

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 1996 - 2339

(22) Přihlášeno: 13.02.1995

(30) Právo přednosti:
11.02.1994 SE 1994/9400464

(40) Zveřejněno: 12.02.1997
(Věstník č. 2/1997)

(47) Uděleno: 07.03.2002

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 15.05.2002
(Věstník č. 5/2002)

(86) PCT číslo: PCT/SE95/00145

(87) PCT číslo zveřejnění: WO 95/22035

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl. 7:

F 26 B 3/04

F 26 B 21/06

(73) Majitel patentu:

ABB FLÄKT AB, Stockholm, SE;

(72) Původce vynálezu:

Edmark Sören, Kvissleby, SE;
Söderlund Kenneth, Skelleftea, SE;
Moren Tom, Skelleftea, SE;
Astrom Birger, Hudiksvall, SE;
Pääjärvi Göte, Kramfors, SE;

(74) Zástupce:

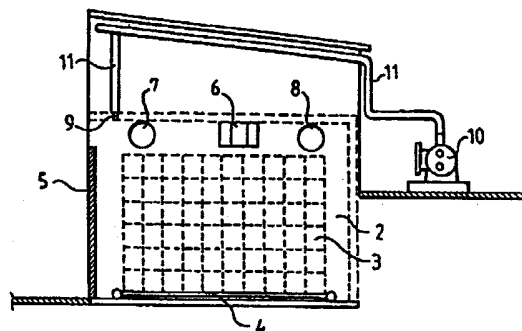
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název vynálezu:

Způsob sušení dřeva a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Anotace:

Způsob sušení dřeva pomocí cirkulace horkého vzduchu okolo a skrze jednu nebo několik hranic (3) dřeva, uspořádaných do dávek v jedné nebo v několika uzavřených sušicích komorách (2, 2a až 2f) komorové sušičky (1), přičemž v ohřívací fázi se přivádí nasycená vodní pára při atmosférickém tlaku do horkého vzduchu, cirkulujícího okolo hranic (3) dřeva v sušicí komoře (2, 2a až 2f), použité pro ohřívací fázi, přičemž nasycená vodní pára se přivádí při výrobní kapacitě v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru (10) v rozmezí 6 až 28 kW/m³, s výhodou v rozmezí 10 až 15 kW/m³ dávky dřeva, přičemž nasycená vodní pára kondenzuje na chladnějších plochách dřeva a přenáší kondenzační teplo do dřeva. Zařízení zahrnuje komorovou sušičku (1), mající alespoň jednu sušicí komoru (2, 2a až 2f), která dále obsahuje prostředky (9, 9a až 9f) pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry při atmosférickém tlaku do sušicí komory (2, 2a až 2f), přičemž je uspořádán parní generátor (10) pro výrobu nasycené vodní páry, přiváděné do prostředků (9, 9a až 9f).



Způsob sušení dřeva a zařízení k provádění tohoto způsobu

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu sušení dřeva pomocí cirkulace horného vzduchu okolo a skrze jednu nebo několik hranic dřeva, uspořádaných do dávek v jedné nebo v několika uzavřených sušicích komorách komorové sušičky, přičemž cirkulující horký vzduch nejprve v ohřívací fázi ohřívá dřevo na počáteční teplotu sušení, následovně se v jedné nebo v několika sušicích fázích provádí vlastní sušení dřeva, a nakonec v kondicionační fázi, ve které jsou obsah vlhkosti vzduchu a teplota vzduchu upraveny na jiné hodnoty, než při sušení, se zcela vyrovnává vlhkostní poměr a napětí dřeva po vysušení.

Vynález se dále týká zařízení k provádění shora uvedeného způsobu, které zahrnuje komorovou sušičku, mající alespoň jednu sušicí komoru a určenou k sušení dřeva v dávkách, prostředky pro přemísťování jedné nebo několika hranic dřeva dovnitř a ven ze sušicí komory, prostředky pro cirkulaci horkého vzduchu sušicí komorou, a pro provádění všech nebo alespoň některé z fází ohřívání, sušení a kondicionování dřeva, a prostředky pro úpravu horkého cirkulujícího vzduchu a jeho dopravu dovnitř a ven ze sušicí komory.

20

Dosavadní stav techniky

Při sušení dřeva v umělé sušicí komoře je dnes obvykle horký vzduch používán jako médium, přenášen konvekcí do povrchu dřeva během ohřívací fáze, stejně jako během sušicí fáze. Experimentováno bylo rovněž s alternativními metodami ohřívání, například dodávkou potřebné tepelné energie pro ohřátí a odpaření pomocí mikrovlnné energie. Dnes je nicméně v dřevařském průmyslu nejvíce používán způsob sušení dřeva pomocí cirkulace vzduchu, protože kůra a odpad z tohoto odvětví mohou být dále využity jako levné palivo pro vlastní centrální teplárnu.

30

Protože stále více dřeva je sušeno na nižší obsah vlhkosti, která je přizpůsobena požadavkům tesařství a dřevařského průmyslu, je rovněž potřebné končit sušení takzvanou kondicionační fází procesu je zaměřena na vyrovnání rozdílů v obsahu vlhkosti dřeva a také mezi „jednotlivými dřevy“ a dále na eliminaci napětí ve dřevě, které vzniká během sušicí fáze. Pokud není tato kondicionační fáze provedena nebo je provedena nevhodným způsobem, může během dalšího zpracování nebo řezání dojít k deformaci dřeva.

Vývoj, který probíhal až dosud za účelem vylepšení komorového sušení, byl hlavně zaměřen na vývoj programového ovládání klimatu během sušicí a kondicionační fáze pro dosažení základních výkonových charakteristik ve formě maximálního teplotního efektu, objemu dávky, rozměrů dřeva, apod. Na druhé straně byl mnohem méně zaměřen na prozkoumání kritických fází sušení s ohledem na výskyt ztrát a potřebného času či potřebných sušicích kapacit, což by mohlo optimalizovat uvedený sušicí proces. V tomto kontextu lze říci, že ohřívací fáze a kondicionační fáze byly obzvláště zanedbávány.

45

Ve spojení se sušením dřeva může být dřevu způsobeno jisté poškození, které snižuje jeho kvalitu. Obvykle je toto poškození spojeno se sušicí technikou. Například vytváření trhlin je takový typ poškození, který vzniká často ve dřevě o velké tloušťce. Vytváření trhlin také začíná brzy po začátku sušicího procesu. To je následek skutečnosti, že mechanismy, které jsou základem pro vznik trhlin, jsou těsně spjaty s vlhkostí a napětím na povrchu dřeva. Trhliny vznikají v podstatě ve chvíli, kdy tažné napětí v příčném směru na vlákna dřeva překročí pevnost dřeva v tahu.

50

Je obecně známo, že interakce mezi pevností a modulem pružnosti, které dohromady modelují vlastnosti lomové tažnosti, vedou ke snižování výskytu trhlin s narůstající teplotou materiálu.

55

Kromě toho je dřevo více a více plastické při vyšších teplotách, tj. dřevo má schopnost nepružného chování. Například dřevo může bobtnat, obzvláště při působení napětí a změn vlhkosti. Takovéto bobtnání, které je často nazýváno mechanicko-sorpčním bobtnáním, je ve skutečnosti podmínkou sušení dřeva o velké tloušťce, bez vytváření trhlin.

5

Pokud je dřevo řezáno ještě před vlastním sušením, zůstává jeho povrch holý, což umožňuje odpařování vody do prostoru, tj. začíná v tu chvíli vysušování povrchu dřeva. V této fázi sušení dřeva neřízené, tj. vnější podmínky, tj. působení počasí a větru, určují intenzitu sušení. Bylo zjištěno, že ve dřevě, které je uskladněno pod širým nebem, vzniknou již během několika dní trhlínky, a to dříve při suchém a horkém počasí. Tyto trhlínky se pak šíří během umělého sušení dřeva z důvodu koncentrace napětí, které vzniká v počátečních trhlínkách. V tomto případě tak není možné usušit dřevo bez výskytu nezanedbatelných náhodných trhlinek.

10

Bylo však zjištěno, že takové povrchové trhlínky mohou rovněž vzniknout během ohřívání v sušičce. Smyslem této fáze je ohřát dávku dřeva na počáteční teplotu vlastní sušicí fáze. Pokud ohřívání probíhá konvekci pomocí vzduchu cirkulujícího skrze dřevo, tento vzduch je ihned odvlhčen kondenzací na studeném povrchu dřeva. Následovně nekontrolované sušení začíná při absorpci vlhkosti ze dřeva stále teplejším vzduchem, povrch dřeva se tak stává sušším. V této fázi bude povrch již tak suchý, že tahové napětí vznikne příčně ke směru vláken dřeva, obzvláště na takovém povrchu, který obsahuje jádrové dřevo s nižším obsahem vody, takže mohou vzniknout trhlíny. V počáteční fázi ohřívání má dřevo rovněž nízkou teplotu, což je nepříznivé z hlediska tendence ke vzniku trhlin.

15

20

Lze tedy shrnout, že nekontrolované předsušování a ohřívání dřeva suchým vzduchem způsobuje počátek vzniku trhlin během pokračujícího sušení.

25

Při sušení cirkulujícím vzduchem vzniká vždy na povrchu dřeva gradient obsahu vlhkosti. Povrch bude vždy sušší, než vnitřek dřeva a tento rozdíl nebo gradient ve vlhkosti odpovídá hnací síle, která tlačí vlhkost na povrch dřeva. Poté vznikající napětí ve dřevě na konci sušení. Potom bude povrch ve stavu tlakového napětí, zatímco na vnitřek dřeva bude působit tahové napětí. Tyto rozdíly v typech napětí vedou k deformacím, obzvláště pokud tak dojde k rozštěpení dřeva.

30

Navíc k rozdílům v napětí, které jsou následkem cirkulačního vzduchového sušení, přibude během tohoto sušení rovněž uvedený gradient vlhkosti. Nejvyšší poměr vlhkosti je možno nalézt ve středu dřeva, zatímco povrch je výrazně sušší. Když dojde k rozštěpení dřeva, vznikne nežádoucí deformace rovněž z tohoto uvedeného důvodu, protože nejvlhčí části budou odkryty a dále vysušeny během smršťování a tak i deformovány. V obou případech může být konstatováno, že sušení, které je ukončeno bez vyrovnání vlhkostního gradientu v průřezu dřevěného kusu, vede k deformování při dalším zpracování dřeva.

35

40

Rovněž může být konstatováno, že vyrovnání vlhkostního poměru v jednotlivém kusu dřeva při nízké teplotě, například při pokojové teplotě, ještě neznamená získání dřeva bez působícího napětí. To je v důsledku skutečnosti, že potřebné uvolnění napětí vyžaduje vysokou teplotu materiálu. Tak musí být provedena kondicionační fáze dřeva po vlastním sušení, a to v podstatě při tak vysoké teplotě materiálu, jakou jen dovoluje technologie zpracování dřeva, což tak vytváří podmínky pro vznik „beznapětového dřeva s vyrovnaným poměrem vlhkosti“.

45

Podstata vynálezu

50

Jak již bylo shora uvedeno, je velmi důležité, aby dřevo bylo ohřáto bez vzniku počátečních trhlinek na jeho povrchu, a aby byl sušicí proces ukončen účinnou kondicionační fází. V současné době není naprogramované řízení ohřevu prováděno zcela běžně, což obvykle znamená, že vzduch, používaný pro sušení, je příliš suchý. Pokud je naopak požadováno udržení

vlhkosti na relativně vysoké úrovni, aby bylo možné se vyhnout vytváření trhlin, to ovšem vede k prodlouženým ohřívacím časům, které tak snižují kapacitu sušičky.

- 5 Kondicionační fáze je dnes obvykle prováděna narůstáním vlhkosti při finální fázi sušení ve vzduchu dodáváním vody tryskami nebo přímo ve formě páry ze speciálních odpařovacích kotlů. Nejobvyklejší problém v tomto případě spočívá v tom, že trysky dodávají příliš malé množství vlhkosti, přičemž pokud je vodní pára dodávána přímo, jsou obvykle stávající odpařovací kotle zcela poddimenzovány. V obou těchto případech je dodávka vlhkosti cílena na ustavení rovnovážného klimatu v sušicí atmosféře, který vede k navlhčení povrchu dřeva, odpovídajícímu 10 několika málo procentům nad zamýšlenou konečnou vlhkostí dřeva (střední hodnota). Ve skutečnosti vyžaduje toto kondicionování alespoň 24 hodin při obvyklých rozměrech fošen.

- 15 Radikálně odlišná technologie je používána na Novém Zélandu, kde po vysokoteplotním sušení dřeva stromu *Pinus radiata* (druh borovice) je toto dřevo zavedeno do zvláštní komory pro kondicionování, ve které je generována vodní pára z otevřených vodních nádrží. Tak je provedeno významné navlhčení povrchu dřeva, což vyrovná vlhkost a zabrání vytváření vnitřních trhlin, a to ve spojení s chlazením. K zavedení tohoto prvku do procesu zpracování musí být dřevo ochlazen na nějakou dobu na teplotu v rozmezí 70 až 80 °C, takže dojde ke kondenzaci vlhkosti na dřevu.

- 20 Úkolem tohoto vynálezu je vyvinout způsob sušení dřeva a zařízení k provádění tohoto způsobu sušení dřeva v sušicí komoře, u kterého bude zkrácen čas ohřívání před vlastním sušením, a současně bude zabráněno vzniku počátečních trhlin během ohřívání, přičemž rovněž bude prováděna kondicionační fáze za účelem vyrovnání vlhkosti a napětí ve dřevě, a to po sušicí fázi. 25 Tato kondicionační fáze bude zkrácena a prováděna tak, že bude mnohem účinnější.

- V souladu s vynálezem byl shora uvedený úkol splněn tím, že byl vyvinut způsob sušení dřeva pomocí cirkulace horkého vzduchu okolo a skrze jednu nebo několik hranic dřeva, uspořádaných do dávek v jedné nebo v několika uzavřených sušicích komorách komorové sušičky, přičemž 30 cirkulující horký vzduch nejprve v ohřívací fázi ohřívá dřevo na počáteční teplotu sušení, následovně se v jedné nebo v několika sušicích fázích provádí vlastní sušení dřeva, a nakonec v kondicionační fázi, ve které jsou obsah vlhkosti vzduchu a teplota vzduchu upraveny na jiné hodnoty, než při sušení, se zcela vyrovnává vlhkostní poměr a napětí dřeva po vysušení.

- 35 Podstata řešení spočívá v tom, že v ohřívací fázi se přivádí nasycená vodní pára při atmosférickém tlaku do horkého vzduchu, cirkulujícího v sušicí komoře, přičemž nasycená vodní pára se přivádí při výrobní kapacitě v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru v rozmezí 6 až 28 kW/m³, s výhodou v rozmezí 10 až 15 kW/m³ dávky dřeva, přičemž nasycená vodní pára kondenzuje na chladnějších plochách dřeva a přenáší kondenzační teplo do dřeva.

- 40 Nasycená vodní pára se s výhodou přivádí do sušicí komory ihned od začátku ohřívací fáze.

Nasycená vodní pára se rovněž s výhodou přivádí do sušicí komory až do konce ohřívací fáze.

- 45 V souladu s dalším výhodným provedením se nasycená vodní pára přivádí v ohřívací fázi do sušicí komory nepřetržitě bez přerušení.

Doba ohřívací fáze trvá s výhodou v rozmezí 1,5 až 2,5 hodiny.

- 50 V ohřívací fázi se dřevo s výhodou ohřívá na konečnou teplotu v rozmezí 50 až 60 °C.

- V kondicionační fázi se přivádí nasycená vodní pára při atmosférickém tlaku do horkého vzduchu, cirkulujícího v sušicí komoře, přičemž se nasycená vodní pára přivádí ihned po začátku kondicionační fáze ihned po skončení sušicí fáze nebo sušicích fází, přičemž se nasycená vodní 55 pára, přiváděná při atmosférickém tlaku v kondicionační fázi, přivádí při výrobní kapacitě

v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru v rozmezí 6 až 28 kW/m³, s výhodou v rozmezí 10 až 15 kW/m³ dávky dřeva.

- 5 Stejně sušicí komory jsou s výhodou používány pro ohřívací fázi, sušicí fázi nebo sušicí fáze a pro kondicionační fázi.

Doba kondicionační fáze trvá s výhodou v rozmezí 1 až 2 hodiny.

- 10 V kondicionační fázi se dřevo s výhodou ohřívá na teplotu v rozmezí 70 °C až 98 °C.

Ohřívací fáze a/nebo kondicionační fáze se s výhodou vyládají zvyšováním teploty, která se měří teplotním snímačem v používané sušicí komoře, následovaným a převedeným na zvýšení vlhkostního poměru dřeva.

- 15 Nasycená vodní pára, vyráběná v parním generátoru, se udržuje pod tlakem v akumulátoru, ze kterého se rozvádí do propojených sušicích komor servomechanicky ovládanými ventily.

- 20 Primární energie pro výrobu nasycené vodní páry, používané v parním generátoru, se může přímo odebírat z vlastní centrální teplárny dřevařského závodu na tuhá paliva, využívající dřevařského odpadu, zejména stromové kůry.

Centrální parní generátor s výhodou slouží několika sušicím komorám postupně jak pro ohřívací fázi, tak i pro kondicionační fázi.

- 25 Dřevo se v sušicí fázi nebo sušicích fázích mezi ohřívací fází a kondicionační fází a kondicionační fází s výhodou ohřívá na teplotu v rozmezí 50 °C až 90 °C, přičemž sušicí fáze trvá v rozmezí 2 až 14 dní.

- 30 Nasycená vodní pára se s výhodou přivádí při přetlaku v rozmezí 0 až 100 kPa.

- 35 V souladu s dalším aspektem tohoto vynálezu bylo dále rovněž vyvinuto zařízení k provádění shora uvedeného způsobu, které zahrnuje komorovou sušičku mající alespoň jednu sušicí komoru a určenou k sušení dřeva v dávkách, prostředky pro přemísťování jedné nebo několika hranic dřeva dovnitř a ven ze sušicí komory, prostředky pro cirkulaci horkého vzduchu sušicí komorou, a pro provádění všech nebo alespoň některé z fází ohřívání, sušení a kondicionování dřeva, a prostředky pro úpravu horkého cirkulujícího vzduchu a jeho dopravu dovnitř a ven ze sušicí komory. Sušicí komora dále obsahuje prostředky pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry při atmosférickém tlaku do sušicí komory, přičemž je uspořádán parní generátor pro výrobu nasycené vodní páry, přiváděné do prostředků.

- 40 Prostředky pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry jsou s výhodou uspořádány v jedné nebo v několika polohách v sušicí komoře pro přivádění nasycené vodní páry přímo do volného objemu vzduchu v sušicí komoře.

- 45 Prostředky pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry jsou s výhodou uspořádány pro přivádění nasycené vodní páry ve spojení s prostředky pro cirkulaci horkého vzduchu.

- 50 Parní generátor je s výhodou opatřen akumulátorem nasycené vodní páry a je uzpůsoben k tomu, aby byl udržován pod stálým tlakem, a také k tomu, aby prostřednictvím kanálů a prostředků dodával nasycenou vodní páru do odpovídajících sušicích komor.

- 55 Parní generátor může být s výhodou uzpůsoben k tomu, aby byl zásobován horkovodním kanálem energií z vlastní centrální teplárny dřevařského závodu na tuhá paliva, která je uzpůsobena ke spalování dřevařského odpadu, zejména ke spalování stromové kůry.

Parní generátor může být rovněž uzpůsoben k tomu, aby sloužil pro více sušících komor postupně jak pro ohřívací fázi, tak i pro kondicionační fázi.

- 5 Prostředky pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry s výhodou sestávají z ventilů, opatřených tryskami.

- 10 Optimální ohřívání dřeva před sušením je zaměřeno na vyhnutí se iniciaci vzniku trhlinek ve dřevě, a stejně je ohřev zkrácen na tak krátkou dobu, jak je to jen možné. Podle vynálezu je tohoto dosaženo tak, jak je uvedeno výše, a to pomocí dodávky nasycené vodní páry pod atmosférickým tlakem do sušící komory během ohřívací fáze. Nasycená vodní pára pak kondenzuje na chladnějším povrchu dřeva. V důsledku toho je dřevo chráněno proti nekontrolovatelnému sušení a toho dalším následkem je i zabránění vzniku počátečních trhlin. Navíc kondenzační teplo je přeneseno ve chvíli, kdy nasycená vodní pára kondenzuje na dřevě, což působí podstatně vyšší tepelný přenos ve srovnání s pouhým ohřevem tepelnou konvekcí.
- 15 Jinými slovy to znamená podstatně rychlejší ohřátí dřeva před jeho sušením.

- 20 Ačkoliv úkolem způsobu sušení dřeva podle vynálezu je usušit dřevo, překvapivě tento sušící proces začíná silným smočením dřeva s kondenzovanou nasycenou vodní párou během ohřívací fáze. Pokud je nasycená vodní pára dodávána okamžitě od začátku ohřívací fáze, dojde k rychlému ohřátí žhavým cirkulujícím vzduchem a také ke kompletnímu smočení povrchu dřeva, a to pomocí přeneseného kondenzačního tepla navíc k prohřátí pouhou ve dřevě, což umožňuje, že způsob sušení dřeva podle tohoto vynálezu je ve svém nejvyšším možném rozsahu bez vzniku trhlin.

- 25 Jak již bylo shora uvedeno, není však možné se kompletně vyhnout vytváření trhlin, pokud po rozřezání dřeva, které proběhne před vlastním „umělým“ sušením dřeva, je toto dřevo skladováno takovým způsobem, kdy například dojde na skládce dřeva ke vzniku malých povrchových trhlin, které se mohou později dále rozrůstat. Pokud je dřevo skladováno správně po rozřezání, může být produkováno dřevo již správně vyschlé a o vysoké kvalitě, a to produkci podle způsobu, který je
- 30 časově výhodný a stejně tak i výhodný z hlediska nákladů.

- 35 Rychlost ohřevu ve stupních na jednotku času je omezená teplotní vodivostí dřeva, takže do povrchu dřeva může být dodáno pouze takové množství tepla, které je dřevo schopno převést do svých vnitřních částí. Ve skutečnosti to znamená, že rychlost ohřevu je velmi závislá na rozměrech dřeva a ponejvíce pak na poměru povrchu a objemu dřeva. Nicméně podmínkou je, že je k dispozici dostatečná entalpie odpařování.

- 40 Pro sušící komoru s objemem dávky 150 m^3 je výkon asi 2 MW, přenesený do entalpie odpařování, dostatečný k tomu, aby produkoval ohřívání asi po dobu dvou hodin. To odpovídá výkonu generování parního generátoru pro nasycené vodní páry asi 13 kW/m^3 dávky dřeva. Tento výkon parního generátoru pro generování nasycené vodní páry by měl podle vynálezu být udržován v rozsahu 6 až 28 kW/m^3 objemu dávky, nejlépe pak v rozsahu 10 až 15 kW/m^3 . Doba trvání ohřívací fáze je obecně mezi 1,5 až 2,5 hodiny, přičemž na konci ohřívací fáze má dřevo teplotu v rozmezí 50 až 65°C . Uvedená ohřívací doba převládá za normálních podmínek,
- 45 přičemž je zřejmé, že v zimě, kdy může být dřevo i zmrzlé, budou ohřívací časy odpovídajícím způsobem prodlouženy.

- Objem dávky dřeva se může měnit s různými sušičkami. Dnešní typy mají v mnoha případech objem 150 m^3 , zatímco starší typy mají obecně nižší objem, v rozmezí 60 až 70 m^3 .

- 50 Po ohřívací fázi je provedeno vysušení dřeva, a to během jedné nebo několika fází, během nichž je horký vzduch nucen cirkulovat skrze hranice dřeva. Sušící fáze může trvat v rozmezí 2 až 14 dní. Během této doby je do sušící komory přiváděn suchý vzduch a je odváděn vzduch vlhký. Po sušící fázi začíná kondicionační fáze, a to když dřevo dosáhlo konečné teploty v rozmezí
- 55 50 až 90°C .

5 V souladu s výhodným provedením tohoto vynálezu je během kondicionační fáze dodávána nasycená vodní pára pod atmosférickým tlakem do horkého vzduchu, cirkulujícího v sušicí komoře, a že tato dodávka nasycené vodní páry začíná ihned po začátku kondicionování ihned po ukončení sušicí fáze nebo fází. Nejlépe je když je použita stejná sušicí komora pro všechny fáze, pro fázi ohřívací, sušicí a pro kondicionování.

10 Účinné kondicionování dřeva po jeho sušení by mělo být provedeno tak, že teplota dřeva je tak vysoká, jak je to jen možné. Pak dochází k rychlému uvolňování napětí ve dřevě a k vyrovnání různých vlhkostí v celém objemu dřeva. Dodáním nasycené vodní páry do sušicí komory přímo po dokončení sušení bude pára kondenzovat na povrchu dřeva. Protože je uvolňováno teplo, zvyšuje se teplota dřeva, což je výhodné pro uvolňování napětí ve stejnou chvíli, když je suchý povrch dřeva navlhčen a je vyrovnán vlhkostní gradient v jeho nitru.

15 Analogicky s podmínkami při ohřívací fázi je výkon parního generátoru pro generování nasycené vodní páry při kondicionování dimenzován na základě rychlosti ohřívání. Lze dokázat, že počáteční ohřívání vyžaduje nejvyšší výkon parního generátoru na kilogram dřeva, a tak může být konstatováno, že výkon parního generátoru pro nasycené vodní generování páry kolem hodnoty $2 \text{ MW}/150 \text{ m}^3$ dřeva během kondicionování je dostatečný k vyrovnání vlhkostního poměru a napětí ve dřevě během jedné až dvou hodin. Nasycená vodní pára, dodávaná během 20 této fáze, by měla být dodávána v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru v rozmezí 6 až $28 \text{ kW}/\text{m}^3$, s výhodou pak o výkonu parního generátoru v rozmezí 10 až $15 \text{ kW}/\text{m}^3$ dávky dřeva. Během kondicionování je konečná teplota dřeva v rozmezí 70 až 98°C .

25 V souladu s jedním provedením tohoto vynálezu je ohřívací fáze anebo kondicionování ovládáno nárůstem teploty, které během kondicionování může být měřeno pomocí obvyklého teplotního snímače v použité sušicí komoře, což je následováno a převedeno do středního nárůstu poměru vlhkosti ve dřevě. Spojení mezi nárůstem teploty a množstvím kondenzátu to umožňuje. Protože přenos tepla je účinný, bude tak teplota dřeva blízko teplotě zaznamenané obvyklým teplotním 30 snímačem v sušičce. Sledováním vývoje teploty je možné konvertovat teplotní nárůst do nárůstu středního poměru vlhkosti dřeva, což povoluje výhodné řízení procesu kondicionování. Tak pro tuto činnost nemusí být sušička vybavena speciálním snímacím systémem.

35 V souladu s jiným výhodným provedením způsobu podle tohoto vynálezu se v parním generátoru vyrábí nasycená vodní pára, která je udržována pod tlakem v akumulátoru, přičemž nasycená vodní pára z akumulátoru je rozváděna do spojených sušicích komor pomocí ovládaných ventilů.

40 Podle dalšího výhodného provedení způsobu podle tohoto vynálezu je primární energie pro generování nasycené vodní páry odebírána z vlastní centrální teplárny pily, obvykle na tuhá paliva. To znamená, že zde může být pro výrobu nasycené vodní páry využito také kůry a jiného odpadu z pily.

45 Horká voda je zavedena z teplárny do centrálního parního generátoru. V tomto parním generátoru je horká voda vedena skrze trubice ve válcovité nádrži, částečně naplněné vodou. Teplo je přeneseno na vodu, která se tak začne vařit, pak je jistý objem nasycené vodní páry generován v horní části válce. Systém je stále udržován pod tlakem tak, že nasycená vodní pára může být rychle vyprázdněna do rozvodů, provedených z nerezové oceli, které slouží k rozvádění nasycené vodní páry do propojených sušicích komor. Rozvod nasycené vodní páry do každé sušicí komory je nakonec proveden pomocí ovládaných ventilů.

50 Výhodou takového uspořádání je, že centrální generátor nasycené vodní páry může sloužit jistému množství sušicích komor postupně jak pro ohřívací fázi, tak i pro kondicionování. Navíc tento způsob sušení implikuje, že časová změna bude krátká, protože nasycená vodní pára je dodávána do komory ihned po otevření ventilu.

55

- Vodní pára je dodávána do sušicí komory v nasyceném stavu, nebo jako lehce přehřátá. Pokud je nasycená vodní pára dodávána pomocí potrubního systému, stane se potřebným jisté přehřátí (a tak i jistý nadměrný tlak) nasycené vodní páry k vyvinutí požadovaného tlaku v tlaku v rozváděcím systému od parního generátoru. Přetlak nasycené vodní páry se může pohybovat mezi 0 až 100 kPa přístrojového tlaku. Nicméně nasycené vodní páře není umožněno, aby byla příliš přehřátá, protože by potom docházelo k dodávce příliš suchého tepla. Rozhodujícím je to, že rosný bod nasycené vodní páry jak během ohřívání, tak i během kondicionování je nad rosným bodem dřeva, čímž je zajištěna kondenzace nasycené vodní páry na povrchu dřeva. V případě, že je generovaná nasycená vodní pára zaváděna přímo do sušicí komory v otevřeném odpařovacím systému, je vodní pára dodávána v nasyceném stavu.

Přehled obrázků na výkrese

- 15 Vynález bude v dalším podrobněji objasněn na příkladech jeho konkrétního provedení, jejichž popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým obrázkům, kde:

obr. 1 znázorňuje schematický svislý řez komorou sušičky při pohledu z boku; a

- 20 obr. 2 znázorňuje schematický vodorovný řez komorou sušičky při pohledu seshora.

Příklady provedení vynálezu

- 25 Na obr. 1 je znázorněna komorová sušička 1, mající sušicí komoru 2, určenou k sušení dřeva v dávkách, přičemž je dřevo v sušicí komoře 2 v jedné nebo v několika hranicích 3. Hranice 3 dřeva jsou uspořádány na vozíku 4 nebo na podobném zařízení, přičemž k jejich pohybu dovnitř a ven ze sušicí komory 2 skrze otevíratelné dveře 5 jsou zde uspořádány další pohybové prostředky (neznázorněno). Sušicí komora 2 dále obsahuje prostředky 6 (znázorněné pouze
- 30 schematicky) pro zajištění cirkulace horkého vzduchu vnitřkem sušicí komory 2 a pro zajištění všech nebo alespoň jedné z fází ohřívání, sušení a kondicionování dřeva. Dále jsou zde uspořádány prostředky (neznázorněno) pro dodávku suchého vzduchu a odvádění vlhkého vzduchu, který je dopravován dovnitř a ven ze sušicí komory 2 vodíci kanály 7 a 8. Sušicí komora 2 je dále opatřena prostředky 9 pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry pod
- 35 atmosférickým tlakem do sušicí komory 2, přičemž je parní generátor 10 uzpůsoben k dodávce nasycené vodní páry do těchto prostředků 9 rozváděcími kanály 11.

- Prostředky 9 mohou sestávat z nastavitelných ventilů s tryskami a mohou být uspořádány v jedné nebo v několika polohách v sušicí komoře 2, a to za účelem přivádění nasycené vodní páry přímo
- 40 do volného objemu vzduchu v sušicí komoře 2. Alternativně mohou být trysky upraveny k zavádění nasycené vodní páry do horkého cirkulujícího vzduchu ve spojení s cirkulačními prostředky 6. Trysky také mohou být uzpůsobeny k dodávce nasycené vodní páry přímo do sušicí komory 2 a do cirkulačního prostředků 6.

- 45 Na obr. 2 je znázorněno takové uspořádání, které má množství sušicích komor 2a až 2f, opatřených prostředky 9a až 9f pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry do odpovídajících sušicích komor 2a až 2f. Parní generátor 10 obsluhuje postupně všechny sušicí komory 2a až 2f, jak po dobu ohřívání, tak i po dobu kondicionování. Parní generátor 10 může být opatřen akumulátorem (neznázorněno) pro nasycenou vodní páru, přičemž může být
- 50 zkonstruován tak, aby byl udržován pod tlakem pro přivádění nasycené vodní páry přes prostředky 9a až 9f do odpovídajících sušicích komor 2a až 2f. Prostředky 9a až 9f sestávají z trysek s ventily, které mohou být ovládány dálkově. Díky výkonu parního akumulátoru může být zajištěno, že množství dodávané nasycené vodní páry bude dostatečné pro každou sušicí komoru 2a až 2f jak během ohřívací fáze, tak i během kondicionování.

55

Parní generátor 10 může být uzpůsoben tak, aby do něj byla energie dodávána nejlépe horkovodním rozváděcím kanálem 12 vodou, přiváděnou z centrální teplárny 13 na tuhá paliva, která pracuje na základě spalování odpadu z dřevařské továrny, např. pily, a to zejména kůry.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

10

1. Způsob sušení dřeva pomocí cirkulace horkého vzduchu okolo a skrze jednu nebo několik hranic (3) dřeva, uspořádaných do dávek v jedné nebo v několika uzavřených sušicích komorách (2, 2a až 2f) komorové sušičky (1), přičemž cirkulující horký vzduch nejprve v ohřívací fázi ohřívá dřevo na počáteční teplotu sušení, následovně se v jedné nebo v několika sušicích fázích provádí vlastní sušení dřeva, a nakonec v kondicionační fázi, ve které jsou obsah vlhkosti vzduchu a teplota vzduchu upraveny na jiné hodnoty, než při sušení, se zcela vyrovnává vlhkostní poměr a napětí dřeva po vysušení, **vyznačující se tím**, že v ohřívací fázi se přivádí nasycená vodní pára při atmosférickém tlaku do horkého vzduchu, cirkulujícího v sušicí komoře (2, 2a až 2f), přičemž nasycená vodní pára se přivádí při výrobní kapacitě v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru (10) v rozmezí 6 až 28 kW/m³, s výhodou v rozmezí 10 až 15 kW/m³ dávky dřeva, přičemž nasycená vodní pára kondenzuje na chladnějších plochách dřeva a přenáší kondenzační teplo do dřeva.

25

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nasycená vodní pára se přivádí do sušicí komory (2, 2a až 2f) ihned od začátku ohřívací fáze.

3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nasycená vodní pára se přivádí do sušicí komory (2, 2a až 2f) až do konce ohřívací fáze.

30

4. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nasycená vodní pára se přivádí v ohřívací fázi do sušicí komory (2, 2a až 2f) nepřetržitě bez přerušení.

5. Způsob podle nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že doba ohřívací fáze trvá v rozmezí 1,5 až 2,5 hodiny.

35

6. Způsob podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že v ohřívací fázi se dřevo ohřívá na konečnou teplotu v rozmezí 50 až 60 °C.

40

7. Způsob podle nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že v kondicionační fázi se přivádí nasycená vodní pára při atmosférickém tlaku do horkého vzduchu, cirkulujícího v sušicí komoře (2, 2a až 2f), přičemž se nasycená vodní pára přivádí ihned po začátku kondicionační fáze ihned po skončení sušicí fáze nebo sušicích fázích, přičemž se nasycená vodní pára, přiváděná při atmosférickém tlaku v kondicionační fázi, přivádí při výrobní kapacitě v množství odpovídajícím výkonu parního generátoru (10) v rozmezí 6 až 28 kW/m³, s výhodou v rozmezí 10 až 15 kW/m³ dávky dřeva.

45

8. Způsob podle nároku 1 nebo 7, **vyznačující se tím**, že stejné sušicí komory (2, 2a až 2f) se používají pro ohřívací fázi, sušicí fázi nebo sušicí fáze a pro kondicionační fázi.

50

9. Způsob podle nároků 7 a 8, **vyznačující se tím**, že doba kondicionační fáze trvá v rozmezí 1 až 2 hodiny.

10. Způsob podle nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že v kondicionační fázi se dřevo ohřívá na teplotu v rozmezí 70 až 98 °C.

55

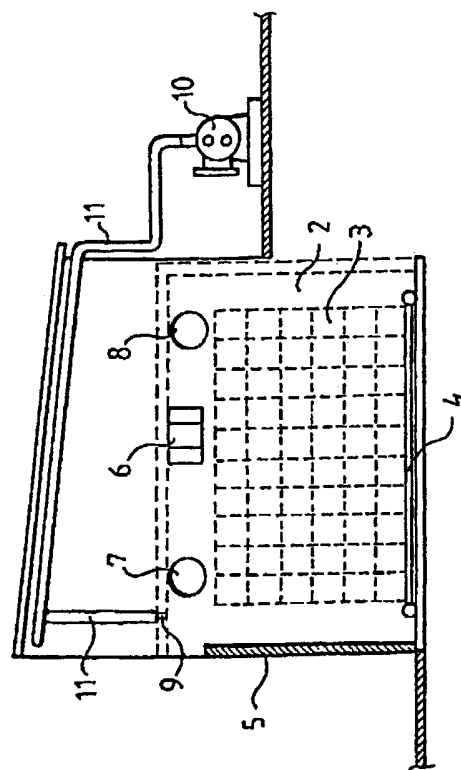
11. Způsob podle nároku 1 nebo 7, **vyznačující se tím**, že ohřívací fáze a/nebo kondicionační fáze se ovládají zvyšováním teploty, která se měří teplotním snímačem v používané sušicí komoře (2, 2a až 2f), následovaným a převedeným na zvýšení vlhkostního poměru dřeva.
12. Způsob podle nároku 1 nebo 7, **vyznačující se tím**, že nasycená vodní pára, vyráběná v parním generátoru (10), se udržuje pod tlakem v akumulátoru, ze kterého se rozvádí do propojených sušicích komor (2, 2a až 2f) servomechanicky ovládanými ventily.
13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že primární energie pro výrobu nasycené vodní páry, používané v parním generátoru (10), se odebírá z vlastní centrální teplárny (13) dřevařského závodu na tuhá paliva, využívající dřevařského odpadu, zejména stromové kůry.
14. Způsob podle nároku 13, **vyznačující se tím**, že centrální parní generátor (10) slouží několika sušicím komorám (2, 2a až 2f) postupně jak pro ohřívací fázi, tak i pro kondicionační fázi.
15. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dřevo se v sušicí fázi nebo sušicích fázích mezi ohřívací fází a kondicionační fází ohřívá na teplotu v rozmezí 50 až 90 °C, přičemž sušicí fáze trvá v rozmezí 2 až 14 dní.
16. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že nasycená vodní pára se přivádí při přetlaku v rozmezí 0 až 100 kPa.
17. Zařízení k provádění způsobu podle nároku 1, zahrnující komorovou sušičku (1), mající alespoň jednu sušicí komoru (2, 2a až 2f) a určenou k sušení dřeva v dávkách, prostředky pro přemísťování jedné nebo několika hranic (3) dřeva dovnitř a ven ze sušicí komory (2, 2a až 2f), prostředky (6) pro cirkulaci horkého vzduchu sušicí komorou (2, 2a až 2f), a pro provádění všech nebo alespoň některé z fází ohřívání, sušení a kondicionování dřeva, a prostředky pro úpravu horkého cirkulujícího vzduchu a jeho dopravu dovnitř a ven ze sušicí komory (2, 2a až 2f), **vyznačující se tím**, že sušicí komora (2, 2a až 2f) dále obsahuje prostředky (9, 9a až 9f) pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry při atmosférickém tlaku do sušicí komory (2, 2a až 2f), přičemž je uspořádán parní generátor (10) pro výrobu nasycené vodní páry, přiváděné do prostředků (9, 9a až 9f).
18. Zařízení podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že prostředky (9, 9a až 9f) pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry jsou upořádány v jedné nebo v několika polohách v sušicí komoře (2, 2a až 2f) pro přivádění nasycené vodní páry přímo do volného objemu vzduchu v sušicí komoře (2, 2a až 2f).
19. Zařízení podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že prostředky (9, 9a až 9f) pro přivádění a rozprašování nasycené vodní páry jsou upořádány pro přivádění nasycené vodní páry ve spojení s prostředky (6) pro cirkulaci horkého vzduchu.
20. Zařízení podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že parní generátor (10) je opatřen akumulátorem nasycené vodní páry a je uzpůsoben k tomu, aby byl udržován pod stálým tlakem, a také k tomu, aby prostřednictvím kanálů (11) a prostředků (9a až 9f) dodával nasycenou vodní páru do odpovídajících sušicích komor (2a až 2f).
21. Zařízení podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že parní generátor (10) je uzpůsoben k tomu, aby byl zásobován horkovodním kanálem (12) energií z vlastní centrální teplárny (13) dřevařského závodu na tuhá paliva, která je uzpůsobena ke spalování dřevařského odpadu, zejména ke spalování stromové kůry.

22. Zařízení podle nároku 21, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že parní generátor (10) je uzpůsoben k tomu, aby sloužil pro více sušících komor (2a až 2f) postupně jak pro ohřívací fázi, tak i pro kondicionační fázi.
- 5 23. Zařízení podle nároků 17 až 22, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že prostředky (9, 9a až 9f) sestávají z ventilů, opatřených tryskami.

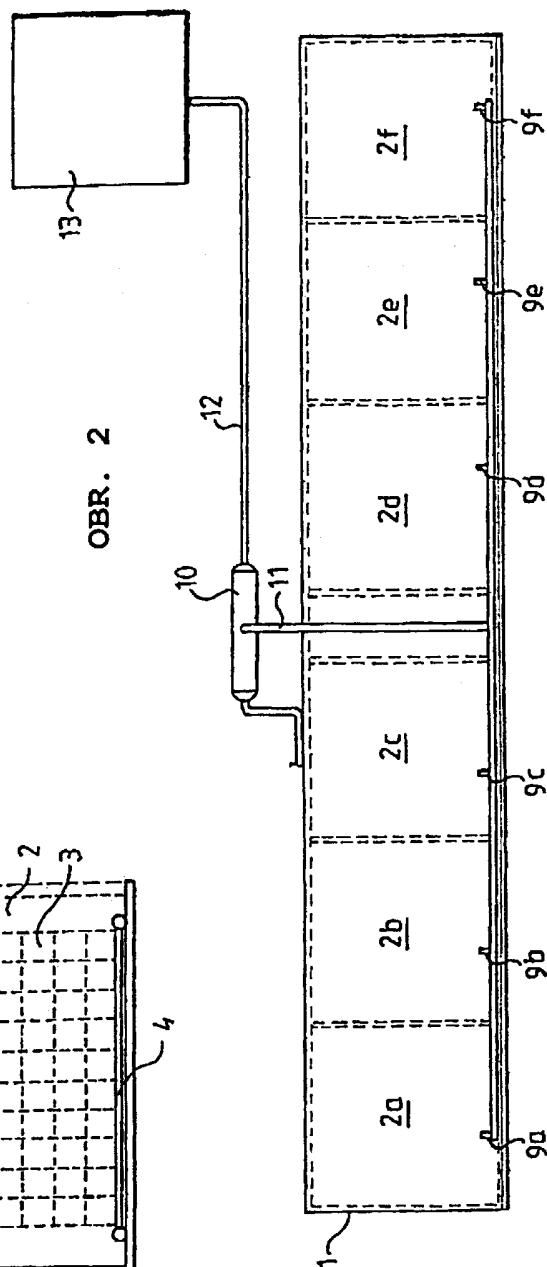
10

1 výkres

OBR. 1



OBR. 2



Konec dokumentu