



VPLYV ZHUSTENIA DREVA VALCOVANÍM NA JEHO VYBRANÉ MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Slavomír Makovínyi – Ján Zemiár

Abstract

The article deals with the influence of compressing of veneers by rolling with the aim of the determination of compressed veneers hardness, strength in bending and modulus of elasticity in bending. The values of this characteristics were determined for beech veneers with thickness from 3 up to 4 mm in dependence on the rolling number passes at various specific pressures – from 30 MPa up to 50 MPa, tested moisture contents – 8, 16, and 30 % and temperatures - 25, 90 and 150 °C.

Key words: *rolling, specific pressure, veneer, compressing, plastification, hardness, strength in bending, modulus of elasticity in bending*

ÚVOD

Zhust'ovaním sa mení hustota dreva a zároveň sa menia od hustoty závisiace fyzikálno-mechanické vlastnosti dreva. Takmer všetky mechanické vlastnosti sa zhust'ovaním dreva zvyšujú. Zhustené drevo môže takto získať väčšiu pevnosť, pružnosť, húževnatosť, tvrdosť a odolnosť proti trvalému zaťaženiu ako má rastlé drevo. Najčastejšie sa zhust'uje listnaté drevo.

Valcovanie dreva sa dodnes v praxi širšie neuplatnilo z viacerých technologických dôvodov, ako napr.:

- pri valcovaní dreva väčšej hrúbky dochádza k jeho porušeniu v dôsledku rozdielov v napätiach medzi zhusteným a nezhuseným drevom,
- termickou a hydrotermickou úpravou sa zlepšuje plasticnosť dreva, ale po jeho zhutnení je potrebné tvar výrobku fixovať a stabilizovať,
- pružný podiel z celkovej deformácie je príliš veľký, snahou je potlačiť ho.

Ak porovnáme lisovanie s valcovaním, tak môžeme konštatovať, určité výhody zhust'ovania dreva valcovaním. Použitie lisov si vyžaduje lisovacie formy a značný rozsah ručnej práce. Tento proces je pritom prerušovaný z dôvodu výmeny materiálu, resp. aj lisovacích foriem. Pri valcovaní sa drevo zhust'uje kontinuálne, valce sú pritom lisovacou formou a zároveň aj podávacím zariadením. Valcovaním sa dá dosiahnuť vyšší tlak ako lisovaním, a tým aj rýchlejšie zhutnenie ako pri lisovaní.

Predmetom nášho skúmania bolo zhust'ovanie bukového dreva valcovaním s užším zameraním na dyhy o hrúbke 3 až 4 mm, určeným na tvorbu vrstvovitých materiálov.

Fyzikálne predpoklady

Proces zhustenia dreva závisí od hustoty, vlhkosti, teploty, smeru pôsobenia špecifického tlaku vzhľadom na makroštruktúru dreva, ako aj od parametrov valcovania – priemeru valcov, rýchlosti valcovania, počtu prechodov valcami a od špecifického tlaku.

Závislosť medzi hustotou dreva a mechanickými vlastnosťami je zložitá. Napr. pevnosť dreva závisí nielen od množstva drevnej hmoty v objemovej jednotke, ale aj od štruktúry a stavby dreva.

Pri stlačení dreva je veľmi dôležitá vlhkosť dreva, ktorá musí mať vhodnú hodnotu aby sa dosiahlo želané zhustenie a pritom sa nepoškodila štruktúra alebo nenastalo silné odpruženie, (Vorreiter 1949), Chuchrjanskij (1953) uvádza, že pri zhustovaní dreva s vysokým obsahom vlhkosti možno pozorovať trhanie stien buniek. Čím vyšší je stupeň a rýchlosť zhustovania, tým viac sa drevo poškodzuje, a tým nižšia je jeho pevnosť.

Zvýšená teplota spôsobuje zmeny v základných chemických zložkách dreva, ktoré následne ovplyvňujú fyzikálne, mechanické a chemické vlastnosti dreva. So zmenou teploty nastáva zmena základných mechanických vlastností dreva (pevnosť, pružnosť, plasticnosť a húževnatosť), (Kúdela 1991). Nárast teploty má za následok buď prechodné zmeny vlastností materiálu, čo je zapríčinené prechodnou zmenou vnútorných energetických hladín, alebo zanecháva trvalé účinky na mechanických vlastnostiach dreva. Keď je drevo ohrievané klesá jeho pevnosť a tuhosť. Účinok teploty je okamžitý a väčšinou je vratný pri krátkom čase ohrevu. Ak je drevo vystavené vyšším teplotám dlhší čas tak, sa jeho pevnosť zníži natrvalo. Táto závislosť je do 150 °C lineárna, (Green a kol. 1999).

Podľa KURJATKA a kol. (2010) tvrdosť zlisovaného dreva topoľa osikového je závislá na hustote dosiahnutej lisovaním. Lisovaním kolmo na vlákna v tangenciálnom smere sa dosiahlo zvýšenie hustoty a zároveň aj tvrdosti dreva.

NAVI a GIRARDET (2000) zistili významné zlepšenie mechanických vlastností po lisovaní bukových a smrekových vzoriek hrúbky 30 mm pri teplote 150 °C, vlhkosti vyššej ako 13 % a tlaku 13 MPa. Poukázali na zvýšenie tvrdosti (podľa Brinela) bukovej vzorky v radiálnom smere z 35 MPa na 160 MPa a v tangenciálnom smere z 60 MPa na 315 MPa.

MATERIÁL A METODIKA

Metodika práce

Experimentmi sme zisťovali zmenu mechanických vlastností vplyvom zhustovania dreva. Sledovala sa tvrdosť, modul pružnosti v ohybe a pevnosť v ohybe. Hodnotili sme vplyv teploty, vlhkosti a počtu prechodov valcami na uvedené mechanické vlastnosti zhusteného dreva. Vzorky boli rezané dyhy z dreva buka lesného (*Fagus sylvatica*, L.), o hrúbke 3 až 4 mm. Vzorky sme rozdelili po 8 kusov do skupín, ktoré boli zhustované pri teplote valcovania 25, 90 a 150 °C a pri vlhkostiach 8, 16 a 30 %. Teplota valcov a priestoru dopravníka pred valcami bola udržiavaná pomorou regulovaných IČ zdrojov a zisťovaná pyrometrom. Mechanické vlastnosti sa merali po 2, 4 a 16 prechodoch, pričom sa postupne zvyšoval manometrický tlak valcovacieho zariadenia z 5 na 7 a 10 MPa. Skúšky boli vykonané po klimatizácii vzoriek na teplotu 25 °C a vlhkosť 8 %.

Zvolené hodnoty valcovacích síl pôsobiacich na valcované dyhy - 40, 55 a 80 kN sa dosiahli pri manometrických tlakoch 5, 7 a 10 MPa. Týmito tlakmi sa podľa hĺbky stlačenia dreva valcami dosiahli približne tieto špecifické tlaky 30, 40 a 50 MPa.

Mechanické skúšky

Mechanickými skúškami sme zisťovali pevnosť v ohybe, pružnosť v ohybe a tvrdosť zhustených vzoriek. Modul pružnosti v ohybe a pevnosť v ohybe sme stanovili podľa normy EN 310 a EN 12089. Metóda spočíva v ohybovej skúške skúšobného telesa, ktoré sa umiestni na dve podpory a v strede sa zaťažuje osamelým bremenom.

Tvrdosť sme určili podľa JANKA. Statickú tvrdosť H_j , pri vlhkosti w a zatlačení razníka do hĺbky 2,82 mm vypočítame podľa rovnice

$$H_j = \frac{4F}{3\pi \cdot r^2} \quad (1)$$

Z dôvodu tenších skúšobných dých ako 2,82 mm sa vzorky podkladali ďalšími rovnakými dvomi dyhami, aby bola hrúbka skúšaného materiálu dostatočná na meranie statickej tvrdosti.

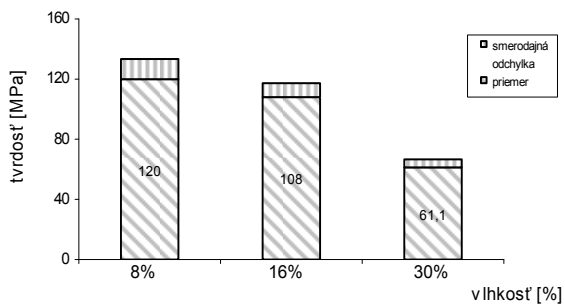
VÝSLEDKY

Výsledky experimentov sú uvedené v nasledujúcej tab.1 a 2 a na obr. 1 až 3.

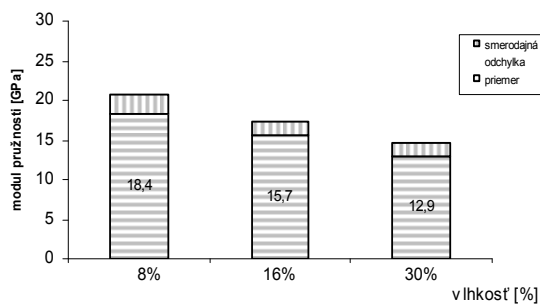
Tab. 1 Podmienky valcovania dých: teploty valcovania, vlhkosti dých, počet prechodov valcami, špecifické tlaky a zhustenia a priemerné hodnoty tvrdosti, modulu pružnosti a pevnosti v ohybe

Teplota*	Vlhkosť	Počet prechodov	Tlak	Pomerná zmena hrúbky	Tvrdosť	Modul pružnosti v ohybe	Pevnosť v ohybe
°C	%	prechody	MPa	%	MPa	GPa	MPa
25	8	0	0	0	43,8	16,6	155
25	8	2	33,1	26,1	91,4	15,6	150
		4	40,6	34,1	120	18,4	162
		16	53,5	42,4	115	19,7	181
	16	2	36,8	20,4	81,1	14,7	150
		4	44,1	28,8	108	15,7	148
		16	53	40,2	122	19,2	168
	30	2	48,9	12,1	51,5	12,8	130
		4	52,9	19,8	61,1	12,9	132
		16	60,1	30,9	99,2	18,3	147
90	8	2	32,5	28,6	117	17,7	172
		4	40,4	34,3	111	24,9	218
		16	52,8	42,3	125	16,3	168
	30	2	37,1	30,0	60,0	12,8	133
		4	55,6	34,0	67,6	15,1	162
		16	71,1	44,8	85,5	16,1	147
150	8	2	32,9	20,7	101	16,8	173
		4	41	17,8	121	18,4	181
		16	51,3	22,0	126	20,8	194

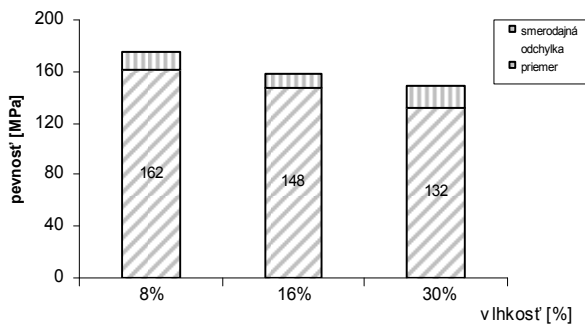
- Pozn: teploty uvedené v tabuľke: 90 a 150 °C boli teploty valcov. Vzorky vstupujúce do priestoru valcov mali teplotu 25 °C.



Obr. 1 Závislosť tvrdosti dýh od vlhkosti po 4 prechodoch valcami a teplote 25 °C



Obr. 2 Závislosť modulu pružnosti v ohybe dýh od vlhkosti po 4 prechodoch valcami a teplote 25 °C



Obr. 3 Závislosť pevnosti v ohybe dýh od vlhkosti po 4 prechodoch valcami a teplote 25 °C

Tab. 2 Vplyv parametrov (počet prechodov valcov, vlhkosť dých a teplota valcovania), na zmenu tvrdosti, pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe a na zmenu hrúbky valcovaných dých.

Veličina	Parameter	Zmena parametra	Pomerná zmena veličiny	Poznámka
tvrdosť	počet prechodov	z 0 na 4	+ 170 %	t =25 °C, w = 8 %
		z 0 na 16	+ 163 %	
	vlhkosť	z 8 % na 16 %	- 10 %	t =25 °C, 4 prechody
		z 8 % na 30 %	- 50 %	
	teplota	z 25 °C na 90 °C	- 8 %	w= 8 %, 4 prechody
		z 25 °C na 150 °C	+ 1,5 %	
pevnosť v ohybe	počet prechodov	z 0 na 4	+ 4,5 %	t =25 °C, w = 8 %
		z 0 na 16	+ 17 %	
	vlhkosť	z 8 % na 16 %	- 10 %	t =25 °C, 4 prechody
		z 8 % na 30 %	- 19 %	
	teplota	z 25 °C na 90 °C	+ 34 %	w= 8 %, 4 prechody
		z 25 °C na 150 °C	+ 12 %	
modul v ohybe	počet prechodov	z 0 na 4	+ 10 %	t =25 °C, w = 8 %
		z 0 na 16	+ 19 %	
	vlhkosť	z 8 % na 16 %	- 14 %	t =25 °C, 4 prechody
		z 8 % na 30 %	- 23 %	
	teplota	z 25 °C na 90 °C	+ 35 %	w= 8 %, 4 prechody
		z 25 °C na 150 °C	+ 10 %	
pomerná zmena hrúbky	počet prechodov	z 0 na 4	+ 34,1 %	t =25 °C, w = 8 %
		z 0 na 16	+ 42,4 %	
	vlhkosť	z 8 % na 16 %	- 5,3 %	t =25 °C, 4 prechody
		z 8 % na 30 %	- 14,3 %	
	teplota	z 25 °C na 90 °C	+ 0,2 %	w= 8 %, 4 prechody
		z 25 °C na 150 °C	- 16,3 %	

DISKUSIA

Zvyšovaním počtu prechodov sa pomerná hrúbka dreva znižovala t.j. dyhy sa zhusťovali a v dôsledku toho prevažne hodnoty sledovaných mechanických veličín rástli.

Po 2, 4 a 16 prechodoch sa najväčšie pomerné zmeny hrúbky dosiahli pri teplote valcovania 90 °C a vlhkosti 30 %.

Najväčší a jednoznačný vplyv malo zhustenie materiálu na tvrdosť. Valcovaním dých pri teplote 25 °C a vlhkosti 16 % sa dosiahli najlepšie výsledky. Hodnoty tvrdosti dých po štyroch prechodoch vzrástli až na 2,5 násobok. S rastúcim počtom prechodov sa prevažne hodnoty pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe zvyšovali, avšak zvýšené hodnoty neprekročili ani v jednom prípade 1,5 násobok pôvodnej hodnoty.

Rastúca vlhkosť dých mala záporný vplyv na všetky sledované mechanické vlastnosti t.j., znižovali sa. Najvýznamnejšie poklesla tvrdosť.

Rastúca teplota valcovania zvyšovala hodnoty mechanických vlastností. Väčšie zvýšenie sa zistilo pri teplote 90 °C ako pri 150 °C. So zvýšením teploty z 25 °C na 90 °C pri 4 prechodoch valcami narástli hodnoty pevnosti a modulu pružnosti o 34 %, resp. 35 %, zatiaľ čo pri zvýšení teploty valcovania na 150 °C to bolo len o 10 a 12 %. Tento zdanlivý paradox sa dá vysvetliť priebehom dvoch fyzikálnych procesov - plastifikácie a sušenia, ktoré majú protichodný účinok na sledované veličiny. Najmenší vplyv mala teplota na tvrdosť dýh.

ZÁVER

Tvrdosť, modul pružnosti v ohybe a pevnosť v ohybe sú dôležité mechanické veličiny pri určovaní kvality drevných materiálov. Valcovaním dýh o hrúbke 3 - 4 mm je možné výrazne zvyšovať ich tvrdosť. Experimenty ukázali, že valcovaním dýh 4 prechodmi valcami pri teplote 25 °C a vlhkosti 8% sa dosiahlo až 2,7 – násobné zvýšenie tvrdosti. Zvýšenie modulu pružnosti v ohybe a pevnosti v ohybe bolo maximálne len 1,5 násobné. Zvyšovaním vlhkosti dýh sa skúmané vlastnosti jednoznačne znižovali. Môžeme konštatovať, že valcovaním dýh o hrúbke 3 - 4 mm je možné predovšetkým zvyšovať ich tvrdosť.

Pre použitie technológie valcovania dýh v praxi navrhujeme parametre - vlhkosť dýh 8 %, teplota dýh 25 °C, počet prechodov 4, pri špecifickom tlaku 30 až 40 MPa.

Podakovanie

Príspevok vznikol za podpory agentúry VEGA pri riešení projektu č. 1/0422/12 „Modifikovanie vlastností dreva pre účely jeho 3 D – tvárnenia“.

LITERATÚRA

- [1] CHUCHRJANSKIJ, P.N., 1953. Zušľachtovanie dreva, časť 1 Lisovanie dreva, 5.zväzok technológie dreva (Pressovanije drevesiny, Gozlesbumizdat, 1949, Moskva-Leningrad) Práca, Vydavateľstvo ROH, Bratislava, 156 s.
- [2] KURJATKO, S a kol., 2010. Parametre kvality dreva určujúce jeho finálne použitie, vydavateľstvo TU vo Zvolene, TU Zvolen, 352 s.
- [3] NAVI, P, GIRARDET, F., 2000. Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood, Holzforchung, Vol.54, s.287-293
- [4] VORREITER, L., 1949. Holztechnologisches Handbuch, Band 1, Allgemeines, Holzkunde, Holzschutz und Holzverwertung, Verlag Georg Frame, Wien, 537 s.