



Universitatea
Transilvania
din Braşov

TEZĂ DE ABILITARE

REZUMAT

Titlu: Cercetări în domeniul uscării convective și al biomasei
lemnoase

Domeniul: Inginerie Mecanică

Autor: Conf. dr. ing. Daniela Şova

Universitatea: Transilvania din Braşov

BRAŞOV, 2023

Teza de abilitare, intitulată *Cercetări în domeniul uscării convective și al bioamsei lemnoase*, prezintă realizările didactice și științifice ale autoarei în perioada ce a urmat conferirii titlului de doctor în Științe tehnice/Mașini și echipamente termice (februarie 1999) și în calitate de conferențiar la Facultatea de Inginerie Mecanică.

Partea (B-i) a tezei descrie sumar cele două direcții principale de cercetare abordate de autoare și anume, analiza uscării convective a lemnului, ca un proces combinat de transfer căldură și de masă, precum și investigarea modelelor de conductivitate termică și a corelațiilor dintre diferitele proprietăți ale brichetelor de lemn. Prima direcție de cercetare a continuat cercetările anterioare efectuate pe perioada studiilor doctorale în domeniul transferului de căldură și de masă aplicat la condiționarea termică a plăcilor din fibre de lemn. Rezultatele cercetărilor prezentate în teza de abilitare au fost publicate în **5 articole ISI**, **4 lucrări indexate în Baze de Date Internaționale (BDI)**, în **4 proceedings** ale unor conferințe internaționale, precum și în raportul științific al proiectului de cercetare coordonat de autoare. Pe lângă cercetările pe care se bazează teza de abilitare, autoarea și-a adus contribuția în diferite domenii de cercetare, precum materiale compozite termoizolatoare (3 lucrări ISI, 1 lucrare BDI), analiză dimensională (3 lucrări ISI), transportul umidității în lemn (1 lucrare BDI), rezistența aerodinamică în camere de uscare (1 lucrare ISI, 4 lucrări BDI), având în total 13 lucrări ISI, 16 lucrări BDI și 43 de participări la conferințe internaționale.

Părțile (B-ii) și (B-iii) ale tezei sunt structurate în 6 capitole, care descriu rezultatele principale și contribuțiile autoarei în cele două direcții de cercetare.

Primul capitol, intitulat *Analiza numerică și experimentală a stratului limită în timpul uscării corpurilor capilar-poroase* are ca obiectiv transferul simultan de impuls, căldură și de masă în stratul limită de aer de la suprafața materialelor umede supuse uscării convective. Dacă transferul de căldură și de masă în timpul evaporării pe suprafața materialelor umede este analizat în mod similar cu transferul care apare la suprafața liberă a unui lichid, experimentele au arătat că procesele sunt similare doar cât timp temperatura

suprafeţii materialului umed rămâne constantă (perioada uscării cu viteză constantă). Pentru a explica mecanismele de transfer în stratul limită, s-a aplicat termodinamica proceselor ireversibile în cazul unei plăci plane de lemn. Mai întâi s-a efectuat o analiză numerică folosind datele de intrare corespunzătoare unui regim de uscare uzual. În acest fel s-au obţinut o serie de caracteristici ale stratului limită, precum: grosimea stratului limită de viteză, temperatură şi de concentraţie a vaporilor, variaţia vitezei, temperaturii şi a concentraţiei vaporilor în stratul limită şi a gradientilor lor, şi variaţia fluxurilor de căldură şi de masă de-a lungul plăcii. Aceste mărimi au permis determinarea coeficienţilor fenomenologici definiţi în termodinamica proceselor ireversibile. Rezultatele numerice legate de grosimea stratului limită au fost validate de experimente efectuate într-un tunel de uscare la scară redusă.

Rezultatele cercetărilor indicate în acest capitol sunt cuprinse în raportul ştiinţific al proiectului PN II-ID-PCE, nr. 723/2009, coordonat de autoarea tezei şi de asemenea, au fost diseminate în 2 reviste BDI şi la 2 conferinţe internaţionale.

Al doilea capitol, *Optimizarea regimurilor de uscare ale lemnului prin metoda proiectării experimentelor*, prezintă modelele matematice utilizate la optimizarea procesului de uscare a lemnului. În cadrul capitolului s-a aplicat programul TORKSIM pentru simularea uscării convective a molidului cu diferite umidităţi iniţiale într-o cameră de uscare la scară redusă pentru o serie de regimuri de uscare. Rezultatele simulării au fost: durata de uscare, consumul de energie şi tensiunea relativă. Pentru optimizarea procesului de uscare cu privire la reducerea duratei de uscare, a consumului de energie şi a tensiunii relative, s-a aplicat metoda RSM (Response Surface Methodology). RSM reprezintă o clasă de proiectare a experimentelor, care urmăreşte în acest caz să identifice combinaţia optimă a parametrilor aerului (temperatură, viteză şi umiditate relativă) implicaţi în procesul de uscare. Metoda poate estima efectele interacţiunilor şi pătratică ale variabilelor de intrare asupra răspunsurilor (datele de ieşire). S-a utilizat pachetul statistic Design-Expert Software pentru

proiectarea experimentelor și aplicațiile RSM: analiza de regresie, evaluarea statistică a modelelor, optimizarea procesului și prezentarea grafică a suprafeței de răspuns. Rezultatele au arătat că temperatura aerului a avut efectul cel mai important asupra tuturor rezultatelor uscării. Viteza a avut un rol minor. De asemenea, interacțiunea dintre temperatură și umiditate relativă asupra răspunsurilor a fost mai puternică decât celelalte interacțiuni.

Rezultatele cercetărilor prezentate în acest capitol au fost publicate în o lucrare ISI și 3 lucrări BDI.

În al treilea capitol al tezei, *Studiul apariției crăpăturilor superficiale pe durata uscării prin evaluarea câmpului de umiditate în lemn*, s-a utilizat soluția ecuațiilor cuplate de transfer de căldură și de masă pentru a obține criteriul de similitudine Kirpichev, care descrie apariția crăpăturilor superficiale în timpul primei perioade de uscare cu intensitate maximă. O valoare redusă a criteriului Kirpichev indică o rezistență internă mică la difuzia umidității, pe când o valoare mare, o rezistență mare la difuzie. Criteriul reprezintă de asemenea o măsură a tensiunilor interne, care creează condițiile de apariție a crăpăturilor. Întrucât fluxul de umiditate depinde de regimul de uscare (viteză, temperatură și umiditate relativă a aerului), există o relație între criteriul de similitudine și proprietățile aerului în timpul acestei perioade de uscare. Pentru a evita apariția crăpăturilor, proprietățile aerului trebuie astfel alese încât criteriul Kirpichev să fie mai mic decât valoarea critică (maximă). Pentru a aplica această metodă, au fost supuse la cinci regimuri de uscare simulate cu programul TORKSIM probe de lemn de pin cu diferite umidități inițiale. Astfel, s-au obținut variația umidității în timp, temperatura medie și umiditatea medie ale lemnului. Apoi, s-a determinat variația criteriului Kirpichev în timp prin modelare numerică pentru cele cinci regimuri de uscare. S-a stabilit de asemenea o corelație între criteriul Kirpichev și tensiunea relativă obținută din simulare.

Rezultatele cercetării indicate în acest capitol sunt cuprinse în raportul științific al proiectului PN II-ID-PCE, nr. 723/2009 și au fost de asemenea diseminate în o revistă ISI și la o conferință internațională.

Al patrulea capitol este intitulat *Conductivitatea termică efectivă a biomasei lemnoase sub formă de brichete*. Cercetările descrise în acest capitol se referă la trei modele de circuite electrice rezistive, care au fost analizate pentru a determina conductivitatea termică efectivă transversală (în serie și în paralel) și longitudinală a brichetelor de lemn. Modelele aplicate sunt diferite pentru conținutul de umiditate sub umiditatea de echilibru (EMC) și peste EMC. Pentru cel din urmă interval de umiditate s-au dezvoltat relații noi pentru determinarea conductivității termice efective transversale a celulelor de lemn combinate în circuite în serie și în paralel. S-au efectuat experimente asupra brichetelor cu conținutul de umiditate cuprins între 0% și 22.7%, raportat la masa uscată. Ele au arătat că creșterea conținutului de umiditate peste EMC a determinat atât umflarea fibrelor de lemn, cât și creșterea golurilor din brichete, care au influențat conductivitatea termică efectivă. De asemenea, experimentele și modelele au arătat că, conductivitatea termică efectivă a brichetelor a crescut, la fel și densitatea lor, când conținutul de umiditate a crescut de la 0% la EMC. EMC a avut valoarea medie de 5.95%. Când conținutul de umiditate a crescut de la EMC la valoarea maximă (22.7%), atât conductivitatea termică cât și densitatea au scăzut. Rezultatele experimentale ale conductivității termice au fost foarte apropiate de rezultatele modelelor rezistive transversale.

Modelele propuse care au fost utilizate la determinarea conductivității termice efective a brichetelor sunt incluse în o lucrare ISI.

Al cincilea capitol al tezei este *Relația dintre porozitatea și rugozitatea brichetelor de lemn*. Porozitatea este una din cele mai importante proprietăți folosite al analiza arderii brichetelor. Primul scop al cercetărilor întreprinse pentru a determina porozitatea brichetelor a fost de a verifica aplicabilitatea relațiilor porozității lemnului la brichete. De asemenea, ele au urmărit să găsească corelații între o mărime măsurabilă, cum este rugozitatea și o mărime calculată, care este porozitatea. Conform unor studii efectuate asupra lemnului, atât porozitatea, cât și parametrii de rugozitate sunt proprietăți dependente de densitate. De

aceea, cercetările efectuate asupra brichetelor au relevat corelații între următoarele proprietăți: porozitate și densitate, rugozitate și densitate, și rugozitate și porozitate. Porozitatea s-a calculat cu trei metode indicate în literatură pentru lemn, în timp ce densitatea a fost determinată prin trei tipuri de experimente (două metode stereometrice și o metodă de dislocuire a lichidului). Cercetările au concluzionat că estimarea porozității brichetelor prin evaluarea calității suprafeței poate fi realizată dacă se măsoară parametrul de rugozitate $R_k+R_{pk}+R_{vk}$, urmat îndeaproape de parametrul R_a . Corelații foarte puternice cu rugozitatea s-au obținut când porozitatea a fost calculată prin cele trei metode, iar densitatea a fost măsurată printr-una din cele două metode stereometrice.

Corelațiile indicate în acest capitol au fost prezentate în o lucrare ISI și la o conferință internațională.

Capitolul 6, *Studiul proprietăților fizice, termice și mecanice ale brichetelor din amestecuri de specii lemnoase* prezintă analiza diferitelor proprietăți ale amestecurilor de particule de lemn de fag și de bambus, în diferite proporții, comprimate în brichete. Prin urmare, s-au măsurat următoarele proprietăți ale brichetelor: densitatea printr-o metodă stereometrică, puterea calorică superioară și inferioară prin metoda calorimetrică, conținutul de cenușă prin calcinare, căldura specifică și conductivitatea termică prin metoda sursei liniare tranzitorii de căldură, iar rezistența la rupere prin comprimarea brichetelor. Chiar dacă lemnul de fag este cel mai uzual combustibil solid, cercetările efectuate au demonstrat că adăugarea particulelor de bambus a îmbunătățit proprietățile fizice, chimice, termice și mecanice analizate.

Cercetările efectuate în domeniul proprietăților brichetelor de lemn au fost diseminate în o lucrare ISI.

Partea (B-iv) a tezei prezintă planurile de evoluție și de dezvoltare ale carierei autoarei. Capitolul 7 indică evoluția academică a autoarei tezei de abilitare, constând în educație, activități didactice și de cercetare, în timp ce Capitolul 8 descrie planul de dezvoltare a

carierei didactice a autoarei în corelație cu direcțiile viitoare de cercetare științifică pe care le va aborda.