



## VPLYV PARAMETROV LISOVANIA NA KVALITU LEPENIA DÝH S VYŠŠOU VLHKOSŤOU

Ján Sedliačik

### Abstract

*The pressing process belongs to the most important and most expensive operation not only at plywood production, but also at pressing of wood panels at all. The aim of this research is the optimization of the technologic process of pressing of birch plywood: pressing pressure and pressing temperature for gluing of veneer with higher moisture content on the level up to 25 %. The important part is the proposal of phenol-formaldehyde adhesive mixture with dosing of additives suitable for gluing of plywood and evaluation of shear strength properties after conditioning for outdoor application.*

**Key words:** *pressing temperature, phenolformaldehyde adhesive, plywood, shearing strength*

### ÚVOD

Kvalitný lepený spoj je výsledkom priaznivej súhry viacerých činiteľov, ktoré majú vplyv na lepenie. Cieľom je poukázať na vzťahy medzi vlhkosťou dreva – ako produktu sušenia a jeho lepením. Všeobecné platí, že drevo by sa malo vysúšať na takú vlhkosť v akej sa lepený výrobok bude nachádzať. Pri použití v interiéri je to v rozmedzí 8 až 12 %, v exteriéri 20 až 25%.

Dostupné spôsoby lepenia hlavne za studena vyžadujú vlhkosť lepeného materiálu 8 – 12 %. Lepenie dreva aj pri vlhkosti nad 20 % je možné s polyuretánovým prepolyomérom alebo s rezorcínolovým lepidlom. Sušenie lepeného materiálu predlžuje výrobný proces a tým aj cenu finálneho výrobku.

Z týchto dôvodov je cieľom navrhnúť vhodnú zmes fenolformaldehydovej živice s prídavkom aditív a plnív, stanoviť technologické (lisovacie) faktory, ktoré by si nevyžadovali vysušenie dýh na optimálnu vlhkosť 6-8 %, ale boli by schopné vytvoriť kvalitný lepený spoj aj pri vlhkosti lepeného materiálu do 25%. Vyriešením tejto problematiky by sa podstatne skrátil výrobný proces, znížila by sa energetická náročnosť výroby a dosiahla vyššia výťažnosť drevnej suroviny.

### METODIKA PRÁCE

Drevo je nehomogénny materiál, ktorý sa skladá z buniek väčšinou mŕtvych bez protoplazmy, vyplnených vodou alebo vzduchom. Má charakter pórovito-kapilárneho, obmedzene napúčajúceho koloidu. Pre osvetlenie vzájomných vplyvov dreva a lepidla je treba

poznať nielen vlastnosti dreva ale aj obecné vlastnosti dreva. Osobitú pozornosť zasluhuje vzťah dreva k vode a jeho vplyv na problematiku lepenia. Vysoký obsah polysacharidov, najmä značný počet voľných hydroxylových skupín charakterizuje jeho hydrofilnosť a adsorpciu vodnej pary. Adsorpcia vody na hydroxylové skupiny polysacharidov dreva je daná pôsobením medzimolekulových síl a vzniku vodíkových mostíkov, okrem toho prebieha ďalej kondenzácia vodnej pary v submikroskopických priestoroch bunkovej blany.

Príjem ako aj uvoľňovanie vody závisí od relatívnej vlhkosti a teploty prostredia, čo je vyjadrené tzv. sorpčnou izotermou, pričom krivka sorpcie je odlišná od krivky desorpcie vody. Stav, pri ktorom sa rovná tlak vodnej pary na povrchu dreva parciálnemu tlaku vodnej pary prostredia pri danej teplote, sa označuje ako stav vlhkostnej rovnováhy (SVR). Priberaním hygroskopického vody sa roztláčajú mikrofibrily, čo sa prejavuje zväčšovaním objemu dreva, čiže jeho napúčaním. Znížením obsahu vody dochádza k opačnému javu, k tzv. zosychaniu, čo je často sprevádzané zošúverením, vznikom trhlín a iných väd.

V zásade možno konštatovať, že pri lepení je treba rešpektovať tri faktory, a to:

- špecifický lisovací tlak,
- lisovací čas,
- lisovaciu teplotu.

Význam lisovacieho tlaku spočíva v dostatočnom a spoľahlivom priblížení povrchov lepených materiálov (adherendov), odstránenie nerovností povrchu a ich vzájomné zabezpečenie počas času nevyhnutného na vytvorenie dostatočne pevného spoja medzi spájanými povrchmi. S klesajúcou hustotou lepeného dreva by mal klesať aj lisovací tlak. Lisovací tlak priamo súvisí s prienikom lepidla do štruktúry a vnútorných priestorov dreva. Rýchlosť a množstvo preniknutého lepidla narastá so zvyšovaním lisovacieho tlaku a znižovaním viskozity lepidla. Vysokým tlakom sa pri úzkych dielcoch vytláča z lepenej škáry veľa lepidla, pri širokých dielcoch sa zase vtláča do dreva. V oboch prípadoch však tým vznikajú chudobné spoje. Okrem toho sa vysokým tlakom drevo zbytočne zhutňuje (pri mäkkých preglejkách je potom vysoké percento zlisovania a strata na hmote).

Čas lisovania má na lepené elementy pôsobiť tak dlho, aby proces lepenia dosiahol stupeň, ktorý zabezpečuje schopnosť lepidla odolávať napätiam tvoriacim sa v spoji, ako aj vonkajším zaťaženiám. Dĺžka lisovacieho času závisí od lisovacej teploty. Čím vyššia je lisovacia teplota, tým kratší je lisovací čas. Celkový lisovací čas sa určuje na základe výpočtu, ale častejšie na základe experimentálnych skúšok.

Na vytvrdzovanie lepidla má najväčší vplyv teplota. Pri väčšine lepidiel vytvrdzujúcich účinkom chemickej reakcie možno vytvrdzovanie značne urýchliť zvýšením teploty. Ak dokonalé vytvrdzovanie lepidla pri normálnej teplote trvá niekoľko hodín, môže sa tento proces vyhriatím lepidlovej škáry skrátiť na minúty až sekundy. Príliš vysoká teplota a príliš dlhý lisovací čas môžu mať aj škodlivé účinky, pretože nastáva určité prehriatie lepidla, čo sa prejavuje zmenšením šmykového napätia, (zväčší sa krehkosť). Pri niektorých lepidlách pri vyššej teplote lepidlovej škáry sa čiastočne rozkladá vytvrdnutá živica, čo sa prejavuje zreteľným poklesom pevnosti lepeného spoja, pri PF lepidlách nad 180 °C. Vysoké lisovacie teploty majú nepriaznivý vplyv aj na drevo, ktoré sa presušuje, čím vzniká väčšie vnútorné napätie v lepidlovej škáre. Vplyv zvýšenej teploty na skrátenie lisovacieho času závisí aj od hrúbky lepeného dielca. Rozhodujúce je, za aký čas sa vyhreje lepidlová škára v strede súboru, aby sa zabezpečilo dostatočné vytvrdnutie lepidla.

Z predchádzajúcich experimentov sa preukázalo zloženie nasledovných lepidlových zmesí ako najvhodnejšie, a tieto sa podrobili ďalšiemu podrobnému testovaniu:

1. fenolformaldehydové lepidlo + škrob (100:3),
2. fenolformaldehydové lepidlo + ražná múka (100:3),
3. fenolformaldehydové lepidlo + rezorcínolformaldehydové lepidlo (100:3),
4. fenolformaldehydové lepidlo + rezorcínolformaldehydové lepidlo + ražná múka (100:1:3),
5. fenolformaldehydové lepidlo + rezorcínolformaldehydové lepidlo + škrob (100:1:5).

Pomocou každej lepidlovej zmesi sa pripravili preglejované dosky pri ôsmich rôznych parametroch lisovania, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 a podľa nasledovného postupu:

- lepený materiál na vzorky: brezové dyhy vlhkosti  $15 \pm 2\%$  a  $25 \pm 2\%$ .
- nanášanie lepidlovej zmesi: lepidlová zmes sa nanášala ručne pomocou nanášacieho valčeka, nános lepidlovej zmesi bol  $150 \text{ g/m}^2$ .
- lisovací čas je pre všetky parametre rovnaký a bol vypočítaný pre trojvrstvovú preglejku v trvaní 6 minút.

Tabuľka 1 Parametre lisovania

Č. vzorky	Tlak P [MPa]	Teplota T [°C]	Vlhkosť dýh [%]
1.	1,0	110	15
2.	1,8	110	15
3.	1,0	150	15
4.	1,8	150	15
5.	1,0	110	25
6.	1,8	110	25
7.	1,0	150	25
8.	1,8	150	25

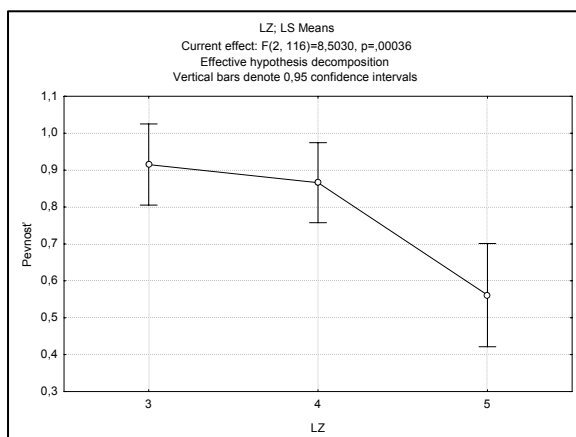
Lepivosť lepidiel je najdôležitejšia vlastnosť pri ich skúšaní a možno ju definovať ako schopnosť lepidiel, ktoré odolávajú silám pôsobiacim proti posunutiu lepených plôch. Kvalita lepenia preglejovaných dosiek šmykovou skúškou sa zisťovala podľa normy STN EN 314-1. Z nameraných výsledkov sa:

- vyhodnotí významnosť rozdielov medzi priemernými hodnotami šmykových pevností lepených spojov použitých lepidlových zmesí a jednotlivých faktorov lisovania,
- podľa experimentálnych meraní určia najvhodnejšie lepidlové zmesi pre lepenie vlhkých dýh.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

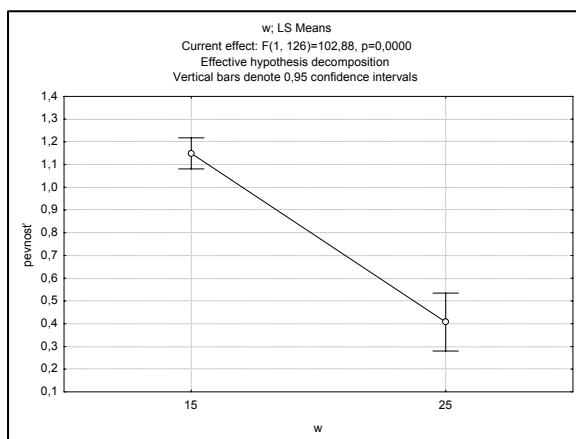
Štatistická významnosť rozdielov medzi rôznymi úrovňami sledovaných faktorov sa vyhodnotila jednofaktorovou, dvojfaktorovou a trojfaktorovou analýzou rozptylu, z ktorých výsledkom sú obrázky 1, 2, 3 a 4.

Na obrázku 1 môžeme vidieť rozdiely v šmykovej pevnosti vzoriek pri použití troch typov lepidlových zmesí a to č. 3 (PF:FR), č. 4 (PF:RF:M) a č. 5 (PF:FR:S). Z grafického zobrazenia jasne vyplýva, že najnižšiu pevnosť lepeného spoja v šmyku zo štatisticky vyhodnotených lepidlových zmesí dosahuje vzorka s použitím lepidlovej zmesi č. 5. Najväčšiu pevnosť v šmyku dosahuje lepidlová zmes č. 3 a po nej č. 4 medzi, ktorými nie je štatisticky významný rozdiel. Ako vidíme, štatisticky významný rozdiel v šmykovej pevnosti dosahuje lepidlová zmes č. 5.



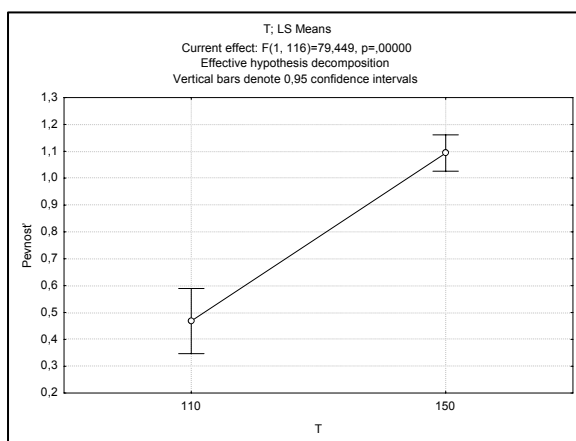
Obr. 1 Vplyv zloženia lepidlovej zmesi na pevnosť lepeného spoja šmyku

Vlhkosť lepených dýh má najväčší vplyv na pevnosť lepeného spoja v šmyku skúšobných telies, tento rozdiel môžeme vidieť na obrázku 2. Skúšobné telesá lepené pri vlhkosti 15% skoro všetky vyhoveli pevnostným skúškam v šmyku na rozdiel od skúšobných telies lepených pri vlhkosti 25%, kde normou stanovenej hodnote vyhovela len jedna séria vzoriek.



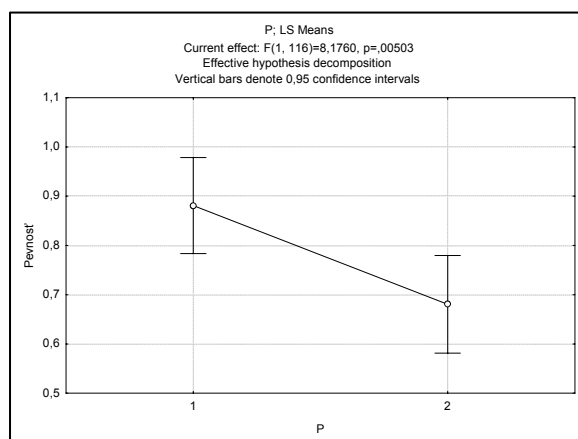
Obr. 2 Vplyv vlhkosti lepených dýh na pevnosť lepeného spoja v šmyku

Ako vidíme podľa obrázku 3 veľkosť lisovacej teploty má štatisticky významný rozdiel na pevnosť lepeného spoja v šmyku. Vyššia lisovacia teplota má kladný vplyv na pevnosť lepeného spoja v šmyku z dôvodu väčšieho odparenia vody z lepených dýh a kvalitnejšieho zosietenia lepidlovej zmesi.



Obr. 3 Vplyv lisovacej teploty na pevnosť lepeného spoja v šmyku

Lisovací tlak ako všetky ostatné faktory má významný vplyv na pevnosť lepidlovej škáry v šmyku. Na lepenie dých s vyššou vlhkosťou má lepší vplyv nižší tlak. Vyšší tlak pri lepení vlhkých dých spôsobuje že lepidlová zmes ľahko penetruje do vlhkého lepeného materiálu a vzniká chudobný spoj. Z obrázku 4 vyplýva, že lisovací tlak má štatisticky významný vplyv na kvalitu lepenia.



Obr. 4 Vplyv lisovacieho tlaku na pevnosť lepeného spoja v šmyku

## ZÁVER

Na základe experimentálnych výsledkov a štatistického vyhodnotenia sa zistilo, že lepidlové zmesi č. 1 (PF:S) a č. 2 (PF:M) nie sú vhodné na lepenie vlhkých dých. Lepšie hodnoty dosiahli lepidlové zmesi s prídavkom rezorcínolformaldehydového lepidla aj keď v malom množstve, ale pevnosť lepeného spoja v šmyku bola podstatne vyššia. Najlepšie výsledky dosiahla lepidlová zmes č. 3 (PF:FR), nasledovala zmes č. 4 (PF:FR:M) a

nakoniec zmes č. 5 (PF:FR:S). Z plnív mala priaznivejší vplyv na lepenie vlhkého dreva ražná múka ako škrob. Pri skúmaní lisovacích parametrov bolo zistené že lisovací tlak 1,0 MPa je vhodnejší na lepenie vlhkého dreva ako tlak 1,8 MPa. Dôvodom bola nižšia penetrácia lepidla do dreva a tým nevznikol chudobný lepený spoj. Z lisovacích teplôt mala lepšie výsledky teplota 150 °C ako 110 °C. Pri 150 °C sa z vlhkého dreva vyparilo viac vody a lepidlová zmes lepšie vytvrdla.

Na základe zistených hodnôt a dosiahnutých parametrov doporučujeme pre lepenie vlhkých dýh fenolformaldehydovú lepidlovú zmes s prídavkom rezorcínolformaldehydového lepidla, ktorá dosahuje z hľadiska pevnosti a ceny najlepšie hodnoty. Pre vznik kvalitného lepeného spoja vlhkých dýh je vhodnejšia lisovacia teplota 150 °C a špecifický lisovací tlak 1,0 MPa.

## LITERATÚRA

1. Bekhta, P.: Virobnictvo fanery. Vidavnictvo Osnova, Kyjev, 2003, 315 s. ISBN 966-699-029-6.
2. Bits, G., Bekhta, P., Sedliačik, J.: Technology of gluing of veneers with high moisture content. In: Drevné kompozitné materiály. TU Zvolen, 2008, s. 179–184. ISBN 978-80-228-1864-3.
3. Mirski, R., Dziurka, D., Łęcka, J.: Wpływ modyfikacji żywicy fenolowej diocetaniem propylenu na właściwości wytworzonych klejek brzożowych. In: Drevné kompozitné materiály. TU Zvolen, 2008, s. 223–228. ISBN 978-80-228-1864-3.
4. Dziurka, D.: Wpływ modyfikacji PMDI glikolem etylenowym na właściwości klejek oraz możliwość skrócenia czasu ich prasowania. In: Drevné kompozitné materiály. TU Zvolen, 2008, s. 229–232. ISBN 978-80-228-1864-3.
5. Proszyk, S., Sedliačik, J., Krystofiak, T.: Studies of gluability of pine wood with high moisture content. In: Drevné kompozitné materiály. TU Zvolen, 2002, s. 236–240.
6. Sedliačik, J.: Vplyv vlhkosti dreva na jeho aglomeráciu. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva '02. TU Zvolen, 2002, s. 333–338. ISBN 80-228-1190-4.
7. Sedliačik, J.: Zvýšenie odolnosti lepených spojov voči vode. Zborník referátov 14. medzinárodného Sympózia: „Pokroky vo výrobe a použití lepidiel v drevopriemysle.“ TU Zvolen, 1999, s. 74 – 77.
8. Starecki, A., Dziurka, D., Jabłoński, M., Paszkiewicz, A.: Determination of pressing time of plywood designated for dry conditions. In: Pokroky vo výrobe a použití lepidiel v drevopriemysle. TU Zvolen, 2007, s. 157–163. ISBN 80-228-1697-3.
9. STN EN 314-1: Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 1: Skúšobné metódy. 1998.
10. STN EN 314-2: Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 2: Požiadavky. 1998.

**Táto práca bola podporovaná agentúrou VEGA na základe grantu č. GD 2609 (1/3535/06).**