

ARDEREA LEMNULUI

Autor : lect.sup. Liudmila CARA

Universitatea Tehnica a Moldovei

Abstract: Lemnul reprezintă un material compozit polimeric tipic, în masa căruia sub influența sursei termice sunt posibile reacții de carbonizare cu formarea stratului nevolatil de cocs. Aceasta afectează asupra comportamentului materialului în timpul arderii și asupra dinamicii dezvoltării produselor periculoși de ardere: eliberare de căldură, de fum și gaze toxice. Lemnul posedă capacitatea de a se autoaprinde și de a iniția procesul de ardere în rezultatul încălzii sub influența aerului. În condiții normale materialul lemnos este stabil și își poate menține proprietățile reologice în decursul ai mai multor zeci de ani, chiar și secole. Lemnul nu are capacitatea de autoaprindere la temperaturi normale, nici la cele mai înalte (aproximativ 100 °C). Doar la încălzirea până la temperatura 130-150 °C lemnul capătă condiții favorabile pentru autoaprindere. Încălzirea lemnului până la temperatura de 110 °C se admite în procesele de uscare și de tratare termică.

Cuvinte cheie: temperatura de aprindere, flux termic, produse de ardere, flacără, mocnire.

În prezența căldurii lemnul se încălzește, iar la o anumită temperatură va arde, dar pentru aprindere este nevoie de un flux de căldură. Temperatura de aprindere a lemnului depinde de specia lemnoasă, de densitate și de conținutul de umiditate, în medie putându-se considera ca fiind 270 °C, temperatura de aprindere lemnului anhidru. Cu creșterea densității temperatura de aprindere a lemnului va crește. Pentru lemnul cel mai dens de guaiac (1400 kg/m³) temperatura de aprindere este de 700 °C.

Arderea lemnului este reacție chimică exotermă autoaccelerată cu oxigen, care este capabilă să se întrețină și ca urmare a feedback-ului să se propage în spațiu. Dar pentru inițierea acestei reacții este necesar un impuls inițial de energie termică externă. Trecerea de la descompunerea lentă a materialului lemnos la regimul de combustie corespunde condiției în care viteza de ardere în rezultatul reacției chimice devine mai mare decât consumul de căldură în zona de reacție.

Procesul de combustie al lemnului se desfășoară în mai multe etape, după cum urmează:

Încălzirea lemnului. Sub influența fluxului termic, transfer de căldură prin convecție și/sau radiație, materialul lemnos se încălzește. Deshidratarea și degajarea volatilelor începe de la temperatura de 110 °C. Eliminarea apei începe mai întâi cu apa liberă apoi cea legată. Pe măsură ce se elimină apa legată din lemn, acesta se conține, iar dacă contragerile sunt bruște, în lemn apar tensiuni puternice care provoacă crăpături și ruperi semnalizate sonor de trosniturile care se aud în timpul arderii lemnului.

Acest proces se finalizează spre temperatura de 180 °C, după care începe descompunerea celor mai stabile termic componente cu eliminarea CO₂ și H₂O. Culoarea lemnului devine maro și începe procesul de carbonizare. Lemnul uscat este caracterizat prin permeabilitate mică la gaze și o structură predominantă de pori închiși. Prin urmare, contactul volumic cu oxigenul din aer este dificil.

Aprinderea lemnului. La atingerea temperaturii suficient de ridicate, pe suprafața lemnului începe piroliza cu formare a gazelor volatile și vapori, precum și a produselor de ardere nevolatice în stare condensată. Gazele și vaporii produselor de ardere se amestecă cu aerul la stratul superior. La 210 – 280 °C se degajează o cantitate mare de produse gazoase (CO, CH₄, H₂, CO₂, H₂O), care fiind produse combustibile pot să se aprindă.

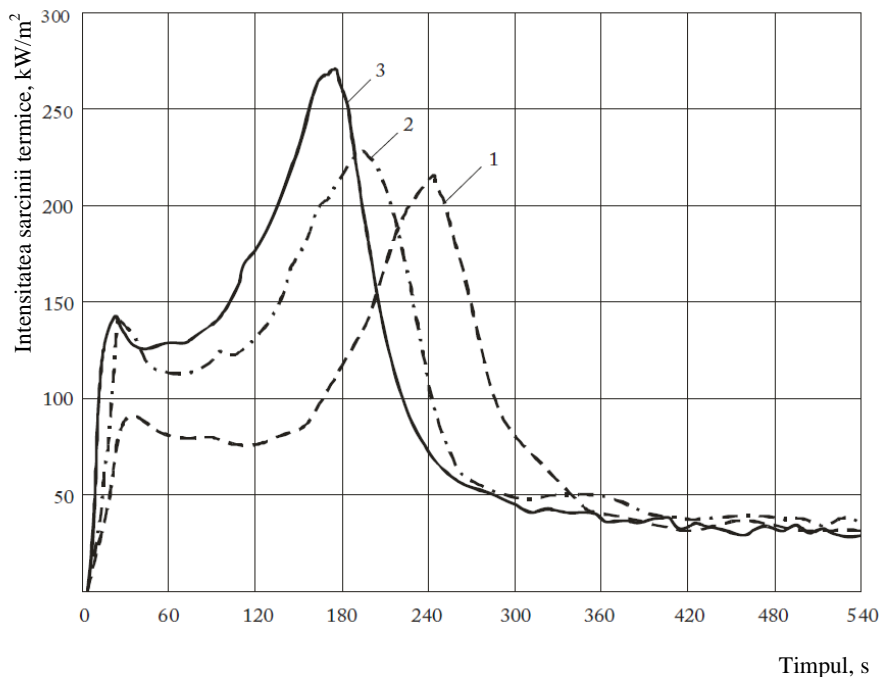


Figura 1 Influența densității fluxului termic asupra cinemati de ardere al lemnului de brad:
 1 – 20 kW/m²; 2 – 35 kW/m²; 3 – 52 kW/m²

Arderea propriu-zisă a lemnului este un proces de natură chimică, în sensul că în prezența temperaturii lemnul se descompune în elemente elementare (carbon, oxigen, hidrogen, azot), unele combinându-se între ele și formând hidrocarburi inflamabile (cum ar fi gazul metan și acetilena) sau diverși compuși chimici care se elimină. Carbonul se mai poate combina cu oxigenul și va forma monoxidul de carbon (CO), care va arde sau bioxidul de carbon (CO₂), care se va elimina. Pentru ca arderea să aibă loc trebuie să se îndeplinească unele condiții minimale:

- de natură fizică, prin aducerea lemnului la inflamabilitate,
- de natură chimică, pentru întreținerea reacțiilor care au loc în timpul arderii, prin alimentarea cu oxigen.

Procesul de ardere în condiții normale decurge în două faze:

Faza de ardere cu flacără, caracterizată prin mișcarea gazelor de ardere spre exterior. Procesul de bază este arderea produselor gazoase ale pirolizei.

Faza de ardere mocnită, la care are loc mișcarea aerului spre masa lemnoasă. Procesul de bază este arderea produselor solide ale pirolizei (cărbunilor). În același timp, produsele gazoase se elimină lent și nu se pot inflama din cauza slabei concentrației de vapori și la răcire se condensează, dând un fum alb abundent.

Randamentul maxim de căldură obținut la arderea lemnului este atunci când arderea este completă, respectiv când se obțin ca produse finale ca bioxid de carbon, apă și cenușă. Pentru arderea unui kg de material lemnos sunt necesare 0,6 kg de aer sau 4-5 m³ de aer. Arderea incompletă este evidențiată de prezența în cenușă a rezidului de carbon, o prezență în aer a monoxidului de carbon și a hidrogenului în gazele de ardere evacuate.

Spre temperaturile de 450-470 °C are loc destrucția totală a lemnului. Capacitatea de a menține procesul de ardere din contul fluxului propriu de căldură (Q_{fl}) la cel mai apropiat strat de lemn, chiar și fără sursă de încălzire externă inițială (Q_e) este abilitatea de bază de dezvoltarea arderii și propagarea flăcării pe suprafața lemnului.

Propagarea flăcării pe suprafața materialului este considerată ca un proces iterativ continuu de aprindere a produselor combustibile volatile de ardere formate la descompunerea lemnului. În acest caz, flacăra proprie reprezintă nu numai singura sursă de căldură adiacentă straturilor de lemn dar și o sursă locală de aprindere a gazelor combustibile volatile și vaporilor.

La creșterea temperaturii și grosimei stratului inițial carbonizat până la 1-3 mm suprafața cărbunilor se autoinflamează în aer. Asta înseamnă, că cărbunele de pe suprafața lemnului intră în reacție de oxidare C+O₂=CO₂, cu eliminarea energiei și încălzirea suprafeței cărbunilor până la 1000-1200 °C, în rezultatul

căruia suprafața începe să se lumineze (flacără) și să se descompună. Datorită conductibilității termice fluxul termic înaintează tot mai mult în masa lemnoasă și începe piroliza straturilor adânci ale lemnului. Produsele de piroliză gazoase (așa - numitele volatile) sau sunt arse în stratul carbonizat, sau ies prin straturile reci ale suprafeței de lemn sub formă de fum alb .

Arderea lemnului are loc sub forma de ardere cu flacără și ardere mocnită. În timpul arderii cantitatea de bază de căldură se degajă la ardere cu flacără (60%), iar 40% - la ardere mocnită. Lemnul dur arde superficial și încet cu flacără mică. Lemnul moale arde puternic și cu flacări mari.

Viteza de ardere a cărbunelui în regimul de mocnire este limitată de viteza de difuzie a moleculelor de oxigen din aer la suprafața stratului carbonizat și în interiorul acestuia (spre difuzia moleculelor de dioxid de carbon de la suprafață), adică mecanismul de oxidare în regimul de mocnire este difuziv (prin analogie cu procesele de evaporare).

Dacă suprafața mocnită se insuflă cu un curent de aer, ea începe să se aprindă. Suprafața mocnită primește din ce în ce mai mare cantitate (poate chiar în exces) de oxigen. Viteza consumului de oxigen este acum limitată de viteza reacției de oxidare în sine (cineticii reacției).

Viteza reacției de oxidare crește foarte repede, exponențial, cu temperatura de ardere. Viteza de ieșire a produselor de piroliză gazoase devine atât de mare încât nu mai au timp pentru a arde, nici în interiorul nici pe suprafața stratului carbonizat, ies în exterior și ard sub formă de flacără. Suprafața stratului carbonizat integral se află în atmosfera gazelor de piroliză, care într-un flux continuu insuflă suprafața carbonizată, împingând aerul de pe suprafața cărbunelui. Din cauză că produsele de piroliză nu conțin oxigen liber, strat carbonizat încetează să se oxidează. Cu toate acestea, suprafața stratului carbonizat rămâne incins, însă nu datorită arderii cărbunelui, dar din contului căldurii flăcării.

Grosime stratului carbonizat crește treptat, până la transformarea completă în bucăți de cărbune de lemn, iar emisia produselor gazoase de piroliză este terminată. Suprafața incinsă a cărbunelui de lemn se află într-o atmosferă de aer, și începe să ardă pe cont propriu, fără flacără . Acest regim de ardere intensă a cărbunelui pare a fi o ardere mocnită, care uzual este numit jărat. Arderea lemnului carbonizat în totalitate, are loc în regimul de difuzie, la fel ca și în cazul mocnirii lemnului. Prin urmare, dacă se va insufla aer spre cărbune, va începe să se lumineze mai puternic, dar spre deosebire de mocnire, flacăra, desigur, nu va apărea, deoarece nu se mai elimină produse combustibile gazoase.

În general, ardere lemnului poat fi reprezentă prin următoarea schemă:

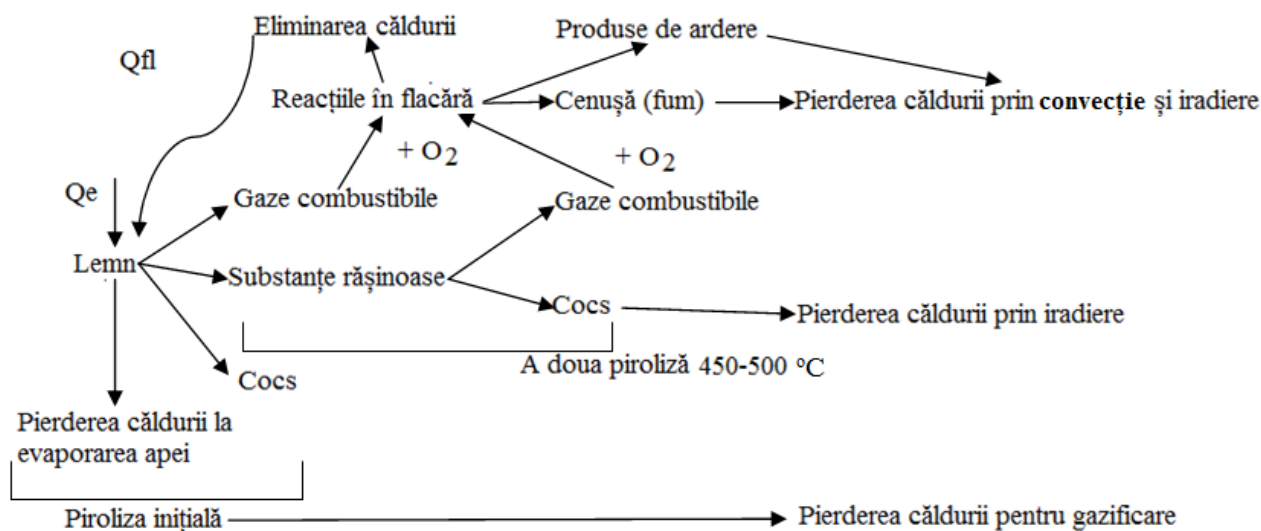


Figura 2 Schema proceselor fizice și chimice în timpul arderii cu flacără a lemnului

Q_{fl} sursa de caldura de la propria flacara, Q_e sursa de caldura exterioara.

În procesul arderii cu flacără cele mai importante etape sunt cele de încălzire și descompunere a materialului organic. Viteza sa de încălzire până la temperatura de ardere depinde de proprietățile termice, de structura lemnului, precum și de intensitatea sursei căldură externe. Viteza de descompunere a lemnului, în mare măsură, este determinată de compoziția chimică a acestuia. Spre temperaturile de $450-470\text{ }^\circ\text{C}$ are loc distrucția totală a lemnului. Cei trei constituenți principali ai lemnului se descompun și generează volatile la temperaturi diferite: hemiceluloza $200-260\text{ }^\circ\text{C}$, celuloza $240-350\text{ }^\circ\text{C}$, lignina $280-500\text{ }^\circ\text{C}$.

Produse toxice eliminate la arderea lemnului sunt: formaldehidă, alcooli, oxid de carbon, amine. La arderea lemnului fumul are culoare – cenușiu-negru, are un miros de rășină, iar gustul este acrișor.

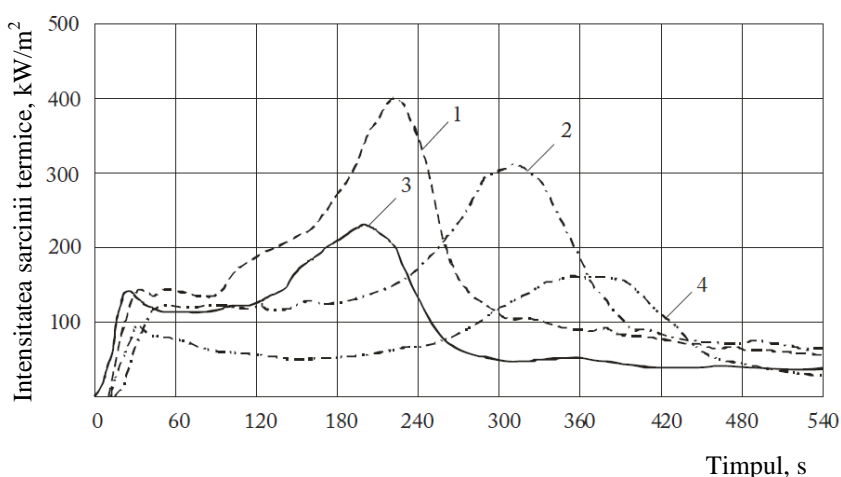


Figura 3 Influența conținutului de umiditate (W) în probele de lemnoase de mesteacăn (1-W=0%; 2-W=14%) și brad (3-W=7%; 4-W=14%) la viteza de ardere la acțiunea fluxului termic de 35 kW/m².

Viteza de ardere și carbonizarea depinde de umiditate și de tipul speciei lemnoase (lemnul de conifer are viteza de ardere mai mare decât lemnul dur de foioase). Compoziția chimică a lemnului influențează asupra vitezei de descompunere în integral. Componentii de bază ai lemnului diferă după termostabilitatea lor și parametrilor cinematici de descompunere. Substanțele extractibile se caracterizează prin stabilitate termică redusă și se evaporă la temperaturi mai mari de 200 °C, participă la formarea cocsului și influențiază la formarea fumului.

Viteza de combustie totală a lemnului de pin și brad la intensitatea fluxului termic de 40kW/m² este de 1,7-1,5 mm/min, a mesteacănului și stejarului în aceleași condiții 1-0,8 mm/min. Viteza de ardere depinde de conținutul de umiditate, astfel speciile uscate vor avea viteză de carbonizare mai mare decât cele umede.

Bibliografie

1. BĂLULESCU, P. Prevenirea incendiilor, Editura Tehnică, București, 1979.
2. CUBLEȘAN, V. Teză de doctorat Propagarea arderii la materialele combustibile solide în interiorul incintelor.
<http://dsd.utcb.ro/teze/Cublesan%20Valentin%20-%20Rezumat.pdf>
3. GHEȚIU, M.; TOPOREȚ, V. Chimia lemnului. Editura Tehnica-INFO, Chișinău 2010, ISBN 978-9975-63-310-9, 404 p.
4. La combustion du bois et de la matière organique.
http://www.fr.ch/sff/files/pdf21/fiche_technique_feux.pdf
5. БОРИСОВ, В. Пожарная охрана на предприятиях деревообрабатывающей промышленности, 1959 год.
6. КОРОЛЬЧЕНКО, А., КОРОЛЬЧЕНКО, Д., Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средств их тушения. Справочник. Москва Издательство Пожнаука 2004, 713 с.
7. КУДРЯВЦЕВА, Л.; МАЗУРКИН, П. Изучения закономерности роста температуры горения древесных опилок.
<http://www.science-education.ru/pdf/2009/6-3/16.pdf>
8. СЕРКОВ, Б.; АСЕЕВА, Р.; СИВЕНКОВ, А. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 1 (41) – февраль 2012 г.
<http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-6/11-06-11.ttb.pdf>
<http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-1/01-01-12.ttb.pdf>