	633	1,00
5.	25,2	25,3	640	1,00
6.	25,4	25,1	514	0,81
7.	25,3	25,3	533	0,83
8.	25,3	25,1	529	0,83

9.	25,3	25	504	0,80
10.	25,2	25,1	588	0,93
11.	25,2	25,2	603	0,95
12.	25,4	25,2	510	0,80
13.	24,3	*	615	0,66
14.	23,7	23,9	533	0,94
15.				
Povprečje:			568,3	0,88

* vzorec okrogle oblike

Trdnost spoja z 95% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 90°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,6	25,4	595	0,92
2.	25,2	25,2	576	0,91
3.	25,5	25,4	532	0,82
4.	25,5	25,4	505	0,78
5.	25,5	25,3	619	0,96
6.	25,3	25,3	523	0,82
7.	25,4	25,4	447	0,69
8.	25,3	25,1	515	0,81
9.	25,4	25,4	559	0,87
10.	25,3	25,2	455	0,71
11.	25,3	25,3	580	0,91
12.	25,3	25,3	495	0,77
13.	25,4	25,4	619	0,96
14.	25,3	25,3	475	0,74
15.	25,3	25,3	460	0,72
Povprečje:			530,3	0,83

Trdnost spoja z 95% vlažnostjo furnirja in temperaturo stiskanja 110°C

Št.vzorca:	Širina (mm)	Dolžina (mm)	Sila (N)	Spec.sila (N/mm ²)
1.	25,4	25,2	461	0,72
2.	25,4	25,4	445	0,69
3.	25,4	25,3	492	0,77
4.	25,3	25,1	380	0,60
5.	25,5	25,4	516	0,80
6.	25,3	25,3	513	0,80

7.	25,3	25,3	587	0,92
8.	25,3	25,3	373	0,58
9.	25,7	25,3	599	0,92
10.	25,4	25,4	499	0,77
11.	25,5	25,4	488	0,75
12.	25,3	25,2	501	0,79
13.	25,2	25,2	476	0,75
14.	25,1	25,2	498	0,79
15.				
		Povprečje:	487,7	0,76

