



KOLÍKOVÉ SPOJE DREVENÝCH PRVKOV NAMÁHANÝCH NA STRIH

Jana Šúriková

Abstract

In the paper the analysis of the influence of joint elements on strength characteristics of dowel joints using self-bored wood screw, normal wood screw and nail is presented.

Key words: *strength characteristic, shearing stress, dowel joint, self-bored wood screw, normal wood screw, nail*

ÚVOD

Drevo ako prírodný materiál obklopuje človeka od praveku až do dnešných dní. Popri mnohých výhodných vlastnostiach sú nevýhodou dreveného materiálu jeho obmedzené rozmery dané rozmerom pôvodného stromu. Preto prvým krokom v technológii spracovania dreva bolo jeho delenie a spájanie do prvkov požadovanej veľkosti. Na spájanie sa využívalo buď lepenie alebo spojovacie elementy – a to z vlastného materiálu, alebo z iného vhodného materiálu.

Kolíkové spojovacie prostriedky tvoria hlavnú skupinu spojovacích prostriedkov. Pri prenose sily je u nich vyvolaný jednak ohyb, ale i napätie v otláčenej stene otvoru a šmykové napätie dreva pozdĺž drieku. Do skupiny kolíkových spojov zaradíme klincové spoje, svorníkové spoje, kolíkové spoje a spoje so skrutkami. [1]

V článku je uvedené porovnanie pevnostných a tuhostných charakteristík kolíkových spojov namáhaných na strih s využitím rozdielných spojovacích prostriedkov – normálnych a samorezných skrutiek do dreva a hladkých klincov.

Ako skúšobný materiál boli pre experimenty vybrané dreviny smrek a topol z dôvodov posúdenia možnosti využitia juvenilného dreva rýchlorastúcich drevín vo vhodných výrobkoch.

Juvenilné drevo alebo mladé drevo je názov pre drevnú hmotu, ktorá prirastá na mladom strome, okolo stržňa ostáva aj na starších stromoch, kde je najväčší podiel výskytu mladého dreva je v korunovej časti stromu. Praktický význam nadobúda juvenilné drevo u rýchlorastúcich drevín, kde jeho podiel dosahuje 30 – 45 %. Juvenilné drevo je charakterizované širokými ročnými prírastkami, ktoré okolo stržňa môžu dosahovať šírku takmer 10 mm. Takýto ročný kruh má vysoký podiel pórovitého jarného dreva a malý podiel hustého letného dreva [2]. Tento jav sa odráža v hustote dreva, ktorá je u juvenilného dreva oproti staršiemu drevu nižšia takmer o 40 %. Nakoľko hustota dreva ovplyvňuje všetky jeho vlastnosti, treba u juvenilného dreva očakávať zníženie

mechanických vlastností a aj zmeny vo fyzikálnych vlastnostiach. Pri cielenom spôsobe porezu je možné už pri piliarskom spracovaní suroviny drevo oddeliť rezivo s prevažne juvenilným drevom a túto surovinu samostatne využiť vo vhodne vybraných výrobkoch. Medzi dreviny, ktoré v našich podmienkach môžu mať vysoký podiel juvenilného dreva patrí aj topoľ.

V predloženom článku je preto uvedená aj analýza možnosti využitia topoľového juvenilného dreva do trojvrstvého nosného prvku, buď celého z topoľového dreva, alebo v kombinácii so smrekovým drevom, kde by topoľ tvoril strednú lamelu.

Práca je súčasťou riešenia grantového projektu č. 1/0196/08.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Metodika práce bola zvolená v zhode s predchádzajúcim výskumom KNDV podľa EN 26 891 s orientáciou na určenie pevnostných a tuhostných charakteristík spojov s použitím mechanických spojovacích prostriedkov.

a) Skúšobný materiál

Pre experimenty boli pripravené skúšobné telesá podľa obr. 1 z drevín smrek (*Picea abies*) a topoľ (*Populus*) – juvenilné drevo. Skúšobné vzorky boli spojené ako čisto smrekové, topoľové a kombinované - vonkajšie lamely smrekové, stredná lamela topoľová. Styčné plochy boli upravené na hladko frézovaním. Pre uvedené experimenty boli skúšobné vzorky klimatizované na 12 %.

b) Spojovací element

Ako spojovací element bola použité skrutky o rozmeroch vhodných na porovnanie hladkými klineciami, ktoré v predchádzajúcom výskume mali rozmer $\varnothing$ 3,2 mm, dĺžka 63 mm. Skrutky s rovnakým priemerom jadra mali vonkajší $\varnothing$ 5 mm a dĺžku 60 mm, preto boli v experimentoch použité takéto skrutky. Samostatne boli testované samorezné skrutky do dreva a obyčajné skrutky do dreva. Samorezná skrutka má v spodnej tretine závitú vrúbkovanie, ktoré pracuje ako rezný nástroj, preto pre tento typ skrutiek nie je potrebné predvrtanie otvorov. Výsledky experimentov s použitím hladkého klinca boli čerpané z predchádzajúcich prác KNDV [3].

c) Skúšobné zariadenie

Skúšobné telesá boli namáhané na strih na univerzálnom stroji FPZ 100/1 s použitím stupnice do 20 kN a s použitím datalogera ALMERO 2690-8 od výrobcu Ahlborn, ktorý bol prepojený s univerzálnym strojom a počítačom.

d) Postup zaťaženia

Pre daný typ spoja sa z predbežných skúšok určilo odhadnuté maximálne zaťaženie F_{ets} . Zaťaženie musí pôsobiť až do $0,4 F_{ets}$. Požiadavka dodržania pôsobenia zaťaženia je 30 s pri $0,4 F_{ets}$ a $0,1 F_{ets}$ je určená na vyrovnanie inverzného zaťaženia.

Do hodnoty $0,7 F_{ets}$ sa dodržiava konštantná rýchlosť zaťaženia $0,2 F_{ets} \cdot \text{min}^{-1}$. Nad hodnotou $0,7 F_{ets}$ až do porušenia sa zaťažuje stálou rýchlosťou tak, aby celkový čas bol 10 až 15 minút.

Meranie posunutia sa vykonalo s použitím indikátorových hodínok (presnosť 0,01 mm, max. 10 mm). Väčšie posunutia boli odčítané zo stupnice trhacieho stroja. Zaťaženie dosiahnuté pri porušení spoja alebo pri dosiahnutí 15 mm sa považuje za maximálne zaťaženie F_{max} . Zo zaznamenaných údajov sme určili pre každý spoj tieto charakteristiky:

maximálne zaťaženie	$F_{\max}$
odhadnuté maximálne zaťaženie	F_{est}
počiatočné posunutie	$v_i = v_{04}$
modifikované počiatočné posunutie	$v_{i, \text{mod}} = \frac{4}{3}(v_{04} - v_{01})$
trvalé počiatočné posunutie	$v_s = v_i - v_{i, \text{mod}}$
pružné posunutie	$v_e = \frac{2}{3}(v_{14} + v_{24} - v_{11} - v_{21})$
počiatočný modul posunutia	$k_i = 0,4F_{\text{est}} / v_i$
modul posunutia	$k_s = 0,4F_{\text{est}} / v_{i, \text{mod}}$
posunutie pri $0,6 F_{\max}$	$v_{0,6}$
modifikované posunutie pri $0,6 F_{\max}$	$v_{0,6, \text{mod}} = v_{0,6} - v_{24} + v_{i, \text{mod}}$
posunutie pri $0,8 F_{\max}$	$v_{0,8}$
modifikované posunutie pri $0,8 F_{\max}$	$v_{0,8, \text{mod}} = v_{0,8} - v_{21} + v_{i, \text{mod}}$

Okrem týchto charakteristík sme zaznamenali aj $Y_{\max}$, t.j. posunutie pri únosnosti spoja $F_{\max}$. Únosnosť spoja vyjadruje maximálne zaťaženie $F_{\max}$.

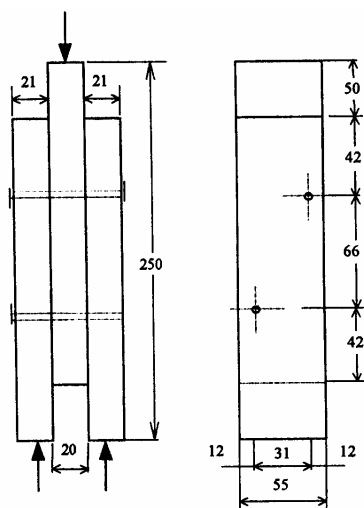
Počiatočné a modifikované počiatočné posunutie v_i , $v_{i, \text{mod}}$ predstavujú vlastné posunutie pri zaťažení $0,4 F_{\text{est}}$. Modifikované počiatočné posunutie, upravené vzhľadom na počiatočnú fázu zaťaženia od 0 do $0,1 F_{\text{est}}$, eliminuje rôzne nepresnosti.

Trvalé počiatočné posunutie v_s predstavuje rozdiel medzi počiatočným a jeho modifikovaným posunutím. Nadobúda kladné alebo záporné hodnoty podľa toho či je krivka v počiatočnej fáze konvexná alebo konkávna.

Pružné posunutie (modifikované) v_e predstavuje pružnú deformáciu spoja pri zaťažení $0,4 F_{\text{est}}$.

Počiatočný i samotný modul posunutia k_i , k_s vyjadruje tuhosť spoja. Moduly nachádzajú uplatnenie pri výpočte okamžitej a konečnej deformácie spoja.

Posunutie pri silách $0,6 F_{\max}$, $0,8 F_{\max}$ a $Y_{\max}$ charakterizujú priebeh deformovania spoja v poslednej fáze zaťaženia (pred porušením).



Obr. 1 Skúšobná vzorka

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne namerané výsledky boli svedomite zaznamenané a graficky vyhodnotené pre jednotlivé spojovacie elementy a pre drevinu smrek, topoľ a kombináciu drevín – vonkajšie lamely smrek, stredná lamela topoľ (mix):

SS – samorezná skrutka

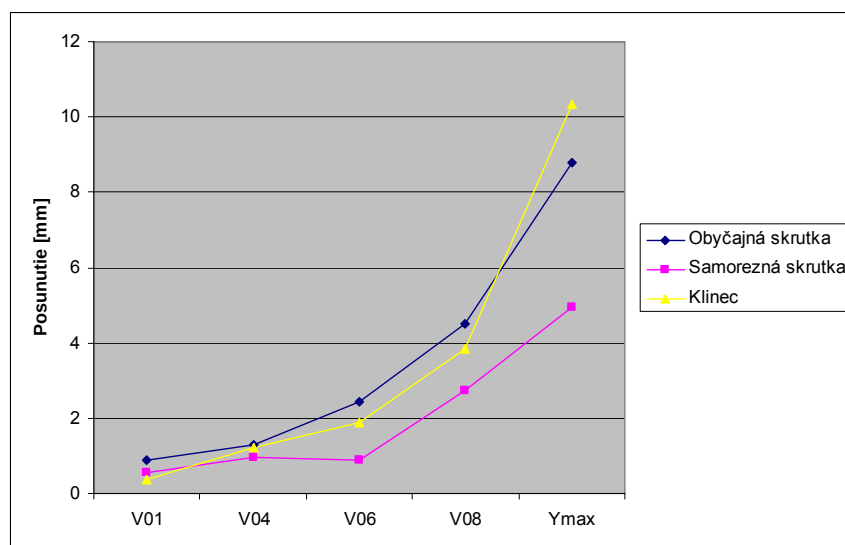
OS – obyčajná skrutka, výsledky sú čerpané z práce [4]

KL – hladký klinec, výsledky sú čerpané z publikácie [3]

Číselné údaje sú uvedené v tabuľkách č. 1 až 3 a grafické znázornenie je uvedené na obrázkoch č.2 až 4.

Tabuľka 1 Veľkosť posunutia spoja pri drevine smrek

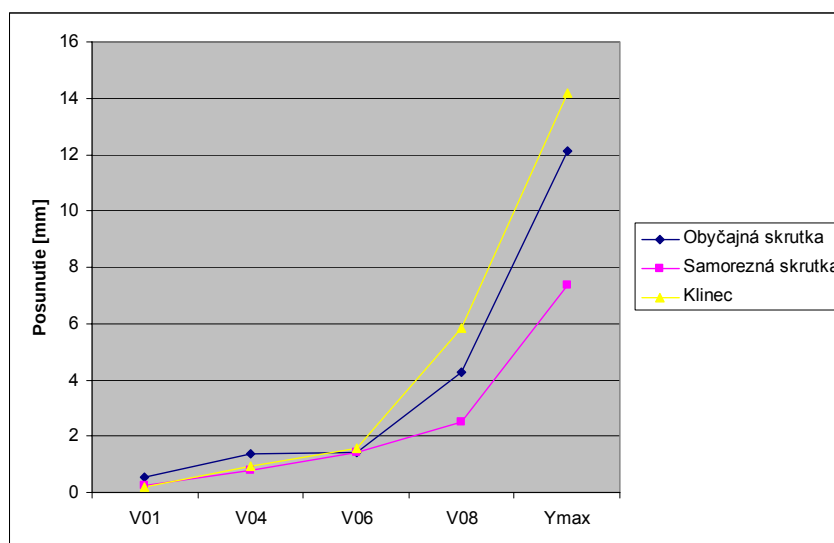
Spojovací prostriedok	Parameter	Posunutie v mm				
		V ₀₁	V ₀₄	V ₀₆	V ₀₈	Y _{max}
Obyčajná skrutka	posunutie [mm]	0,889	1,290	2,429	4,520	8,782
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,17	0,11	0,28	0,35	1,18
	variačný koeficient [%]	9,08	8,32	11,47	7,81	13,39
Samorezná skrutka	posunutie [mm]	0,560	0,972	0,869	2,742	4,932
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,13	0,17	0,35	0,38	1,81
	variačný koeficient [%]	23,66	12,17	24,62	8,82	23,12
Klinec	posunutie [mm]	0,374	1,213	1,901	3,851	10,326
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,08	0,14	0,21	0,41	2,33
	variačný koeficient [%]	6,21	7,97	12,15	8,34	22,16



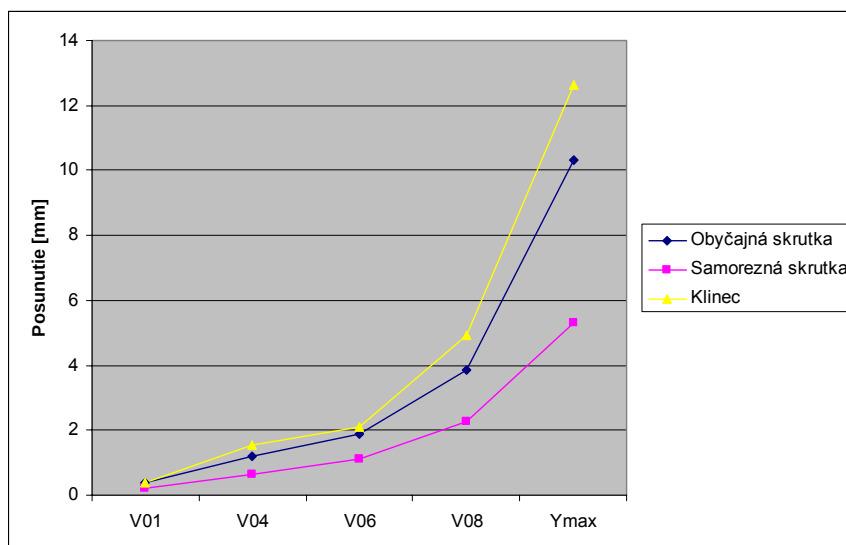
Obrázok 2 Veľkosť posunutia spoja pri drevine smrek

Tabuľka 2 Veľkosť posunutia spoja pri drevine topoľ

Spojovací prostriedok	Parameter	Posunutie v mm				
		V ₀₁	V ₀₄	V ₀₆	V ₀₈	Y _{max}
Obyčajná skrutka	posunutie [mm]	0,556	1,357	1,406	4,264	12,132
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,11	0,17	0,26	0,38	2,81
	variačný koeficient [%]	23,66	12,17	11,21	8,82	23,12
Samorezná skrutka	posunutie [mm]	0,246	0,808	1,412	2,501	7,369
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,08	0,15	0,35	0,38	1,19
	variačný koeficient [%]	23,66	12,17	24,62	19,96	12,59
Klinec	posunutie [mm]	0,217	0,912	1,573	5,847	14,172
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,10	0,14	0,19	1,93	3,16
	variačný koeficient [%]	19,44	11,02	18,39	21,56	23,74

**Obrázok 3 Veľkosť posunutia spoja pri drevine topoľ****Tabuľka 3 Veľkosť posunutia spoja pri kombinovanej vzorke smrek - topoľ**

Spojovací prostriedok	Parameter	Posunutie v mm				
		V ₀₁	V ₀₄	V ₀₆	V ₀₈	Y _{max}
Obyčajná skrutka	posunutie [mm]	0,374	1,213	1,901	3,851	10,326
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,05	0,24	0,14	0,69	3,75
	variačný koeficient [%]	14,25	18,54	12,31	20,85	38,68
Samorezná skrutka	posunutie [mm]	0,224	0,639	1,115	2,275	5,294
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,11	0,14	0,18	0,82	1,54
	variačný koeficient [%]	14,67	11,75	15,16	28,58	23,27
Klinec	posunutie [mm]	0,376	1,531	2,112	4,923	12,623
	Smerodajná odchýlka [kN]	0,12	0,14	0,21	1,88	2,95
	variačný koeficient [%]	16,14	18,97	22,36	17,47	24,08



Obrázok 4 Veľkosť posunutia spoja pri kombinovanej vzorke smrek - topoľ

Vplyv spojovacieho elementu

Z predchádzajúcich číselných údajov a grafického zobrazenia vyplýva, že rozdiel posunutí spoja sa začína výraznejšie prejavovať až pri hodnote $v_{0,8}$ a to pri všetkých testovaných spojovacích prvkoch. Z pohľadu tuhosti spoja sa v oblasti zaťaženia 0,4 a 0,6 F_{max} klinecový spoj javí ako tuhší, naopak pri hodnotách Y_{max} vo všetkých sledovaných prípadoch klinecový spoj vykazoval najväčšie posunutie (oproti obyčajnej skrutke približne o 13 %, oproti samoreznej skrutke asi o 40 %). Z hľadiska tuhosti spoja sa skrutkový spoj javí ako výhodnejší pre vyššie zaťaženia.

Vplyv drevinovej skladby

Najvýhodnejšia drevinová skladba skúšobných vzoriek sa podľa očakávania ukázala skupina čistých smrekových skúšobných vzoriek, čisté topoľové mali najnižšie hodnoty tuhosti a teda najväčšie posunutia v celej oblasti zaťaženia. Uspokojivejšie výsledky boli dosiahnuté pri kombinovaných skúšobných vzorkách, pri ktorých sa maximálne posunutie Y_{max} oproti topoľovým vzorkám znížilo približne o 15 %.

ZÁVER

Výsledky experimentov uvedené v tomto článku dokazujú, že tuhosť kolíkových spojov vykazuje významné rozdiely pri použití jednotlivých spojovacích elementov tohto typu spoja. Z pohľadu posunutia od hranice zaťaženia $0,8 F_{max}$ a pri Y_{max} sa jednoznačne ako najvýhodnejší spojovací prvok javí samorezná skrutka a ako najmenej výhodný hladký klinec. Prednosti skrutiek do dreva vyplývajú zo skutočnosti, že pri zaskrutkovaní si skrutka vytvára v dreve maticu a drevo v okolí skrutky sa zhusťuje. Pružnostné vlastnosti dreva umožňujú, aby hmota vnikla do závitov skrutky, čím sa zväčšuje veľkosť styčnej plochy medzi drevom a skrutkou a zároveň sa zväčšuje hustota dreva v mieste styku. Zvyšovaním hustoty dreva v mieste spoja sa vytvárajú priaznivejšie pevnostné podmienky.

V prípade samoreznej skrutky si skrutka vyrezáva závit v dreve bez predošlého predvŕtania a celý objem drevnej hmoty v okolí skrutky sa zhusťuje, obyčajná skrutka si vyžaduje predvŕtanie otvorov a tým sa zhustená plocha znižuje.

V konštruktérskej praxi sa skrutkové spoje namáhané na strih dimenzujú v prípade priemeru skrutky menšom ako 8 mm ako klince, v prípade priemeru väčšieho ako 8 mm sa dimenzujú ako svorníky. Výsledky našich experimentov ukázali, že pri hlbšej analýze sa dá v budúcnosti predpokladať spresnenie resp. úprava dimenzovania skrutkových spojov využívajúcich moderné typy samorezných skrutiek do dreva.

LITERATÚRA

1. ELHBECK, J. – WERNER, H., 1998: Svorníkové a kolíkové spoje I. In: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1 Navrhování a konstrukční materially. Zlínské tiskárny Zlín 1998, ISBN 80-238-2620-4
2. ČUNDERLÍK, I. A KOL. : 2004: Vybrané fyzikálne a mechanické vlastnosti juvenilného borovicového dreva. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva'04. Zvolen, TU, 77-82 p., ISSN 80-228-1385-0
3. DUDAS, J.- PAULENKOVÁ, M. – JOŠČÁK, P.: 2000: Vplyv vlhkosti na kľincové spoje. In: Drevo, vol. 54, 2000, s. 54-58
4. AMBRUŽ, M.: 2007: Analýza vplyvu vybraných faktorov na pevnostné charakteristiky kolíkových spojov, Zvolen, TU, diplomová práca, 71 s., nepublikované
5. JOŠČÁK, P.: 1999: Pevnostné navrhovanie nábytku. TU Zvolen, 246s., ISBN 80-228-0921-7
6. HILSON, B.O.: 1998: Hřebíkové spoje I., Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1 Navrhování a konstrukční materially. Zlínské tiskárny Zlín 1998, ISBN 80-238-2620-4
7. EHLBECK, J. – EHRHARDT, W.: 1998: Spoje s vruty do dřeva. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1 Navrhování a konstrukční materially. Zlínské tiskárny Zlín 1998, ISBN 80-238-2620-4