

## МИКРОВЪЛНОВО ПЛАСТИФИЦИРАНЕ НА БУКОВА ДЪРВЕСИНА ПОСТАВЕНА В ТЕРМОУСТОЙЧИВ ПЛИК

Димитър Ангелски  
Лесотехнически университет, София

### Резюме

Пластифицирането на масивна дървесина с цел последващото ѝ огъване е продължителен технологичен процес. Значително съкращаване на времето за пластифициране може да се съкрати значително чрез използване на микровълнова енергия за нагряване на дървесината. Във връзка с това е изследвана възможността за пластифициране на маломерни букови детайли в микровълново поле. За целта пробни тела с размери 75/30/25 mm и влажност  $22 \pm 2\%$  са загревани в микровълнова печка с честота на полето 2450 MHz. Водосъдържанието на дървесина, поставена в микровълново поле, интензивно намалява и това води до намаляване на пластичността ѝ. За ограничаване на този ефект детайлите са поставяни и обвивани в перфориран термоустойчив плик. Термоустойчивият плик частично задържа образуваните при изпарението водни пари. По този начин се постига допълнително пластифициране на дървесината чрез пропарване и забавяне на изпарителния процес. Границите на изследвания времеви диапазон за микровълново загреване на дървесината са определени чрез предварителни опити. Продължителността на престоя на пробните тела в микровълновото поле за отделните серии опити е, както следва: 30, 60, 90, 120 и 150 s. Пластичността на дървесината е оценявана въз основа на измерената влажност и температурата на пробните тела след края на микровълновото въздействие. Отчитани са две температури: в центъра и близо до повърхността на пробните тела. Въз основа на получените резултати е съставен режим за микровълново пластифициране на дървесина в термоустойчив плик.

**Ключови думи:** пластифициране, букова дървесина, микровълново поле, микровълнова печка, огъване на масивна дървесина.

**Key words:** plasticization, beech wood, microwave field, microwave oven, bending of wood.

**JEL:** E21, E23.

### Увод

Често при изграждане формата и визията на съвременните мебели се използват криволинейни детайли от масивна дървесина. За производството на такъв тип детайли се прилагат две алтернативни технологични направления: чрез изрязване и чрез огъване на сортименти (заготовки) от дървесина. Технологиите, основаващи се на огъването, са по-перспективни, тъй като се характеризират с по-рационално използване на дървесината и значително по-висока якост на огъване на изработените заготовки. От друга страна, производството на криволинейни детайли от масивна дървесина чрез огъване се характеризира с голяма продължителност на процесите пластифициране и стабилизиране. Друг съществен проблем при тези технологии е сравнително високият процент на брак (счупвания и разцепвания) при огъването на дървесината. Основни причини за този брак са неправилно съставени или осъществени режими и наличието на недопустими при огъването дефекти в дървесината. Тези проблеми могат успешно да се решат чрез използване на микровълнова енергия за пластифициране на дървесината и/или стабилизиране на формата на огънатите детайли. Съществуват технологии, при които пластифицирането, огъването и стабилизирането на масивната дървесина се осъществяват

последователно в микровълново съоръжение [1]. Предимствата на микровълновото пластифициране пред традиционно използваното за целта пропарване са следните:

- Дървесината се загрева директно в нейния обем и пластифицирането се извършва много бързо. За сравнение при пропарване на детайл с дебелина 20 mm са необходими повече от 8 h обработка за достигане на температура  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  във вътрешността на дървесина [2]. Посредством микровълново загреване на аналогичен детайл във вътрешността на дървесина се достига температура от  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  за приблизително 1 min.
- Коефициентът на полезно действие е многократно по-висок, тъй като енергията на вълните се адсорбира почти изцяло от водата [2].
- Осъществява се безпроблемно температурен контрол. При пропарването е сравнително трудно да се постигне определено пластифициращо въздействие и то да се поддържа в точно определени граници. Използването на възможността за по-прецизен температурен контрол, от една страна, би довело до повишаване на полезния добив а, от друга, до използване-

то на дървесни видове със сравнително слаби възможности за огъване [2].

- Намаление на необходимото оборудване за огъване на масивна дървесина.
- Икономически ефект, произтичащ от значително по-малките разходи за електроенергия и пара, необходими за производството на огънати детайли.

Както е известно, за да се нагряват обектите в микровълно поле е необходимо наличие на вода в обема им. По-голямата част от електромагнитната енергия се поглъща от молекулите на водата, които представляват електрични диполи. При ниски честоти на електричното поле диполите лесно следват промените на полето и тяхната ориентация се променя синхронно (във фаза) с полето. Многократното завъртане на диполите води до вътрешно триене и загряване на обектите.

Температурните промени във влажна дървесина, поставена в микровълново поле зависят от следните фактори:

- геометричните размери (обема) на заготовките;
- мощността на микровълновото поле;
- паро и водо- проводността на дървесината.

Това означава, че мощността на полето и времето за неговото въздействие трябва да се определят въз основа на дървесния вид и размерите на заготовката. От микровълновото въздействие температурата на дървесината значително се повишава. Това води до интензивно намаляване водосъдържанието на дървесината. Водата и водните пара напускат детайла през напречното му сечение. При честота 2,45GHz и мощност 0,6-2,4 kW повечето дървесни видове и геометрии на заготовките достигат за 1-3 min температура на повърхността 90-110 °C, а в центъра 100-130 °C [2]. Температурата на дървесината няма да надвиши тези стойности докато в нея има налична свободна вода (по-високи стойности за температурата ще има при дървесина с ниска паропроницаемост). Температурата на дървесината постепенно започва да се повишава при напускане на свързаната вода [2].

Често при серийно производство на огънати детайли от масивна дървесина се използват промишлени високочестотни генератори. Създаването от тях електромагнитно поле е с честота от 2 до 14 MHz. Високочестотните генератори са скъпи съоръжения и изискват професионално обслужване. Вариант на достъпно и лесно пластифициране на дървесината посредством високочестотно загряване е използването на конвенционални микровълнови фурни. Както е известно, диапазонът на микровълните

включва електромагнитни вълни с честоти от 300 MHz ( $\lambda=1$  m) до 300 GHz ( $\lambda=1$  mm). Домашните микровълнови фурни работят на честоти около 2,45 GHz, т. е.  $\lambda=12,23$  cm. Вълните се генерират от магнетрон и по вълновод постъпват в камерата. Камерата е с форма на паралелепипед и стените ѝ са метални. Размерите на камерите са сравнително малки, което означава, че могат да се пластифицират детайли с малогабаритни размери. Такива са някои мебелни елементи, музикални инструменти, детски играчки, спортни уреди, осветителни тела и др.

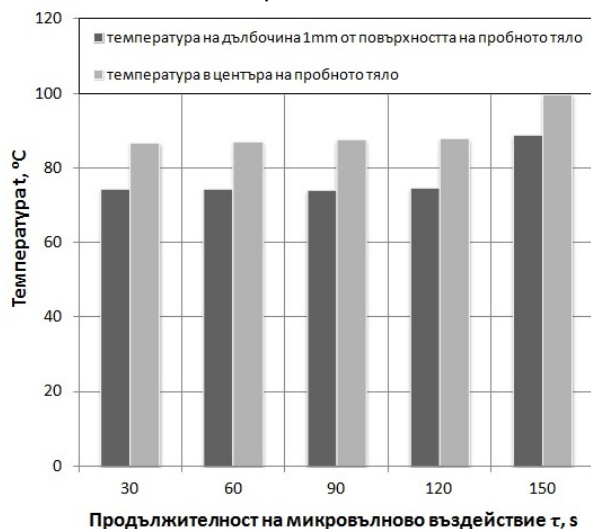
Съществен технологичен проблем е слабата хомогенност на създаваните във фурни микровълнови полета. Попадналите в камерата микровълни се отразяват от стените ѝ и образуват стоящи вълни, в резултат на което полето в камерата се оказва нехомогенно – нула във възлите на вълните и максимално във върховете им. Това води до неравномерно нагряване – появяват се т. нар. „горещи точки“, чието положение с течение на времето се променя, тъй като свойствата на загрявания продукт (а заедно с тях и скоростта на вълните в него) се променят с температурата. За да се избегне това се използва въртящата се поставка [3]. При наличие на въртящ се рефлектор се променят условията за възникване на стоящи вълни, т. е. честотата на въртене на рефлектора е неизмеримо по-малка от честотата на вълната и полето в камерата се хомогенизира.

Друг съществен проблем при използване на микровълновите фурни за пластифициране е значителното намаляване на влагосъдържанието в дървесината. В много случаи след микровълновото въздействие съдържанието на вода в дървесината е под препоръчаното за огъване. Достигането на високи стойности на температурата в дървесината, води до значително намаляване на влажността ѝ. Това може да доведе до незадоволителна или дори минимална резултатна пластичност. Във връзка с това целта на настоящето изследване е намиране на подходящ начин за намаляване отрицателния ефект от бързото изсушаване на дървесината в микровълново поле. За целта е възприето пробните тела да се поместват в термоустойчив плик с отвори за напускане на водната пара. Освен намаляване скоростта на изпарителния процес тази постановка би спомогнала за постигане на по-добра пластичност на дървесината. Този допълнителен ефект се основава на използването на създадалата се от изпарителния процес мокра пара за пропарване на дървесината. За определяне ефективността на използвания метод за пластифициране в избран времеви диапазон са отчитани температурно-влажностните промени в пробните тела и е извършен еднофакторен

експеримент. Времевият диапазон на микровълновото въздействие върху дървесината е определен чрез предварителни опити.

### 1. Експериментални методи

За изпълнение на еднофакторния експеримент са изработени пробни тела с размери 75/30/25 mm от букова дървесина. Както е известно, букът е най-широко използваният дървесен вид в производството на огънати детайли. Началната влажност на дървесината се възприе да е  $26 \pm 2\%$ . Тя е определена по тегловия метод. Пробните тела се поместват в термоустойчиви пликосе с предварително направени отвори за безпроблемно напускане на водната пара. Така оформените пакети се позиционират в микровълновата печка в геометричния център на въртящата се поставка. За нагриването им се използва механична микровълнова фурна модел LG MS-285SD, настроена на максимална мощност на облъчването (900W) и с честота на полето 2,45 GHz. Продължителността на обработка се задава чрез таймер. Избраните продължителности на микровълновото въздействие



Фиг. 1. Зависимост между продължителността на микровълновото нагриване на пробни тела поставени в термоустойчив плик и температурата на дървесината в две характерни точки

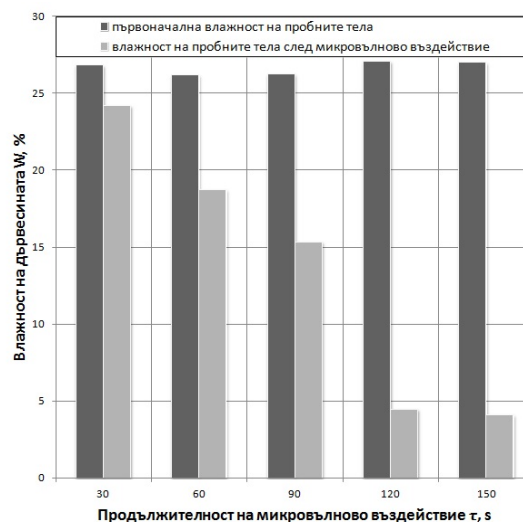
На фигура 1 е показано изменението на температурата на поставената в микровълновото поле дървесина, за изследвания времеви диапазон. При реализираното микровълново загряване температурата в центъра на пробните тела е средно с  $10\text{ }^\circ\text{C}$  по-висока от измерената в близост до повърхността на дървесината.

Както се вижда от фиг. 1, първоначално температурата в дървесината изключително бързо нараства. Това е следствие на интензивното загряване на влажна дървесина, поставена в

са както следва: 30, 60, 90, 120 и 150 s. Температурата на дървесината е определяна в две точки посредством дигитален мултиметър (с точност  $\pm 3\text{ }^\circ$ ) – в геометричния център на пробното тяло и на дълбочина 1 mm от повърхността на широката му страна. За целта предварително на определените места са пробити два отвора. След отчитане на температурите в двете точки се измерва отново теглото на пробните тела, за да се определи крайната влажност на дървесината. Всяка опитна постановка е изпълнявана четирикратно. За оценка на пластичността на дървесината са използвани средноаритметичните стойности на измерените температури и крайната влажност. При микровълново загряване пластичността на дървесината се приема за оптимална при температура на пробните тела  $102\text{ }^\circ\text{C}$  и влагосъдържание  $20\%$  [1].

### 2. Резултати и дискусия

Резултатите от осъществения еднофакторен експеримент са представени графично на фиг. 1 и фиг. 2.



Фиг. 2. Зависимост между продължителността на микровълновото нагриване на пробни тела поставени в термоустойчив плик и влажността на дървесината

микровълново поле. Необходими са по-малко от 30 s, за се достигне в центъра на пробните тела температура по-висока от  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . В диапазона от 30 до 120 s достигнатите температури се запазват относително постоянни, след което отново се повишават. Оптималните стойности на температурата (т.е.  $95\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$ ) от гледна точка на пластичността на дървесината се достигат след 150 s микровълново въздействие. Въпреки използването на термоустойчив плик за ограничаване на изпарителния процес, дървесината зна-

чително намалява влажността си в диапазона 120–150 s (вж. фиг. 2).

Това поведение на дървесина поставена в микровълново поле съответства на направените от M. Norimoto и J. Gril изводи:

- след първоначалното загряване температурата на дървесината няма да се повиши докато в нея има налична свободна вода;
- температурата на дървесината постепенно започва да се повишава при напускане на свързаната вода [2].

Подходящо съдържание на вода от гледна точка на пластифициращото действие на този фактор съответства на микровълново загряване от 30 s до 90 s. В този диапазон съдържанието на вода в дървесината е над 15%. Запазването на сравнително високо водосъдържание в дървесината в разглеждания времеви диапазон дава основание да се смята, че пластичността на пробните тела е достатъчна за последващо огъване. За микровълново въздействие в диапазона 120–150 s се наблюдава рязко намаляване на водосъдържанието в дървесината. Тя спада под 15% и на практика се намаляват значително и пластичните свойства на дървесината. Това означава, че оптималните стойности на пластифициращите фактори (температура и влажност на дървесината) се разминават във времето. За използвания метод задоволителна пластичност на пробните тела от гледна точка на последващото им огъване може да се очаква при микровълново въздействие в диапазона 30–90 s. От направеното изследване може да се приеме, че поставянето на дървесината в термоустойчив плик по време на микровълновото й загряване донякъде забавя изпарителния процес. Този положителен ефект, обаче не е достатъчен за да се постигне максимална пластичност на дървесината т.е. не се достигат едновременно оптималните стойности на температурата и влажността на пробните тела.

#### Изводи и препоръки

От изследването може да се направят следните по важни изводи и препоръки:

- микровълновите печки успешно могат да се използват за пластифициране на масивна дървесина;
- буквата дървесина, загрявана в микровълнова печка, с цел пластифициране изключително бързо се загрява и се намалява първоначалната й влажност;
- при микровълново загряване на букова дървесина с габаритни размери 25/30/75 mm, разликата между температурата в центъра на пробните тела и близо до повърхността им е средно 10 °С;
- за ограничаване интензивното намаляване на влажността на дървесината по време на микровълново пластифициране може успешно да се ползва обвиването й в термоустойчив плик;
- посредством поместване на пробни тела в термоустойчив плик не се постига максимално възможната пластичност на дървесината поради интензивното намаляване на влажността й;
- за използваните пробни тела, микровълново съоръжение и метод на работа най-добра пластичност на дървесината се постига при продължителност на микровълново загряване в диапазона от 30 до 90 s.

В заключение може да се каже, че въпреки споменатите технологични проблеми микровълновите фурни могат успешно да се използват за пластифицирането на малогабаритни детайли от масивна дървесина.

#### Литература

1. Данков, А. *Разработка технологии гнутья массивной древесины с использованием СВЧ-нагрева*. Автореферат диссертации. Воронеж. 2009.
2. Norimoto, M., Gril, J. *Wood bending using microwave heating*. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 1989. Vol. 24 No. 4.
3. Vollmer, M. *Physics of the microwave oven*. Physics Education. Issue 1 (January 2004).

## MICROWAVE PLASTICIZATION OF BEECH WOOD SET IN HEAT RESISTANT BAG

Dimitar Angelski  
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

#### Abstract

Plasticization of solid wood for the purpose of its further bending is a technological process with long duration. A considerable reduction of the plasticization time could be achieved by using microwave energy for wood heating. In that relation, the possibility for pacification of small-sized beech details in a microwave field has been studied. For that purpose test pieces of wood with dimensions of 75/30/25 mm and 22 ±2% moisture have been heated in a microwave with filed

frequency equal to 2450 MHz. The water content of wood placed in microwave field decreases intensively. That leads to certain reduction of wood plastic properties. In order to limit that effect the details have been placed in and covered in perforated heat resistant bag. The heat resistant cover keeps partially the formed steam during vaporization. In that way, through steaming and delay in the vaporization process, an additional wood plasticization has been achieved. The limits of the studied time period for microwave wood heating have been set up in preliminary experiments. The duration of the test pieces stay in microwave field for the separate series of studies is as follows: 30, 60, 90, 120 and 150 s. The plasticization of wood has been evaluated based on the measured humidity and temperature of the test pieces after the microwave effect. Two temperatures have been followed: in the center and near the surface of the test pieces of wood. Based on the obtained results a regime for microwave plasticization of wood in heat resistant cover is composed.