(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 696 193 A1

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**
published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Veröffentlichungstag:
30.08.2006 Patentblatt 2006/35

(21) Anmeldenummer: **03815336.7**

(22) Anmeldetag: **25.11.2003**

(51) Int Cl.:
F26B 3/04 *(2006.01)* ***F26B 9/06*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/RU2003/000523

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/052478 (09.06.2005 Gazette 2005/23)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(71) Anmelder: **Bodrov, Youri Vasilevich**
Moscow, 109443 (RU)

(72) Erfinder: **Bodrov, Youri Vasilevich**
Moscow, 109443 (RU)

(74) Vertreter: **Theobald, Andreas et al**
Rothkopf Theobald Elbel
Postfach 08 03 05
10003 Berlin (DE)

(54) **HOLZBEHANDLUNGSMETHODE UND -VORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung ist für die Holzverarbeitungsindustrie bestimmt. Sie kann bei der hydrothermischen Behandlung von Holz. Holzstoffen und diversen Erzeugnissen aus Holz verwendet werden. Die Methode beinhaltet Holzvorwärmung in der Kammer durch die Aufwärmung der Kammerluft und anschließende mehrmalige Holzbehandlung mit Wasserdampf. Die Methode sieht eine abwechselnde Aufwärmung und Wasserdampfeinwirkung bei beistimmten Temperaturen. Die technischen Ergebnisse dieser Aufgabe sind: Möglichkeit der Behandlung von Holzstücken mit einer Dicke von über 200 mm; breiteres Sortiment von Holzarten für Wärmebehandlung; reduzierte mittlere Restfeuchte im Holz nach der Behandlung; höhere Gleichmäßigkeit der Holzstruktur und ihrer Dichte; niedrigerer Energieaufwand für Holzbehandlung.

EP 1 696 193 A1

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung ist für die Holzverarbeitungsindustrie bestimmt. Sie kann bei der hydrothermischen Behandlung von Holz und diversen Erzeugnissen aus Holz verwendet werden: Bretter, Kantholz, Parkett, Arbeitsstücke unterschiedlicher Form etc. Sie ist für Trocknung und Abtönung sowohl von Hartholz (Eiche, Buche, Esche etc.), als auch von minderwertigem Holz (Espe, Fichte etc.) besonders effektiv.

Stand der Technik

[0002] Eine der bekannten Methoden ist die Behandlung von Holz durch beschleunigte Alterung, inkl. Lagerung bei Temperaturen von 110 bis 190°C innerhalb von 10 bis 48 Stunden mit anschließender Behandlung mit 10-15 % Hydroperoxidlösung innerhalb von 10 bis 15 Stunden (SU 719870, B 27 K 5/06, 1980). Diese Methode kann für beschleunigte Alterung von Werkstücken für Fertigung von hochwertigen Musikinstrumenten und für Restaurierungszwecke erfolgreich angewandt werden.

[0003] Noch eine bekannte Holzbehandlungsmethode sieht folgendes vor: Aufwärmung in der Kammer auf die Anfangstemperatur kleiner als Siedetemperatur der im Holz enthaltenen Feuchtigkeit beim Anfangsdruck in der Kammer, anschließende Druckreduzierung in der Kammer und Ableitung der freigewordenen Feuchtigkeit (RU 2145693, F 26 B 3/00, 2000). Das Holz wird bei einer Temperatur von 120 bis 200 °C gehalten, bis der Druck in der Kammer mind. 2 atm. Bei Druckerhöhung z.B. auf 8 atm erhält das Nadelholz einen bräunlichen Farbton.

[0004] Bekannt ist auch eine Holzveredelungsmethode mittels Wärmebehandlung: Die Werksstücke werden im Luftbad aufgewärmt und innerhalb von 1,5 bis 4 Stunden einer Temperatur von 190 bis 230°C ausgesetzt und anschließend unter natürlichen Bedingungen abgekühlt (RU 2099180, B 27 K 5/00, 1997). Dadurch erhält das Holz ein stark ausgeprägtes Texturmuster und ist hinsichtlich dekorativer Eigenschaften mit Edelholz vergleichbar.

[0005] Die der vorliegenden Erfindung am meisten nahe Methode (betreffend des technischen Verfahrens und des Ergebnisses) ist die Holzaufwärmung mit Heißluft und anschließende Behandlung mit Wasserdampf (SU 1250460, B 27 K3/00, 1986). Hier wird die Holzstruktur mit Heißluft auf 100°C aufgewärmt. Dann wird das Luftbad durch Nassdampf ersetzt, dessen Temperatur auf 220 bis 240°C erhöht wird; die Behandlung mit Dampf dauert mind. 2 Stunden.

[0006] Doch dienen sämtliche so genannten Wärmebehandlungsmethoden mit Farbtonänderung zur Bearbeitung von minderwertigen Holzarten (Espe, Linde, Nadelholz etc.). Wenn aber Edelhölzer mit den bekannten Wärmebehandlungsmethoden bearbeitet werden, so kann kein erwünschter Farbton auf dem gesamten Querschnitt von Holzstücken mit einer Dicke ab 20 bis 35 mm erzielt werden; es entstehen auch Querrisse, insbesondere bei dicken Werksstücken. Ferner ist die mittlere Restfeuchte im Holz nach Bearbeitung mit bekannten Wärmebehandlungsmethoden ungleichmäßig und beträgt 4 bis 15 %.

[0007] Eine der bekannten Holztrocknungsanlagen beinhaltet eine Trocknungskammer, wo Holzstücke gestapelt werden, Zu- und Abluftkanäle, Lufterhitzer, Lüfter und Befeuchtungsvorrichtung (RU 2023963 F 26 B 3/04, 1994). Diese Anlage dient zur Trocknung von Hartholz bei einer maximalen Temperatur des Wärmeträgers (Nassdampf) von 85°C. Daher erreicht die Holztemperatur nicht den Brennpunkt.

[0008] Noch eine bekannte Trocknungsanlage besteht aus der Kammer mit eingebauten Blasdüsen für Zufuhr von Warmluft zum Holzstapel (SU 94719, F 27 K 5/04, 1960). Um die Geschwindigkeit der Dampfkondensation in der Kammer zu ändern, ist eine der Kammerwände aus wärmeleitfähigem Material ausgeführt und mit klappbaren keramischen Kissen von außen verkleidet. Dadurch kann die Trocknungsgeschwindigkeit geregelt werden. Diese Anlage weist aber ungleichmäßiges Durchwärmen des Holzstapels auf seiner Länge. Dies ist auf einen ungleichmäßigen Heißluftdurchsatz auf der Stapellänge zurückzuführen, weil der Luftdruck in den Blasdüsen mit Entfernung vom Lüfter sinkt.

[0009] Die der vorliegenden Erfindung am meisten nahe Anlage (betreffend des technischen Verfahrens und des Ergebnisses) ist die mit einer Trocknungskammer für Holzstapel, Heizelementen und einer Treibvorrichtung für die Umwälzung des Wärmeträgers in der Kammer, inkl. Ein- und Auslauf (RU 2182293, F 26 B 9/06, 2002). Im Kammerbereich für den Holzstapel ist ein Container mit Regalen für Holzstücke bzw. mit Einlagen zwischen den Holzstücklagen. In den gegenüberliegenden Wänden des Containers, z.B. im Boden und Dach sind Öffnungen, deren Größe von der Fläche der An- und Absaugöffnung für den Umwälztreibmittel abhängt. Dadurch wird eine gleichmäßige Einwirkung des Mediums in der Kammer auf der Länge des Holzstapels gewährleistet. Allerdings lassen die vorhandenen Wände keinen völlig gleichmäßigen Durchsatz des Kammermediums; sie erhöhen auch den Mediumswiderstand während der Umwälzung innerhalb der Kammer.

Darstellung der Erfindung

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Entwicklung einer Holzbehandlungsmethode und einer ent-

sprechenden Anlage zur Bildung einer Holzstruktur mit verbesserten Eigenschaften.

[0011] Die technischen Ergebnisse dieser Aufgabe sind: Möglichkeit der Behandlung von Holzstücken mit einer Dicke von über 200 mm; breiteres Sortiment von Holzarten für Wärmebehandlung; reduzierte mittlere Restfeuchte im Holz nach der Behandlung; höhere Gleichmäßigkeit der Holzstruktur und ihrer Dichte; niedrigerer Energieaufwand für Holzbehandlung.

[0012] Diese technischen Ergebnisse werden wie folgt gesichert: Bei der Methode mit Vorwärmung von Holz in der Kammer durch Luftaufwärmung und mit anschließender Holzbehandlung mit Wasserdampf erfolgt die Luftaufwärmung mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 45 Grad/h auf eine Temperatur von 130 bis 165°C; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 bis 6 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 1 bis 3,5 Stunden danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 120 bis 160°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

[0013] Um die genannten technischen Ergebnisse in der Trocknungsanlage mit einer Trocknungskammer für Holzstapel, Heizelementen und einer Treibvorrichtung für die Umwälzung des Wärmeträgers in der Kammer, inkl. Ein- und Auslauf, zu erreichen, wird die Kammer mindestens mit einer Trennwand in zwei Hohlräume geteilt, wobei der Wärmeträger aus einem Hohlraum über die Sektion mit dem Holzstapel in den anderen Hohlraum strömen kann; der Einlauf des Umwälztreibmittels ist mit einem Hohlraum und der Auslauf - mit dem anderen hydraulisch verbunden. Dabei wird der Druck "N" des Umwälztreibmittels nach der folgenden Formel festgelegt:

$$N = (K_1 \div K_2)\frac{Vs}{Vp},$$

wobei:

Vs - Volumen des Holzstapels, m^3;
Vp - Inhalt der Hohlräume, m^3;
K_1 = 0,437 - experimentell ermittelter Faktor, KPa;
K_2 = 5,62 - experimentell ermittelter Faktor, KPa.

[0014] Eine der Besonderheiten der neu entwickelten Methode besteht darin, dass die Holzstruktur mit Heißluft auf 130 bis 165°C mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 45 Grad/h vorgewärmt wird. Infolge der Druckerhöhung verlässt die gebundene Feuchte den Zwischenporenraum sowie Poren, die von den Pflanzenzellen des Holzes gebildet sind. Bei der Vorwärmung der Holzstruktur mit Heißluft bis 130°C bei einer Geschwindigkeit von unter 30 Grad/h reduziert sich der Austritt der freien Feuchte aus der Holzstruktur wesentlich; dabei kommt es zu keinem Zerreißen der Holzzellen. Sollten die Temperatur und die Aufwärmungsgeschwindigkeit 165°C bzw. 45 Grad/h übersteigen, kann es zur spontanen Zerstörung der Zellen (Poren) der Holzstruktur infolge einer wesentlichen Druckerhöhung und der raschen Wanderung der Feuchte von den zentralen Holzbereichen zur Oberfläche kommen. Die Vorwärmung der Holzstruktur mit Heißluft mit genannten Parametern ist eine vorbereitende Etappe für die weitere Wärmebehandlung. Nach der Vorbereitungsphase wird die Holzstruktur mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt. Dies führt zur Mittelung der Feuchtigkeitswerte und des Feuchtigkeitsgehaltes im Umfang der Holzstruktur, weil der Wasserdampf mit einer Temperatur von 120 bis 160°C in die Kammer zugegeben wird. Danach wird die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; dies erhöht den Zerstörungsgrad der Holzzellen. Danach wird die Holzstruktur wieder mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; diese führt auch zur Mittelung der Feuchtigkeitswerte und des Feuchtigkeitsgehaltes im Umfang der Holzstruktur. Die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann wieder auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 bis 6 Stunden ausgesetzt. Dadurch werden die Holzzellen weiter zerstört. Danach wird das Holz wieder mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt, wodurch eine gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeitswerte und des Feuchtegehaltes in der Holzstruktur erreicht werden. Anschließend wird die Dampf-Gasmischung in der Kammer das letzte Mal auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt. 1 bis 3,5 Stunden mach der Einstellung der Aufwärmung wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5

bis 1,75 Stunden behandelt. Dies stabilisiert die Gleichmäßigkeit der Holzstruktur endgültig. Bei jedem Behandlungsvorgang mit Wasserdampf wird der Wasserdampf von 120 bis 160°C in die Kammer zugeführt und die Dampf-Gasmischung wird aus der Kammer abgeleitet. Die Parameter der Holzbehandlung mit Wasserdampf und Bedingungen (Temperatur, Dauer) der Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer wurden experimentell ermittelt. Dabei hängt der Abtönungsgrad der Holzstücke von den gewählten Behandlungsparametern. Je härter die Behandlungsbedingungen sind, desto höher ist der Abtönungsgrad (Bräunung).

[0015] Die Besonderheit der entsprechenden Anlage besteht darin, dass die Kammer mindestens mit einer Trennwand in zwei Hohlräume geteilt ist, wobei der Wärmeträger aus einem Hohlraum über die Zone für den Holzstapel in den anderen überströmen kann; der Einlauf des Umwälztreibmittels ist mit einem Hohlraum und der Auslauf — mit dem anderen hydraulisch verbunden. Dabei wird der Druck "N" des Umwälztreibmittels nach der folgenden Formel festgelegt:

$$N = (K_1 \div K_2)\frac{Vs}{Vp},$$

wobei:

Vs — Volumen des Holzstapels, m^3;
Vp - Inhalt der Hohlräume, m^3;
K_1 = 0,437 - experimentell ermittelter Faktor, KPa;
K_2 = 5,62 - experimentell ermittelter Faktor, KPa.

Experimentell wurde nachgewiesen, dass bei der Auswahl des Druckes des Umwälztreibmittels im angegebenen Bereich ein gleichmäßiger Durchsatz des Wärmeträgers auf die Länge des Holzstapels gewährleistet wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Wärmeträger im mit dem Auslauf des Umwälztreibmittels verbundenen Hohlraum ist hier mit dem dank dem Umwälztreibmittel entstandenen Überdruck zusammengedrückt ist.

[0016] Die Holzwerkstücke sind in der Kammer in Stapel mit einem bestimmten Abstand zwischen den Holzlagen von 5 bis 20 mm anzuordnen.

[0017] In der Kammer soll die Umwälzung der Dampf-Gasmischung bewirkt werden, wobei die Dampf-Gasmischung durch den Holzstapel strömt.

[0018] Um einen niedrigen Abtönungsgrad zu erzielen, erfolgt die Luftaufwärmung mit einer Geschwindigkeit von 30 Grad/h auf eine Temperatur von 130°C; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 1 Stunde nach der Einstellung der Aufwärmung wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 120°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

[0019] Um einen höheren Abtönungsgrad zu erzielen, erfolgt die Luftaufwärmung mit einer Geschwindigkeit von 46 Grad/h auf eine Temperatur von 165°C; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 6 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 3,5 Stunde nach der Einstellung der Aufwärmung wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 160°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

[0020] Der Überdruck in der Kammer während der Holzbehandlung darf 0,2 MPa nicht überschreiten.

[0021] Mit der vorliegenden Methode können diverse Konstruktionselemente und Werksstücke aus Holz behandelt werden.

[0022] Die Anlage sollte mit einer Wasserdampfquelle, deren Auslauf mit dem Hohlraum der Kammer verbunden ist, sowie mit der Kondensatableitung versehen werden.

[0023] Die Kammer soll mit abnehmbaren wärmedämmenden Matten mindestens für einen Teil der äußeren Oberfläche der Kammer versehen werden.

[0024] Der Umwälztreiber kann innerhalb bzw. außerhalb der Kammer montiert werden.

[0025] Der Ein- und Auslass der Umwälztreibers ist mit den entsprechenden Hohlräumen mittels eines Zweipunktverteilers hydraulisch zu verbinden, wobei die Möglichkeit für abwechselnden Anschluss der Ein- und Auslassleitung an die Hohlräume der Kammer vorzusehen sind.

[0026] Die Anlage kann mindestens einen zusätzlichen Umwälztreiber beinhalten, der innerhalb bzw. außerhalb der Kammer installiert wird.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0027]

Figur 1 zeigt schematisch die Gesamtansicht der Holzbehandlungsanlage.
Figur 2 zeigt ein Schema der Anlage im Grundriss.
Figur 3 zeigt ein Grundrissschema einer anderen Anlagenvariante.
Figur 4 zeigt ein Anlagenschema seitens der Türöffnung.
Figur 5 zeigt ein Anlagenschema seitens der Türöffnung für die zweite Anlagenvariante.
Figur 6 zeigt ein Anlagenschema seitens der Türöffnung für eine weitere Anlagenvariante.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

[0028] Die Holzbehandlungsanlage 1 beinhaltet eine luftdichte Kammer 2 mit mind. einer Türöffnung, die mit der Tür 3 verschlossen wird und die Kammer 2 luftdicht macht. Innerhalb der Kammer ist eine Sektion für den Holzstapel 4 vorgesehen. In der Kammer 2 befinden sich Heizelemente 5, die mit auf beliebige bekannte Art und Weise in der Kammer 2 angeordnet werden können. Als Heizelemente können beliebige bekannte Vorrichtungen, z.B. Thermoelemente, dienen. Die Anlage 1 beinhaltet auch einen Treiber 6 für die Umwälzung des Wärmeträgers in der Kammer. Der Umwälztreiber 6 verfügt über einen Einlass 7 und einen Auslass 8 für An- bzw. Absaugung des Wärmeträgers. Die Kammer ist zumindest mit einer Trennwand 9 in zwei Hohlräume 10 geteilt, wobei der Wärmeträger aus einem Hohlraum 10 über die Sektion 4 für den Holzstapel in den anderen Hohlraum 10 strömen kann. Der Einlass 7 des Umwälztreibers ist mit einem Hohlraum 10 hydraulisch verbunden und der Auslass 8 — mit dem anderen Hohlraum 10. Der Druck "N" des Umwälztreibmittels wird nach der folgenden Formel festgelegt:

$$N = (K_1 \div K_2)\frac{Vs}{Vp},$$

wobei:

Vs - Volumen des Holzstapels, m^3;
Vp - Inhalt der Hohlräume, m^3;
K_1 = 0,437 - experimentell ermittelter Faktor, KPa;
K_2 = 5,62 - experimentell ermittelter Faktor, KPa.

[0029] Die Anlage 1 ist mit der Wasserdampfquelle 11 versehen, deren Auslass über den Ventil 12 mit dem Hohlraum der Kammer 2 verbunden ist. Zur Ableitung von Kondensat ist die Anlage 1 mit der Vorrichtung 13 für die Kondensatableitung versehen. Diese Vorrichtung 13 funktioniert praktisch in allen Behandlungsphasen und ist am meisten bei der Behandlung mit Wasserdampf ausgelastet. Die Kammer 2 kann mit abnehmbaren Wärmedämmmatten 14 an einem Teil der Kammeroberfläche versehen werden. Der Umwälztreiber 6 ist innerhalb der Kammer 2 und außerhalb der Kammer 2 eingebaut. Zur umkehrbaren Überströmung des Wärmeträgers aus einem Hohlraum 10 in den anderen Hohlraum 10 sind der Einlass 7 und der Auslass 8 des Umwälztreibers 6 mittels eines Zweipunktverteilers 15 mit den jeweiligen Hohlräumen 10 hydraulisch verbunden, wobei die Möglichkeit für abwechselnden Anschluss der Ein- und Auslassleitung 7 und 8 an die Hohlräume 10 der Kammer 2 vorgesehen sind. Die Anlage kann mindestens einen zusätzlichen Umwälztreiber 16beinhalten, der innerhalb bzw. außerhalb der Kammer 2 installiert wird. Die Klappe 17 dient zur Ableitung der Dampf-Gasmischung aus der Kammer 2. Der Stapel soll auf einer Karre 18, die u.a. auf Schienen 19 fährt, platziert werden.

[0030] Bei Anwendung der Methode gem. der vorliegenden Erfindung funktioniert die Anlage wie folgt. Auf der Karre 18 bzw. unmittelbar in der Kammer 2 (siehe Abb. 5 und 6) werden die Holzstücke in einen Stapel zusammengelegt. Dabei werden die Holzlagen in einem Abstand von 5 bis 20 mm mittels Abstandshalter bzw. Einlagen aufeinander gelegt.

Dann wird die Karre 18 mit dem fertigen Stapel in die Kammer 2 auf Schienen 19 eingefahren. Die Kammer 2 wird mit der Tür 3 geschlossen. Auf die äußere Oberfläche der Kammer 2 werden Wärmedämmmatten 14 aufgehängt, die die Wärmeverluste reduzieren. (Die Kammerwände können aus wärmedämmendem Stoff ausgeführt werden, dadurch entfallen die Wärmedämmmatten.) Die Heizelemente 5 werden eingeschaltet, somit beginnt die Holzvorwärmung in der Kammer 2 durch die Aufwärmung der Luft in der Kammer auf 130 bis 165°C mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 45 Grad/h. Beim Aufwärmen der Holzstücke kommt es zur Verdampfung der im Holz enthaltenen Feuchtigkeit. Zwecks einer effizienten Luftaufwärmung in der Kammer wird der Wärmeträger (Dampf-Gasmischung) in der Kammer 2 mittels des Treibers 6 umgewälzt.

[0031] Nach Erreichen der Temperatur von 130 bis 160°C wird Wasserdampf aus der Wasserdampfquelle 11 innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden in die Kammer 2 eingegeben. Die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz wieder mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt. Die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann wieder auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 bis 6 Stunden ausgesetzt. Danach wird das Holz erneut mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung wird dann wieder auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h gebracht; dann werden die Heizelemente 5 abgeschaltet und die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer wird gestoppt. 1 bis 3,5 Stunden nach Einstellung der Aufwärmung wird das Holz das letzte Mal mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt.

[0032] Nach der Beendigung der Wärmebehandlung werden die Wärmedämmmatten 14 von der Außenoberfläche der Kammer 2 abgenommen. Dabei wird die Abkühlung des Holzstapels infolge einer höheren Wärmeabgabe von der Kammer 2 in die Außenluft beschleunigt. Nach der Abkühlung von Holz in der Kammer unter 60°C wird die Tür 3 aufgemacht. Der Stapel 4 wird aus der Kammer 2 nach außen gezogen, wo das Holz endgültig abgekühlt wird.

[0033] Sämtliche Wärmebehandlungsvorgänge können mittels entsprechender Geber und Regelgeräte automatisiert werden. Dazu können beliebige bekante Vorrichtungen verwendet.

[0034] Alle Wärmebehandlungsphasen erfolgen bei Umwälzung der Dampf-Gasmischung in der Kammer mittels Umwälztreiber. Sollte nur ein Umwälztreiber eingesetzt werden, kann die Bewegungsumkehr des Wärmeträgers mittels eines Zweipunktverteilers 15 bewirkt werden. Der zusätzliche Umwälztreiber 16 ermöglicht auch die Holzbehandlung in der umkehrbaren Umwälzung des Wärmeträgers. Dazu wird der Einlass des Haupttreibers 6 an einen der Hohlräume 10 angeschlossen, der Einlass des zusätzlichen Umwälztreibers 16 ist an den anderen Hohlraum 10 angeschlossen. Dementsprechend sind auch die Auslässe der Umwälztreiber 6 und 16 angeschlossen (siehe Abb. 6).

[0035] Die Untersuchungen zeigten, dass die Restfeuchte im Holz in allen Behandlungsintervallen 6,2 % nicht überschreitet.

[0036] Nach solcher Wärmebehandlung erhalten die Werksstücke ein schönes Aussehen und einzigartige Eigenschaften und können in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden, u.a. für den Innenausbau von Dampfbad- und Saunaräumen, für Außenverkleidung unterschiedlicher Bauten, für Fertigung von Böden, Musikinstrumenten etc.

[0037] Infolge der Wärmebehandlung verändert sich die Holzzellenstruktur in dem Masse, als wenn man das Holz mehrere Jahrhunderte getrocknet hätte. Der Wasserdampf fungiert in diesem Falls als Schutzmedium und verhindert die Entzündung von Holz bei erhöhten Temperaturen, weil der Sauerstoff verdrängt wird. Während der Wärmebehandlung kommt es auch zur Zerlegung von Zucker, dadurch werden die Mikroorganismen um den Nährboden gebracht. Sie werden auch durch die Wärmebehandlung abgetötet.

Wirtschaftliche Anwendbarkeit

[0038] Die Methode und Anlage gem. der vorliegenden Erfindung sind für die hydrothermische Behandlung von Holz, Holzstoffen und diversen Erzeugnissen aus Holz wie Bretter, Kantholz, Parkett, Werksstücke unterschiedlicher Form wirtschaftlich anwendbar. Die Methode und Anlage gem. der vorliegenden Erfindung bedürfen keiner Entwicklung von Sonderanlagen und Ausstattung.

Tabelle

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Fichte	30	130	0,5	120	4	160	0,5	120	4	160	2,5	0,5	120	4	160	1	0,5	120	leicht bräunlich
Ahorn	40	160	1,5	150	7	190	1,25	140	5	170	4	1,5	130	6	180	3	1,0	150	dunkelbraun
Esche	42	150	1,25	140	5	170	1,0	130	6	180	5	1,0	150	7	190	2,5	1,25	140	mittelbraun
Buche	35	140	1,0	130	6	180	1,5	150	7	190	4	1,25	140	5	170	2	1,5	130	dunkelbraun
Eiche	45	165	1,75	160	8	200	1,75	160	8	200	6	1,75	160	8	200	3,5	1,75	160	dunkelbraun

Holzeigenschaften und Behandlungsparameter gem. der Tabelle:

A – Holzart
B – Geschwindigkeit der Luftvorwärmung, Grad/h
C – Temperatur der Luftvorwärmung, °C
D – Dauer der Wasserdampfeinwirkung, h
E – Wasserdampftemperatur, °C
F – Aufwärmungsgeschwindigkeit der Dampfgasmischung, Grad/h
G – Aufwärmungstemperatur der Dampfgasmischung, °C
H – Dauer der Holzbehandlung mit Wasserdampf, h
I – Wasserdampftemperatur, °C
J - Aufwärmungsgeschwindigkeit der Dampfgasmischung, Grad/h
K - Aufwärmungstemperatur der Dampfgasmischung, °C
L – Holzexposition, h
M - Dauer der Holzbehandlung mit Wasserdampf, h
N - Wasserdampftemperatur, °C
O - Aufwärmungsgeschwindigkeit der Dampfgasmischung, Grad/h
P - Aufwärmungstemperatur der Dampfgasmischung, °C
Q – Holzexposition nach Einstellung der Aufwärmung der Dampfgasmischung, h
R – Dauer der abschließenden Holzbehandlung mit Wasserdampf, h
S – Wasserdampftemperatur, °C
T - Holzfarbe

EP 1 696 193 A1

Patentansprüche

1. Holzbehandlungsverfahren, **gekennzeichnet durch** die Vorwärmung von Holz in der Kammer **durch** Luftaufwärmung und anschließende Holzbehandlung mit Wasserdampf, wobei die Luftaufwärmung mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 45 Grad/h auf eine Temperatur von 130 bis 165°C erfolgt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 bis 6 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160 bis 200°C mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 1 bis 3,5 Stunden danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 bis 1,75 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 120 bis 160°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Anordnung von Holzwerksstücken in Stapel.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Holzlagen in einem Abstand im Stapel angeordnet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen den Holzlagen von 5 mm bis 20 mm beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Kammer eine Umwälzung der Dampfgasmischung bewirkt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die umgewälzte Dampfgasmischung durch den Stapel strömt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufwärmung der Luft in der Kammer auf 130°C mit einer Geschwindigkeit von 30 Grad/h erfolgt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 2,5 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 160°C mit einer Geschwindigkeit von 4 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 1 Stunde nach der Einstellung der Aufwärmung wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 0,5 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 120°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufwärmung der Luft in der Kammer auf 165°C mit einer Geschwindigkeit von 45 Grad/h erfolgt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die Dampf-Gasmischung in der Kammer wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; die Holzstücke werden dieser Temperatur 6 Stunden ausgesetzt; danach wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt; die in der Kammer entstandene Dampf-Gasmischung wird dann auf 200°C mit einer Geschwindigkeit von 8 Grad/h aufgewärmt; dann wird die Aufwärmung der Dampf-Gasmischung in der Kammer gestoppt; 3,5 Stunde nach der Einstellung der Aufwärmung wird das Holz mit Wasserdampf innerhalb von 1,75 Stunden behandelt, wobei Wasserdampf von 160°C in die Kammer zugeführt wird und die Dampf-Gasmischung aus der Kammer abgeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Wärmebehandlung ein maximaler Überdruck von 0,2 MPa in der Kammer geschaffen wird.

10. Konstruktionselement aus Holz, behandelt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Werksstück aus Holz, behandelt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

12. Vorrichtung zur Holzbehandlung mit der Kammer mit einer Sektion für den Holzstapel, Heizelementen und einem Umwälztreiber in der Kammer mit Ein- und Auslass, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Kammer zumindest mit einer Trennwand in zwei Hohlräume geteilt, wobei der Wärmeträger aus einem Hohlraum über die Sektion mit dem Holzstapel in den anderen Hohlraum strömen kann; der Einlass des Umwälztreibmittels ist mit einem Hohlraum und der Auslass mit dem anderen Hohlraum hydraulisch verbunden. Dabei wird der Druck "N" des Umwälztreibmittels nach der folgenden Formel festgelegt:

$$N = (K_1 \div K_2)\frac{Vs}{Vp},$$

wobei:

Vs - Volumen des Holzstapels, m^3;
Vp - Inhalt der Hohlräume, m^3;
K_1 = 0,437 - experimentell ermittelter Faktor, KPa;
K_2 = 5,62 - experimentell ermittelter Faktor, KPa.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mit einer Wasserdampfquelle versehen ist, deren Auslass mit dem Hohlraum der Kammer verbunden ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mit einer Vorrichtung zur Kondensatableitung versehen ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer mit abnehmbaren Wärmedämmmatten zumindest auf einem Teil der Außenoberfläche der Kammer versehen ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umwälztreiber innerhalb der Kammer eingebaut ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umwälztreiber außerhalb der Kammer eingebaut ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlass und der Auslass des Umwälztreibers mittels eines Zweipunktverteilers mit den jeweiligen Hohlräumen hydraulisch verbunden sind, wobei die Möglichkeit für den abwechselnden Anschluss der Ein- und Auslassleitung an die Hohlräume der Kammer vorgesehen ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zumindest einen zusätzlichen Treiber für die Umwälzung des Wärmeträgers beinhaltet.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zusätzliche Umwälztreiber innerhalb der Kammer eingebaut ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zusätzliche Umwälztreiber außerhalb der Kammer eingebaut ist.

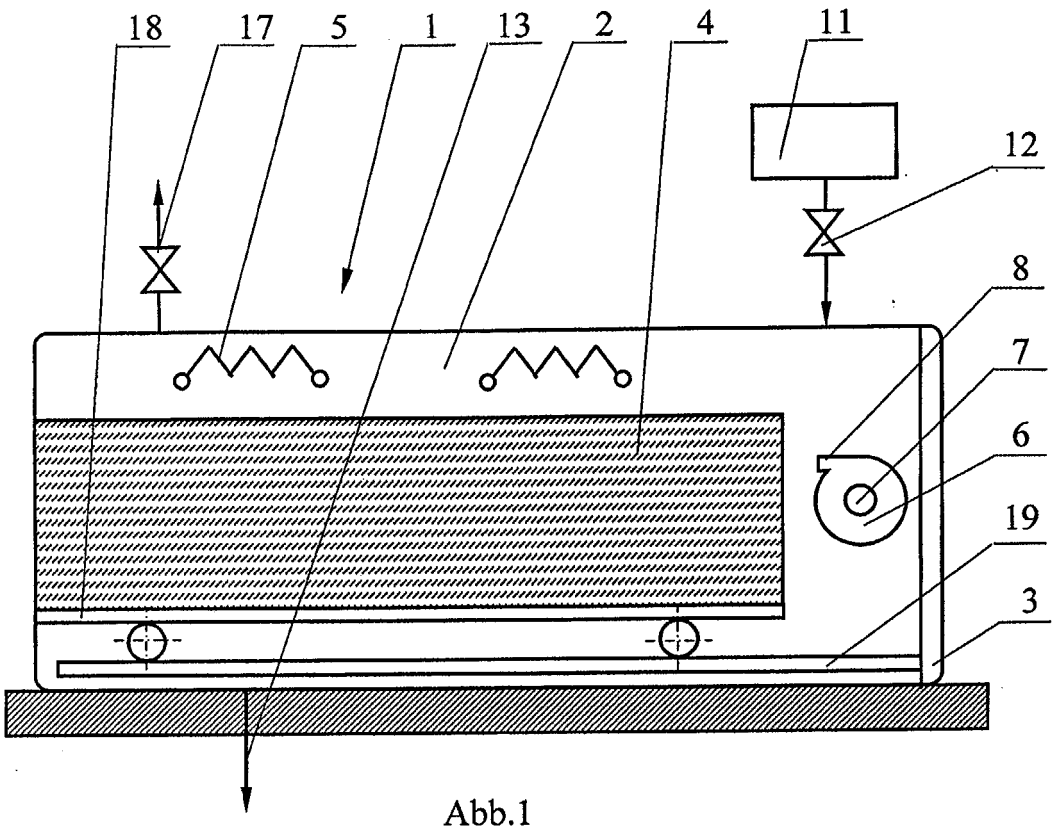

Abb.1

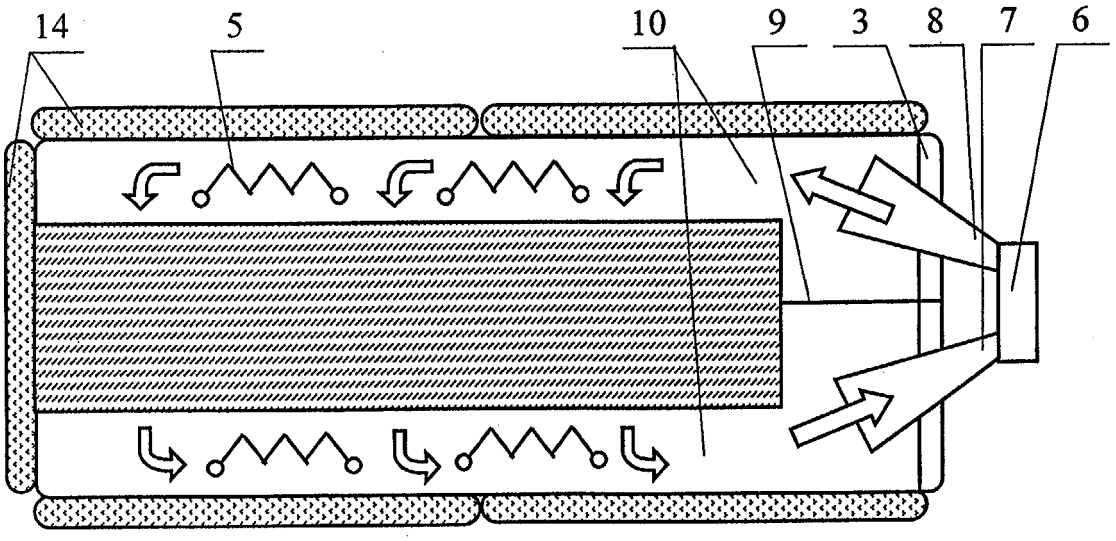

Abb.2

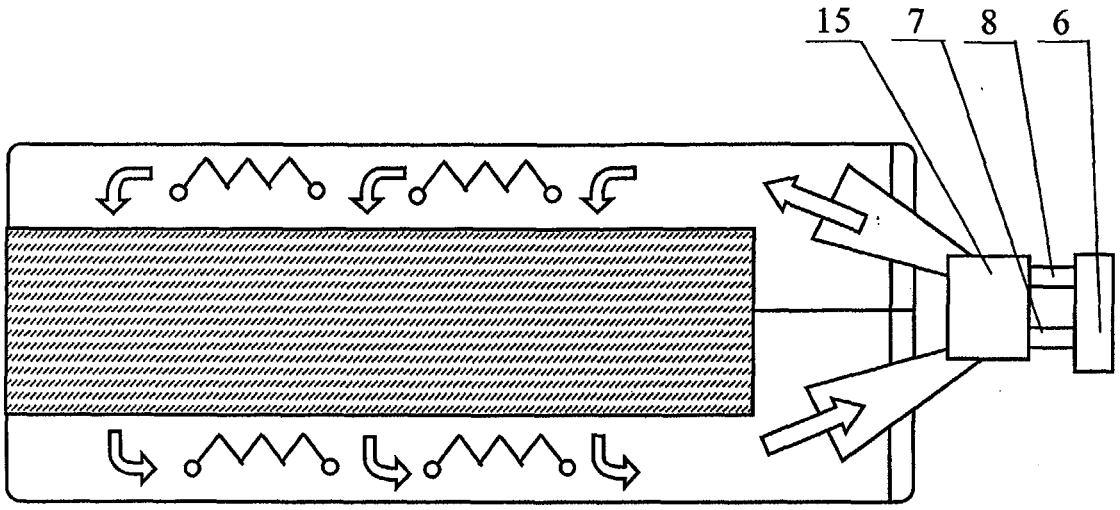

Abb.3

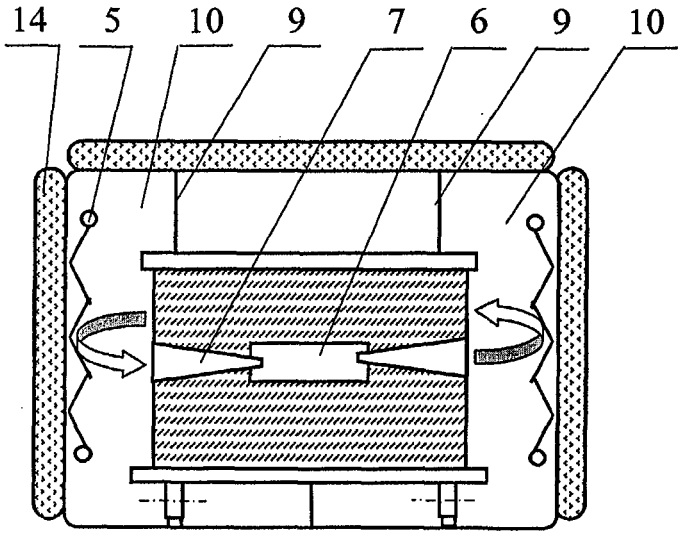

Abb.4

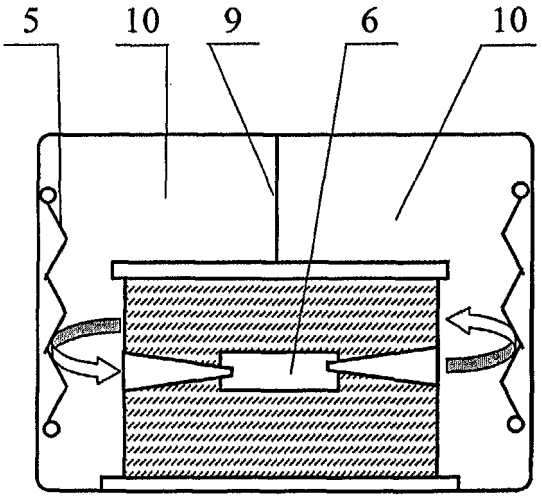

Abb.5

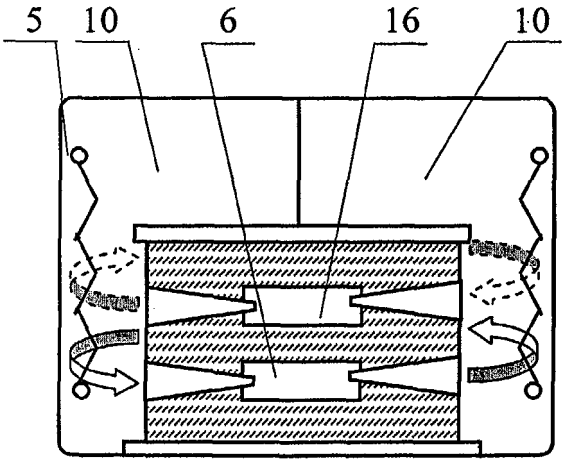

Abb .6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2003/000523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F26B 3/04, 9/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F26B 3/00-3/04, 9/00, 9/06, 9/10, B27K 5/00,5/04-5/06, 3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2030698 C1 (LENINGRADSKAYA LESOTEKHNICHESKAYA AKADEMIYA IM S.M. KIROVA), 10.03.95, the claims	1-21
A	DE 2913881 A1 (PAGNOZZI, ERNESTO GUGLIELMO et al.) 25. 10. 1979, the claims	1-21
A	FR 2644855 A1 (C. E. A. F. CONVERTITORI ENERGIA ALTERNATIVA FLUIDODINAMICA) 28. 09. 1990, figures 1-2, the claims	1-21
A	DE 2441855 A1 (JORGENSEN, NIELS VALDEMAR VEST) 11. 03. 1976, figures 1-2, the claims	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 July 2004 (26.07.2004)	05 August 2004 (05.08.2004)
Name and mailing address of the ISA/ RU Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2003/000523

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (1)) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2003/000523

Box II

The International Searching Authority has determined that this international application is inconsistent with the requirement of unity of invention.

According to PCT Rule 13.2, the requirement of unity of invention with respect to groups of claimed inventions is fulfilled only when there is a technical relationship among those inventions involving one or more of the same or corresponding special technical features that define a contribution which each of the claimed inventions, considered as a whole, makes over the prior art.

In independent claim 1 the operating parameters of the drying process constitute the special technical features that define a contribution over the prior art.

The same features are specified in independent claims 10 and 11.

In independent claim 12 the design elements and their relationship, which do not directly define support of the operating parameters of the drying process according to claim 1 and are not present in independent claims 1, 10 and 11, constitute the special technical features that define a contribution over the prior art. For example, owing to the partition dividing the chamber into two cavities, the heat carrier flows from one cavity of the chamber into the other through the zone in which the timber stack is located without the required temperature of the air or of the vapour-gas mixture being affected, while owing to the element impelling the circulation of the heat carrier, said heat carrier is displaced in a controlled manner without the parameters of the heat carrier being affected.

Therefore (see above), two groups of inventions have been determined:

Group 1: "process" (claims 1-9), "design element" (claim 10) and "intermediate product" (claim 11).
Group 2: "device" (claims 12-21).

Form PCT/ISA/210