

## ПРОИЗВОДСТВО И КЛАСИФИКАЦИЯ НА ТЕРМИЧНО МОДИФИЦИРАНА ДЪРВЕСИНА

Панайот Панайотов, Живко Георгиев  
Лесотехнически университет, София

### Резюме

Термично модифицирана дървесина е тази, която е третирана за определено време при температури от 180 °C до 240 °C. Вследствие на това термично третиране някои от механичните свойства на дървесината се променят, но се променя цветът и се увеличава димензионната стабилност и устойчивостта на гъбно въздействие. Класът на устойчивост на термично модифицираната дървесина се определя съгласно регламентите на EN 335/1 и EN 113. Този стандарт дефинира (класифицира) термично модифицираната дървесина в три класа (1; 2; 3), в зависимост от режима на термичното третиране.

**Ключови думи:** термично модифицирана дървесина, производство, класификация.

**Key words:** thermally modified wood, classification of thermowood.

**JEL:** Q23.

### Увод

Още в древни времена хората са знаели, че като овъглят долният заострен край на дървения кол се увеличава неговият живот. В началото на 20 век започват първите лабораторни експерименти за изследване влиянието на високата температура върху свойствата на дървесината и най-вече върху нейната хигроскопичност [11]. Установено е, че при въздействие върху дървесината с високи температури в граници от 180 °C до 240 °C се намалява чувствително хигроскопичността ѝ, подобрява се димензионната стабилност на дървесното тяло, увеличава се съпротивлението срещу биологични атаки (бактерии; плесени; гъби), а цветът ѝ потъмнява, т.е. дървесината приема приятен тъмно кафяв цвят [1, 12]. Термичното третиране се отнася към методите за модифициране на дървесината. Те се класифицират в четири основни групи: химично модифициране; физично модифициране; термично модифициране; ензимно модифициране [13].

Методите за термичното модифициране на дървесината се възприемат за екологично приемливи, тъй като при провеждането им не се прилагат химикали.

### Методи за производство

В литературните източници се съобщават много методи за термично модифициране на дървесината, като различията между тях се свеждат до вида на средата за топлопренасяне, до метода за редуциране на кислородното съдържание в тази среда с цел предотвратяване на запалването на материала и до режима на покачване на температурата и продължителността на термотретирането. Тези методи са разработвани в Европа през втората половина

на 20 век: Германия (Giebel, 1983), Франция (Dirrol & Guyonnet, 1993), Финландия (Viitaniemi, 1997), Холандия (Boonstra et al., 1998; Tjeerdsma et al., 1998). Нагряването при температури около 200 °C предизвиква разрушаването на кохезионното сцепление между градивните компоненти на клетъчните стени и химически промени. Вследствие на това се увеличава димензионната стабилност на дървесното тяло и се намалява хигроскопичността му. В Европа индустриално производство на термично модифицираната дървесина започва в края на 20 век [13]. Това производство се извършва по четири технологии: финландски [7]; френски [10]; холандски [5]; германски [6].

Финландия е водещата страна в Европейския Съюз по изследване и производство на термично модифицирана дървесина. През 2000 г. е основана финската асоциация „Finish ThermoWood Association”, която през 2009 г. приема името „International ThermoWood Association”. В началото на 2013 г. в тази организация членуват 13 члена, от които производители на термично са 11 фирми и 2 фирми са производители на термокамери за производство на този нов материал [8]. При **финландския метод** нагряващата среда (топлоносителят) е водна пара (water steam) със съдържание на кислород не повече от 5%, като на термотретиране се подлага въздушно суха дървесина (влажност 12%). Процесът е три стадийен:

1. Сушене до 150 °C в течение на 48 h;
2. Нагряване и повишаване на температурата от 150 до 240 °C и нагряване при тази температура от 0,5 до 4 h;
3. Охлаждане и стабилизиране в течение на 24 h до 70 °C.

Получаваната термично модифицирана дървесина се нарича „ThermoWood®“. Това е първата търговска марка на асоциацията с регистрационен номер EU TM 000922765. Втората търговска марка на тази асоциация е: ThermoHout® с регистрационен номер EU TM 004296331. Първата инсталация е построена в началото на 90-те години на 20-ти век в гр. Mänttä. През 2000 година във Финландия са работили 8 инсталации с общ капацитет от 35 000 m<sup>3</sup>/годишно. Разработените режими са за бял бор (*Pinus silvestris* - pine), смърч (*Picea Abies* - spruce), бреза (*Betula verrucosa* - birch) и трепетлика (*Populus tremula* - aspen).

При анализа на **френските технологии** за производство на термично модифицирана дървесина се установят два метода. Първият френският метод е подобен на финландския, като нагряващата среда е инертен газ (азот), със съдържание на кислород не повече от 2% като на термотретиране се подлага въздушно суха дървесина (влажност 12%). Този метод се нарича RETITECH (Retification Process). Публикуван е през 1993 г. [2]. Получаваната термично модифицирана дървесина се нарича „Retified wood“. Промислената камера е разработена от „Four et Brûleurs REY“, разположена близо до Saint-Etienne. Във Франция е разработен и втори метод за термично модифициране на дървесина, наречен „Le Bois Perdue“. Промислената камера е разработена от „BCI-MBS“. При този метод се използва влажна дървесина. Високо температурното третиране се извършва в среда на наситена водна пара (saturated water vapor). През 2001 година във Франция са работили 8 инсталации с единичен теоретичен капацитет от 3 500 m<sup>3</sup>/годишно.

**Холандският метод**, наричан „Plato-Process“, съчетава различни степени: хидротермолиза, сушене и нагряване. Чрез хидротермолизата се постигне деполимеризация на хемицелулозата (полизахариди). Счита се за по-мек вариант на въздействие, не намаляващо значително механичните показатели. Провежда се в температурни граници от 160 °C до 190 °C при повишено налягане в течение на 4-5 h. Сушенето цели да се отнеме влагата в хидротермолизираната дървесина и се доведе до ниво 10%. Осъществява се конвенционално в течение на 3-5 d. През следващата степен дървесината се обработва термично в температурни граници от 170 °C до 190 °C в течение на 14-16 h, като нагряващата среда може да бъде суха пара или нагрят въздух. Последната степен е охлаждане и кондициониране до нормално стаино температурно ниво в течение на 2-3 d. Вследствие на термохидролизата се отделя оцетна киселина, която каталитично се разграж-

да на формалдехид, фурфурол и други алдехиди. Същевременно и започва образуването на метиленови мостове между ароматните лигнинови структури (пръстени), като процесът (естерифициране) се интензифицира през последната степен на високотемпературното нагряване. Вследствие на това омрежване се подобрява димензионната стабилност и се намалява хигроскопичността на дървесината. Тези превръщания са доказани с инфрачервена спектроскопия от Tjeerdsma, Boonstra, Pizzi, Tekely и Militz [9]. В Холандия тази технология („Plato-Process“) е реализирана в промишлени условия през 2000 година и е с капацитет 50 000 m<sup>3</sup>/годишно.

В Германия е реализирана в промишлени условия технология за производство на термично модифицирана дървесина в среда на масло от фирма MENZ HOLZ в селището Reulbach, разположено на 30 km източно от град Fulda. Това първо съоръжение е автоклавен тип с годишен капацитет 2 900 m<sup>3</sup>.

### **Свойства на термично модифицираната дървесина**

Вследствие на високо температурното въздействие свойствата на дървесината се променят в различни направления, зависещо от степента на хидролиза и намаляването на масата. Плътността на термодървесината е по-малка от тази на изходната натурална дървесина. С увеличаване на температурата плътността се намалява. Например, плътността на дървесината на белия бор, кондициониран при 70°C е 600 kg/m<sup>3</sup>, а на тази третирана при 240°C е 450 kg/m<sup>3</sup>. Статичната твърдост, определена съгласно регламентите на EN 1534, на боровата термодървесина се увеличава с нарастване на температурата. За „Thermo-S“ е 1,7 N/mm<sup>2</sup> (при 1,5 N/mm<sup>2</sup> за изходната натурална дървесина) и за „Thermo-D“ е 1,8 N/mm<sup>2</sup>. Якостта на статично огъване на дървесината на белия бор, кондиционирана при 100 °C е 110 N/mm<sup>2</sup>, а на тази третирана при 240 °C е 65 N/mm<sup>2</sup>. Якостта на натиск успоредно на влакната на смърчова термодървесина третирана при 195 °C в течение на 3 h е с 30% по-висока от тази на изходната натурална дървесина. Якостта на удар (динамично огъване) на смърчова термодървесина третирана при 220 °C в течение на 3 h е с 25% по-висока от тази на изходната натурална дървесина. Якостта на срязване успоредно на влакната на смърчова термодървесина третирана при 220 °C в течение на 3 h се намалява до 20%. Същата тенденция се наблюдава и при устойчивостта на цепене по направление на дължината на влакната, т.е. с увеличаване на температурата цепливостта се увеличава с 30-40%. Равновесната влажност на смърчовата дървесина при 65%

относителна влажност е приблизително около 4 пъти по-малка от тази на изходната натурална дървесина (4% срещу 14%). Тангенциалното набъбване на смърчовата дървесина при относителна влажност на въздуха 100% е приблизително около 2 пъти по-малко от това на изходната натурална дървесина (8% срещу 4%). Загубата на маса на борова термодървесина при експониране в мицели на *Polia placenta* е 15,5% (при 27,7% за изходната натурална дървесина), а при експониране в мицели на *Coniofora puteana* е 3,9% (при 20,3% за изходната натурална дървесина). От това следва, че термично модифицираната дървесина се нуждае от допълнително третиране с фунгицидни импрегнатори, а също и финиширане с подходящи покрития, с цел увеличаване на гъбната й резистентност и на трайността й при експлоатация на открито в атмосферни условия.

#### Класификация на термично модифицираната дървесина

Класификацията на термично модифицираната дървесина в страните членове на Европейския съюз все още не е хармонизирана. Някои от Европейските страни са си въвели собствена класификация на произвежданата от тях термично модифицирана дървесина (Финландия, Германия, Франция, Холандия и Норвегия). Във Финландия първата класификация на термодървесината е в две групи според вида на изходната натурална дървесина. Те са:

1. Термично модифицирана дървесина на основата на такава добита от иглолистни дървесни видове (softwood);
2. Термично модифицирана дървесина на основата на такава добита от широколистни дървесни видове (hardwood).

Освен това всяка една от тези групи се разделя на отделни видове и получава името на отделния вид. Например: борова термодървесина (pine-thermowood); смърчова термодървесина (spruce-thermowood); дъбова термодървесина (oak-thermowood); ясенова термодървесина (ash-thermowood); брезова термодървесина (birch-thermowood); трепет-ликова термодървесина (aspen-thermowood); елшова термодървесина (alder-thermowood); букова термодървесина (beech-thermowood). Термично модифицираната дървесина на основата на такава добита от иглолистни дървесни видове (бор, смърч) се класифицира в три качества според това на изходния фасониран материал: А; В и С, което се определя в зависимост от количеството, размера и местоположението на здравите сраснали чепове. Качество „А“ е най-доброто, а качество „С“ е най-ниското. Освен това термично модифицираната дървесина от

клас „А“ се разпределя в четири подкласа: А1; А2; А3 и А4, по наличието на други специфични белези, посочвани от потребителя. Термично модифицираната дървесина на основата на такава добита от широколистни дървесни видове (бреза, трепетлика) се класифицира в две качества според това на изходния фасониран материал: А и Е, което се определя в зависимост от количеството, размера и местоположението на здравите сраснали чепове. Втората класификация на термодървесината във Финландия се основава на крайното ниво на температурата, тъй като този фактор влияе най-осезаемо върху свойствата на модифицираната дървесина. По този признак термодървесината се класифицира в два класа: Thermo-S и Thermo-D. Класът „S“ показва, че модифицираната дървесина е „стабилна“, т.е. не променя размерите си чувствително при промяната на влажността й или е в „дименсионно стабилно състояние - размеро стабилно състояние“. Стойностите на средното тангенциално набъбване и съсъхване се отнасят за влажност: 6-8%. Модифицираната дървесина от клас „S“ (Thermo-S) е относително трайна на гъбно нападение, т.е. гъбната й резистентност се характеризира с „3-ти клас“ (3-class). Класът „D“ показва, че модифицираната дървесина е „трайна“ на гъбно нападение, т.е. гъбната й резистентност се характеризира с „2-ри клас“ (2-class). Класът на гъбна резистентност се определя съгласно регламентите на EN 113 „Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. Determination of the toxic values“. Модифицираната дървесина от клас „Thermo-S“ се получава от иглолистните видове бор и смърч при крайно ниво на температурата на третиране: 190 °C, а тази от клас „Thermo-D“ при крайно ниво на температурата на третиране: 212 °C. Модифицираната дървесина от клас „Thermo-S“ се получава от широколистните видове бреза и трепетлика при крайно ниво на температурата на третиране: 185 °C, а тази от клас „Thermo-D“ при крайно ниво на температурата на третиране: 220 °C. Термично модифицираната дървесина от клас „Thermo-S-softwood“ се препоръчва за изработване на елементи на прозорци и врати, на градински мебели, на пейки за сауни, а тази от клас „Thermo-S-hardwood“ - се препоръчва за изработване на подови настилки, на конструкции на сауни и на градински съоръжения (пергули, кашпи). Термично модифицираната дървесина от клас „Thermo-D-softwood“ се препоръчва за изработване на покривни елементи, за изработване на капаци на прозорци и врати, на външни облицовки на сгради, на декинг елементи, на оградни елементи и на порти. Термично модифицираната дър-

весина от клас „Termo-D-hardwood” се препоръчва за използване в същите случаи, където се използва и тази от клас „Termo-D-softwood”, но там, където има по-силно и по-продължително слънчево греене, тъй като по-бавно и по-трудно променя цветът си.

Марките „термично модифицирана дървесина” се предлагат на пазара с различна цена, която зависи от нейният вид и качество. В България термично модифицирана дървесина предлага фирма JAF – с. Мусачево, община Елин Пелин, производство на фирма LUNAWOOD - Финландия. Марките TermoWood®-S на основата на смърч и бор се предлагат за 1 750 лв. на метър кубичен (Lv/m<sup>3</sup>) и TermoWood®-D също на основата на смърч и бор за 2 700 Lv/m<sup>3</sup> под формата на елементи за облицоване на стени. Марката TermoWood®-D на основата на ясен се предлага за 3 500 Lv/m<sup>3</sup> под формата на елементи за облицоване на подове (декинг елементи) едностранно рифеловани.

Тези цени в складовете на производителите са значително по-ниски. Например, термично модифицираната дървесина по метода „Plato Process”, марка „PLATO®-wood” в Холандия струва 100 Euro/m<sup>3</sup>, като в тази цена са включени 20 Euro/m<sup>3</sup> оперативни разходи за вода, енергия и управление [5]. В Германия дървесината модифицирана в течна маслена среда на основата на смърч (oil-heat-treated spruce) струва 265-295 Euro/m<sup>3</sup> при 200 Euro/m<sup>3</sup> за нетретираната дървесина, като в тази цена са включени 60-90 Euro/m<sup>3</sup> оперативни разходи за вода, енергия и управление, в зависимост от вида за използваният маслен топлоносител [6]. Инвестициите за инсталация с производителност 8 500 m<sup>3</sup> годишно са 450 000 Euro, при 10 годишен период за амортизация.

#### Благодарност

Настоящата работа е реализирана при разработване на проект №136/2012, финансиран от НИС при ЛТУ-София.

#### Литература

1. Bazyar, B. *Decay resistance and physical properties of oil heat treated aspen wood*. BioResources. 7 (1). 2012. 696-705. [www.bioresources.com].
2. Dirol, D., Guyonnet, R. *The improvement of wood durability by retification process*. Proceeding of The 24 Annual Meeting of The International Research Group On Wood Preservation. Section 4 – Process. May 16-21. 1993. Orlando. 11.
3. Hill, C. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Process*. 2009. [http://www.Chipsbooks.com/woodmod.htm].
4. Jämsä, S., Viitaniemi, P. *Heat treatment of wood- Better durability without chemicals*. Proceeding of Special Seminar. 9 February 2001. Antibes. France. 21-26.
5. Militz, H., Tjeedsma, B. *Heat treatment of wood by the PLATO-process*. Proceeding of Special Seminar. 9 February 2001. Antibes. France. 27-38.
6. Rapp, A., Sailer, M. *Oil heat treatment of wood in Germani - State of the art*. Proceeding of Special Seminar. 9 February 2001. Antibes. France. 47-64. (COST ACTION E 22 “Environmental optimization of wood protection”).
7. Syrjänen, T. *Production and classification of heat treated wood in Finland*. Proceeding of Special Seminar. 9 February 2001. Antibes. France. 11-19.
8. Finish TermoWood Association. *ThermoWood Handbook*. Finish TermoWood Association. Helsinki. Finland. 2003. [http://www.termowood.fi].
9. Tjeerdsma, B., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H. *Characterization of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement*. Holz als Roh- und Werkstoff. 1998. 3, 149-153.
10. Vernois, M. *Heat treatment of wood in France - State of the art*. Proceeding of Special Seminar. 9 February 2001. Antibes. France. 39-46.
11. Wang, J. *Thermal Modification of wood*. [www.forestry.Toronto.edu/termalmod.pdf].
12. Waskett, P., Selmes, R. *Wood modification: state of the art review*. 2001. [http://www.bre.co.uk].
13. [www.bre.co.uk].

## PRODUCTION AND CLASSIFICATION OF THERMALLY MODIFIED WOOD

Panayot Panayotov, Jivko Georgiev  
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

#### Abstract

The thermally modified wood is this, which is treated for long time by temperature range from 180 °C to 240 °C. In heat treatment, both the time and the temperature affect on the quality of the thermally modified wood. In the results of this heat treatment of wood same mechanical properties were decrease, but the colours is change and the dimensional stability and fungi (decay) resistance are improved. The properties of the thermally modified wood are dependent on the treatment process: treatment time and temperature. Temperature has greater influence on many properties than time. The classification of thermally modified wood is based on standard EN 335/1 (Wood and wood based products- Definition of hazard classes of biological attack- Part 1: Solid wood). The standard determinate (classified) the heat treated wood into three (1; 2; 3) heat treatment classes in depending on the treatment process.