



## ANALÝZA DEFEKTOV NA POVRCHU ŠKÁROVKOVÝCH DIELCOV

Igor Čunderlík – Jozef Kúdela

### Abstract

#### *Analysis of defects occurring on surface of edge glue panels*

The aim of this work was to study edge glue boards with splits and surface protrusions significantly enhancing the board surface unevenesses, and to analyse the surface geometry through parameters of roughness and waviness. The highest splitting risk was found for tangential lamellae manipulated from juvenile wood. The pronounced waviness, in form of rib protrusions, was observed especially on tangential surfaces at the interface between the early and late wood. These protrusions originated due to swelling of misshapen early wood layer under these lines during the wood surface treatment with water-soluble substances. The deformations of sub-surface early wood layers were due to mechanic overloading of spruce lamellae in manufacturing edge glue boards.

**Key words:** edge glue boards, surface defects, splits, surface unevenesses

### ÚVOD

Škárovková doska, ktorá je vyrobená z lamiel z masívneho dreva, predstavuje veľmi kvalitný, prírodný a ekologicky nezávadný materiál. Vyrába sa hlavne zo smrekového, v menšej miere aj z borovicového dreva. Pri výrobe škárovkových dosák sa používa kvalitnejšia drevná surovina. Naviac, pri výrobe lamiel, ktoré sa používajú na škárovkovú dosku, sa vymanipulujú výrazné chyby (hrče, trhliny, hniloba, smolníky a pod.), čím sa získa kvalitný homogénejší veľkoplošný materiál. Vzhľadom na veľkoplošnosť, lepšiu tvarovú stabilitu a zachovanie prirodzenej textúry dreva, nachádza veľké uplatnenie v nábytkárskej výrobe. Vhodnou povrchovou úpravou môžeme zvýrazniť textúru dreva a tým aj jeho prirodzenú krásu a v neposlednom rade estetickú hodnotu výrobku (Kúdela 2012). Na druhej strane povrchovou úpravou sa môžu zvýrazniť aj niektoré defekty podkladu, ktoré vznikli počas výroby škárovky, alebo aj pri samotnej povrchovej úprave. Pritom pred povrchovou úpravou nemuseli byť viditeľné (Čunderlík a Kúdela 2011). Na veľkých plochách, ktoré nám poskytuje škárovka, je zvýšená frekvencia ich výskytu.

Všeobecne možno povedať, že kvalita povrchu škárovky po povrchovej úprave môže byť ovplyvnená vlastnosťami dreva, vlastnosťami látok použitými na povrchovú úpravu ako aj interakciami medzi podkladom a danými látkami. Najčastejšimi chybami na plochách škárovkových dosák sú trhliny, zvýšené nerovnosti povrchu, ktoré je možné pozorovať hlavne

na tangenciálnych plochách na rozhraní letného a jarného dreva a tiež tmavé pruhy po morení v mieste lepenej škáry, atď. (Čunderlík a Javorek 2004, 2008, Čunderlík a Kúdela 2011).

Cieľom tejto práce bola analýza trhlín v jednotlivých lamelách smrekových škárovkových doskách z pohľadu kvality lamiel a príčin ich vzniku. Analyzovali sa tiež nerovnosti povrchu škárovkových nábytkových dielcov, ktoré sú príčinou zvýšenej vlnitosti povrchu.

## MATERIÁL A METODIKA

Na komplexnú analýzu povrchov škárovkových dielcov boli z konkrétneho výrobného závodu odobraté tri sady smrekových a jedna sada borovicových škárovkových dielcov formátovaných na menovité rozmery. Jeden súbor obsahoval cca 30 dielcov. Hrúbka surového dielca (po zlisovaní lamiel do škárovky) bola 19,8 mm a po finálnej povrchovej úprave 17,7 mm.

V prvej etape sme hodnotili trhliny pozorované na ploche dielca. Lamely, v ktorých sa nachádzali trhliny boli rozdelené do nasledovných skupín (obr.1):

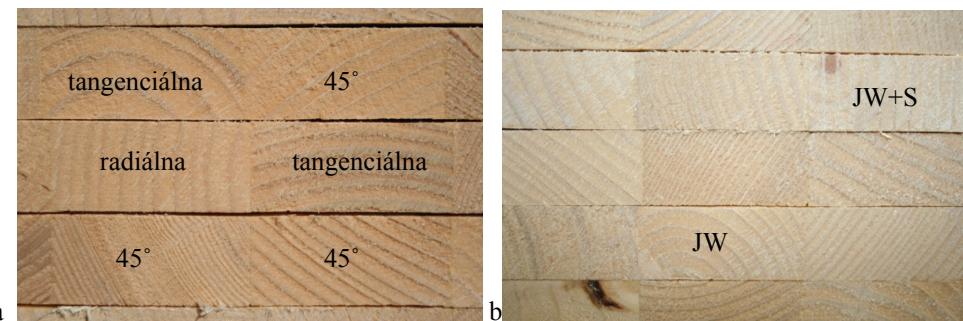
- lamela radiálna (riebeh ročných kruhov približne kolmo na plochu lamely),
- lamela tangenciálna (riebeh ročných kruhov približne rovnobežne s plochou lamely),
- lamela s priebehom ročných kruhov cca  $45^\circ$ ,
- lamely z juvenilného dreva,
- lamely so stržňom a juvenilným drevom.

Trhliny boli hodnotené v rôznych stupňoch technologických operácií:

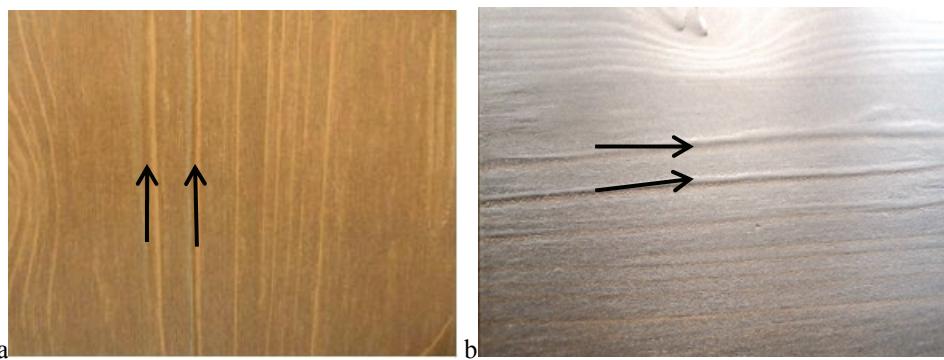
- po zlisovaní škárovkovej dosky,
- po egalizačnom hrúbkovom brúsení,
- po finálnej povrhovej úprave.

V druhej etape sme sa zamerali na vizuálne a mikroskopické posúdenie nerovností povrchu po finálnej povrhovej úprave škárovkového dielca náterovými látkami. Hodnotil sa výskyt pozdĺžnych nerovností (pruhov), ktoré sa od väčšiny plochy dielca lišili farbou, leskom a výrazným vystúpením nad povrhom (nad základnú čiaru profilu) – obr. 2. Na zhodnotenie morfológie povrchu finálne upravených dielcov bolo vykonané meranie profilu povrchu s použitím profilometra Surfcom 130A od firmy Zeiss & TSK. Merania sme robili na dĺžke 50 mm v smere kolmo na priebeh vláken. Vyhodnocovali sme drsnosť a vlnitosť na základe parametrov drsnosti ( $R_a$ ,  $R_z$ ) a vlnitosti ( $Wa$ ,  $Wt$ ).

Na priečnych a pozdĺžnych rezoch vzoriek odobratých z miest vyznačujúcich sa nerovnosťami sa študovala štruktúra dreva na rastrovacom elektrónovom mikroskope Tescan 5030. Rezy boli robené žíletkami Leica 819 pri danej technologickej vlhkosti dreva cca 8 %, aby sa neovplyvnila jeho štruktúra.



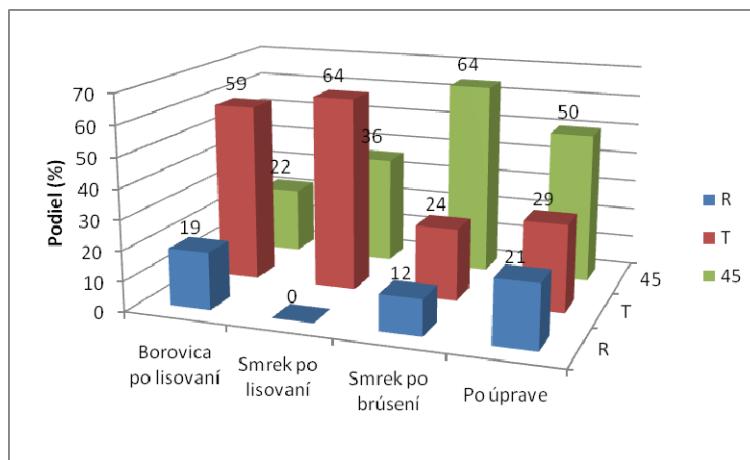
**Obr. 1** Orientácia ročných kruhov v lamele a lamely s juvenilného dreva bez stržna (JW) a so stržňom (JW+S)



**Obr. 2** Defektné pruhy na rozhraní letného a jarného dreva na povrchu škárovkových dielcov

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sledovanie frekvencie výskytu trhlín na povrchu lamiel ukázalo, že najviac trhlín na povrchu analyzovaných dielcov sa tvorí v tangenciálnych lamelách, resp. v lamelách s uhlov priebehu ročných kruhov cca  $45^\circ$  (obr. 3). Na povrchu radiálnych lamiel bola frekvencia trhlín najnižšia. Z analýzy vyplýva, že cca 90 % trhlín bolo v radiálnom smere. Toto zistenie je v súlade s tým, že príčinou tvorby trhlín v dreve sú sušiace, prípadne aj rastové napäťia. Tieto napäťia spôsobujú tvorbu trhlín v radiálnom smere, t.j. v smere stržňových lúčov, ktoré sú najslabším miestom v štruktúre dreva. Radiálne trhliny sú pozorované najviac na tangenciálnych plochách, čiže objavujú sa na tangenciálnych lamelách a tiež na polaradiálnych lamelách s orientáciou ročných kruhov cca  $45^\circ$ . Trhliny sa tvoria aj v radiálnych lamelách. Takéto trhliny by sa nemali objavovať na hlavnej ploche radiálnej lamely, ale len na bočných lepených plochách. Tieto trhliny sa tiež môžu objavovať aj na bokoch neopracovaného nábytkového dielca, alebo sa môžu objaviť až pri strojnom opracovaní dielca na menovitý finálny rozmer.

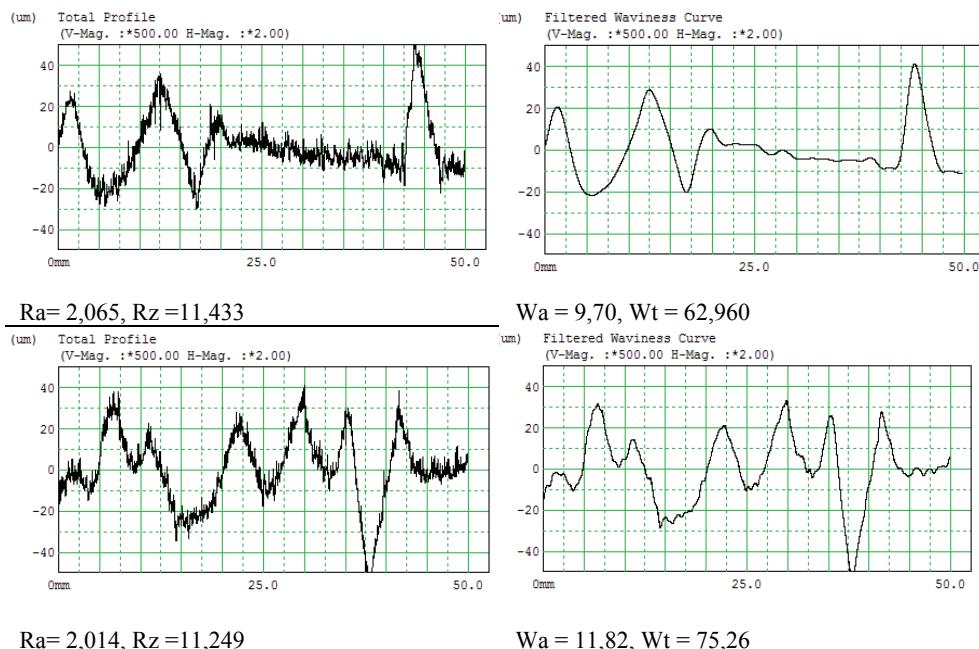


**Obr. 3** Podiel trhlín na nábytkových dielcoch v radiálnych (R), tangenciálnych (T) a poloradiálnych ( $45^\circ$ ) lamelách

Z pohľadu tvorby trhlín možno za rizikové považovať tangenciálne lamely vymanipulované z juvenilného dreva. Takéto drevo má veľké zakrivenie ročných kruhov a veľkú šírku ročných prirastkov (4 a viac milimetrov) s vysokým podielom jarného dreva. Juvenilné drevo má nižšiu medzu pevnosti v ľahu v tangenciálnom smere než v staršom dreve, ktoré má vyššiu pevnosť (Zobel a Sprague 1998). Preto pri vlnkostnom, tepelnom a mechanickom namáhaní s ktorým pri výrobe škároviek sa musí počítať, je zvýšené riziko vzniku trhlín. Preto najrizikovejšie lamely sú tie, ktoré obsahujú juvenilné drevo, majú široké ročné kruhy a obsahujú aj stržeň.

Povrchové pruhy nachádzajúce sa na ploche lakovaných dielcov sú charakterizované odlišnou farbou, leskom a výškou. Vyskytujú sa tak na pravej ako aj na ľavej ploche tangenciálnych lamiel. Makroskopicky sú viditeľné pri vhodnom bočnom osvetlení. Ich šírka sa pohybuje v rozpätí cca 2–10 mm. Objavujú sa v jarnom dreve a takmer presne kopírujú hranicu ročného kruhu. Pri povrchovej úprave dielca hnedým moridlom vykazujú tieto pruhy šedý odtieň (obr. 2a). Pri povrchovej úprave čiernym moridlom sa farba pruhov nelíši od zvyšnej časti jarného dreva, ale na ploche nábytkového dielca ich pozorujeme ako vyvýšené odlišne sa lesknúce pruhy (obr. 2b).

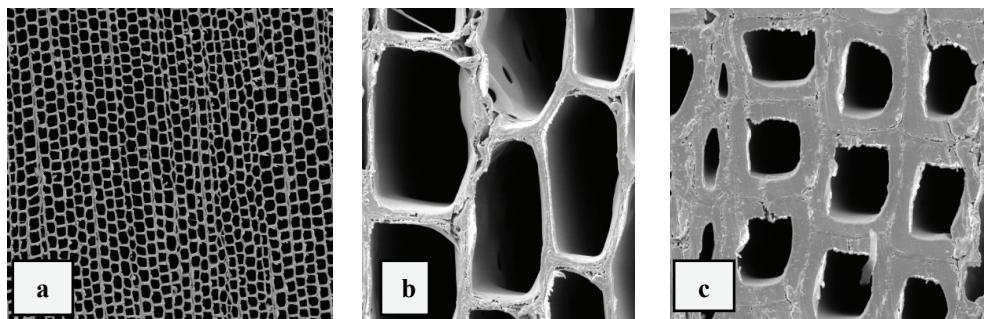
Pri vyhodnocovaní geometrie povrchov v miestach s výskytom vyššie popísaných pruhov z nameraných profilov na základe parametrov drsnosti a vlnitosti môžeme konštatovať, že povrchy smrekových škárovkových dielcov sa vyznačujú hrubými nerovnosťami (obr. 4). Pre povrchy z hrubými nerovnosťami platí, že stredná aritmetická odchýlka  $Ra$  je nad 500 nm (Liptáková a Kúdela 2000). V našom prípade hodnoty  $Ra$  vychádzali približne 4krát vyššie. Vzhľadom na to, že geometria povrchov bola meraná na dielcoch povrchovo upravených, sú hodnoty parametrov drsnosti vysoké.



**Obr. 4** Profily drsnosti a vlnitosti tangenciálnych plôch smrekových škárovkových dielcov

Vlnitosť charakterizuje sekundárnu textúru povrchu, ktorá vzniká v dôsledku interakcie rezného nástroja s drevom. Predstavuje pravidelne sa opakujúce zložky nerovností, ktoré majú dĺžku vlny väčšiu ako je dĺžka meraného úseku pre drsnosť. Vlnitosť je ovplyvnená kvalitou rezného nástroja a zmenami v kvalite dreva (jarné a letné drevo, atď.). Hodnota strednej aritmetickej odchýlky  $Wa$  sa pohybovala okolo 11  $\mu\text{m}$ . Rozdiel medzi najvyššou vyvýšeninou a najväčšou priehlbínou na meranej dĺžke, charakterizovaný parametrom  $Rt$ , bol vo všetkých prípadoch okolo 60  $\mu\text{m}$  čo je extrémne vysoké (obr. 4).

Povrchové pruhy a štruktúra dreva pod týmito pruhmi boli podrobenej mikroskopickej analýze. Aby nenastalo výrazné poškodenie štruktúry vláknitých buniek (hlavne jarného dreva) bol pri rezaní analyzovaných plôch zvolený uhol rezania cca  $70\text{--}80^\circ$  vzhľadom na pozdĺžny smer. Ako vidieť z obr. 5, vláknité bunky sú na priečnom reze usporiadane striktne v radiálnom smere (a). Tenkostenné jarné tracheidy sú zväčša obdlžníkového prierezu, predĺžený v radiálnom smere (b). Hrubostenné tracheidy letného dreva majú obdlžníkový až štvorcový prierez (c). Takéto tvary vláknitých buniek boli pozorované v škárovkových doskách, u ktorých sa na povrchových plochách nevyskytovali defektné pruhy, resp. takáto štruktúra dreva bola pozorovaná mimo týchto pruhov.

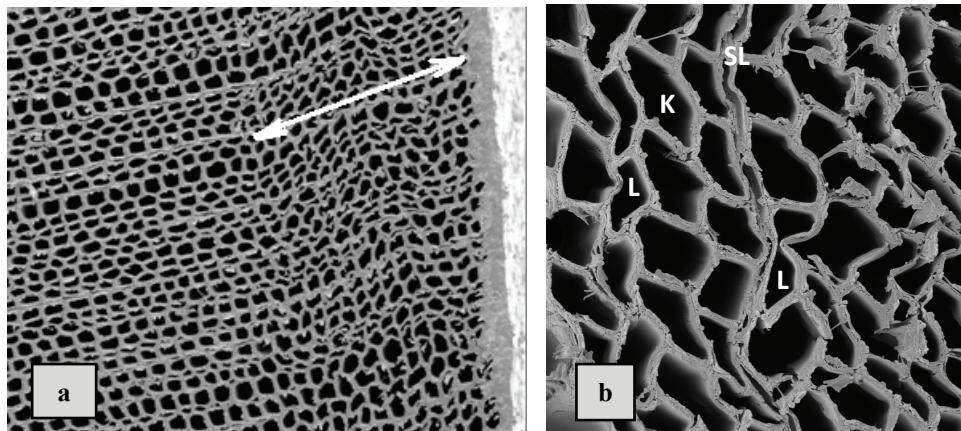


**Obr. 5** Priečny rez neporušenej štruktúry smrekového dreva s detailom jarného a letného dreva

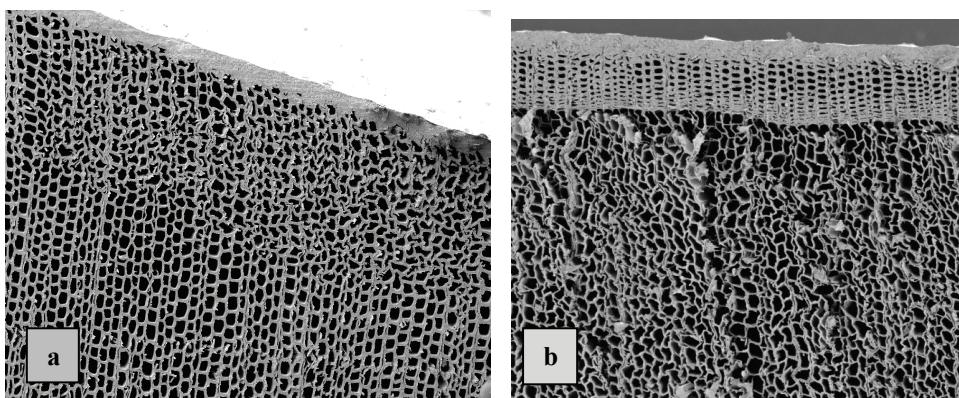
Na obr. 6 je priečny rez vrchnou vrstvou smrekovej škárovkovej dosky povrchovo upravenej vodou riediteľným lakom. Pri 100 násobnom priamom zväčšení (a) hrúbka náterového filmu bola cca 50–60 µm. Pod ňou je vrstva tenkostenných vláknitých buniek so zrútenou štruktúrou (vyznačené šípkou). Detail zrútenej štruktúry vláknitých buniek jarného dreva je zobrazený na obr. 6b.

Pôvodné vlákna jarného dreva ktoré mali obdĺžnikovitý prierez, nadobúdajú kosouhlý prierez pri ušmyknutí v tangenciálnom smere (K), alebo sa radiálna stena vláken prepadla do lumenu bunky (L). Šmykové posunutia v štruktúre vláknitých buniek dokumentuje aj zvlnený tvar stržňového lúča (SL), ktorý bol v neporušenom dreve orientovaný priamo v radiálnom smere.

Kolaps buniek bol pozorovaný hlavne v jarnom dreve. Deformovanie vrchných vrstiev záviselo od polohy jarného dreva. Ak povrch škárovkovej dosky tvorila vrstva jarného dreva, kolaps buniek bol hned' na povrchu (pod náterom) – obr. 7a. Ak na povrchu lamely sa nachádzala vrstva letného dreva, tak kolaps buniek nastal opäť v jarnom dreve, pod pevnejšou vrstvou letného dreva (obr. 7b). Ojedinele sa zóna zrútenia buniek presúvala aj do prechodnej zóny jarného a letného dreva.



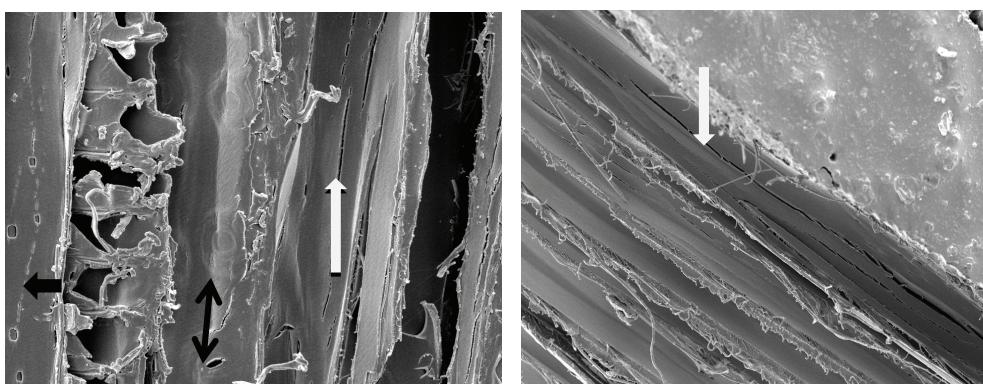
**Obr. 6** Priečny rez štruktúrou smrekového dreva lokalizovanou pod defektným pruhom s detailom zrútenej štruktúry vláknitých buniek jarného dreva (vyznačené šípkou).



**Obr. 7** Lokalizácia zrútenej štruktúry dreva na povrchu (a) alebo pod vrstvou letného dreva (b)

Okrem zrútenia štruktúry dreva, ktoré sa prejavilo zmenou priečneho tvaru vláknitých bunkiek (obr. 6b), boli na bunkových stenách pozorované aj početné trhliny (obr. 8). Väčšina trhlín je vedená v pozdĺžnom smere a kopírujú fibrilárny uhol (obr. 8b). V kontakte stržňového lúča s vláknitými bunkami (krízové pole) sú pozorované tenké a krátke reťazovité trhliny (čierna šípka). Na stenčeninách typu dvojbodieč, sa vzhľadom na zväčšený uhol uloženia mikrofibril neobjavujú trhliny, ale bunková stena v týchto miestach je len zdeformovaná bez vytvorenia trhlín (dvojitá šípka).

Z mikroskopickej analýzy štruktúry dreva vyplýva, že v miestach, kde boli pozorované vyvýšené miesta (pozdĺžne pruhy), nachádzala sa zdeformovaná vrstva jarného dreva. Pri nanášaní vodou riediteľných moridiel, resp. vodou riediteľných lakov, voda z týchto látok difunduje do vrchných vrstiev podkladu. Zdeformované bunkové steny napúčajú a nastáva „odpruženie“ (spring back) zdeformovanej vrstvy jarného dreva. Je to podobná situácia ako v prípade zlisovaného dreva s nízkou rozmerovou stabilizáciou (Navi a Girardet 2000, Rešetka 2012). Otázne je, čo je príčinou porušenia štruktúry dreva.



**Obr. 8** Detailný pohľad porušenia bunkovej steny

Na základe analýzy technológie výroby škároviek predpokladáme, že príčinou porušenie štruktúry dreva nastáva pri mechanickom namáhaní smrekového dreva. To môže byť už pri výrobe samotných lamiel ako aj pri lisovaní lamiel do škárovkových dosiek. Potvrdzujú to aj výsledky Čunderlíka a Javoreka (2008), ktorí podobné zdeformovanie štruktúry smrekového dreva pozorovali na bočných plochách lamiel škárovkových dielcov. Citovaní autori ako príčinu nadmerného deformovania štruktúry uvádzajú zatláčanie vrstvy dreva pod chrbát nástroja v dôsledku opotrebovaného rezného klina a nevhodnej geometrie rezného klina. Príčinou môže byť aj veľká sila na prítlačných valcoch, prípadne príčinou môže byť aj nedostatočná prítlačná sila na podávacom zariadení, kedy príliš malá sila vyvolá na povrchu obrobku tangenciálne šmykové napäcia. Nevylučujeme však ani možnosť, že k zrúteniu štruktúry dreva môže dochádzať aj pri lisovacom procese výroby škárovkových dosák, kde pôsobí mechanické zaťaženie v kombinácii s tepelným namáhaním.

Ak sú toto dôvody deformovania štruktúry dreva, je namieste otázka, prečo nedošlo k zrúteniu štruktúry po celej obrábanej ploche, ale len na úzkych pruhoch kopírujúcich hranicu ročných kruhov. Príčinu treba hľadať v interakcii rezného nástroja, resp. prítlačných a podávacích valcov s obrobkom (smrekovou lamelou). Smrekové drevo má veľmi heterogénnu štruktúru, čo sa prejavuje hlavne na rozdielnych hodnotách napäcia, ktoré sú vyvolané silovými pomermi pri interakcii nástroj – drevo, predovšetkým v radiálnom smere. Dumail a Salmén (1996) uvádzajú, že letné drevo smreka je schopné preniesť približne 10krát väčšie napätie v oblasti pružných deformácií, ako jarné drevo. Pri zaťažovaní smrekového dreva v radiálnom smere je napätie v jarnom a letnom dreve rovnaké, deformácie sú z uvedeného dôvodu v týchto druhoch dreva rozdielne. Preto pri zaťažení v tlaku v radiálnom smere, ktoré prekročí medzu úmernosti, dochádza k výraznému deformovaniu jarného dreva, čo dokumentuje druhá fáza napäťovo-deformačného diagramu Letné drevo sa však v tejto fáze plasticky nedeformuje.

## ZÁVER

V práci bola urobená analýza vzniku trhlín na plochách škárovkových dosák a zvýšených nerovností povrchu, ktoré vznikali na tangenciálnych plochách na rozhraní letného a jarného dreva.

Z analýzy vyplýva, že z pohľadu tvorby trhlín možno za rizikové považovať tangenciálne lamely vymanipulované z juvenilného dreva. Takéto drevo má veľké zakrivenie ročných kruhov a veľkú šírku ročných prírastkov s vysokým podielom jarného dreva, ktoré má významne nižšie mechanické vlastnosti ako letné drevo.

Deformácie na povrchu škárovkových dielcov v podobe výrazne vyzdvihnutých pruhov nad strednú čiaru profilu, sa významnou mierou podieľajú na zvýšení vlnitosti povrchu. Ich vznik je spôsobený napúčaním zdeformovanej povrchovej vrstvy jarného dreva pod týmito pruhmi v procese povrchovej úpravy vodou riediteľnými látkami. Deformácie vrchných vrstiev jarného dreva sú výsledkom nadmerného mechanického zaťaženia počas spracovania smrekového dreva na škárovku.

**Podčakovanie:** Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excellentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“.

## LITERATÚRA

1. Čunderlík, I. – Javorek, L. 2004: Štruktúra dreva – povrchová úprava – technologické podmienky. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva. Technická univerzita Zvolen, s. 83-89. ISBN 80-228-1385-0
2. Čunderlík, I. – Javorek, L. 2008: Štruktúra dreva a interakcia dreva s rezným nástrojom. In: Interakcia dreva s rôznymi formami energie. Technická univerzita Zvolen, s.37-42. ISBN 978-80-228-1927-5
3. Čunderlík, I. – Kúdela, J. 2011: Analýza tvorenia trhlín a návrh na ich elimináciu. Univerzitná vedeckotechnická spoločnosť, Zvolen, (Výskumná správa) 17 s.
4. Dumail, J. F. – Salmén, L. 1996: Compression behaviour of spruce wood under large plastic defomations. Nordic Pulp and Paper Res. J., č. 4, s. 239–242.
5. Kúdela, J. 2012: Povrchové vlastnosti dreva z pohľadu jeho povrchovej úpravy náterovými látkami. Spektra, 12, č. 3, s. 34–38.
6. Liptáková, E. – Kúdela, J. 2000: Vlastnosti povrchu bukového dreva pri rôznom spôsobe mechanického opracovania. In.: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2000. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, s. 107–116.
7. Navi, P. – Girardet, F. 2000. Effect of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. In *Holzforschung*. 54, č. 3, s. 287–293.
8. Tabarsa, T. – Chui, Y. H. 1997: Effects of hot-pressing on properties of white spruce. Forest Products Journal, 47, č.5, s.71–76.
9. Rešetka, M. 2012: Zmeny v dreve v procese lisovania za rôznych teplotných a vlhkostných podmienok. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene. 112 s.
10. Zobel, B. J. – Sprague, J. R. 1998: Juvenile wood in forest trees. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 300s. ISBN 3-540-64032-0

