

8 МНТК по АВАНГАРДНИ МАШИНОСТРОИТЕЛНИ ОБРАБОТКИ

8 МНТК по ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ

**8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED
MANUFACTURING OPERATIONS**

АМО '2008

**СБОРНИК ДОКЛАДИ
СБОРНИК ДОКЛАДЫ
PROCEEDINGS**

18 – 20 юни 2008

18 – 20 июня 2008

18 – 20 June 2008

Кранево – България

Кранево – Болгария

Kranevo – Bulgaria

Съдържание / Table of Contents

МЕЖДУНАРОДЕН НАУЧЕН КОМИТЕТ – INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE 3	
1	Ултразвукова обработка упругих элементов 11 докт. тех. наук, проф., академик КЛУБОВИЧ В.В., докт. физ.-мат. наук АНИСОВИЧ А.Г., канд. техн. наук. ТОМИЛО В.А., аспирант ХРУЩЕВ Е.В.
2	Ефект на самоорганизация на трибосистемата “инструмент-стружка” след магнитно ултразвукова обработка 17 доц. д-р инж. А.И.Македонски, Ст.н.с.д-р инж. Б.Г.Македонски, д-р инж.И.Вилчик, инж.П.И.Манолев
3	Heated Tool Butt Welding Of PE Pipes 21 Prof. D. Runčev, PhD., Dipl. Eng. Lj.Trpkovski
4	Simulation Driven Development Of Aviation Composite Structures And Technologies Of Its Manufacturing 27 Dr.Sc. S.N. Shevtsov, V.Chinchan, Y.B.Roubtsov, V.N.Axenov
5	Зависимости между инструменталните и работните ъгли – алтернативни на ISO3002/2-1982(E) 35 проф. д-р инж. А. А. Вачев
6	Исследование процесса синтеза системы титан-бор методом свс с наложением ультразвука 51 Академик В.В.Клубович, к.т.н. М.М.Кулак, Л.Л.Платонов, Г. Витебск
7	Влияние на магнитните полета върху якостта на умора при стомана 40X 55 Ст.н.с.Д-р инж.Борис Македонски, доц.д.т.н.инж. Александър Македонски, доц.д-р.инж. Геннадий Таков
8	Contemporary Quality Management System With 3d Surface Analysis, Dimensional Inspection And Non-Contact Thermal Diagnostics 61 Dr.-Eng. A.Gazdecki, Dr.-Eng. M. Rucki, Dr.-Eng. Cz.J.Jermak, MSc.-Eng. R.Majchrowski, MSc.-Eng. P.Andralojc, Dr.-Eng. L.Rozanski
9	Един подход за осигуряване на конкурентноспособност чрез фирмени стратегии, основаващи се на динамично моделиране на производството 69 д-р Д.Д.Димова
10	Application Of Finite Stage Markov Decision Process In Policy Determination For Employees' Motivation 77 Ph. D, Associate professor, R. Minovski, Graduate mathematician, teaching assistant, K. Mitkovska-Trendova, Ph. D, Full professor, Jovanoski D.
11	Monitoring Tool Conditions For Drilling 85 Ing. Igor Vilcek Ph.D., Ing. Antonie Poskocilova
12	Технология волочения биметаллической медной проволоки с серебряным сердечником . . 89 Клубович В.В., В.В.Рубаник, Ю.В.Царенко
13	Инструментални координатни системи, равнини и ъгли 93 проф. д-р инж. А. А. Вачев, инж. А. С. Попаров
14	Оптимизация на процеса безоловно запояване при дискретното електронно производство 103 проф. д.т.н Т. Б Таков, Л. М. Маринов, проф. д-р Т. Д. Нешков
15	Методика за изследване на динамичната система на банцигова машина 109 Доц. д-р. Х.С. Михайлов, доц. д-р. Н.И.Тричков, ст.пр. Евелина Георгиева

16	Virtual Laboratory For Pneumatic And Electropneumatic As A tool For Increasing Efficiency Of Teaching Technical Academic Fields.	115
	Ing. Andrea Mudriková, PhD., Ing. Marcela Charbulová	
17	Проблеми и някои практически решения при механичния ремонт на едрогабаритни детайли от труднообработваеми материали в условията на минната промишленост	119
	доц. д-р Ст. К. Даскалов, проф. д-р Ив. А. Георгиев, маг. инж. А. М. Януш, маг. инж. Цв.Ив. Георгиев	
18	Fixture Devices With Modular Conception	123
	Ing. Marcela Charbulová, Ing. Andrea Mudriková, PhD.	
19	Исследования в области обработки микрокомпонентов и микродеталей на обрабатывающих центрах	127
	Проф. д-р инж. С. К. Къртунов, д-р инж. И. М. Диордица	
20	Cad Model Of Lower Limb Prosthese	135
	Assoc. Prof. Dr J. Caloska , Assoc. Prof. Dr A. Kocov, Prof. Dr Lj. Dudeski	
21	Comparative Assessment Of Mechanical Properties Of Thermal Sprayed Coatings	141
	P. Dinkov	
22	Лабораторна апаратура за моделиране поведението на задвижванията в реконфигурируеми производствени системи (РПС)	151
	доц. д-р Т. А. Гешев, проф. д-р Г. Т. Попов	
23	Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи(Геометричен CAD синтез на спрегнати зъбни предавки)I част	157
	маг. инж. ас. Г. П. Тонков, доц. д-р инж. М. А. Теофилова	
24	Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи(Геометрично моделиране на спрегнати зъбни предавки с CAD системи)II част	165
	маг. инж. ас. Г. П. Тонков	
25	Конструктивно-технологические аспекты изготовления приводных деталей машин из полимерных композитов.	173
	Д.т.н., проф. О.И. Пилипенко	
26	Особености на размерообразуването при комбинирани инструменти за повърхностно пластично деформиране	181
	доц. д.т.н. В.С.Костадинов	
27	Получение сваркой взрывом и свойства композитов TiNi-сталь.	185
	О.Е. Рубаник, д.т.н., проф. В.В. Клубович, к.ф.-м.н. В.В. Рубаник мл.	
28	Параметри на срязвания слой при струговане с кръгли режещи пластини	191
	доц. д-р. М.К.Кършаков	
29	Оптимизация режимов термообработки TiNi проволоки медицинского назначения	199
	В.В. Рубаник, С.Н. Милюкина, *В.В. Рубаник (мл.)	
30	Устройство за безкамерно сушене на фасониран дървен материал	205
	доктор, гл.асистент Н.Х.Ненов	
31	Experimental Determination Of Losses In Planetary Gears By Means Of Static Loading	209
	S. Troha, D. P. Karaivanov	
32	Модел за оптимизация на инвестицията при реструктуриране на производствени системи	217
	Доктор М. П. Темелкова	
33	Coordinate measurement of complicated parameters like roundness, cylindricity, gear teeth or free-form surface	225
	Prof. Dr.-Eng. J.Chajda, Dr.-Eng. M.Grzelka, MSc.-Eng. B.Gapinski, MSc.-Eng. M. Pawłowski, MSc.-Eng. M.Szelewski, Dr.-Eng. M. Rucki	

34	Симулиране на процеса зъбофрезование на цилиндрични зъбни колела с прави зъби	233
	Проф. д-р инж. Стефан К. Къргунов, гл. ас. инж. Петър Тотев Рачев	
35	Моделирование высокоскоростного деформирования рессор с помощью ls-dyna	239
	Клубович В.В., академик, доктор техн. наук, профессор, Кравчук А.С., доктор физ.-мат. наук, доцент, Томило В.А., кандидат техн. наук	
36	Алгоритмизирана процедура за избор на вариант на автоматизирана система за обработка на информация и управление	245
	д-р Р. Й. Илиева, проф. д-р Т. Д. Нешков, доц. д-р Л. Т. Клочков	
37	Комбинируванни процеси обработки металлов давлением с использованием поперечно-клиновой прокатки	249
	к. т. н, с. н. с. Клушин В.А., инженер Рудович А.О.	
38	Творческие методы и повышение креативности в фирменном управлении инновациями	257
	Маг. инж.эк. П. Д. Георгиева	
39	Интегрирана инженерна дейност при проектиране и сервиз на инструменти	263
	проф. д.т.н. В. Д. Витлиемов; маг. инж. П. Вл. Витлиемов	
40	Технологични възможности на повърхностното пластично деформиране (ППД) при довършваща обработка на отвори във водещи бронзови втулки	267
	доц. д.т.н. инж. Д. С. Георгиев	
41	Researches On The Improvement Of Efective Force And Efective Torque Of The Engines With Sparking Ignition	273
	Dr. Ioan Radu ŞUGAR	
42	Довършващо обработване на ротационни профилни повърхнини чрез повърхностно пластично деформиране (ППД) на стругове с ЦПУ	275
	Проф. д-р инж. В. И. Георгиев, д-р инж. С. Ч. Салапатева, д-р инж. И. А. Четроков	
43	Възможности на ултразвуковите методи за окачествяване на повърхностни финишни обработки	281
	н.с.І ст. д-р Йонка Петкова Иванова, доц.д-р Тодор Асенов Парталин	
44	Дебелослойна технология за производство на електролуминисцентни дисплеи	289
	Проф.дтн Т. Б. Таков, проф. д-р Т. Д. Нешков, З. Н. Узунов	
45	Метод и технологична екипировка за двустранно поддържане на нестабилни детайли при надлъжно шлифване	295
	доц. д-р Л. Ж. Стоев	
46	Теоретична основа на тоталното управление на качеството – основни модели и изследвания	301
	д-р инж. Ина Николова	
47	Конструктивни и технологични особености на ротационни ножици за разкрояване на тест ленти	307
	доц. д-р, инж. Д.Н.Ралев	
48	Метод за активен контрол при надлъжно шлифване	313
	доц. д-р Л. Ж. Стоев, маг. инж. Ст. Я. Христов	
49	Магнитно-импулсно третиране на инструменти от бързорежещи стомани	319
	Ст.н.с.ІІ д-р инж. Б. Г. Македонски, доц. д-р инж. Г. Б. Таков – МГУ-София, доц. д.т.н. инж. А. И. Македонски	
50	Моделни изследвания на вибрационно сито за тежки условия на работа	323
	проф. д.т.н. инж. Св. Токмакчиев, доц. д-р инж. Г. Таков, проф. д-р инж. Сл. Дончев	

51	Определяне влиянието на технологичните фактори върху металоотнемането при струйно хидрообразивно обработване	327
	доц. д-р инж. Г. Таков, ст.н.с. д-р инж. Б. Македонски, доц. д-р В. Тенчев, проф. д.т.н. инж. Св. Токмакчиев, гл.ас. д-р Р. Вучева	
52	Изследване ресурса на интензивно износващи се елементи от технологичната механизация.	329
	проф. д-р инж. Сл. Дончев, проф. д.т.н. инж. Св. Токмакчиев, доц. д-р инж. Г. Таков	
53	Мазилно-охлаждащи течности за финални операции	335
	ст.н.с. П д-р инж. Б. Г. Македонски, доц. д-р инж. Г. Б. Таков, н.с. инж. К. Д. Кирилов, н.с.инж.Ж.И.Желева	
54	Подход за управление на процесите чрез функционално разграничаване на отговорностите на длъжностните лица в „Булярд корабостроителна индустрия“ ЕАД – Варна	339
	д-р инж. К. Я. Киров, д-р инж. С. Д. Славов	
55	Управляване на металоотнемането при лентовото шлифование	343
	ст.н.с. П д-р инж. Б. Г. Македонски, доц. д-р инж. Г. Б.Таков, доц. д.т.н. инж. А. И. Македонски, н.с. д-р инж. А. С. Стефов.	
56	Modern technology of the turbine blades removal machining	347
	włodzimierz WILK, M.Sc., Jacek TOTA, M.Sc.	
57	Проектиране и изработване на леярски модели на декоративни елементи в CAD/CAM среда	357
	доц. д-р Й. Петрова, доц. д-р Зл. Македонски, гл.ас. Р. Рангелов, инж. Й. Иванов	
58	Построяване на вторични и третични модели на някои равнинни лостови механизми с помощта на компютър	363
	доц. д-р В. Ж. Тенчев, гл. ас. д-р Е. С. Крайчев, доц. д-р Г. Б. Таков	
59	Плазмено подпомогнати технологии на капиларно импрегниране за огнезащита на дърво ..	367
	доц. д-р Петър Д. Динев, гл.ас. Диляна Н. Господинова	
60	Abrasive Machining Of Metal Matrix Composites	373
	Włodzimierz Wilk, M.Sc., Barbara Staniewicz-Brudnik, Dr Sc.	
61	Availability Of Hay Presses Within The System Of Maintenance	381
	dr. Milan Veljić, Prof., dr. Vijara Požidaeva, prof., dr. Dragan Živković, Prof.	
62	Energy Efficiency Level As A Criterion For Selecting Power Tools Driven By Different Types Of Driving Media	387
	dr Dragan Zivkovic, prof., dr Vijara Požidaeva, prof.dr Milorad Ranciic, prof.	
63	Тестов контрол в конструкторското документiranje по основи на конструирането и CAD ...	391
	доц. д-р Г. Д. Динев, доц. д-р Р. П. Ангелова, гл.ас. инж. В. М. Станчева, ст. ас. инж. Л. И. Балтова	
64	Профилиране на червячни фрези за нарязване на зъбно-ремъчни шайби	395
	доц. д-р инж. Ю. П. Младенов	
65	Корелационна зависимост между математическата и проектантската подготовка на бъдещите инженер дизайнери	401
	Янко Милев, Наташа Бакларова	
66	Application Of The High Class Kinematic Groups In Contemporary Machine Design	407
	M. V. Čavić, M. Ž. Zlokolica, M. D. Kostić	
	ИНДЕКС / INDEX	415

Плазмено подпомогнати технологии на капилярно импрегниране за огнезащита на дърво

доц. д-р Петър Д. Динев, гл.ас. Диляна Н. Господинова
Технически университет – София, България

Abstract: This study was developed as part of an investigation of the thermal degradation analysis of flame retarded wood (FR wood), wooden products, and cellulosic materials. The study was focused on well-known thermal methods of analysis of degradation of wood, cellulose, hemicellulose, and lignin. The methods included thermogravimetric analysis (TGA), differential thermal analysis (DTA), and differential scanning calorimetry (DSC). These thermal methods were used for evaluation of the influence of FR and plasma FR wood treatment on pyrolysis. Thermal analyses gave basic information on the mechanism of pyrolysis and combustion as well as data on the effect of wood plasma surface treatment and modification. A discussion of the general thermal degradation process for natural wood and FR wood is followed by use of this method to analyze the thermal degradation of various kinds of FR woods including plasma aided flame retarded wood.

Key words: Plasma aided technologies, plasma aided impregnation, anionic surfactant, dielectric barrier discharge, flame retardants, and flame retarded wood.

Въведение

Технологиите на капилярно импрегниране имат едно съществено предимство пред автоклавните технологии на импрегниране, което постепенно ги налага на пазара на дървото и дървесновлакнестите изделия – това е възможността импрегнирането да бъде част от завършващите технологични операции при производството на дървени изделия и строителни конструкции със сложна пространствена геометрия и големи размери. Към това трябва да се добави, че навлизането на забавителите на горене (FR, англ. *flame retardant*) на дълбочина над 10÷15 mm в структурата на дървото води до възникването на големи вътрешни напрежения и намалява съществено здравината и носещата способност на дървените конструкции. Капилярното импрегниране осигурява огнезащита на импрегнираните със FR дървени материали и изделия при проникване на импрегната на дълбочина от 5 до 7 mm.

Плазмено подпомогнатото капилярно импрегниране се явява нова технология (П. Динев, Л. Костова 2004), която използва предшестващото плазмено-химично повърхнинно третиране на дървената повърхност за химично активиране (функционализиране) и увеличаване на възприемчивостта на повърхностните слоеве от материала към водни разтвори с относително голямо съдържание на сухо вещество (FR). Технологията съчетава използването на три инструмента за повишаване на капилярната активност на дървото, което осигурява омекването, разливането, и проникването в дълбочина на водния разтвор на FR и за придаване на устойчивост на горене: *първо*, разтвор на фосфор и азотсъдържащ FR с оригинален патентно защитен състав; *второ*, изменение на йонната активност на водния разтвор в съответствие на йонната активност на повърхността – избира се подходящо повърхностно активно вещество (ПАВ), което се добавя към разтвора на FR; *трето*, плазмено-химично повърхностно обработване на дървото, предшестващо импрегнирането с подходящо коригирания основен разтвор. Тази технология е патентно защитена и след продължително лабораторно и полево изследване е допусната за индустриално приложение включително при дървени строителни конструкции.

Плазмено подпомогнатото капилярно импрегниране разширява своето приложение, като се работи с оригиналния фосфор и азот съдържащ FR, съдържащ над 13 мас. % фосфор (като P₂O₅), произведен от Интериорпротект ЕООД, България. Разходната норма за дърво и различни дървени материали (шперплат, талашит, OSB, MDF, пресован картон, велпапе, хартия) се движи от 200 до 900 ml/m², което осигурява трудна горимост на изделията.

Горимостта (англ. *flammability*) или „реакцията на огън“ (англ. *reaction to fire*) е термин, който нормално включва: запалимост (англ. *ignitability*), разпространение на огъня (англ. *flame spread*), степен на отделяне на топлина (англ. *heat release rate*), но не коментира други два много важни параметъра – степента на отделяне на дим, токсичност на газовете и парите, отделени при термичното разлагане и горене.

В това изследване вниманието е съсредоточено върху горимостта на защитено със забавители на горенето дърво, като се използват два подхода – термични методи на анализ, които позволяват да се разкрие влиянието на предварителното плазмено-химично повърхностно обработване върху термичната деструкция и горенето и тест определящ реакцията на огън на защитения със забавители на горенето дърво.

Термичните методи на анализ – термогравиметричният метод на анализ (*TGA*), съчетан с метода на диференциално сканиращата калориметрия (*DSC*), се използват основно за разкриване на влиянието на различните подходи за огнезащита на дървото чрез загубата на маса, съчетана с поглъщане или отделяне на топлина при пиролиза. Въпреки, че получените резултати не могат директно да се свържат с горимостта на дървото, то използвания метод носи информация за термичното деструктиране на дървото, която може да се използва за оценяване на възприетата схема на огнезащита. Термичните методи за анализ на *FR* модифицирано дърво се използват за изследване на пиролизните процеси от 1960 година. Натрупан е голям по количество сравнителен материал, както за различни видове дърво и дървесни продукти, така и за целулоза, хемичелулоза и лигнин.

Експериментални изследвания

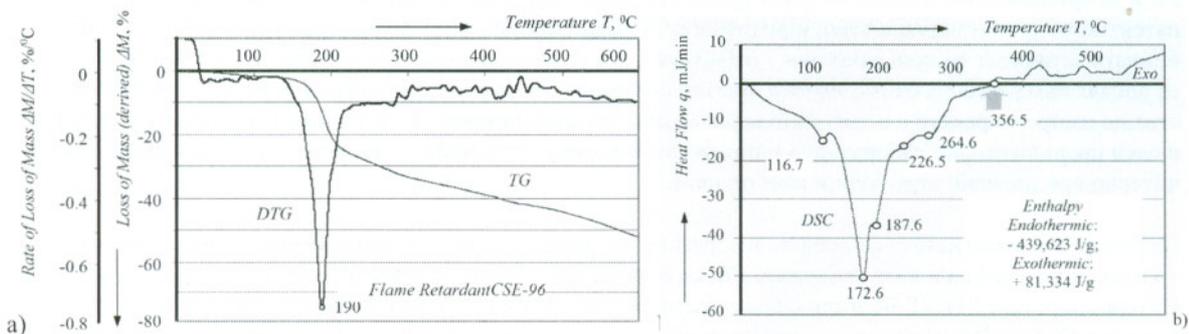
Изследват се четири проби от борова дървесина (*Pinus sylvestris*) под формата на стърготини: *проба К* – естествено дърво; *проба AS5* – капиллярно импрегниране с 30 мас % воден разтвор на фосфор и азот съдържащия забавител на горенето (*ХСИ-96*, *Интериорпротект* ЕООД, България) с добавка на 5 об. % анионен ПАВ (*Антикристалин КДА*, *Интериорпротект* ЕООД, България); *проба 15AS5* – плазмено-химично третиране в бариерен разряд при атмосферно налягане и стайна температура (15 kV, 50 Hz), след което следва капиллярно импрегниране, както при проба *AS5*; *проба HFAS5* – плазмено-химично третиране в бариерен разряд при атмосферно налягане и стайна температура (10 kV, 10 kHz), след което следва капиллярно импрегниране, както при проба *AS5*. Сравнява се термичната деструкция на *FR* проби с пробата от естествено дърво. Използвано е дърво с нормална влажност.

Експерименталните условия за всички термични изследвания – *TG/DTG* и *DSC*, извършени във въздушна среда върху апаратура на *Perkin-Elmer*, са следните: скорост на загряване $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ при диапазон на загряване от стайна температура до 600°C , масата на изследваните проби е 3.0 mg, термограмите се снемат най-малко два пъти.

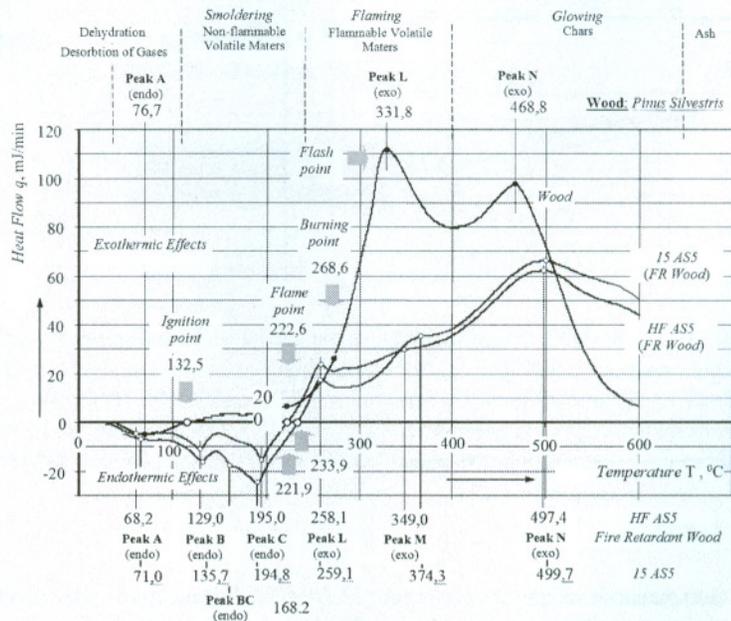
Степента на горимост е определена по действащата методика рег. № *ВЛМ-012-146/2001* (България) за приложение на *DIN*: 4102/1998 (отговарящ на *EN ISO*: 11925-2).

Изследвана е първо проба от използвания забавител на горене (*ХСИ-96*), за да се оцени неговото поведение при горене, фиг. 1.

Върху приложените термограми ясно се вижда, че термичната деструкция на *FR* се съпровожда с поглъщане на топлина до $356,5^{\circ}\text{C}$ (- 439,623 J/g), след което тя продължава с отделяне на значително по-малко топлина (+ 81,334 J/g), като до 600°C той е загубил вече повече от половината си маса. Наблюдава се добре изразен



Фигура 1. Термичен TG/DTG и DSC анализ – термограми, на фосфор и азотсъдържащия забавител на горенето ХСИ-96 (*Interiorprotect*, Ltd., София, България).



Фигура 2. Сравнение между DSC термограмите на естествено борово дърво (чам), защитено чрез плазмено-подпомогнато импрегниране борово дърво (15 kV; 50 Hz), и защитено чрез плазмено-подпомогнато импрегниране борово дърво (10 kV; 10 kHz).

максимум при температура около 190⁰ C, който отговаря на основната му деструкция с отделяне на фосфорна киселина, като губи около 22,32 % от масата си.

Анализ и дискусия

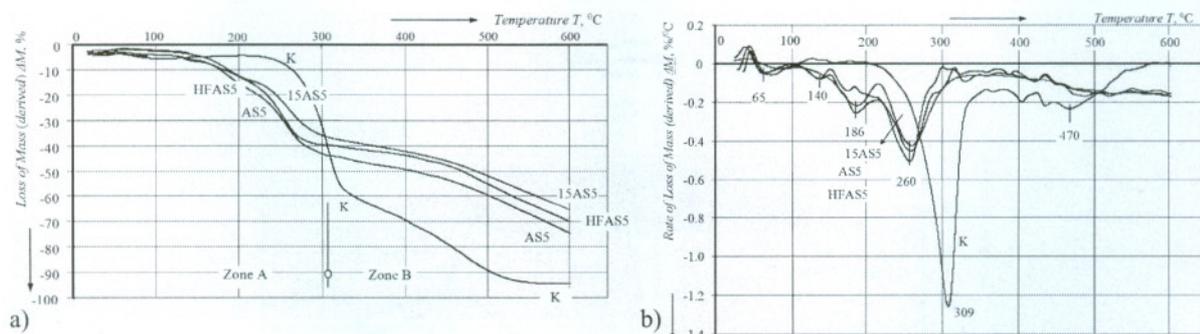
DSC термограмата на контролната проба (K) позволява да бъде определена адекватността на получените резултати, като определени контролни точки се съпоставят с известни резултати. Така например, F. Kollmann (1960) дефинира три характерни точки в зоната на екзотермична деструкция: точка на начало на пламъчно горене (англ. *flame point*), при която отделящите газове биха горели само ако действа външен огнеизточник, от 225 до 260⁰ C; точка на горене (англ. *burning point*), при която горенето започва с устойчив пламък, от 260⁰ до 290⁰ C; и точка на самоподдържащо се горене (англ. *flash point*), от 330⁰ до 470⁰ C. На термограмата, фиг. 2, се вижда доброто съответствие на получените точки с известните интервали. От тази термограма се определя и точката на запалване (англ. *ignition point*) за изследваната борово дървесина. Тя е при 132,5⁰ C.

На DSC – термограмата се открояват три характерни максимума: първият, ендотермичен максимум при 76,7⁰ C, на който отговарят основно отделянето на водни пари и освобождаване на погълнатите газове от дървото; вторият, екзотермичен максимум при 331,8⁰ C, който отговаря на пламъчно горене в резултат на отделяне на горими газове (въглероден диоксид, метан и др.); третият, екзотермичен максимум при 468,8⁰ C, който отговаря на тлеещо горене с овъгляване на дървото при отсъствие на вода, фиг. 2.

Основната загуба на маса от 53,13 % се регистрира около температура 309,0⁰ C, на която съответства на пламъчно горене. При тази температура е регистриран основния максимум на загуба на маса, фиг. 3.

На тлеещото горене (до 600⁰ C) се пада около 36,52 % загуба на маса, като скоростта на горене остава ниска без формиране на ясно обособени максимуми на скоростта (до 0,2±0,3 %/°C), с която се губи маса. Общо на двата екзотермични процеса на термична деструкция се падат 89,65 % от цялата загуба на маса 91,59 % до 600⁰ C. На ендотермичния процес се приписва само 1,94 % загуба на маса, което отговаря на известното от изследвания на други автори, фиг. 3.

Температурата 600⁰ C е избрана като горна граница на изследването главно поради това, че при тази температура се регистрира състоянието на разгънат пожар (англ. *flashover*), след което пожарът заема напълно предоставения му обем. Нещо повече, практически пълната термична деструкция на дървото се регистрира



Фигура 3. TG (a) и DTG (b) термограми на естествена борова дървесина (K) и различни видове борова дървесина, защитена чрез импрегнация с разтвор на фосфор на азот съдържащия забавител на горене CSE-96, съдържащ в 5 об. % анионното повърхностно-активно вещество „Антикристалин” – проба AS5: плазмено подпомогната капилярна импрегнация с диелектричен бариерен електрически разряд (15 kV; 50 Hz) – проба 15AS5; плазмено подпомогната капилярна импрегнация с диелектричен бариерен електрически разряд (10 kV; 10 kHz) – проба HFAS5.

при температури около 640⁰ С.

Действието на фосфор съдържащия забавител на горене ХСИ-96 се демонстрира много добре от изследваната проба AS5: а – появяват се два нови характерни за FR ендотермични максимума (130,4⁰ С, B; и 191,9⁰ С, C); б -появява се нов екзотермичен максимум L при по-ниска температура (262,4⁰ С), на който също съответства тлеещо горене, т.е. изчезва пламъчното горене; с – останалите два максимума са изтеглени към по-високи температури (369,2⁰ С, M; 500,6⁰ С, N); точката на запалване се измества от 132,5 на 227,0⁰ С. Общият екзотермичен ефект намалява от 19, 526 на 9,738 kJ/g. Всичко това илюстрира от една страна ефективността на използвания FR, а от друга – потвърждава добре известния механизъм на действие на фосфорсъдържащите FR – ограничаване на достъпа на въздух и обратно ограничаване на освободените горими газове чрез ранното изграждане на достатъчно дебел непроницаем овъглен повърхностен слой, фиг. 1, табл. 1 и 2.

Предшестващото плазмено-химично активиране на повърхността запазва общия вид, характерен за FR дървесина, като променя точката на запалване (с около ± 6⁰С), измества леко към по-ниските температури характерния максимум L и променя общия екзотермичен ефект от 9,738 kJ/g (AS5) на 8,734 (15AS5) и 8,122 kJ/g (HFAS5). Плазменото третиране с бариерен разряд при индустриална честота влияе върху термичната деструкция на забавителя на горене – ендотермичният ефект нараства от – 1,572 на – 2,484 kJ/g, докато при високата честота той намалява – от – 1,572 на – 1,427 kJ/g. То се изразява още и в значително по-бавна загуба на маса – при този вид обработка това се съчетава с по-голям екзотермичен ефект 8,734 спрямо 7,478 kJ/g (HFAS5), фиг. 1, табл. 1 и 2.

Получените резултати позволяват да се направи един сериозен от методологична гледна точка извод – термичният анализ трябва задължително да включва и TDA/DTG, и DSC.

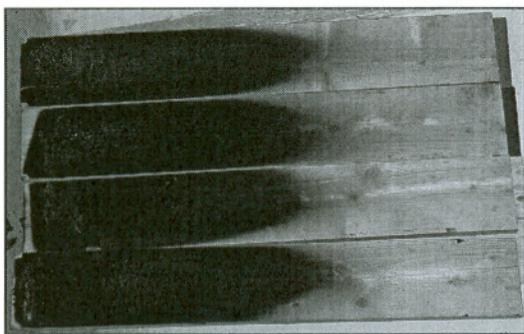
Таблица 1. Характерни максимума на топлинния поток за естествена борова дървесина и дървесина, защитена със забавители на горенето.

Максимум	Борова дървесина (K)		Капилярна импрегнация, подпомогната с ПАВ (AS5)		Плазмено подпомогната импрегнация (15AS5)		Плазмено подпомогната импрегнация (HFAS5)	
	Температура °C	Топлинен поток mJ/min	Температура °C	Топлинен поток mJ/min	Температура °C	Топлинен поток mJ/min	Температура °C	Топлинен поток mJ/min
A	76.7	- 6.710	70.1	- 5.638	71.0	- 7.040	68.2	- 4.788
B			130.4	- 12.672	135.7	- 14.754	129.0	- 10.486
BC					168.2	- 18.604		
C			191.9	- 19.850	194.8	- 23.011	195.0	- 15.073
IP	132.5		227.0		233.9		221.9	
L			262.4	23.918	259.1	18.101	258.1	24.202
M	331.8	106.502	369.2	39.500	374.3	36.326	349.0	30.2539
N	468,8	91.623	500.6	69.124	499.7	67.499	497.4	62.736

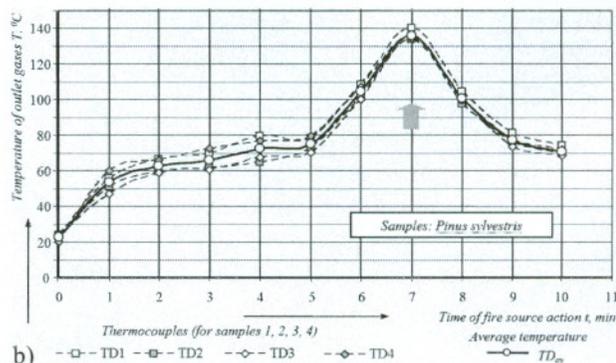
Таблица 2. Температурни области на с характерен ендо- и екзотермични ефект.

Thermal effects	Борова дървесина (К)		Капилярна импрегнация, подпомогната с ПАВ (AS5)		Плазмено подпомогнатата импрегнация (15AS5)		Плазмено подпомогнатата импрегнация (HFAS5)	
	Температура °C	Енталпия kJ/g	Температура °C	Енталпия kJ/g	Температура °C	Енталпия kJ/g	Температура °C	Енталпия kJ/g
Ендо ефект	36.2	- 5.516	26.0	- 1.572	26.0	- 2.484	28.8	- 1.427
	132.5		227.0		233.9		221.9	
IP	132.5		227.0		233.9		221.9	
Екзо ефект	132.5	1.710	227.0	1.022	233.9	0.698	221.9	0.645
	331.8		297.1		281.8		269.2	
Екзо ефект	331.8	17.816	297.1	8.717	281.8	8.037	269.2	7.478
	600.0		600.0		600.0		600.0	
Екзо ефект	132.5	19.526	227.0	9.738	233.9	8,734	221.9	8.122
	600.0		600.0		600.0		600.0	
Общ ефект	36.2	14.010	26.0	8.166	26.0	6.250	28.8	6.695
	600.0		600.0		600.0		600.0	

Термичният анализ е подкрепен с изследване на горимостта на *FR* дървесина след плазмено капилярно импрегниране (6 kV, 30 kHz), съгласно действащата в страната методика за изпитване рег. № ВЛМ-012-146/2001 за приложение на *DIN*: 4102/1998 (отговарящ на *EN ISO*: 11925-2). Резултатите са показани на фиг. 4: на фиг. 4а са показани част (за еднократно зареждане на уредбата) от пробните образци – вижда се, че те са издържали изпитването; на фиг. 4б се вижда съответното изменение на температурата на изходящите газове по време на изпитването – наблюдава се характерно затихване на процеса след седмата минута на изпитването. Този *FR* материал се определя като трудно горим (клас В1 по *DIN*: 4102/1998).



а)



б)

Фигура 4. Резултати от стандартно изпитване на горимост на защитен със забавители на горенето (ХСИ-96) чрез плазмено подпомогнатата импрегнация с бариерен разряд (6 kV; 30 kHz): а – външен вид на издържали

Заклучение

Използваната методика на термичния анализ може да бъде използвана успешно при изследване на ефекта от предварителното плазмено-химично третиране върху пиролизните процеси, които се развиват при горене. Задължително е, обаче, да се изследва загубата на маса заедно със съпътстващите я топлинни ефекти, тъй като в изследвания случай проба *15AS5* демонстрира най-малка загуба на маса, но по големина на общия екзотермичен ефект превишава този на проба *HFAS5*.

Плазмено-химичното обработване на повърхността на дървото влияе значимо върху процесите на термична деструкция – извод, който превръща плазменото третиране от технология за внасяне на по-голямо количество *FR* в технология, чрез която се влияе директно върху механизма на *FR* защита.

Благодарности

Това изследване е осъществено благодарение на финансовата подкрепа на Националния фонд за научни изследвания към Министерството на образованието и науката по договор № ВУ Ф 09/2005.

Литература

1. P. Dineff and L. Kostova, Method of Plasma-Chemical Modification. Patent WO2006/133524 A3.
2. V. Repellin and R. Guyonnet, Evaluation of Heat-Treated Wood Swelling by Differential Scanning Calorimetry in Relation to Chemical Composition, *Holzforschung*, Vol. 59, pp. 28÷34, 2005.