

DŘEVO A MATERIÁLY NA JEHO BÁZI VE STAVEBNICTVÍ

Abstrakt

Obsahem tohoto článku je stručné seznámení s materiály na bázi dřeva, které jsou v současnosti ve stavebnictví nejvíce používány.

Klíčová slova

Materiály na bázi dřeva, aglomerované materiály, cementoštěpkové desky.

1 ÚVOD

V současné době dochází ve stavebnictví k poměrně velkému rozvoji používání rostlého (tzv. konstrukčního) dřeva i nových materiálů na bázi dřeva, především v oblasti dřevostavby (viz např. [1], [2] a [5]).

Dřevo, surovina získaná výřezem z kmenů, případně větví, dřevin, bývá označováno termínem rostlé dřevo, či konstrukční dřevo. K bezpečnému a hospodárnému návrhu dřevěných konstrukcí je třeba znát fyzikálně mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva, včetně jejich reologického chování, které je odezvou na vlivy prostředí a způsobu zatěžování v čase.

Z technologického hlediska je dřevo všestranným materiálem, který je možno opracovávat mechanicky, tepelně, hydrotermicky, chemicky a biotechnicky. Dřevo vyžaduje přibližně 70-krát méně technologické energie než hliník, 17-krát méně než ocel a 3-krát méně než beton a pálená cihla.

V ČR se nacházejí průmyslově využívané lesy jehličnaté, listnaté i smíšené. V současné době převažují jehličnaté lesy, přičemž podíl listnatých dřevin do budoucna výrazně poroste.

Jehličnaté dřeviny poskytují zpravidla měkké, výjimečně polotvrdé dřevo. V našem stavebnictví patří mezi nepoužívanější jehličnany smrk, jedle, borovice a modřín.

Dřevo má vzhledem ke směru vláken značně rozdílné vlastnosti. Vlastnosti sledované rovnoběžně s vlákny jsou velmi odlišné od vlastností sledovaných kolmo k vláknům. Největší pevnosti a tuhosti a nejmenší deformace od účinku vlhkosti a teploty má dřevo ve směru rovnoběžném s vlákny.

Používání dřeva v konstrukcích dochází díky jeho poměrně dobrým fyzikálně-mechanickým vlastnostem, estetickému vzhledu, ale také díky jeho ceně, snadnému použití a dostupnosti.

K nevýhodám rostlého dřeva, jakožto materiálu organického původu, patří jeho omezené rozměry, anizotropie, výskyt přirozených vad (suky, trhliny, odklon vláken atp.) a poměrně nízká přirozená odolnost vůči požáru a dřevokazným biotickým činitelům. Z tohoto důvodu byly vyvinuty nové, průmyslově vyráběné materiály na bázi dřeva, tzv. aglomerované dřevo, které určité nevýhody rostlého dřeva potlačují.

Vedle rostlého dřeva ve formě kulatiny (obr. 1) a hraněného řeziva tak dnes nachází stále širší uplatnění v dřevostavbách a dřevěných konstrukcích obecně i lepené lamelové dřevo a řada aglomerovaných materiálů na bázi dřeva (překližky, vrstvené dřevo z dých, ale také tyčové a zejména deskové prvky ze zkřížených prken, dále z třísek a vláken). V následujícím textu jsou stručně popsány vybrané charakteristické vlastnosti nepoužívanějších materiálů na bázi dřeva.

¹ Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 302 e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz.

² Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 375, e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz.



Obr. 1. Příklad použití dřevěné kulatiny v konstrukci dřevostavby-srubu



Obr. 2 Nosná konstrukce dřevostavby ve sloupkovém systému z rostlého dřeva

2 ROSTLÉ DŘEVO

Mezi nejdůležitější vlastnosti rostlého dřeva, používaného v nosných i nenosných prvcích dřevěných konstrukcí, patří fyzikálně-mechanické vlastnosti (zejména pevnost, tuhost, hustota, vlhkost), dále tepelné, akustické a elektrické vlastnosti.

Dřevo si neustále vyměňuje vodu s okolním prostředím ve formě páry i kapaliny (sorpce a desorpce vlhkosti). **Vlhkost** dřeva se udává jako poměr množství vody k množství sušiny dřevní hmoty. Dřevo obsahuje vodu v buněčných stěnách (vázaná forma) i v buněčných dutinách (volná). Hypotetický stav, kdy jsou buněčné stěny zcela nasyceny vodou a buněčné dutiny jsou zcela bez vody, nazýváme bodem nasycení vláken (BNV). BNV kolísá u dřevin mezi 23 až 35 %. Celková vlhkost dřeva může dosáhnout až 200 %. Vlhkost výrazným způsobem ovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva. Se zvyšováním vlhkosti dřeva klesá pevnost a tuhost dřeva. Po dosažení bodu nasycení vláken již k dalšímu poklesu prakticky nedochází.

Hustota dřeva je nejdůležitější fyzikální charakteristikou dřeva. Většina mechanických vlastností dřeva i únosnost spojů jsou pozitivně korelovány s hustotou. Hustotou dřeva se rozumí hmotnost v kg/m^3 při dané vlhkosti. Hustota dřeva značně kolísá vlivem změn vlhkosti. Hustota samotné dřevní hmoty je u všech dřevin přibližně 1540 kg/m^3 . Charakteristické hodnoty hustoty uváděné v normách se vztahují k objemu a hmotnosti při rovnovážné vlhkosti ustálené při teplotě 20°C a vlhkosti vzduchu 65 %, čemuž odpovídá vlhkost dřeva 12 %.

Mechanické vlastnosti dřeva (zejména tuhost a pevnost) vyjadřují jeho schopnost odolávat vnějšímu zatížení. Je třeba rozlišovat vlastnosti bezvadého dřeva (tedy v podstatě dřevní hmoty) a rostlého - konstrukčního dřeva. Vlastnosti bezvadého dřeva vykazují značný rozptyl, který je u konstrukčního dřeva ještě umocněn růstovými nepravidelnostmi, rozměry, vlhkostí, teplotou, charakterem zatížení (statické, dynamické, rázové), dobou trvání účinků zatížení, negativními vlivy prostředí. Vlastnosti dřeva vykazují značný rozptyl mezi jednotlivými stromy stejného druhu dřeviny, ale i uvnitř průřezu kmene jak v příčném řezu, tak i po délce kmene. Dřevo vykazuje značně rozdílné vlastnosti s velkým rozptylem i v rámci letokruhu – rozdíly jsou mezi jarním a letním dřevem. Vzhledem ke své anizotropii vykazuje dřevo odlišné mechanické vlastnosti ve směru tří hlavních os (podélné – rovnoběžně s vlákny, kolmo k vláknům – v radiálním a tangenciálním směru k letokruhům).

Vliv přirozených vad dřeva na pevnostní a přetvárné charakteristiky dřeva lze ilustrovat na následujícím příkladu. Podle [3] činí průměrná pevnost v ohybu vzorků bezvadého dřeva (20/20/300 mm) z jehličnatých dřevin z lesů celé ČR i SR přibližně 80 MPa a 5%-ní kvantil činí 62,5 MPa. Naproti tomu průměrná pevnost v ohybu rostlého dřeva konstrukčních rozměrů (o výšce průřezu 150 mm) činí podle [4] přibližně 50 MPa a 5%-ní kvantil činí přibližně 32 MPa. Obdobný pokles pevnosti u prvků konstrukčních rozměrů s výskytem přirozených vad dřeva lze pozorovat i u pevnosti v tahu, tlaku, smyku a kroucení.

Pevnosti dřeva uváděné v normativních předpisech jsou stanoveny při teplotě kolem 20°C . Při kolísání teplot v rozmezí -20°C až $+65^\circ\text{C}$ dochází ke změnám pevnosti dřeva o 0,6 až 0,9 % na 1°C (platí nepřímá úměra). Vliv teploty je výraznější při vyšším obsahu vlhkosti dřeva. Při dlouhodobém působení zvýšené teploty do hodnoty přibližně 65°C nedochází k ovlivnění mechanických vlastností dřeva. Při dlouhodobém působení zatížení nad touto hranicí již dochází k trvalému poklesu pevnosti – u listnatých dřevin je pokles výraznější než u jehličnatých dřevin. Při teplotě nad přibližně 90°C již dochází k trvalému poklesu pevnosti a tuhosti i při krátkodobém teplotním zatížení. Při poklesu teploty výrazně pod bod mrazu pevnost dřeva stoupá.

Při dlouhodobě působících účincích zatížení klesá výrazně pevnost dřeva v porovnání s působením účinků krátkodobého zatížení. Tento pokles je ještě výraznější s narůstající vlhkostí a zejména kolísáním vlhkosti dřeva. Obdobný vliv má doba trvání zatížení spolu s vlhkostí na deformace prvků. Při dlouhodobě působícím zatížení se deformace dřevěných prvků zvětšují i při konstantním zatížení.

K nejdůležitějším **tepelným vlastnostem** dřeva patří tepelná vodivost a teplotní délková roztažnost. Tepelná vodivost dřeva je díky relativně malé objemové hmotnosti a vysoké pórovitosti nízká, je však rozdílná ve směru vláken a kolmo k vláknům (kolmo k vláknům je přibližně poloviční). Tepelná vodivost dřeva se zvyšuje se vzrůstající objemovou hmotností a také se vzrůstající vlhkostí. Teplotní délková roztažnost je menší než u kovů a betonů. U smrkového dřeva činí $6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ podél vláken a $34 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ kolmo k vláknům, u dubového dřeva činí $4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ podél vláken a $28 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ kolmo k vláknům.

K **akustickým vlastnostem** dřeva řadíme především zvukovou pohltivost a průzvučnost. Anatomická stavba dřeva způsobuje, že rychlost podélných vln ve směru vláken je výrazně vyšší než kolmo na vlákna. Poměr rychlosti podél vláken, kolmo radiálně a kolmo tangenciálně k vláknům je přibližně: 15:5:3. Rychlost podélných vln podél vláken je u jehličnanů přibližně 5000 m/sec a u listnáčů přibližně 3500 m/sec. Zvuková pohltivost dřeva činí přibližně 50 % dopadající energie. Zvuková propustnost je přímo úměrná hmotnosti materiálu. Nejlepšího útlumu zvuku však dosáhneme kombinací hutných a pórovitých materiálů.

Suché dřevo je velmi dobrý **elektrický** izolant. Měrný elektrický odpor dřeva je nejmenší ve směru rovnoběžném s vlákny. Kolmo k vláknům je přibližně dvojnásobný. Elektrický odpor dřeva je nepřímo úměrný teplotě a vlhkosti. Elektrický odpor dřeva nejcitlivěji reaguje na změny vlhkosti. Těto skutečnosti se využívá v elektrických odporových vlhkoměrech.

3 LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO

Lepené lamelové dřevo (dále jen LLD) je konstrukční materiál, který svou jakostí předčí výrobky z rostlého neupraveného dřeva. Jedna z prvních konstrukcí z LLD byla použita na stavbě sálu v Basileji ve Švýcarsku v roce 1893. Konstrukce byla patentována pod názvem „Hetzer systém“. K lepení byla použita kaseinová lepidla, která nebyla podle současných norem vodotěsná, proto bylo použití tohoto systému omezeno na chráněnou expozici. Pokrok v oblasti kvality lepidel byl učiněn během 1. světové války a zejména 2. světové války (syntetická lepidla). V 50. letech se objevují první konstrukce mostů využívající technologie lepení. LLD se vyrábí slepením relativně subtilních dřevěných lamel maximální tloušťky 30 mm (do nechráněné expozice) až 50 mm (do chráněné expozice), šířky max. 280 mm, délky až 5 m. Lamely jsou v podélném směru plnohodnotně spojovány úkosem nebo častěji zubovitým spojem, takže vzniká v podstatě nekonečný profil. Místa, obsahující závažné vady (rozměrné suky), jsou z lamely odstraněna. Pokud je šířka profilu vyšší než 280 mm, lamely se bočně spojují na sraz (obvykle tupý). U ohýbaných nosníků lze přizpůsobit kvalitu lamel stupni namáhání – ve vnější oblasti průřezu se použijí kvalitnější lamely, ve vnitřní části lze použít méně kvalitní lamely. Pro výběr suroviny na výrobu lamel je třeba upřednostnit strojní třídění na základě hustoty, či modulu pružnosti dřeva. Technologií LLD mohou být vyrobeny konstrukční prvky výšky větší než 2 m, délky přesahující 40 m. Velkou předností LLD je rovněž možnost vyrábět konstrukční prvky rozmanitých průřezů a tvarů, včetně zakřivení, které by v žádném případě nebylo reálně vyrobit z rostlého dřeva. LLD je v současnosti nepoužívanějším materiálem na stavbu halových, skeletových konstrukcí, velkorozponových střešních konstrukcí a dřevěných lávek a mostů (obr. 3 až 6), protože z něho lze vyrobit konstrukční prvky velkých rozměrů a rozličných tvarů. Tento materiál má výrazně lepší a stejnorodější užité vlastnosti než dřevo rostlé.



Obr. 3 Zastřešení posluchárny FEI VŠB-TUO nosníky z LLD



Obr. 4 Zastřešení jízdního prvku z LLD (foto: Taros Nova s.r.o.)



Obr. 5 Jeden z nejúnosnějších dřevěných mostů v současnosti přes řeku Reno (Norsko, 2006)



Obr. 6 Lávka Rádlo (2005) z LLD

4 KŘÍŽEM LAMELOVANÉ DŘEVO

V posledním desetiletí se u dřevostaveb zejména v Německu a Rakousku začíná prosazovat v konstrukci dřevostaveb (zejména vícepodlažních) nový kvalitní masivní plošný dřevěný prvek – CLT/KLH (Cross-Laminated-Timber/Kreuz-Laminierten-Holz), který je vyráběn splením lichého počtu vrstev prken, či fošen (tl. 19 až 40 mm) jehličnatých dřevin (nejčastěji smrku). Vzniká takto konstrukční deska o tloušťce max. 500 mm, šířce max. 2,95 m a délce max. 16,5 m. Tyto desky mají velmi dobré pevnostní i přetvárné vlastnosti a nosné prvky z těchto desek mají též poměrně vysokou požární odolnost. Jejich masivnímu rozšíření však prozatím brání jejich poměrně vysoká cena a výrobní náročnost.



Obr. 7 Příklad dřevostavby z masivních CLT panelů

5 PŘEKLIŽKY

Překližky se průmyslově vyrábějí přibližně sto let. Vyrábějí se z lichého počtu (min. 3 kusy) loupaných dýh z jehličnatých, či listnatých dřevin tloušťky 2 až 4 mm, které se ukládají jedna na druhou tak že úhel vláken sousedních dýh je vždy pravý a lepí se pod tlakem v lisech. Překližky mají všestranné použití jako velmi pevný a stabilní materiál pro plošné nosné prvky. Jejich širší používání je limitováno poměrně vysokou cenou.

6 VRSTVENÉ DŘEVO

Vrstvené dřevo (LVL – Laminated Veneer Lumber) je materiál podobný překližce, dýhy jsou však většinou kladeny tak, že směr jejich vláken je rovnoběžný. V současné době se výrobou vrstveného dřeva zabývají především USA (obchodní název Micro=Lam), v Evropě pak Finsko (jehož vrstvené dřevo nese značku Kerto) a Rusko.

Trh s vrstveným dřevem je zastoupen především těmito výrobky:

Parallam – (PSL – Parallel Strand Lumber) z dýh douglasky a jižní žluté borovice. Dýhy tloušťky 3 mm se nakrájejí na 13 mm široké pásy délky max. 2400 mm, přičemž vadná místa se

vyřezou. Pásky se orientují podélně vzhledem k ose vyráběného profilu nebo desky. Fenolické lepidlo odolné vůči vodě se po nanesení mikrovlnným ohřevem vytvrzuje v kontinuálním lise a vytváří se tak prakticky nekonečný profil. Max. šířka výsledného profilu je 400 mm, tloušťka 285 mm a délka až 20 m.

Intrallam - vrstvené dřevo z velkých paralelních dřevěných plochých třísek lehkých rychle rostoucích listnáčů o šířce 30 mm a délce 300 mm. Po nanesení polyuretanového lepidla jsou třísky nanášeny do lisovacího a vytvrzovacího zařízení s podélnou orientací vzhledem k podélné ose výsledné desky (o rozměrech 2,44 × 10,6 m a tloušťce 20 až 140 mm).

Kerto – vrstvené dřevo z dýh ze severského smrku ve dvou provedeních. Kerto-S – u něhož všechny dýhy vykazují souběžný směr vláken. Kerto-Q – u něhož přibližně každá pátá dýha probíhá se směrem kolmým ke směru desky.

7 OSB DESKY

OSB desky (Oriented Strand Board / Oriented Structural Board) byly vyvinuty ve 40. letech dvacátého století v Německu, ale největšího rozšíření výroby dosáhly v USA. Vyvinuly se z desek Waferboard s plochými čtvercovými třískami délky max. 75 mm a tloušťky 0,5 mm (= wafers). OSB desky jsou velkoplošné desky z orientovaných velkoplošných třísek – pásků (= strands). Vyrábějí se nejčastěji třívrstvé, méně pětivrstvé. Krajiní vrstvy mají pásy orientovány rovnoběžně s podélnou osou desky, vnitřní vrstva (tvoří 50 % tloušťky) má pásy orientovány kolmo. Rozměry pásků jsou: délka 60-150 mm, šířka 5-15 mm, tloušťka 0,4-0,6 mm. Materiálem pásků jsou nejrůznější dřeviny: v USA je to převážně jižní borovice, tulipánovník, javor; v Kanadě je to hlavně topol; v Evropě jsou to zejména jehličnany – zvláště borovice. Lepidla se používají v tekuté (fenolformaldehydová) nebo v práškové formě (izokyanátová). Po nanesení lepidla se desky lisují za současného působení tepla. Hustota OSB desek je 600-800 kg/m³. Tloušťka desek se pohybuje nejčastěji v rozmezí 6 – 25 mm. Oproti dřevu rostlému a lepenému lamelovému, které se používají pro prvky nosné, OSB desky jsou užívány především jako prvky výplňové a prvky zajišťující prostorovou tuhost konstrukce.



Obr. 8 Plošná struktura OSB desky



Obr. 9 Příklad užití OSB desek na opláštění dřevostavby

8 CEMENTOŠTĚPKOVÉ DESKY

Cementoštěpkové desky jsou vyrobeny z dřevité štěrky jehličnatého dřeva (89%), cementu a roztoku vodního skla (obr. 10 a 11). Cementoštěpkové desky se používají především v oblasti výstavby rodinných a bytových domů (jako plošné ztužující prvky) a pro výstavbu protihlukových stěn [6].



Obr. 10, 11 Plošná a příčná struktura cementoštěpkových desek

9 TRÍSKOVÉ DESKY

Třískové desky lze popsat jako plošný materiál vyráběný z malých dřevěných částic (třísek) působením tepla, tlaku a lepidla. Vyrábějí se od čtyřicátých let dvacátého století. Lepidlo je buď organické (syntetické pryskyřice) \Rightarrow dřevotřískové desky nebo anorganické (portlandský cement) \Rightarrow cementotřískové desky. Desky se vyrábějí nejčastěji třívrstvé. Krajiní vrstvy tvoří jemnější třísky délky 30 mm pro hladší povrch, střední vrstvu tvoří hrubší třísky a má tedy menší pevnost a nižší hustotu. Desky se nejčastěji vyrábějí o rozměrech $1,2 \times 2,4$ m, o tloušťce 6 až 40 mm. Hustota dřevotřískových desek je $400-850 \text{ kg/m}^3$, hustota cementotřískových desek je přibližně 1200 až 1350 kg/m^3 .

10 VLÁKNITÉ DESKY

Vláknitá deska je obecný název pro několik různých typů desek lišících se způsobem výroby i svými vlastnostmi. Základním prvkem je dřevěné vlákno, které se získá mechanickým roztrháním a rozvlákněním dřevní suroviny (i méně hodnotné, jehličnaté, či listnaté). Desky se vyrábějí mokřím nebo suchým způsobem (je novější), přidáním lepidla, dalších přísad a lisováním pod různým tlakem (dosahuje se tak různé hustoty).

Mokřím postupem jsou vyráběny měkké vláknité desky (SB) v tloušťkách 9-25 mm; s hustotou 400 kg/m^3 ; polotvrdé vláknité desky nízké (MBL) a vysoké (MBH) hustoty s jednou hladkou a jednou drsnou stranou, v tloušťkách 6-13 mm, s hustotou $400-900 \text{ kg/m}^3$; tvrdé vláknité desky (HB) a velmi tvrdé vláknité desky (HB.I) s hustotou 900 kg/m^3 , v tloušťkách 3-8 mm

Suchým způsobem jsou vyráběny polotvrdé vláknité desky (MDF) – oboustranně hladkým povrchem v tloušťkách do 40 mm.

11 ZHUŠTĚNÉ DŘEVO

Na základě úvahy, že zvýšením hustoty dřeva se zvýší i pevnost dřeva, byla vyvinuta technologie zvýšení hustoty dřeva slisováním na poloviční objem tlakem 10-15 MPa a za teploty 140-160 °C. Rychlost lisování je nízká, přibližně 1 mm/min. Tento nový materiál - zhuštěné dřevo, se v současnosti používá v podobě zhuštěných překližek v silně namáhaných spojích dřevěných konstrukcí.

12 MODIFIKOVANÉ DŘEVO

Speciální úpravou (nahrazeno hydroxylové skupiny OH v molekulární struktuře dřeva většími metylovými skupinami CH₃) je podstatně zvýšena odolnost dřeva vůči dřevokazným houbám, dřevo téměř nebobtná a nevysychá. Dřevo upravené touto acetylací získává trvanlivost tropických dřevin. Na druhou stranu modifikace negativně ovlivňuje pevnost charakteristiky dřeva.

13 ZÁVĚR

V předchozích kapitolách je pouze velmi stručně naznačeno, jak komplikovaným materiálem je dřevo a materiály na bázi dřeva. Na pevnostní a přetvárné vlastnosti má vliv celá řada faktorů, zejména vlhkost, doba trvání zetižení, teplota, rozměry průřezů, způsob výroby ale i způsob zatěžování.

LITERATURA

- [1] HERZOG, Holzbau Atlas (vierte Auflage, 2003), ISBN 3-7643-6984-1
- [2] KOŽELOUH B., Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 1 – Navrhování a konstrukční materiály, ISBN 80-238-2620-4
- [3] KOŽELOUH, B., Výpočet dřevěných konstrukcí podle mezních stavů. II. Stanovení hodnot základních výpočtových namáhání, Stavebnický čas. SAV XVI, str. 272-295, Bratislava 1968.
- [4] KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ A. Metody pro zjišťování vlastností dřeva na stavební konstrukce, Stavebný obzor, roč. 91 č. 8, s. 342-245, Praha, 2000.
- [5] LOKAJ, A. a kol., Dřevostavby a dřevěné konstrukce, I.(a II. díl, Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 310 stran, 12/2010, ISBN 978-80-7204-732-1 (podíl autora 30%).
- [6] LOKAJ, A., AGEL, P., VAVRUŠOVÁ, K., Laboratorní testování spojů kolíkového typu v cementoštěpkových deskách Velox, In SBORNÍK vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, ročník XI/1, s. 23 – 28, ISSN 1213-1962.

CONTRIBUTION TITLE IN ENGLISH

Keywords

Wood, Timber, Wood-based materials, cement-splinter boards

Summary

In previous chapters there is only briefly described, how complicated material wood and wood based materials are. Strength and reshape properties are influenced by many factors especially moisture, load duration, temperature, cross-section dimensions, production method by also type of loading.