



Tento výukový materiál byl vytvořen a financován v rámci programu OPVK projektu "Rovné příležitosti ve výuce pro všechny" registrační číslo projektu-CZ 1.07/1.2.05/03.0010



X 3-6:32


Název: sušení příloha 2
 Téma: teorie sušení dřeva, způsoby sušení dřeva, hydrotermická úprava dřeva, ohýbání dřeva
 Předmět: technologie
 Ročník: 1.2.3. truhlářská výroba
 Klíčová slova: hráň, psychrometr, komorová sušárna, BNV, kornatění, voda volná, vázaná,
 Autor: Vladimír Štastný
 Škola: SOU Hluboš

10 3-21:18

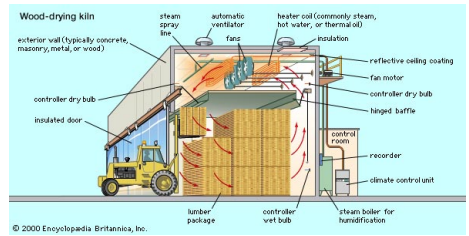
příloha sušení

4 26-19:46

[YouTube - Green-Dri Biological Dry Kiln](#)
[YouTube - Dry Kiln Controls](#)



IV 4-8:31



Wood-drying kiln
 exterior wall (typically concrete, masonry, metal, or wood)
 steam spray line
 automatic ventilator
 heater coil (commonly steam, hot water, or thermal oil)
 insulation
 reflective ceiling coating
 fan motor
 controller dry bulb
 hinged baffle
 control room
 recorder
 climate control unit
 steam boiler for humidification
 controller wet bulb
 lumber package
 insulated door
 controller dry bulb

© 2000 Encyclopaedia Britannica, Inc.

The Project Gutenberg eBook of Seasoning of Wood, by Joseph B. Wagner

12 14-19:11

Sušení

Sušení je proces odstraňování vody ze dřeva. Cílem sušení je zvýšení rozměrové stálosti dřeva a výrobků z něho, zlepšení mnoha fyzikálních a mechanických vlastností (zvýšení pevnosti, lépe se obrábí, lepí, povrchově upravuje) a ochrana dřeva před biotickými škůdci. Při poklesu vlhkosti pod 20 % ustává růst dřevokazných hub a plísní, během sušení při teplotách nad 60°C se ničí zárodky plísní, hub i hmyzu a dřevo se sterilizuje.

VI 9-14:33

1 Voda ve dřevě

1.1 Vlhkost dřeva

Dřevo může obsahovat vodu ve formě kapalné, plynné a za určitých podmínek i tuhé. Je přítomna uvnitř buněk, v mezi buněčných prostorech, v buněčných stěnách a je také součástí látek podléhajících se na stavbě dřeva.

Volná voda je ve dřevě v kapalné formě. Vyplňuje vnitřní prostory (lumény) buněk a mezibuněčné prostory. Její vazba na dřevo je malá. Lze ji proto ze dřeva snadno vytěšovat, např. stlačením. Z okolního prostředí může dřevo volnou vodu přijímat jen v kapalné formě (nasáklivost). Změnou množství volné vody nemění dřevo svůj objem ani nejsou výrazně ovlivněny jeho fyzikální a mechanické vlastnosti.

Vázaná voda je obsažena v buněčných stěnách anatomických prvků dřeva. Je v nich vázána vodikovými můstky na vláknité struktury (fibrily) celulózy a hemicelulózy. Vazby jsou výrazně silnější než u vody volné, lze ji vytěšit například zvýšenou teplotou v suchém prostředí. Z okolního prostředí může dřevo ve formě vodní páry tuto vlhkost také přijímat (navlhavost). Se změnou jejího množství kolísá i vzdálenost mezi jednotlivými vlákny, a tím rozměr buněčných stěn - dřevo mění svůj objem. Mimo něj ovlivňuje tato voda významně i jiné vlastnosti dřeva.

X 6-12:44

Sušení je proces odstraňování vody ze dřeva. Cílem sušení je zvýšení rozměrové stálosti dřeva a výrobků z něho, zlepšení mnoha fyzikálních a mechanických vlastností (zvýšení pevnosti, lépe se obrábí, lepí, povrchově upravuje) a ochrana dřeva před biotickými škůdci. Při poklesu vlhkosti pod 20 % ustává růst dřevokazných hub a plísní, během sušení při teplotách nad 600C se ničí zárodky plísní, hub i hmyzu a dřevo se sterilizuje.

X 14-7:45

Chemicky vázaná voda nemá na vlhkost dřeva vliv. Je součástí chemické struktury látek tvořících dřevo.

Množství vody ve dřevě - vlhkost dřeva - vyjadřuje poměr hmotnosti vody a dřeva v daném vzorku:

$$w = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

kde w je vlhkost vzorku dřeva [%],
 m - hmotnost vzorku před sušením [g],
 m_0 - hmotnost absolutně suchého vzorku [g].

Takto stanovení vlhkost dřeva je označována jako absolutní vlhkost. Za relativní vlhkost dřeva se považuje poměr hmotnosti vody ve dřevě k hmotnosti suchého dřeva.

Relativní vlhkost dřeva je v praxi využívána jen zřídka.

VI 9-14:42

Rozložení vlhkosti v kmeni čerstvě pokáceného stromu je velmi nerovnoměrné. Mění se s výškou i poloměrem kmene, podle druhu dřeviny, stáří stromu i ročního období. Velké rozdíly jsou mezi bělí a jádrem jehličnanů (průměrná roční vlhkost bělí je 30 až 40 %, jádra 110 až 130 %). U listnatých dřevin je vlhkost rozložena mnohem rovnoměrněji a pohybuje se mezi 70 až 90 %. Vlhkost dřeva má značný vliv na zpracování dřeva. V praxi se podle obsahu vody rozlišuje dřevo:

- mokré - po uložení ve vodě, obvykle s průměrnou vlhkostí nad 100 %, syrové - bezprostředně po těžbě činí 50 až 100 %, ale i více,
- vlhké - s průměrnou vlhkostí kolem 30 %,
- předsušené - s průměrnou vlhkostí nižší než 30 %,
- vzduchosuché - přirozeně vysušené na 15 až 22 %,
- vysušené - vysušené na požadovanou konečnou vlhkost,
- absolutně suché - $w = 0$ %.

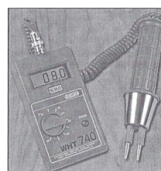
VI 9-14:46

Hledisek na rozlišení dřev podle vlhkosti je však více, počet skupin, názvy i hodnoty vlhkosti jsou proto pouze orientační.

Dřevo je materiál hygrokopický - svoji vlhkost přizpůsobuje teplotě a vlhkosti prostředí, ve kterém se nachází. Cílem sušení je dosáhnout mezi prostředím a dřevem vlhkostní rovnováhy - stavu, kdy dřevo neodevzdává svému okolí žádnou vlhkost, ani ji nepřijímá. Požadovaná konečná vlhkost dřeva musí proto odpovídat podmínkám použití dřeva. Pro potřeby ochrany před jakostní degradací při následném dalším skladování nebo při přepravě se řezivo vysouší na 20 ± 2 % (přepravní vlhkost). Pro vnější konstrukce budov (okna, dveře, obklady) je třeba vysušet na 12 až 14 %. Pro použití dřeva uvnitř budov (nábytek, podlahy) je běžná konečná vlhkost 8 %. Vlhkost dřeva stanovujeme váhovou metodou nebo pomocí vlhkoměru. Hmotnostní zkouška je klasická, velmi přesná metoda, vycházející přesně z definice vlhkosti dřeva.

X 19-13:31

Vzhledem k pracnosti a pomalosti se dnes používá téměř výhradně pro kontrolní nebo laboratorní měření.



Provozně je užíváno měření vlhkosti dřeva odporovými nebo dielektrickými vlhkoměry (obr. 66). Oba druhy vlhkoměrů se používají pro stanovení vstupní nebo pro kontrolu vstuptní vlhkosti řeziva. Pro průběžné snímání vlhkosti dřeva v sušárnách během sušení se používá odporový princip měření. Elektrický proud obvykle kolikové, často s různou hloubkou průniku (vnitřní a povrchová vlhkost). Počet měřených míst závisí na velikosti komory. Pro měření je třeba vybrat místa vzdálená od konce řeziva a alespoň 0,5 m.

Obr. Odporový vlhkoměr (dle Elbez)

VI 9-14:47

1.2 Vlhkost vzduchu

Vodu, nejvíce ve formě vodní páry, obsahuje vzduch téměř vždy. Množství vodní páry ve vzduchu se vyjadřuje jeho vlhkostí a udává se absolutní nebo relativní hodnotou.

VI 9-14:48

Absolutní vlhkost vzduchu je hmotnost vody v gramech, obsažená v 1 m³ vzduchu.

Udává se v g m⁻³ nebo v kg m⁻³.

X 19-14:01

Relativní vlhkost vzduchu udává,

do jaké míry je vzduch nasycen vodními parami. Je to poměr hmotnosti vody, kterou obsahuje 1 m³ vzduchu k hmotnosti vody, kterou by byl stejný objem vzduchu za stejných podmínek (tj. teploty a tlaku) nasycen. Označuje se a udává v %. Relativní vlhkost zcela nasyceného vzduchu je 100 %. Vysychání dřeva (ale i jiných látek) způsobuje schopnost vzduchu absorbovat vlhkost a rychlost vysychání dřeva je závislá na míře jeho nasycení. Pro potřeby sušení je proto vhodnější udávat relativní, ne absolutní vlhkost vzduchu.

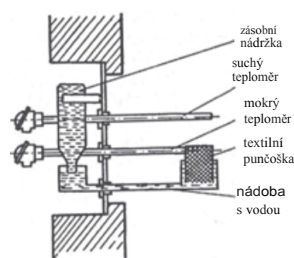
X 22-9:09

Relativní vlhkost vzduchu se v běžném vnitřním prostředí (výrobní, klimatizační a skladovací haly) měří obvykle **vlasovými vlhkoměry**. Udávají relativní vlhkost vzduchu přímo v procentech, jsou však vhodné pouze pro vizuální odečítání hodnot. V sušárnách se měří vlhkost prostředí psychrometry, elektrolytickými snímači vlhkosti nebo pomocí rovnovážné vlhkosti dřeva (obr. 67).

X 19-14:02

Psychrometr se skládá ze dvou teploměrů. Suchý teploměr snímá teplotu prostředí. Mokrý teploměr má přes čidlo navlečenu textilní punčošku, smáčenou ve vodě. V prostředí ne zcela nasyceném vodní párou se voda z punčošky odpařuje, a tím jí i teploměru odebírá výparné teplo. Teplota mokrého teploměru je proto nižší než teploměru suchého. Čím sušší je prostředí, tím vyšší je intenzita odpařování a tím vyšší je i rozdíl mezi teplotou mokrého a suchého teploměru. Je-li vzduch vodní párou nasycen, odpařování ustane a rozdíl teplot je nulový. **Rozdíl teplot se nazývá psychrometrický rozdíl nebo psychrometrická diference a označuje se Pr nebo Pd.** Psychrometrický rozdíl při dané (suché) teplotě udává relativní vlhkost vzduchu. Nevýhodou psychrometru je nutnost vlhčení čidla mokrého teploměru. Dojde-li k poruše vlhčení (znečištění, přerušení dodávky vody), teplota obou teploměrů se vyrovná a psychrometr udává hodnotu, která odpovídá nasycení vzduchu vodní parou. Regulátor sušárny má pak snahu vzduch stále vysušet, takže sušení je velmi tvrdé a může s velkou pravděpodobností dojít k poškození řeziva.

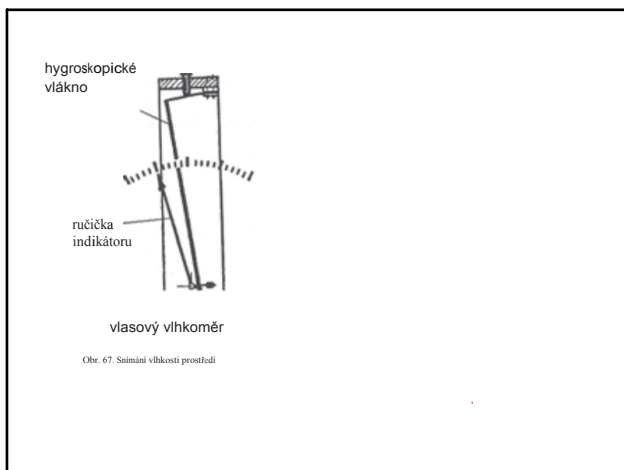
X 19-14:02



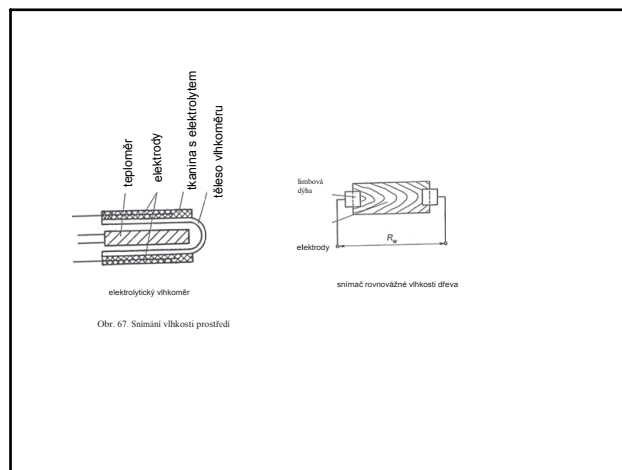
psychrometr



X 19-14:02



VI 9-14:48



VI 9-14:53

Elektrolytický vlhkoměr je založen na tom, že parciální tlak vodních par nad roztokem soli je nižší než nad vodní hladinou (důsledkem toho např. je, že sůl na vzduchu vlhne). Snimač je tvořen skleněnou trubičkou povlečenou tkaninou. Tkanina je napuštěna elektrolytem (např. chloridem lithným) a jsou v ni vetkány elektrody, napájené ze zdroje. Stoupne-li vlhkost prostředí, stoupne i vlhkost elektrolytu, a tím klesne jeho odpor. Proud procházející tkaninou se zvýší a ten zvýší i teplotu. Část vody se tak odpaří, odpor stoupne a intenzita proudu, a tím i vytápění opět poklesne. Poměry se ustálí na teplotě vyšší, než je teplota v sušárně. Z teploty trubičky snímané teploměrem uvnitř a teploty prostředí snímané samostatným teploměrem lze jednoznačně určit vlhkost prostředí.

Nepotřebnost vlhčení vede ke stále širšímu používání elektrolytických vlhkoměrů v praxi.

VI 9-14:53

Snimače vlhkosti prostředí pomocí rovnovážné vlhkosti dřeva využívají relativně rychlého vyrovnání vlhkosti tenkého plátku dřeva (dýhy) s vlhkostí prostředí. Tenká limbová (listnatá tropická dřevina) destička je v měřeném prostředí upevněna mezi dvěma elektrodami. Zvyšování vlhkosti prostředí způsobuje zvyšování vlhkosti destičky (tloušťka kolem 1 mm, zpoždění několik minut) až do stavu vlhkostní rovnováhy. Rovnovážná vlhkost destičky, měřená jako její elektrický odpor (R), udává spolu s teplotou v komoře relativní vlhkost vzduchu. Pro potřeby sušení dřeva se však hodnota rovnovážné vlhkosti dřeva na relativní vlhkost vzduchu nepřepočítává. Údaj o klimatu v sušárně, vyjádřený rovnovážnou vlhkostí dřeva, je z hlediska vysoušení dřeva náročnější. (Snáz se představíme intenzitu sušení dřeva o vlhkosti 25 %, víme-li, že klimatu v komoře odpovídá rovnovážná vlhkost dřeva 10 %, než víme-li, že teplota v komoře je 60 °C a relativní vlhkost vzduchu 66 %.)

X 19-14:04

1.3 Vysychání dřeva

Rozložení vlhkosti ve dřevě (řezivu) je po jeho výrobě poměrně rovnoměrné. V sušším prostředí předává dřevo vlhkost ze svých povrchových vrstev do okolí. Vzniká rozdíl mezi vlhkostí povrchových a vnitřních vrstev dřeva nazvaný **vlhkostní spád**. Vyjadřuje se rozdílem vlhkosti na jeden centimetr tloušťky řeziva (obr.).

Při běžném sušení je vyšší vlhkost ve středu a nižší na povrchu řeziva - řezivo má kladný vlhkostní spád. V opačném případě (například při vlhčení) mluvíme o záporném vlhkostním spádu. Nižší vlhkost povrchových vrstev umožní postup vlhkosti z vnitřních vrstev do vnějších a z nich do okolí. Vlhkostní spád je tak podmínkou vysychání.

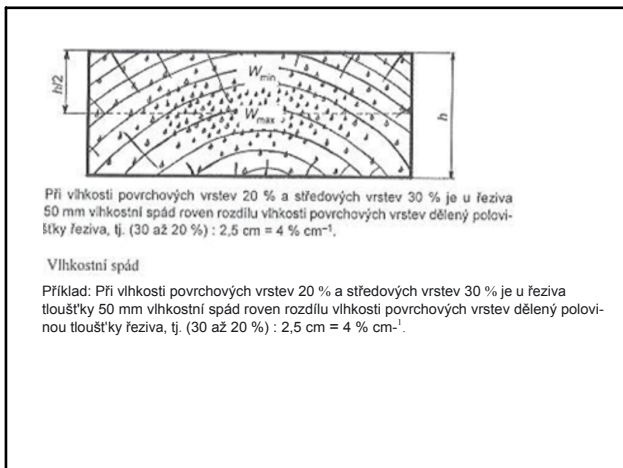
VI 9-14:53

Podmínkou vzniku vlhkostního spádu ve dřevě je **sušící spád**, který charakterizuje rozdíl mezi vlhkostí dřeva a vlhkostí prostředí. Udává poměr mezi skutečnou a rovnovážnou vlhkostí dřeva v daném prostředí (tj. vlhkostí, na které by se dřevo ustálilo při dané vlhkosti a teplotě okolí):

kde u je sušící spád,
 w - skutečná vlhkost dřeva,
 w_r - rovnovážná vlhkost dřeva.

$$u = \frac{w}{w_r}$$

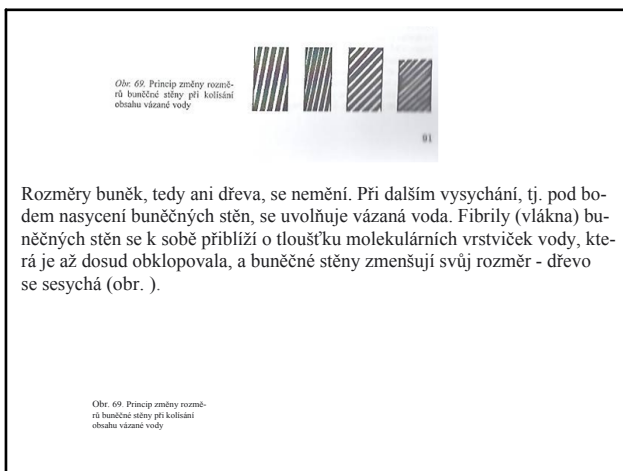
X 19-14:08



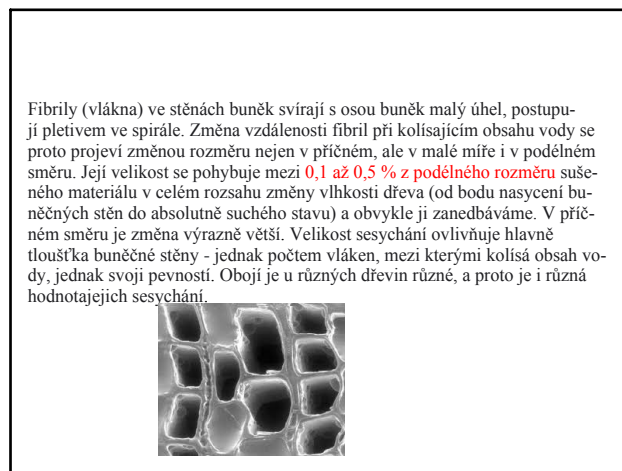
X 19-14:05

Pohyb vlhkosti při vysychání dřeva je nejvyšší ve směru přirozených cest – podélně. Příčně voda difunduje buněčnými stěnami a rychlost jejího postupu je mnohonásobně nižší. Poměr rychlostí pohybu vody v podélném, radiálním a tangenciálním směru je přibližně 35: 3 : 2 (podle koeficientů difuze). Vzhledem k vyšší vazebné energii vázané vody se při vysychání uvolňuje nejdříve voda volná. Stav, kdy ze dřeva uniká veškerá volná voda, ale zůstala ještě veškerá voda vázaná, se nazývá **bod nasycení buněčných stěn** (bod nasycení vláken). Maximální množství vázané vody závisí na struktuře dřeva, je tedy pro jednotlivé druhy dřev rozdílné. Za průměrnou hodnotu lze považovat vlhkost 30 % (± 2 až 3 %). Volná voda je obsažena v lumenech buněk a v mezibuněčných prostorech. Při jejím uvolňování - při vysychání v oblasti nad bodem nasycení buněčných stěn – zůstávají lumény buněk prázdné (plní se vzduchem).

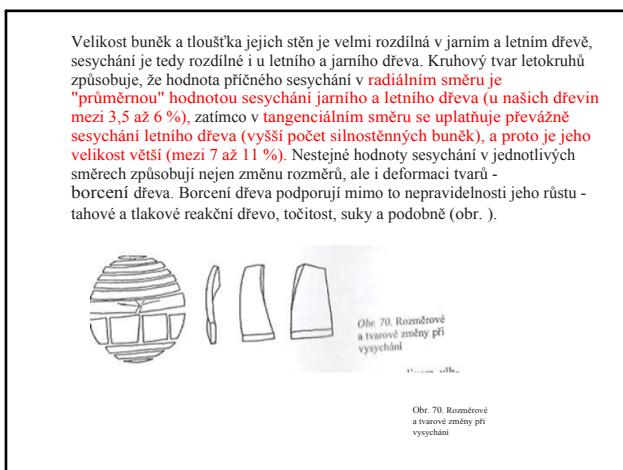
VI 9-14:53



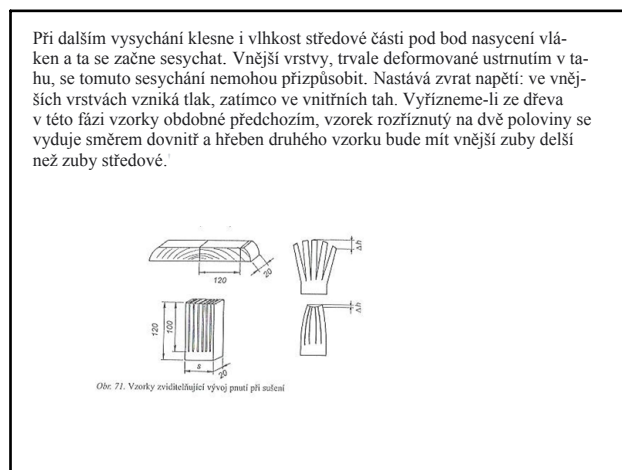
X 19-14:10



VI 9-14:53



X 19-14:12



VI 9-14:53

Napětí ve dřevě vzniká při jeho vysychání vždy. Jeho velikost je úměrná rozdílu vlhkostí mezi povrchovými a vnitřními vrstvami - vlhkostnímu spádu. Napětí, která nepřekročí mez pružnosti dřeva a vyvolají deformace v rámci mezi pružné deformace, se nazývají **vlhkostní napětí** a dřevu neškodí.

X 19-14:14

Napětí mimo tento rámec, tzv. **zbytková napětí**, vyvolají trvalé deformace mluvíme o **zkornatění řeziva**. Při tvrdém sušení mohou vzniknout napětí, která překročí i mez pevnosti v tahu a ve dřevě vznikají čelní nebo povrchové trhliny. Přestože se trhliny mohou po celkovém vyschnutí dřeva uzavřít a nemusí být na první pohled viditelné, vážné porušení dřeva zůstává.

11 18-19:01

Mimo tyto čelní nebo povrchové trhliny se mohou vytvářet trhliny vnitřní - trhliny buněčných stěn. Při vysychání nad bodem nasycení buněčných stěn se mohou stěny buněk, z jejichž lumenu velmi rychle unikla vlhkost, zřídit dovnitř lumenu. Poškození nazýváme kolapsem nebo zřícením buněk a projevuje se jako široké trhliny s deformovanými buňkami. Při tvrdém

sušení pod bodem nasycení buněčných stěn může buněčné stěny potřhat přetlak vodních par. Výsledkem jsou tenké trhliny s rovnými stěnami, hlavně ve vnitřních vrstvách řeziva.

X 19-14:16

1.4 Činitele ovlivňující průběh sušení

VI 9-15:07

Teplota

Teplota určuje tepelný stav tělesa. Při sušení působí jako teplota okolního vzduchu, podstatněji však jako teplota povrchových vrstev dřeva. Ta může být od teploty vzduchu odlišná, například vlivem sálání nebo záření. Obecně platí, že vyšší teplota urychluje průběh sušení.

X 19-14:17

Relativní vlhkost

Relativní vlhkost vzduchu udává schopnost vzduchu přijímat do sebe další vodní páru. Protože tato schopnost vzrůstá s teplotou, je hodnota relativní vlhkosti vzduchu na teplotě závislá. Zvyšující se relativní vlhkost vzduchu zpomaluje rychlost vysychání dřeva.

X 19-14:17

Umělé sušení dřeva

VI 18-21:42

Umělé sušení dřeva je snižování vlhkosti dřeva za uměle vytvořených a průběžně řízených podmínek. Těmito podmínkami jsou především teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu.

K nim mohou u některých druhů sušení přistupovat i další, např. tlak vzduchu nebo působení chemických látek, případně se dřevo může vysoušet v jiném prostředí než ve vzduchu (pára, horké oleje). Způsoby, kterými se podmínky sušení vytváří, nebo podmínky, za kterých se dřevo vysouší, se u jednotlivých druhů umělého sušení liší. Podle toho můžeme umělé sušení dřeva členit takto:

X 19-14:23

3 Umělé sušení

- teplovzdušné,
- kondenzační,
- vysokoteplotní,
- spaliny,
- vakuové,
- dielektrické,
- v horkých olejích,
- chemické.
- (solární)

X 14-7:54



XI 30-13:17

Uvedené postupy jsou užívány především pro sušení řeziva. Pro vysoušení jiných dřevěných materiálů (dýhy, třísky, kůra) nebo sušení povrchových úprav jsou užívány speciální postupy a zařízení.

Do jisté míry odlišné je umělé předsoušení řeziva. Jeho cílem není vysušit dřevo na požadovanou konečnou jakost, ale ekonomickým způsobem snížit vlhkost řeziva tak, aby se sušení na konečnou vlhkost zrychlilo, zkvalitnilo a zlevnilo.

X 19-14:25

3.1 Předsoušení řeziva

Předsoušením se snižuje vlhkost řeziva v průměru na 20 % (15 až 30 %). **Cílem je snížit a zrovnoměnit vstupní vlhkost řeziva** při jeho následném uměle sušení, případně chránit řezivo před jeho napadením škůdci během skladování, příp. přepravy. Vlastní sušení se tím zrychluje, stoupá výkon sušáren a klesají náklady na sušení. Rovnoměrnější vstupní vlhkost zvyšuje i jakost sušení. Umělé předsoušení řeziva zkracuje ve srovnání s přirozeným předsoušením dobu asi na 1/4 až 1/5, tím snižuje i nároky na skladovací plochy a hlavně na objem uskladněného řeziva. Zkracuje se doba obrátu zásob a zlepšují se finanční toky vzhledem k menšímu objemu prostředků vázanému v zásobách.

Cílem je snížit a zrovnoměnit vstupní vlhkost řeziva

VI 18-21:42

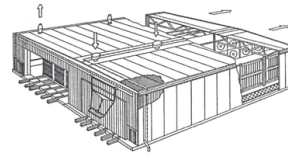
Umělé předsušení řeziva se provádí v sušících komorách nebo tunelech při teplotách do 40 °C (málo do 60°C), proudění vzduchu se pohybuje mezi 1 až 1,5 ms⁻¹.

Komory předsušáren jsou vybaveny ventilátory, vytápěcími registry, klapkami pro výměnu vzduchu, snímači teploty a vlhkosti vzduchu a regulátorem udržujícím nastavené klima. Vlhčení obvykle nemají, pro zvýšení vlhkosti prostředí v předsušárně postačuje voda uvolněná ze dřeva. Tepelná izolace stěn je nutná, vzhledem k nízkým teplotám předsušení však na ni nejsou kladeny vysoké nároky. V porovnání s komorou sušárny jsou předsušárny stavěny na vyšší objemy řeziva (150 až 400 m³) a mají nižší rychlost proudění vzduchu.

X 19-14:26

Do komory předsušárny se hrábě řeziva naváží koljeovými vozíky (obr. 74) nebo železnými vysokoudvíhacími vozíky (podle používané mechanizace). Lze je také plnit současně řezivem různých dřevin a nestojných tloušťek. Je však třeba, aby v komoře nebyly volné prostory umožňující příčný proudění vzduchu mimo hrábě, protože se tím výrazně snižuje rychlost proudění vzduchu hráběmi, prodlužuje a znerovnoměňuje sušení.

Vlastní sušení může probíhat ve stálých podmínkách (teplota a relativní vlhkost vzduchu) nebo ve stále teplotě a povlné (samovolné) klesající vlhkosti vzduchu.



Obr. 74. Předsušárna řeziva (dle Vzduchotechniky)

VI 18-21:42

Obvyklé klima v předsušárně má teplotu mezi 35 až 40 °C při vlhkosti vzduchu 67 až 75 % (fi psychrometrickém rozdílu 4 až 6 °C). Konkrétní teplota a vlhkost vzduchu se řídí podle nejcitlivější předsušené dřeviny a nejvyšší tloušťky řeziva. Vzhledem k velmi mírným podmínkám vysoušení se však v praxi hodnoty často nemění. Stačí, aby vlhkost v komoře nestoupala nad 80 % (pod 2 až 3 °C psychrometrického rozdílu). Předsušení by se prodlužovalo a vyvířelo by se podmínky vhodné pro rozvoj plísní.

Průběh předsušení je obvykle řízen samočinně alespoň regulátorem. Ten udržuje teplotu a vlhkost v sušárně na předem nastavené hodnotě. V průběhu předsušení není nutné hodnoty měnit. Řízení průběhu teploty a vlhkosti klimatu počítačem podle předem sestaveného řádu není u předsušáren obvyklé. Konkrétní vlhkost předsušení je běžně 20%. Předsušárna lze využít i pro sušení na nižší vlhkost (do 12 %), ale v porovnání s teplotově vlhkovými sušárnami vzrůstá výrazně doba vysoušení, a tím i náklady.

Vyvážení předsušeného a návazně naváženého čerstvého řeziva lze provádět jednotázově výměnou celé náplně nebo příčinně vyvážení jedné nebo několika hrábí a doplněním náplně před sušárnou novým řezivem.

Umělé předsušení je v porovnání s přirozeným spolehlivější jakosti i dobou sušení, umožňuje operativnější výrobu. K výhodám patří i možnost vytápění komor nízkoteplotními, jinak obtížně využitelnými zdroji tepla (např. výstup ze sušáren). Tím se náklady na jejich provoz snižují.

Přílišné provozy stále více používají velkoobjemové teplotově vlhkově sušárny na sušení řeziva na výstupní vlhkost 20 %. Jejich využití je tím prakticky shodné s předsušárnami řeziva. Vyšší používané teploty klasického sušení vzhledem k předsušení, vyšší rychlost proudění vzduchu a přesné řízení teploty a vlhkosti vzduchu v průběhu celého procesu sušení umožňují dosažení kratších sušících časů. Náklady na vysoušení řeziva jsou vyšší než u předsušáren, náhradou je snížení zásob a vyšší operativnost výroby.

VI 18-21:42

X 19-14:26

2.pdf (applicationpdf objekt)
2.protokol.pdf (applicationpdf objekt)

3.2 Teplotově vlhkové sušení

<http://www.hbkrako.cz/project/files/videos/droger-final-464x256.mp4>
video super

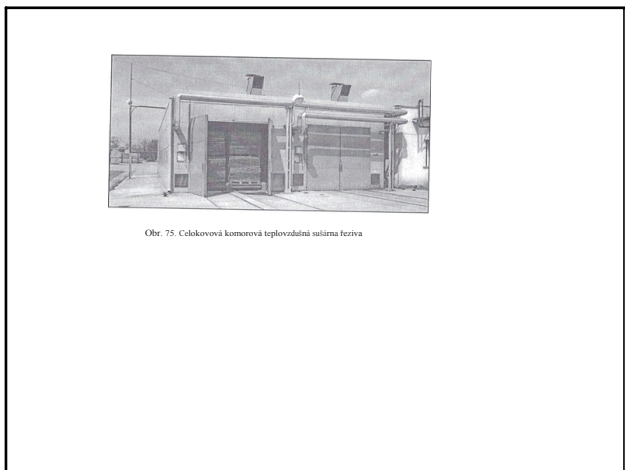
Teplotově vlhkové sušení je klasický způsob, při kterém se řezivo, vyrovnané do hrání a zavezené do sušárny suší při teplotách 50 až 90 °C, při vlhkosti vzduchu 90 až 40 % a za stálé nebo řízené rychlosti proudění vzduchu 1 až 2,5 m s⁻¹ (výjimečně do 4 m s⁻¹). Jeho počátky sahají do 50. let 19. století a je dodnes nejrozšířenější, i když postupy a sušící režimy i konstrukce komor se v průběhu doby měnily.

Druhy sušáren

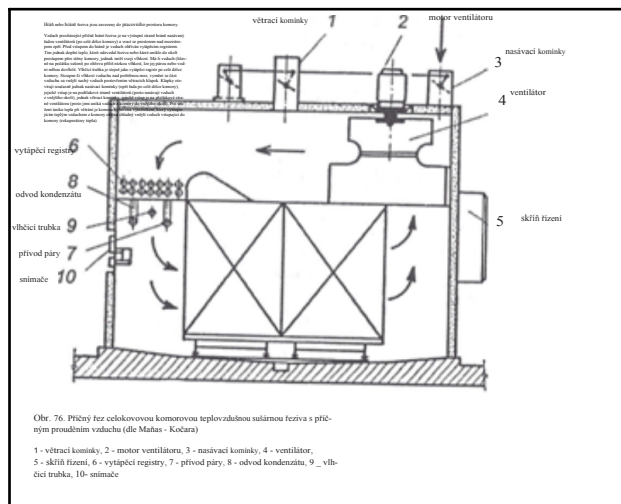
Nejběžnějším typem teplotově vlhkové sušárny je komorová sušárna s příčinným prouděním vzduchu. Klasicky se stavěla zděná. Dnes zcela převažují celokovové konstrukce (obr. 75 a 76).

VI 18-21:42

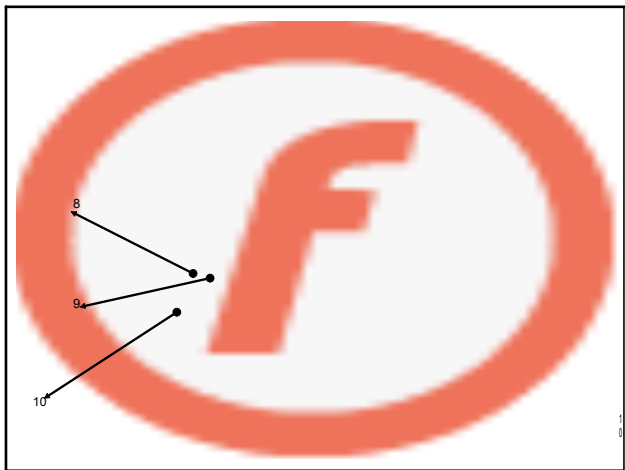
X 19-14:27



VI 18-21:53



VI 18-21:53



11 25-19:28

hlavní součásti komorové sušárny.

- 1 - větrací komínky, 2 - motor ventilátoru, 3 - nasávací komínky, 4 - ventilátor,
- 5 - skříň řízení, 6 - vytápěcí registry, 7 - přívod páry, 8 - odvod kondenzátu,
- 9 - vlhčící trubka, 10 - snímače

X 14-7:57

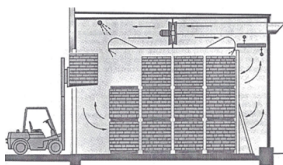
Hráň nebo hraně řeziva jsou zavezeny do pracovního prostoru komory.

Vzduch procházející příčně hrání řeziva je na výstupní straně hraně nasávaný řadou ventilátorů (po celé délce komory) a vrací se prostorem nad mezistropem zpět. Před vstupem do hraně je vzduch ohříván vytápěcím registrem. Tím jednak doplní teplo, které odevzdal řezivu nebo které uniklo do okolí prostupem přes stěny komory, jednak sníží svoji vlhkost. Má-li vzduch (hlavně na počátku sušení) po ohřevu příliš nízkou vlhkost, lze jej párou nebo vodní mlhou dovlhčit. Vlhčící trubka je stejně jako vytápěcí registr po celé délce komory. Stoupne-li vlhkost vzduchu nad potřebnou mez, vymění se část vzduchu za vnější suchý vzduch pootvěřením větracích klapek. Klapky otevírají současně jednak nasávací komínky (opět řada po celé délce komory), jejichž vstup je na podtlakové straně ventilátorů (proto nasávají vzduch z vnějšího okolí), jednak větrací komínky, jejichž vstup je na přetlakové straně ventilátorů (proto jimi uniká vzduch z komory do vnějšího okolí). Pro snížení úniku tepla při větrání je komora vybavena výměníkem, který vystupujícím teplým vzduchem z komory ohřívá chladný vnější vzduch vstupující do komory (rekuperátory tepla).

VI 18-21:53

Celý průběh klimatu v komoře řídí dnes obvykle počítač (automatická regulace) nebo regulátor, udržující nastavenou teplotu a vlhkost vzduchu (poloautomatická regulace). Komer řízených ručně je dnes v provozu již porskrovnu. Ve všech případech je však nutné měření teploty a vlhkosti vzduchu, lépe i vlhkosti řeziva (sondy). Průchodem hrání se vzduch zvlhčuje vodou uvolněnou ze dřeva. Na výstupní straně hraně je tedy vlhčí než na straně vstupní. Řezivo umístěné na výstupní straně hrání má tedy po vysušení vyšší vlhkost než řezivo na straně vstupní. Je-li vedle sebe v komoře více hrání, je rozdíl tím výraznější. Tuto skutečnost se snaží řešit komory s reverzním prouděním vzduchu (obr. 77). Způsob vysoušení je shodný s komorami s jednosměrným prouděním vzduchu. Upraveno je pouze vnitřní vybavení komory, aby umožnilo rovnoměrné proudění vzduchu střídavě oběma směry. Ventilátor se symetrickými lopatkami je umístěn na příčce mezistropu ve středu šířky komory. Náběhy pro snížení pneumatického odporu jsou na obou stranách mezi stropu, stejně jako vytápěcí a vlhčící trubky.

VI 18-21:53



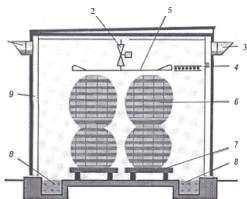
Obr. Příčný řez komorou s reverzním prouděním vzduchu (dle Hildebrand)

VI 18-21:53

Celokovová komora má obvykle nosnou konstrukci z kovových profilů, samonosné panely jsou výjimkou. Její plášť je tvořen vnitřním a vnějším opláštěním obvykle z hliníkového plechu, mezi kterými je tepelná izolace. Komora však může být i zděná (většina starších sušáren). Vrata jsou otevírací pouze u menších komor, větší mají křídla obvykle dělená a posuvná na kolejové dráze nebo skládací směrem vzhůru s motorovým pohonem. Velké (mnohasetkubikové) komory mívají často lamelovou konstrukci vrat nebo jsou textilní a otevírají se navjéním pod stropem komory. Umístění vrat odpovídá způsobu plnění komory. Při navážení řeziva kolejovými vozíky jsou vrata z čela. Z jednoho čela, je-li komora neprůjezdná, nebo z obou čel u průjezdných komor. Průjezdné komory umožňují přípravu řeziva pro náplň komory během sušení předchozí náplně (a odvoz vysušeného řeziva během sušení následné náplně), výměna je proto podstatně rychlejší. Při navážení do komor čelním vysokozdvižným vozíkem je nutné mít celou boční stěnu komory konstruovanou jako vrata. Průjezdnost nemá u těchto komor smysl. Způsob navážení komor odpovídá použité mechanizaci ve skladu řeziva a prostorovým možnostem. Oba způsoby navážení komor jsou přibližně stejné části.

VI 18-21:53

Obr. Příčný řez pařicí a sušicí komorou (dle Hildebrand)
1 - nasávací/větrací komínek, 2 - reverzní ventilátor, 3 - větrací/nasávací komínek, 4 - vytápěcí registry, 5 - mezi strop, 6 - hraně řeziva, 7 - vozíky, 8 - vytápěné bazény nepřímého paření, 9 - plášť komory



VI 18-21:53

Komory teplovzdušných sušáren se vyrábí v objemech přibližně od 5 do 400 m³ řeziva (náplň nelze přesně stanovit, záleží na rozměrech řeziva a způsobu jeho uložení). Délka komor se pohybuje od 6 až běžně do 18 m (obvykle v sekcích po 2, 3 nebo 6 m). Lze do nich uložit řezivo v jedné, dvou nebo více řadách hrani vedle sebe a jedné až třech hraních na sobě. Teplovzdušné nebo parní komory zvláštní konstrukce umožňují mimo sušení i paření dřeva (samostatně nebo v kombinaci se sušením). Cílem paření je uvolnění napětí ve dřevě, barevné, sjednocení, případně změna barvy řeziva. Doporučuje se též pro usnadnění a zrovnoměrnění sušení předsušeného řeziva, hlavně obtížně sušitelných dřevin. Paření se provádí ve vlhké páře, přiváděné do komory přímo (přímé paření) nebo častěji vyvíjené ve vytápěných vanách pod rostovou podlahou komor (obr. 78). Sušárenské komory s možností paření řeziva nebo přítěží se využívají ve speciálních výrobcích (podlahoviny, listy, nábytek atd.). Z našich dřevin je často pařeným druhem dřeva buk, ale i jasan, javor, akát nebo dub. Pro velké sušené objemy a obvykle ne pro nízké výstupní vlhkosti jsou určeny sušárny kontinuální - tunelové. Řezivo do nich vstupuje zjedné strany, postupně (v cyklech) prochází jednotlivými částmi sušárny, a tím i jednotlivými fázemi sušení, a po vysušení vystupuje na druhé straně "tunelu".

VI 18-22:00

Průběh sušení

průběh sušení.wma

Umělé sušení (nejen teplovzdušné) je proces, který před svým zahájením vyžaduje:

- sestavení sušicího řádu,
- příprava řeziva k sušení,
- příprava a kontrola sušicí komory,
- zavezení řeziva do sušárny.

Vlastní sušicí proces teplovzdušného sušení se skládá z několika základních fází:

- ohřev řeziva,
- vlastní sušení,
- konečné ošetření,
- ochlazení.

Za sušením následuje:

- klimatizace,
- skladování řeziva,
- hodnocení jakosti usušeného řeziva.

Sušicí řád udává průběh teploty, vlhkosti, případně i rychlosti proudění vzduchu během celého sušení. Stanovuje se podle druhu dřeviny, tloušťky (popř. i délky) řeziva, vstupní a požadované výstupní vlhkosti a požadované jakosti sušení. V průběhu sušení se hodnoty uvedených veličin skokově (v krocích) nebo plynule mění. Mohou se řídit podle vlhkosti dřeva (vlhkosti sušicí řády) nebo podle času (časové sušicí řády).

VI 18-22:00

VI 18-22:00

Vlhkostní sušicí řád uvádí teploty a relativní vlhkosti vzduchu v závislosti na snímané vlhkosti dřeva.

Je sestaven do tabulek platných pro danou dřevinu a tloušťku řeziva. Dané vlhkosti dřeva, která je během sušení průběžně snímána, přiřazuje vlhkostní řád hodnotu teploty a vlhkosti vzduchu. Teplotu udává řád vždy přímo ve °C. Vlhkost vzduchu udává přímo v % málokdy. U nás se častěji udává vlhkost vzduchu psychrometrickým rozdílem (ve °C) nebo hodnotou suchého a mokrého teploměru (odpovídá klasickému sušicím řádům i ON 49 0651 Umělé sušení řeziva. Šíří se i udávání vlhkosti vzduchu v komoře pomocí rovnovážné vlhkosti dřeva (např. Gann).

XII 1-15:36

Časový sušicí řád udává teploty a relativní vlhkosti vzduchu v závislosti na čase, který uplynul od počátku sušení, nebo udává doby trvání jednotlivých fází.

Vychází z vlhkostního řádu upraveného pro konkrétní podmínky sušení v dané komoře. Lze jej sestavit (např. podle uvedené ON 49 0651) ze základních sušicích dob trvání jednotlivých fází poklesu vlhkosti dřeva při přihlednutí k druhu dřeviny, tloušťce, rychlosti proudění vzduchu, skutečným teplotám režimu sušení (tvrdém - měkkém), délce a provozu sušárny (koeficienty). Při časovém sušicím řádu se vlhkost dřeva průběžně neměří. Předpokládá se pouze, že při daných podmínkách v komoře klesá v souladu s vypočtenými časy. Tím může vzniknout chyba, kterou lze odhalit až při kontrole jakosti usušeného řeziva. Při opakovaném sušení ve známých podmínkách k tomu však dochází výjimečně.

XII 1-15:33

oborové normy ON 49 0651

Příprava vlhkostního i časového sušicího řádu v našich podmínkách vychází z oborové normy ON 49 0651 Umělé sušení řeziva. Ta stanovuje zásady přípravy řeziva k sušení a zavážení sušárny řezivem, uvádí základní tabulky, z nichž lze sestavit vlhkostní i časový řád pro všechny fáze sušení a uvádí zásady skladování a způsobu hodnocení jakosti usušeného řeziva. Příprava řeziva na sušení v teplovzdušných sušárnách začíná prokládáním řeziva do hrání. Zásady pro jejích stavbu jsou obsaženy v příloženém součinném a jsou popsány v ČSN 49 0650. Příčné rozměry hrání však musí odpovídat průřezu komory (šířka hrání obvykle 150 nebo 120 cm, výška od 120 do 170 cm). Vzdálenosti mezi jednotlivými kusy řeziva nejsou kritické, podobávána je naopak přesná délka prokládání (nesmí přesahovat). V hrání je jeden kus řeziva (tloušťka, délka, dřevina) o příložné stejné vlhkosti. Příprava komory spočívá v kontrolě jejího stavu (měření teploty a vlhkosti prostředí, sondy na měření vlhkosti dřeva, stav vlhčení, topení, útlum, ochlazení činnosti) a odstranění případných nedostatků.

VI 18-22:00

Komora se plní hraněmi řeziva stejné dřeviny, tloušťky a počáteční vlhkosti. Z hlediska rovnoměrného proudění vzduchu v komoře je nezbytné, aby hraně zaplňovaly celou délku komory (vyplnění šířky a výšky se při odpovídajícím průřezu hrání předpokládá). U dvou nebo víceřadých komor lze v případě nezbytí (nevhodná skladba délek) sestavit náplň komory tak, aby místa mezer v jedné řadě vykrývaly hraně řady druhé, ale i tak je rovnoměrnost proudění vzduchu, a tím i sušení porušena. Malé jednořadé komory však tuto možnost neposkytují.

XII 1-15:38

Ohřev

Ohřev je první fází sušení. Jeho účelem je jednak ohřátí vzduchu a komory sušárny, jednak prohřátí řeziva na teplotu počátku vlastního sušení. Během ohřevu se v sušárně udržuje poměrně vlhké prostředí (psychrometrický rozdíl 4 až 6 °C pro jehličnaté a 2 až 3 °C pro listnaté druhy dřevin), aby se nedostatečně prohřáté řezivo nezačalo sušit. Z vlhkých povrchových vrstev by se rychle odpařovala vlhkost, kterou by vlhkost z neprohřátých vnitřních vrstev nemohla následovat. Tím by se porušil plynulý tok vlhkosti a hrozilo by zkromatnění povrchových vrstev, tvorba trhlín, případně kolaps buněk. Příliš velké vlhčení však není vhodné, obzvláště u předsušeného řeziva. **Doba ohřevu přibližně odpovídá jedné hodině na 1 cm tloušťky řeziva.** Při zmrzlém řezivu se prodlužuje na dvojnásobek.

VI 18-22:00

Vlastní sušení

Vlastní sušení je fáze, při které se z řeziva odpařuje vlhkost. Tabulky sušicích řádů jsou sestaveny pro jednotlivé dřeviny a pro jednotlivé tloušťky řeziva. Obsahem tabulek jsou hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu v sušárně při jednotlivých krocích vlhkosti řeziva. Parametry prvního kroku odpovídají vstupní vlhkosti řeziva. U řeziva předsušeného pod bod nasycení buněčných stěn se předpokládá, že nemá rovnoměrnou vlhkost (povrch je sušší než středové vrstvy). Proto se **jehličnaté řezivo začíná sušit podle vlhkostního stupně, který je o jeden vyšší než by odpovídalo naměřené vlhkosti, listnaté řezivo o dva vyšší.** Další průběh sušení se řídí podle vlhkosti řeziva. Obecně lze říci, že při klesající vlhkosti řeziva postupně vzrůstá teplota prostředí v sušárně a snižuje se jeho vlhkost. **Cílem sušení je rovnoměrné uvolňování vlhkosti z řeziva.** Fáze vlastního sušení končí dosažením požadované konečné vlhkosti řeziva.

VI 18-22:00

Konečné ošetření

Konečné ošetření je fáze sušení řeziva, při které se vyrovnává vlhkostní spád, konečná vlhkost a odstraňuje zkornatění řeziva. Postup konečného ošetření se volí podle požadavků na konečnou jakost sušení.

Při sušení na **první jakostní stupeň** (použití řeziva pro modely, hudební nástroje, náročný nábytek apod.) má konečné ošetření dvě fáze: **egalizaci a zlahodnění**.

Při **egalizaci** (vyrovnání, sjednocení) se vlhkost v sušárně upraví na psychrometrický rozdíl 13 až 15°C při zachování konečné teploty sušení. Toto klima představuje mírné sušení a udržuje se dokud nejlhčí vzorek (sonda) nedosáhne požadované vlhkosti. Při egalizaci se tak povrchové vrstvy řeziva obvykle mírně přesuší, středové vrstvy dosáhnou požadované vlhkosti.

Při **zlahodnění** se sníží psychrometrický rozdíl na 5 až 7 °C při zachování teploty sušení. Klima se zvlhčí. Přesušené povrchové vrstvy řeziva se tím opět dovlhčí, středové si ponechají dosaženou vlhkost. Vlhkost v celém průřezu materiálu se tak vyrovná a zkornatění pomine (nebo se alespoň sníží).

XII 1-15:38

Doba egalizace a zlahodnění se řídí tloušťkou řeziva a použitým sušicím řádem. Při sušení jehličnatého řeziva tvrdým sušicím řádem nebo listnatého řeziva měkkým sušicím řádem je doba egalizace a zlahodnění přibližně stejná (4 až 16 hodin podle tloušťky řeziva). U jehličnatého řeziva sušeného měkkými řády lze zlahodnění až o třetinu zkrátit, u listnatého řeziva sušeného tvrdými řády je naopak třeba dobu zlahodnění prodloužit až na dvojnásobek. Při sušení na druhý jakostní stupeň (použití pro stavebně truhlářské výrobky, běžný nábytek, obklady apod.) lze egalizaci vypustit, řezivo se pouze zlahodňuje. Při sušení na třetí jakostní stupeň (obaly, řezivo pro stavebnictví) lze vypustit celé konečné ošetření.

X 13-16:32

Ochlazování je poslední fázi sušení. Cílem je postupné snížení teploty řeziva na hodnotu, která se příliš neliší od teploty prostředí, do kterého bude řezivo ze sušárny vyvezeno. Teplotní rozdíl mezi konečnou teplotou ochlazování a teplotou vnějšího prostředí se nedoporučuje vyšší než 30°C. Doba ochlazování se počítá stejně jako doba ohřevu - 1 hodina na 1 cm tloušťky materiálu (u citlivých dřevin 2 h cm⁻¹). Při velkém rozdílu mezi teplotou řeziva a teplotou vnějšího prostředí se v zduch v bezprostředním okolí řeziva výrazně zahřeje, a tím vysuší. Povrchová vrstva řeziva, která je s ním ve styku, se začne intenzivně vysušet. Tím vznikne ve dřevě vysoký vlhkostní spád, který vede k vzniku povrchových trhlin, borcení a kornatění řeziva - k jevům, kterým se snažíme v celém průběhu sušení předcházet.

X 13-16:32

V průběhu celého sušení (od počátku ohřevu po konec chlazení) se v komoře klasické teplovzdušné sušárny udržuje stálá rychlost proudění vzduchu. Tu zabezpečují ventilátory, které jsou po celou dobu sušení v chodu. Pouze malá část komor (a stejně tak řídicích systémů) umožňuje regulaci rychlosti proudění vzduchu v závislosti na vlhkosti řeziva. Regulace rychlosti proudění vzduchu umožňuje dosáhnout souladu mezi množstvím vody, které je schopno difundovat na povrch řeziva, se schopností vzduchu tuto vlhkost do sebe pojmout a odvést ji. Závisí na druhu dřeviny, tloušťce řeziva a vlhkosti řeziva a probíhá při dané teplotě a vlhkosti vzduchu. Regulací otáček lze dosáhnout především úspory spotřeby elektrické energie pohonu ventilátorů.

O průběhu sušení se vytváří záznam. Obsahuje skutečný průběh teploty a vlhkosti vzduchu, u vlhkostních sušicích řádů průběh vlhkosti dřeva a často i další parametry (teplotu a tlak vytápěcí páry, vnější teplotu - vyvážení řeziva). Jsou uloženy v paměti řídicího počítače, odkud je lze na přání vyvolat a vytisknout. U klasických regulátorů jsou průběžně zapisovány na nekonečný papír registračními přístroji. **Při sušení na zakázku je běžné předkládat tento záznam odběrateli jako doklad o provedeném sušení.**

X 13-16:32

V nových provozech **dnes převažuje užívání vlhkostních sušicích řádů.** Souvisí to s rozšířením **počítačových řídicích systémů** sušicích procesů i jejich spolehlivosti (obr. 79). Mimo vlastní řízení sušárny, tj. udržování teploty a vlhkosti (případně rychlosti proudění vzduchu) na stanovených hodnotách veškeré myslitelné druhy dřevin a sortimenty řeziva. Před začátkem sušení lze v těchto případech zvolit druh dřeviny, tloušťku řeziva a požadovanou konečnou vlhkost (někdy i "tvrdost" sušení). Vlhkost dřeva se při sušení průběžně snímá sondami (4 až 16 podle velikosti komory). Změřena je tak i vstupní vlhkost, tím je dán sušicí řád a sušení od jeho spuštění probíhá samočinně. Prakticky vždy je však možné (a často i vhodné) si průběh sušení stanovit nebo upravit podle vlastních potřeb. Takto vytvořené sušicí řády lze uložit do paměti a kdykoli v budoucnu je používat.

X 13-16:32

Sestavení sušicího řádu

Pro sestavení sušicího řádu teplovzdušného vysoušení slouží ON 490651 Umělé sušení řeziva. Norma popisuje celý průběh sušení - určení počáteční vlhkosti, výběr sušicích vranků, navázání řeziva do sušárny, jednotlivé fáze sušení, skladování a hodnocení jakosti sušeného řeziva. V přílohách obsahuje tabulky hodnot teploty a vlhkosti vzduchu pro jednotlivé dřeviny, tloušťky řeziva a a vlhkostní stupně. Pro sestavení číselných sušicích řádů obsahuje navíc tabulky základních sušicích dob vypracovaných pro smrk a buk. Tabulky platí pro standardní podmínky, které jsou:

pro tab. 19 ..dřevina smrk
počáteční teplota sušení 70 až 80 °C,
.. konečná teplota sušení 80 až 90 °C,

pro tab. 20 ..dřevina buk
počáteční teplota sušení 60 až 70 °C,
.. konečná teplota sušení 80 °C,

pro tab. 19 a 20 typ sušení = tvrdé,
.. rychlost proudění vzduchu = 1,5 m s⁻¹,
.. délka řezavice větší než 2 m,
.. trojsměrný provoz.

Poznámka: Cíle tabulek a článků v řetězi příkladů odpovídají jejich označení v ON 490651 Umělé sušení řeziva.

X 13-16:32

Na všech těchto veličinách závisí rychlost sušení dřeva v komoře sušárny. Pokud se některé z těchto veličin svými hodnotami liší od výše uvedených, je třeba základní sušiči čas upravit vynásobením příslušným opravným součinitelem.

Příklad:

Stanovte vhodný sušičí řád pro Db fezivo tloušťky 32 mm, délky 3 až 6 m o vstupní vlhkosti 35 %, které je třeba vysušit na vlhkost 8 % pro potřeby nábytkářské výroby. Parametry sušárny: rychlost proudění vzduchu 3 m/s, dvojitelný provoz.

Řešení:

Základní režim volíme podle tab. 17 (dub, tloušťka feziva 32 mm), vzhledem k vysoké požadované jakosti volíme sušení měkké. Vstupní vlhkost 35 % je na pomezí přirozeně předsušeného a nepředsušeného feziva. Pro přirozeně předsušené listnaté fezivo je předepsáno sušení o dva vlhkostní stupně navíc, pro nepředsušené žilný (lámeč c. 21), zde volíme jeden. Teplotní a vlhkostní průběh bude tedy pro nás platit od druhého do posledního řádku uvedené tabulky, sušení měkké. Časový průběh vyhledáme v tab. 20 pro buk (listnaté) a časové rozdíly mezi jednotlivými vlhkostními stupni (tj. doby trvání stupňů) vypíšeme do tabulky jako základní dobu sušení. Doba trvání "stupně navíc" volíme mezi 40 a 50 % podle tab. 20. Základní doby sušení vynásobíme opravným součinitelem.

- opravný součinitel pro dub (tab. 21) je 1,10,
 - opravný součinitel pro měkký průběh (tab. 22) je 1,30,
 - teplota udaná v tab. 17 pro dub 32 mm je průměrně o 10 až 15°C nižší než standardní podmínky platné pro tab. 20, součinitel podle tab. 23 je 1,20,
 - skutečné rychlosti proudění 3 m/s odpovídá podle tab. 24 součinitel 0,76,
 - součinitel délky feziva podle tab. 25 odpadá 1,00,
 - součinitel úmnožení (tab. 26) je pro dvě směry 1,17.
- Celkový opravný součinitel je tedy 1,52.

X 13-16:32

X 13-16:32

Poznámky k hodnotám uvedeným v tab. 5:

k f. I - tloušťce 32 mm odpovídají 4 h obtuživa dřeva + asi 1 h obtuživa sušárny a vlnička v ml,

k f. 4+5 - časy byly získány přibližným rozdělením času 26 h pro interval 30 až 20 % (tab. 20).

k f. II - isopeni je vypnuté a větrací klapky pootevřeny, automatická udržuje daný psychrometrický rozdíl při klesající teplotě (vlivem ztrát do okolí), ke slopci "rovnovážná vlhkost" běžně používáme, zde pro představu o intenzitě sušení v dané fázi (teoreticky dosažitelná vlhkost feziva).

Ke slopci "upravená doba", hodnoty jsou zkonstruovány na celé hodnoty, hodnoty časů v závorce znamenají orientační údaje, sušení se v těchto fázích řídí vlhkostí dřeva.

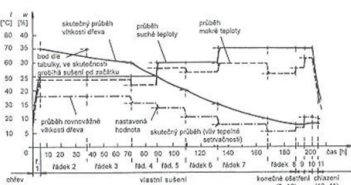
Z tab. 5 je sestavit graf, který přehledně znázorní časový průběh sušičního procesu. V grafu na následující straně je uveden i přibližný průběh vlhkosti dřeva (obr. 80).

Tab. 5. Příklad sestaveného sušičního řádu

Řádek	Fáze	Vlhkost feziva [%]	t_s [°C]	t_m [°C]	P_r [°C]	Rovnovážná vlhkost [%]	Základní doba [h]	Upravená doba [h]
1	ohřev	(35)	50	48	2	17,9	5	5
2	sušení	(50-40)	50	48	2	17,9	22	33
3	sušení	40-30	50	48	2	17,9	(21)	(32)
4	sušení	30-25	50	47	3	15,6	(12)	(18)
5	sušení	25-20	60	56	4	13,7	(14)	(21)
6	sušení	20-15	60	53	7	10,7	(15)	(23)
7	sušení	15-10	70	59	11	8,0	(24)	(36)
8	sušení	10-8	70	52	18	5,4	(13)	(20)
9	konečné	(8)	70	56	14	6,7	(6)	(6)
10	oteřlení	(8)	70	63	7	10,4	6	6
11	chlazení	(8)	--	--	10	8,0	4	4

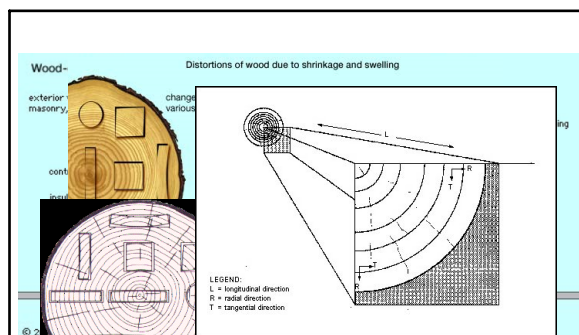
X 13-16:49

X 13-16:49



Obr. 80 Diagram průběhu sušení (podle předchozího příkladu)

X 13-17:17



XI 3-12:59

3.3 Kondenzační sušení

Kondenzační sušení je způsob vysoušení, při kterém se vlhkost z vysoušecího vzduchu odstraňuje její kondenzací při ochlazení vzduchu. Řezivo v hráních se suší při teplotách 45 až 65 C°, Vlhkost vzduchu (90 až 40 %) a stálá nebo řízená rychlost proudění vzduchu (1 až 2,5 m S⁻¹) je blízká klasickému teplovzdušnému vysoušení.

E.R.I. - dehumidification, humidification, ventilation, air conditioning, heat pumps - Dampness

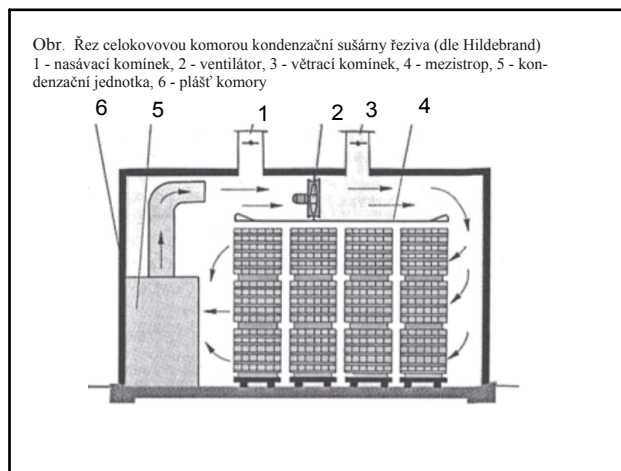


X 13-16:49

12 14-19:09



12 14-19:09



X 13-16:49



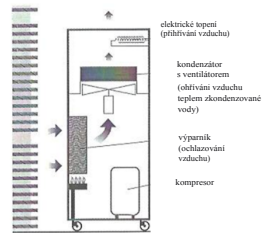
12 14-18:23



12 14-18:31

Vzduch v komoře kondenzační sušárny proudí příčně hraněmi řeziva (obr.). Jeho oběh zabezpečuje řada ventilátorů po celé délce komory. Část vzduchu na výstupní straně hrání, zvlhčeného vodou uvolněnou z řeziva, prochází kondenzační jednotkou (obr.). Výparník jednotky vzduch v první fázi ochlazuje. Tím zvyšuje jeho vlhkost nad mez rosného bodu, vlhkost na povrchu výparníku kondenzuje a jako voda je odváděna z komory ven. Při kondenzaci odevzdává voda výparníku své skupenské teplo, a tím jej ohřívá. Cirkulační náplň je z výparníku odebírána a stlačována kompresorem. Její teplota se tak dále zvyšší. V následném výměníku tepla ohřeje odvlhčený vzduch, proudící přes výměník, zatímco sama z kondenzuje. V tomto stavu se cirkulační náplň vrací do výparníku, kde se snížením tlaku odpařuje, tím se ochlazuje a může ochlázovat další vzduch vstupující do kondenzační jednotky. Z kondenzační jednotky vystupuje odvlhčený ohřátý vzduch schopný odvádět další vlhkost z řeziva. Komora kondenzační sušárny tak nepotřebuje vyměňovat vzduch se svým okolím a výměnou vzduchu neztrácí teplo.

X 13-16:50



Obr. 82. Řez kondenzační jednotkou (dle Parmatam)

X 13-16:50

Možnost odvětrat vlhký vzduch, a tak urychlit sušení při přetížení kondenzační jednotky však mnozí výrobci komory ponechávají, viz obr. 81. Před vlastním sušením je třeba komoru i její náplň ohřát na teplotu počátku sušení. Ohřev pouze tepelným čerpadlem kondenzační jednotky by byl zdoluhavý a energeticky náročný. Proto je komora doplněna pomocným vytápěním. Obvykle je elektrické a je součástí jednotky. Obdobně jako komora klasické teplovzdušné sušárny je i komora kondenzační sušárny vybavena vlhčením (převážně vodní mlhou) potřebným na začátku sušení. Klasické sušárně je blízká i konstrukce komory, je celokovová s tepelnou izolací, s vraty podle způsobu navážení (kolejová, vysokozdvizný vozík). Běžně se však nabízí pouze technologické vybavení kondenzační sušárny, které lze instalovat do zděné budovy (včetně tepelné izolace a izolace proti vlhkosti formou nástřiku stěn). Při adaptacích starých nebo nevyužitých prostor je kondenzační sušárna výhodná i z hlediska jednodušší instalace (odpadá větrání, rozvod vytápění, nižší teplota). Velikost komor kondenzační sušárny se pohybuje od 2 (3) do 30 m³ řeziva. Kondenzační jednotky předurčují svými vlastnostmi výhody i omezení kondenzačních sušáren. Kondenzační způsob odlučování vody ze vzduchu. Nepotřebnost výměny vzduchu spolu s nižšími používanými teplotami snižuje energetickou

X 13-16:55

náročnost. Proto je výhodná tam, kde není dostatečný zdroj tepelné energie. Kde tento zdroj je (u středních a větších závodů běžně), je nevýhodou elektrické přehřívání, obzvláště u větších komor (cena energie).

Nízká teplota sušení. Účinnost výměny tepla i odlučování vody se vzrůstající teplotou klesá, při teplotách nad 70 až 75 °C je již energeticky i časově nevýhodná. Nízká teplota sušení vede k šetřejšímu sušení, vhodnému obzvláště pro silné dimenze řeziva a citlivé dřeviny, případně pro vysokou jakost sušení. Přispívá i k nízké energetické náročnosti - menší ohřev i úniky tepla do okolí. Je však nevýhodná při potřebě standardního sušení velkých objemů řeziva.

Omezení množství odloučené vody. Výkon kondenzační jednotky je udáván v kg odloučené vody za den (tato hodnota je často i součástí typového označení kondenzační jednotky, např. AMD 85 - max. 85 kg denně). To vede jednak k omezení celkové velikosti komory (běžně asi do 30 m³ řeziva), jednak k prodlužování sušení, obzvláště při sušení v oblasti nad bodem nasycení buněčných stěn nebo při sušení tenkého, hlavně jehličnatého řeziva. V obou případech dřevo uvolňuje vodu relativně rychle, kondenzační jednotka ji ale nemusí být schopna stejně rychle ze vzduchu odloučit. Naopak při dosušení silných, hlavně listnatých druhů řeziva se omezení neprojeví,

X 13-16:55

Z toho vyplývá vhodnost použití kondenzačních sušáren:

- při nižším objemu výroby,
- při jakostním sušení hlavně silnějšího řeziva,
- v místě nedostatku tepelné energie.

Nevýhodou je delší doba sušení,

Uvedené vlastnosti spolu s podobnou konstrukcí komor teplovzdušných a kondenzačních sušáren vedou ke stavbě kombinovaných sušáren. Svoji konstrukcí se blíží klasickým komorám (objem do 30 m³), doplněným kondenzační jednotkou.

X 13-16:55

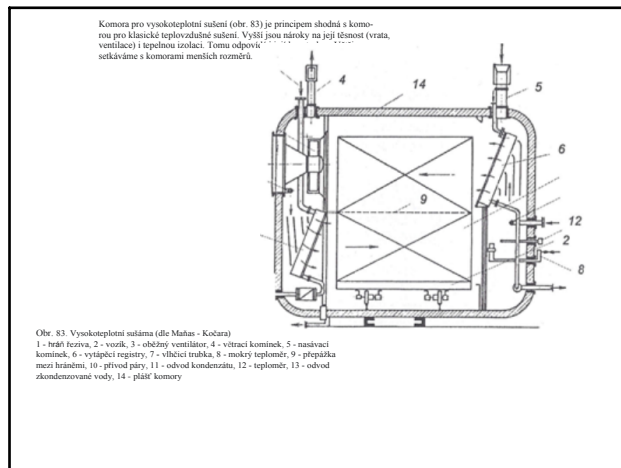
Průběh sušení v kondenzačních sušárnách je řízen téměř výhradně počítači (ruční zásahy jsou obvykle možné jen v nouzovém nebo servisním režimu). Jejich vybavení i komfort obsluhy je prakticky shodný s řídicími jednotkami teplovzdušného sušení. Způsob řízení klimatu v komoře a režim sušení jsou však odlišné. Sušicí řády jsou uloženy v paměti počítače, jejich volba spočívá v zadání druhu dřeviny, tloušťky řeziva, požadované konečné vlhkosti a režimu sušení. V případě potřeby lze uživatelsky ovlivnit průběh vysoušecí křivky (zadáním rozhodných bodů nebo strmosti v jednotlivých fázích) nebo zadat vlastní hodnoty (podle typu řídicí jednotky).

X 13-16:55

5.3.4 Vysokoteplotní sušení

Vysokoteplotní sušení probíhá při teplotách nad 100°C (řezivo asi do 130°C). Sušicím médiem je mírně přehřátá pára nebo její směs se vzduchem.

X 13-16:55



X 13-16:55

Přehřátá pára má schopnost do sebe pojmout další vlhkost (až do svého nasycení), příměs vzduchu páru vysušuje, a tím tuto její schopnost zvyšuje. Sušení pouze v přehřáté páře v praxi představuje sušení relativně měkké. Podle vlhkosti dřeva při něm řídíme pouze teplotu páry. Sušení v páře s příměsí vzduchu je sušení tvrdé. Řídíme při něm teplotu i vlhkost směsi, obdobně jako při klasickém sušení.

X 13-17:00

Vysoká teplota sušení zvyšuje difuzi, a tím urychluje pohyb vody ve dřevě. Pohyb vlhkosti podporuje i přetlak vodních par, který ve dřevě vzniká. Ve srovnání s klasickým sušením se proto sušící doba zkracuje na polovinu až třetinu. Vysokoteplotní sušení je vhodné při sušení hlavně před sušeného jehličnatého řeziva do tlouštěk kolem 60 mm, na které nejsou kladeny vysoké nároky na jakost (řezivo vykazuje vyšší kolísání konečné vlhkosti a vyšší vlhkostní spád, po sušení může být jeho povrch mírně zahnědlý), není vhodné pro sušení dřeva, jehož vstupní vlhkost se pohybuje nad bodem nasycení buněčných stěn (vysoký tlak vodních par ve dřevě, praskání) a pro sušení tvrdých listnatých dřevin. Vysokoteplotní sušení lze kombinovat s předsoušením, případně klasickým sušením.

X 13-17:00

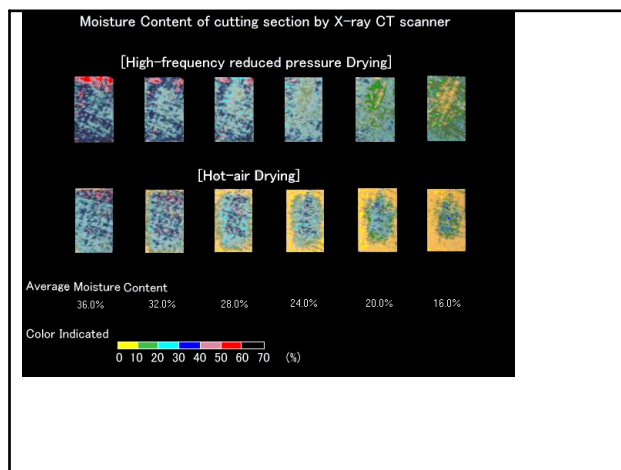
3.5 Vakuové sušení

2003 VacuPress 500

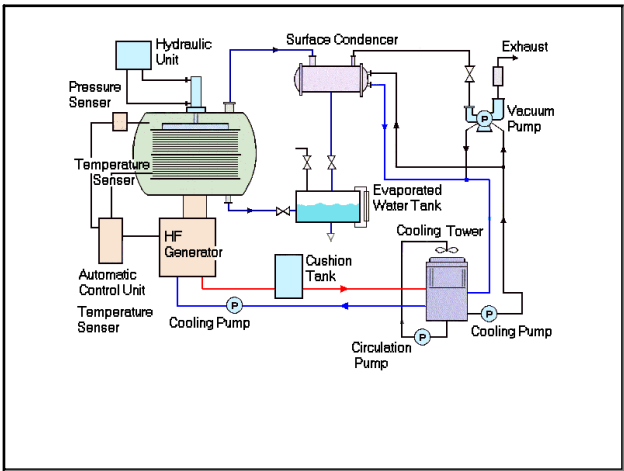
Vakuové sušení je odstraňování vody při sníženém tlaku vzduchu. Využívá snížení bodu varu vody, který má vliv i na snadnější a rychlejší únik hlavně povrchové vlhkosti ze dřeva. Pro sušení dřeva se užívají tlaky kolem 20 až 60 kPa, kterým odpovídá bod varu vody mezi 60 až 80°C.

YouTube - AirVac Timber Frames

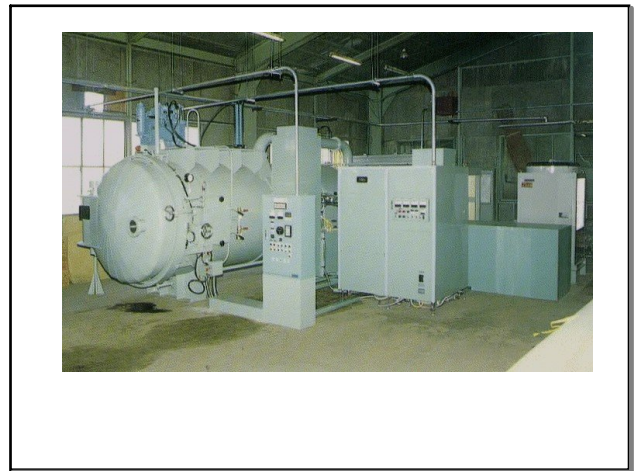
X 13-17:00



XI 3-13:00



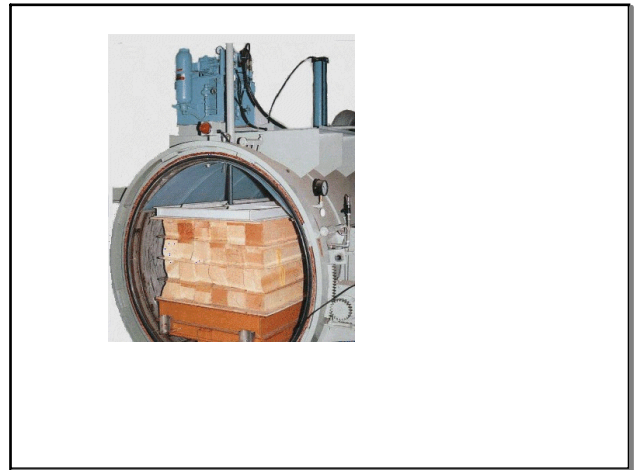
XI 3-13:00



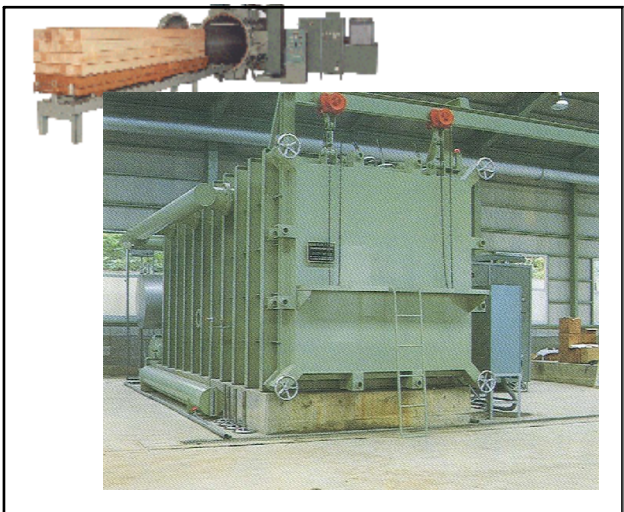
XI 3-13:01



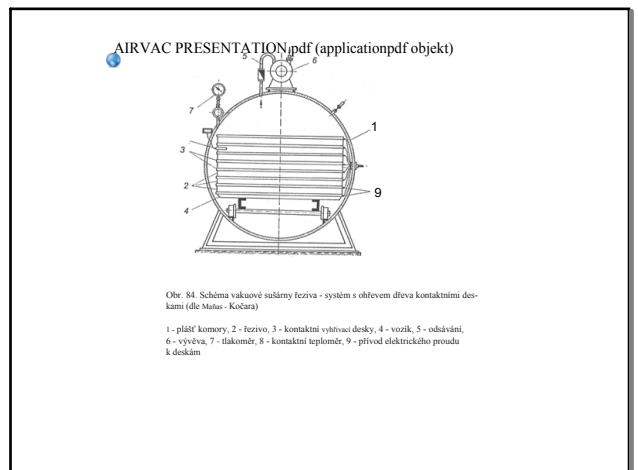
XI 3-13:01



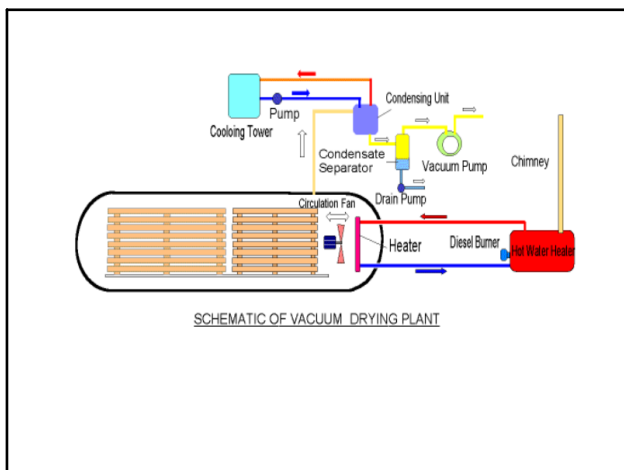
XI 3-13:01



XI 3-13:02



X 13-17:00



12 14-19:21



12 14-18:44

Vakuová sušárna (obr.) je ležatá válcová tlaková nádoba, jejíž jedno čelo je otevírací. Řezivo je uloženo na kolejovém vozíku. Postupy vakuového sušení se však liší.

X 13-17:00

Čistě vakuové sušení

probíhá za normální nebo mírně zvýšené teploty, při které se postupně střídá podtlak s normálním atmosférickým tlakem. Během podtlaku se ze dřeva odsaje vzduch s vodní párou, tj. sníží se vlhkost.

Po ukončení podtlaku se do dřeva vrátí vzduch, ale s nižší vlhkostí. Ten se obohatí o vlhkost, kterou přijme ze dřeva, a po zvýšení své vlhkosti je znovu odčerpán. Sušení tak probíhá stupňovitě až do dosažení konečné požadované vlhkosti. Tento postup je náročný na mnohonásobné vytváření vakua a dnes se používá zřídka.

I 14-10:36

Jiným postupem je proložení vrstev řeziva elektricky vyhříványými deskami pro **kontaktní ohřev**. Vzduch z vnitřního prostoru komory je odsáván vývěvou. V komoře se řídí tlak vzduchu a teplota dřeva (snímá se dotykovým teploměrem) podle vlhkosti dřeva. Teplota dřeva se pohybuje mírně pod bodem varu, snižování vlhkosti dřeva je plynulé. Nevýhodou postupuje nutnost prokládání dřeva vyhřívacími deskami, což snižuje rovnoměrnost odvodu vlhkosti.

I 14-10:37

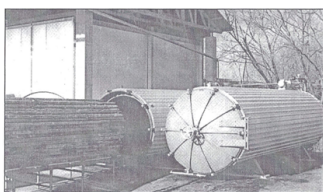
Ohřev dřeva bez elektricky vyhříváných desek umožňuje vakuové sušení s počáteční fází **ohřevu dřeva vzduchem** za normálního tlaku.

Komora pro tento druh sušení je vybavena

1. ventilátory
2. vytápěním
3. kondenzační jednotkou
4. vnitřním pláštěm (funkční obdobou mezistropu klasické komory).

Ventilátor, umístěný v čele komory, nasává vzduch z hraně (podélné proudění), prostorem mezi vnitřním a vnějším pláštěm se vzduch vrací. V počáteční fázi je v komoře běžný tlak vzduchu ohřívajícího na teplotu počátku sušení (45 až 50 °C). Po prohřátí řeziva se sníží tlak v komoře asi na 30 kPa. Vzduch odvlhčuje kondenzační jednotka, zkondenzovaná voda se odvádí mimo komoru. V průběhu sušení se vlhkost vzduchu mírně snižuje (65 až 40 %) za mírného zvyšování teploty (do 65°C) až do dosažení požadované konečné vlhkosti dřeva (obr. 85).

X 13-17:00



Obr. 85. Vakuová sušárna řeziva, typ s ohřevem dřeva vzduchem (dle Krossered)

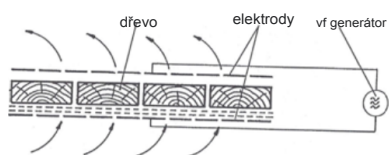
X 13-17:00

Vakuové sušení zkracuje dobu sušení ve srovnání s klasickým teplovzdušným postupem asi na polovinu až třetinu (podle dřeviny a sortimentu). Postup je díky nízkým teplotám měkký, výhodný hlavně při vysokých nárocích na jakost usušeného řeziva, při sušení z vysoké vstupní vlhkosti a při sušení řeziva velkých tloušťek z obtížně sušitelných druhů dřevin (dub, buk, habr). Vykazuje též nízkou energetickou náročnost. Náročné provedení a vybavení sušárny, včetně jejího řízení, je však důvodem její vysoké pořizovací ceny. Vyrábí se v objemech komor asi od 4 do 40 m³.

X 13-17:04

3.6 Dielektrické sušení

Dielektrické sušení využívá k uvolňování vody ze dřeva teplo, které v něm vzniká, je-li umístěno jako dielektrikum mezi deskami kondenzátoru napájeného vysokofrekvenčním proudem (obr. 86).



Obr. 86. Princip dielektrického sušení dřeva

X 13-17:04

Dřevo v pracovním prostoru sušárny je umístěno mezi deskami kondenzátoru, napájeného vysokofrekvenčním generátorem o kmitočtu mezi 0,5 až 20 MHz. Spolu se střídáním polarity desek kondenzátoru se snaží měnit svoji polohu i molekuly vody obsažené ve dřevě. Dipólový charakter molekul způsobuje, že jejich polarizované konce jsou střídavě přitahovány a odpuzovány měnícím se polem kondenzátoru. Při tomto pohybu se vyvíjí teplo. Jeho velikost je závislá na vlhkosti dřeva (se vzrůstající vlhkostí vzrůstá), druhu dřeviny, použité frekvenci a výkonu generátoru. Teplo se vyvíjí převážně ve vodě, není přiváděno z vnějšího prostředí. Ve dřevě tím vzniká opačný tepelný a následně i vlhkostní spád než při ostatních druzích sušení - zevnitř ven. Teplota, tlak par ve dřevě i rychlost sušení se tím mnohonásobně zvyšuje, může však nastat poškození dřeva roztržením nebo vysokou teplotou.

X 13-17:04

Správný režim sušení, hlavně u propustných dřevin (buk bez jádra, javor, břiza, olše, lípa, topol a jehličnaté dřeviny), vyvolává nízký vlhkostní spád v příznivém směru. Výsledkem je kvalitní rychlé sušení (2 až 4 hodiny) bez ohledu na tloušťku materiálu. Obtížně se suší dřeviny s vysokým odporem difuze vody, např. dub (praskliny, zbarvení). Vysokofrekvenční sušení se využívá hlavně v malých provozech pro rychlé sušení malého objemu (několik kusů) řeziva nebo přifřezů i nestejných rozměrů. Pro větší objemy jsou dielektrické sušárny nevhodné (energetická náročnost).

X 13-17:04

3.7 Sušení v horkých olejích

Sušicím médiem při tomto druhu sušení dřeva jsou různé druhy olejů (krezot, petro lát) působících na dřevo při teplotě 120 až 140°C. Sušení probíhá v máčecích vanách nebo kotlích.

Hráň řeziva nebo jiného materiálu (špaliky, okružované sortimenty) se vkládá do máčecí vany zdvižným zařízením, které současně zabraňuje vyplavání materiálu. Voda obsažená ve dřevě se při vysoké teplotě uvolňuje do oleje a z něho se odpařuje do ovzduší. Olej současně proniká do povrchových vrstev dřeva. Postup je určen pro materiály, které je pro další použití třeba povrchově impregnovat - umožňuje impregnaci mokrého dřeva, a obě operace tak spojit. Doba vysoušení se přitom výrazně zkrátí. Vlhkost řeziva tloušťky 25 mm ze snadno sušitelných dřevin klesne tímto postupem z počáteční vlhkosti 50 % na konečnou vlhkost 8 až 10 % za dobu 4 až 6 hodin.

Za sušení v horkých olejích lze svým způsobem považovat i postupy tlakové impregnace dřeva (sloupy, pražce), určené pro mokré dřevo (vicecyklické postupy). Jejich používání však není běžné.

X 13-17:04

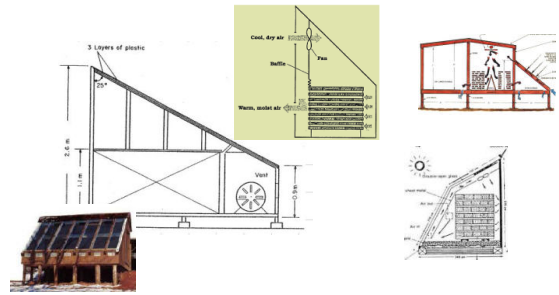
3.8 Chemické sušení

Chemické sušení je založeno na schopnosti roztoků solí pojmát do sebe vlhkost z okolí.
 Hodnota tlaku vodní páry závisí na chemickém složení soli. Z tohoto hlediska je vhodnou solí chlorid sodný, páry nad jeho nasyceným roztokem dosahují jen asi 75 % hodnoty tlaku par nad vodou. Jsou-li roztokem nasyceny povrchové vrstvy dřeva, pohlcují vlhkost ze středních vrstev, a ty tím vysychají. Vzniká záporný (tj. příznivý) vlhlostní spád, který urychluje sušení. Vlhkost povrchových vrstev dřeva se do okolí uvolňuje již snadno klasickými postupy.
 Chemické sušení je speciální a zřídka užívaný postup, je vhodný pro těžko sušitelná dřeva.

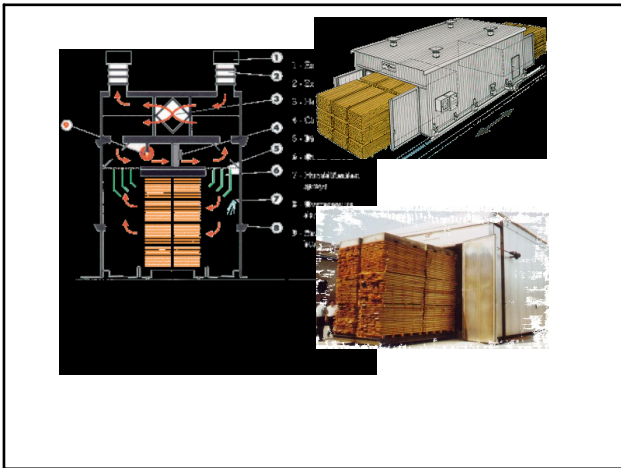
X 13-17:04

Solární sušení dřeva

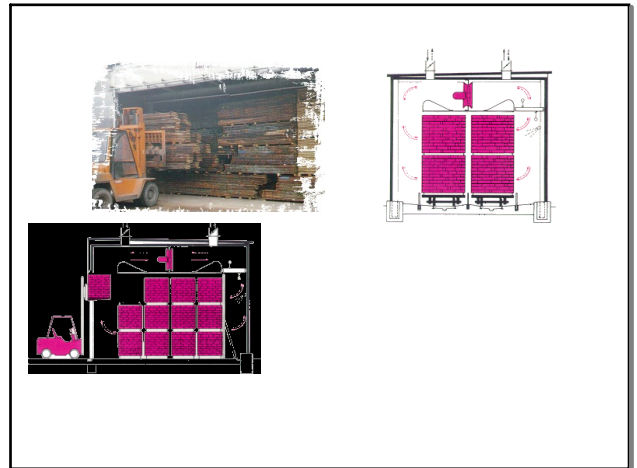
Spousta volného plátnu pro solární sušárny dřeva, ke snížení obsahu vlhkosti dřeva.



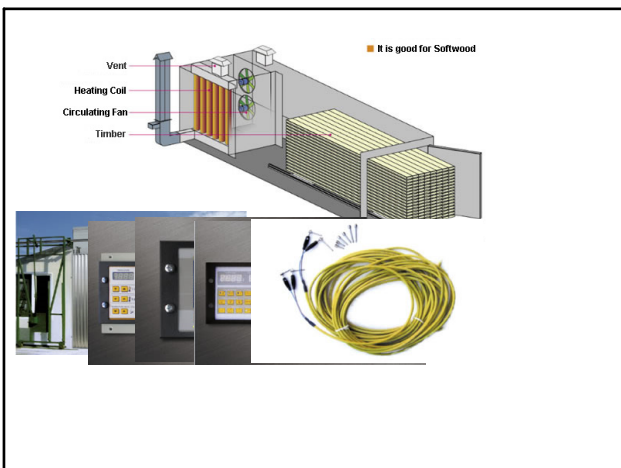
XI 3-13:03



XI 3-13:08



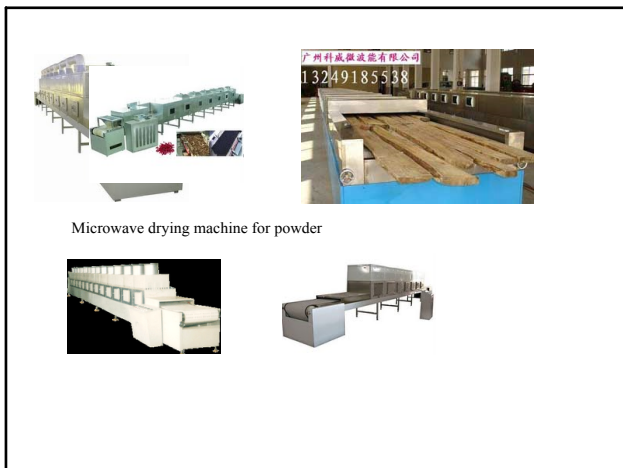
XI 3-13:09



XI 3-13:12

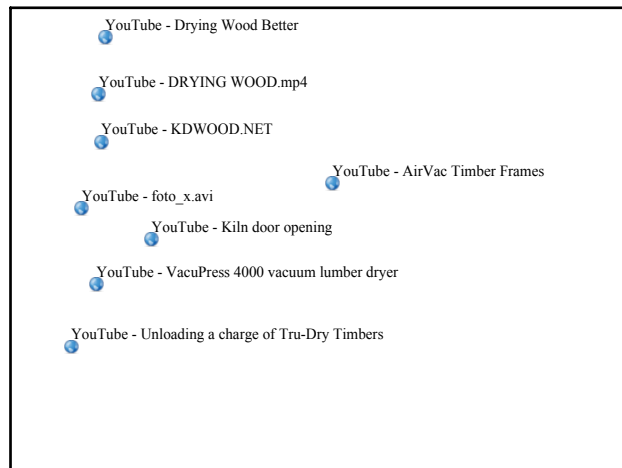


XI 3-13:13



Microwave drying machine for powder

XI 3-13:27



XI 3-13:15

Mikrovlnné sušení dřeva je nová technologie, s jednotným topením, suché rychle, neberte tvar, kvalitní a přispívají k plynulé a automatizované výrobní řadě výhod. Mikrovlnné sušení dřeva je uvnitř i vně současně, s real-time vlastností topení, není tam žádný tepelné setrvačnosti jevů, a proto snadněji kontrolovat proces sušení, a žádný hluk a škodlivé emise skleníkových plynů, je šetrné k životnímu prostředí technologie sušení, snadné říci, je, že přes tyto materiály uvnitř mikrovlnné trouby, když dřevo sám absorbovat vlhkost a přímé vytápění. Jako materiál odpařování povrchové vody, proto, vnitřní teplota je vyšší než na povrchu materiálů. Materiály v rámci tvorby vnější tlakové diference, má zrychlený přesun vodní plochy, takže rychlost mikrovlnného sušení dřeva je mnohem větší než konvekční sušení krát rychleji než 20 -30. Než dosud infračervené a pára-sušení ke snížení spotřeby energie o více než 25%.

Mikrovlnné sušení dřeva materiálů umožní vnitřní teplota je vyšší než 60 , použití materiálů rychle zabít parazitní vajíček do mothproof, roli formy. Pro různé druhy dřeva mají kontrolovat odpovídající rychlosti mikrovlnného ohřevu, pro dosažení nejlepších podmínek procesu, pro dosažení nejlepších výsledků.

Toto zařízení pro non-standard vybavení. Technické parametry a ceny jsou pouze orientační. Jsme schopni přizpůsobit potřebám vašeho zařízení. Vítejte nám zavolat, nebo přejděte přímo na mou společnost návštěvu diskutovat o spolupráci.

XI 3-13:04



XI 3-13:06

4 Uskladnění vysušeného dřeva

Vysušené dřevo je třeba skladovat v podmínkách, které odpovídají požadované vlhkosti dřeva.

Řezivo vysušené pouze na transportní vlhkost 20 % lze celoročně skladovat venku, lépe pod přísným sklem (viz obr. 65). Po vyvezení dřeva ze sušárny jej lze ponechat v hracích nebo přiložit do balíků. V hracích dřeva (hlavně v letních měsících) dále vysychá, v balících je připravováno pro expedici. Při překládání (ručním i mechanizovaným) se vyřazují kusy dřeva, u nichž se během sušení projevily vady (pnutí, suky, nerovnoměrnosti růstu) a způsobily těžiny, křivost nebo barvou změny. Řezivo se často také jakostně dostává podle požadavků odběratelů. Zásady pro ukládání balíků nebo hrací vysušeného dřeva jsou shodné se zásadami pro přirozené sušení (podstavce, podklady), organizace skladu odpovídá použité mechanizaci (řetěz nebo boční vozík, případně žebřík). Řezivo vysušené na vlhkost 15 % lze rovněž skladovat venku pouze v letních měsících. Doba skladování odpovídá potřebám expedice nebo následné výroby.

X 13-17:04

Řezivo vysušené na konečnou vlhkost vhodnou k dalšímu zpracování (8 až 12 %) je třeba uskladnit v krytém klimatizovaném prostoru. Teplota v něm odpovídá teplotě prostředí, v němž se řezivo následně zpracovává, vlhkost prostředí odpovídá svoji rovnovážnou vlhkosti dřeva té vlhkosti, na kterou je řezivo vysušeno. Vlhkost prostředí ve skladech dřeva se měří vlhkoměrem, udávajícím relativní vlhkost vzduchu v procentech. Pro posouzení, je-li klima skladu vhodné k uskladnění dřeva, případně bude-li v jeho podmínkách řezivo dále vysychat nebo vlnout, jsou sestaveny tabulky vzájemného převodu rovnovážné vlhkosti dřeva a relativní vlhkosti vzduchu při dané teplotě. Ty jsou též přílohou normy ON 490651 Ústředí sušení dřeva. Pro teploty skladování 15 až 25 °C lze doporučit, aby relativní vlhkost vzduchu neklesala mimo tyto meze (tab. 6).

X 13-17:04

Konečná vlhkost skladovaného řeziva [%]	Relativní vlhkost vzduchu [%]
7	35–55
9	50–65
11	60–72
13	72–80

Tab. 6. Doporučené vlhkosti vzduchu při klimatizaci

Sniží vlhkost vzduchu můžeme větráním nebo zvýšením teploty. Zvyšovat vlhkost prostředí obvykle není třeba. V uzavřeném prostoru s řezivem se vlhkost většinou dostatečně zvyšuje svým vlastním únikem ze dřeva. Klimatizované sklady řeziva jsou samostatné prostory. Je však vhodné, aby byly umístěny na venkovních výrobních prostranstvích výroby (přířezoven nebo opracování přířezů, sušiči se přímo přířezů). Mimo zkrácení dopravní vzdálenosti tak nehrozí, že by se narušila jejich vlhkostní rovnováha převážně v nejším prostředí. Okolní vlhota vyplývá z blízkosti sušičů. Klimatizované řezivo (tj. řezivo, jehož vlhkost i teplota jsou s okolím v rovnovážném stavu) je dovoleno dále zpracovávat nebo překládat z hrání do nepoložených balíků.

- jakékoli řezivo nejdříve 24 hodin po vyvezení ze sušárny,
- listnaté řezivo nejdříve 48 hodin po vyvezení ze sušárny.

X 13-17:04

X 13-17:08

5 Hodnocení jakosti vysušeného řeziva

Podle kvality vysušení se vysušené řezivo dělí do tří jakostních tříd. První, nejvyšší jakostní stupeň je potřebný pro výrobu hudebních nástrojů, modelů, sportovního nářadí, dýmek, vysoké jakostního nábytku a ostatních velmi střežných výrobků. Řezivo druhého jakostního stupně je určeno pro běžný nábytek, stavební truhlářské výrobky, obklady, podlahoviny, laťkové sítě, lepené vazníky, dopravní prostředky, sady, jakostní řezivo a ostatní výrobky stromatelného použití. Třetí jakostní stupeň zahrnuje řezivo pro montážní stavby, pomocné řezivo ve stavebnictví, obaly, palety a stromatelné nezáročné použití.

Hodnocení jakosti usušeného řeziva slouží pro kontrolu správnosti nově zavedených časových sušičů řádu a čas od času i ověřených řádů. Provádí se také na přímé zakázce. Na ochlazeném klimatizovaném řezivu se zjišťují tyto jakostní znaky:

- odchylka průměrné konečné vlhkosti od požadované,
- kolísání konečné vlhkosti,
- vlhkostní spád,
- zkornatění.

X 13-17:08

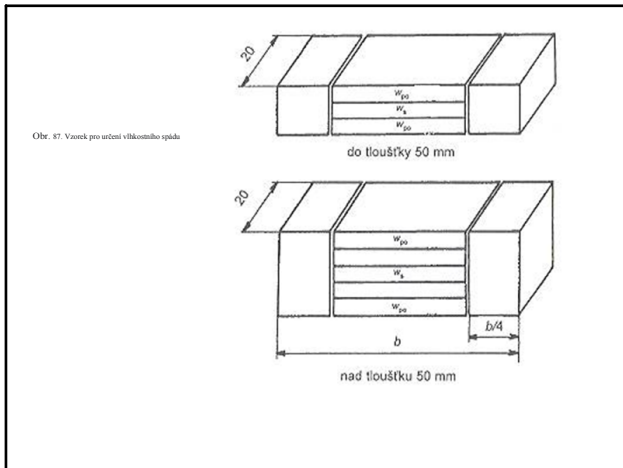
X 13-17:08

Odchylka od požadované vlhkosti měříme elektrickým vlhkoměrem s přesností nejméně 2%. Počet měření se řídí objemem vysušeného řeziva (nejméně 5 měření při objemu do 10 m³, 8 při objemu do 30 m³ a 12 při objemu nad 30 m³). Měření se provádí ve střední šířce plochy nejméně 50 cm od čela. Ze všech měření spočítáme průměrnou hodnotu. Rozdíl takto získané průměrné hodnoty od žádané konečné vlhkosti nazýváme odchylkou od požadované vlhkosti.

Kolísání konečné vlhkosti v náplni sušárny je rozdíl nejvyšší a nejnižší vlhkosti řeziva zjištěné při předchozím měření. Vlhkostní spád se měří na vzorcích vyřezaných příčně z vysušeného řeziva ve vzdálenosti alespoň 50 cm od jejího konce. Síťka vzorku je 20 mm, okrajové části v šířce rovnající se čtvrtině šířky řeziva se před rozřezáním vzorku odstraní. Střední část vzorku se podle tloušťky řeziva rozřeže na 3 nebo 5 částí (obr. 87) a u takto získaných vnitřních a povrchových vrstev se změní vlhkost, napojením elektrickým vlhkoměrem, opět s přesností nejméně 2%. Vlhkostní spád se zjistí z rozdílu vlhkosti střední a obou povrchových vrstev jako jejich průměr. Počet vzorků odpovídá objemu vysušeného materiálu stejně jako počet měření při stanovení odchylky od požadované vlhkosti.

X 13-17:09

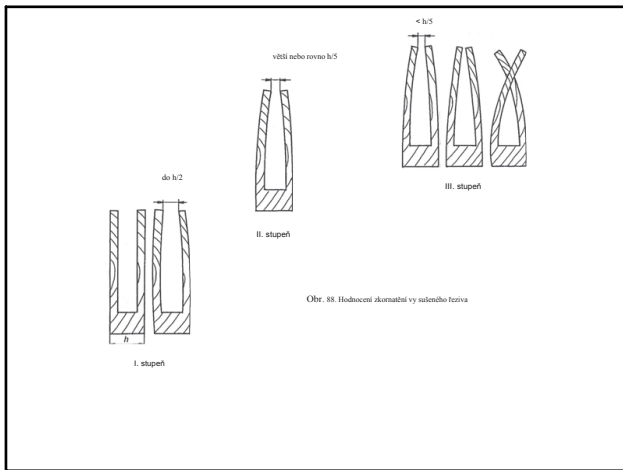
X 13-17:09



X 13-17:09

Zkamatění zjišťujeme vidličkovou zkouškou. Způsob vytežení vzorků i počet vzorků je stejný jako v předcházejícím případě. Vazek však nezpracujeme (délka vzorku tedy rovna šířce řeziva), ale vyfázíme z něho napříč vlákna 2 ozuby o tloušťce 5 až 8 mm, výška nerozřezané části je 20 mm. Zhotovené vzorky uložíme do prostředí o teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 50 % na dobu nejméně 24 hodin. Tuto dobu lze zkrátit uložení vzorků do prostředí o teplotě 50 °C. Zkamatění se hodnotí podle průhybu ozubů (obr. 88).

X 13-17:09



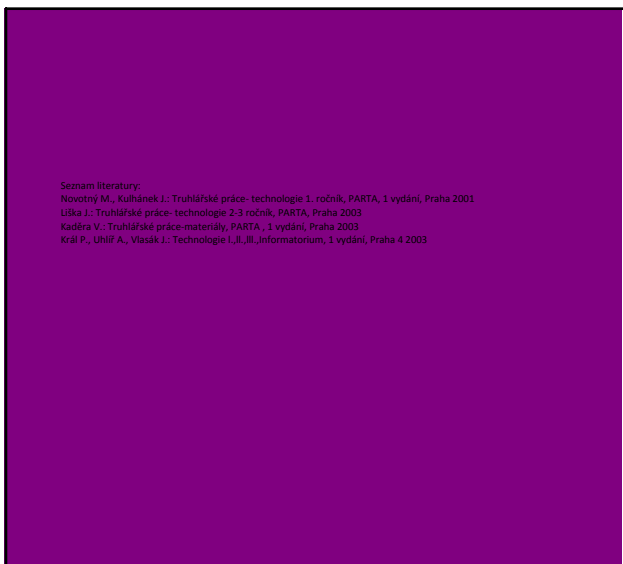
X 13-17:09

Tab. 7. Hodnoty jakostních znaků jednotlivých jakostních stupňů vysušeného řeziva [%]

Jakostní znak	Stupeň jakosti		
	1	2	3
odchylka průměrné konečné vlhkosti od požadované	do ± 0,5	do ± 1,5	nad 1,5
kolísání konečné vlhkosti	do 2,0	do 5,0	nad 5,0
vlhkostní spád řeziva			
tloušťka do 28 mm	do 1,0	do 2,0	nad 2,0
tloušťka do 50 mm	do 1,5	do 3,0	nad 3,0
tloušťka nad 50 mm	do 2,5	do 4,0	nad 4,0
zkamatění	do h/2	do h/5	nad h/5

Celková jakost vysušeného řeziva se posuzuje porovnáním naměřených a vypočtených hodnot jednotlivých jakostních znaků s hodnotami a odchylkami, uvedenými v tab. 7. Výsledky hodnocení jakostních znaků se rapují do záznamu o sušení.

X 13-17:09



10 4-18:31

průběh sušení.wma