

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT
"MATERIALE COMPOZITE POLIMERICE PENTRU NOI GENERAȚII DE
COMBUSTIBILI DE RACHETĂ"

Autor: Ing. Florin-Marian DÎRLOMAN

email:florin.dirloman@mta.ro, tel.: +40742855540

Conducător de doctorat: Col. prof. univ. dr. ing. Tudor-Viorel ȚIGĂNESCU

Materialele compozite polimerice constituie fundamentul tehnologiei moderne a rachetelor și a spațiului. Rachetele există de sute de ani, iar chinezii au fost primii utilizatori atestați ai rachetelor cu combustibil solid, în urmă cu peste 800 de ani. Întrucât au fost realizate progrese majore în ultimii 75 de ani, propulsia cu rachete pe bază de combustibili compoziți a devenit un domeniu în care gradul de inovare s-a menținut relativ constant în ultimele decenii. Deși, sunt în curs de desfășurare numeroase studii cu privire la noi perergoli sau de noi ingrediente pentru propulsie, în ultimii 30 de ani nu a fost aduse modificări majore combustibililor solizi compoziți utilizați la propulsia rachetelor. Majoritatea noilor sisteme de propulsie sunt versiuni modificate, îmbunătățite, dar care prezintă în compoziția lor substanțe care dăunează ecosistemului. Percloratul de amoniu, este un compus cu o aplicabilitate ridicată în acest domeniu, datorită caracterului energetic. Cu toate acestea, impactul negativ pe care îl are asupra mediului înconjurător reprezintă un impediment privind utilizarea acestuia în cantități mari în plan viitor. De exemplu, ARIANE 5, un sistem dezvoltat sub patronajul Agenției Spațiale Europene (ESA), generează o cantitate de cantitate de 100 de tone de acid clorhidric gazos, care corespund la 270 de tone de acid clorhidric concentrat, în urma combustiei celor două motoare de start. Mare parte din cantitatea de agent nociv este dispersată în ecosistem provocând distrugerea stratului de ozon, dar și contaminarea apelor cu ion perclorat, fenomen care afectează negativ sănătatea umană prin interferența cu absorbția iodului în glanda tiroidă. Acesta interferență se poate materializa prin tulburării de neurodezvoltare, copiii fiind considerați cea mai vulnerabilă categorie.

Drept consecință, necesitatea de a dezvolta/găsi compuși în domeniul combustibililor compoziți, a cărui singur scop este acela de a descoperi cel mai eficient "*candidat*" pentru substituirea percloratului de amoniu, dar care să răspundă celor trei cerințe, performanță, cost și siguranță, devine imperativă. De asemenea, dezvoltarea unui combustibil solid care prezintă în egală măsură caracterul "*eco-friendly*", cât și caracteristica "*low-vulnerability*", reprezintă următoarea etapă în domeniu materialelor energetice. Astfel, conceptul de "*combustibil ecologic compozit*" devine un subiect de interes în rândul specialiștilor atât din domeniul materialelor energetice cât și din cel al protecției mediului înconjurător.

Scopul fundamental al tezei de doctorat "*Materiale compozite polimerice pentru noi generații de combustibili de rachetă*", îl reprezintă dezvoltarea unui combustibil solid compozit "*environmental-friendly*" (cu impact redus asupra mediului și sănătății umane), care să poată intra în dotarea sistemele de lansare rachetă atât militare cât și civile, dar care să posede deopotrivă caracteristici de performanță și siguranță cel puțin asemănătoare cu sistemele actuale. Astfel, această lucrare încearcă să ajungă la un echilibru între teorie, sinteză și proiectare, între subiecții sistemului polimeric compozit și sistemul de propulsie utilizat. Se pune astfel accentul pe informații actualizate cu privire la materialele utilizate în realizare combustibilului și relația dintre configurația sistemul de propulsie și destinația acestuia.

Pentru atingerea acestui deziderat, lucrarea este divizată în patru părți. Prima parte, *Capitolul I*, oferă scurte recenzii referitoare la tipurile de combustibili existenți, a substanțelor folosite în procesul de realizare, evidențiind calitativ și cantitativ avantajele și dezavantajele

acestora, deschizând drumul propriilor cercetări teoretice și experimentale. Sunt evidențiate aici și caracteristicile energetice ale sistemelor propulsive, deosebit de importante în procesul de proiectare, precum și metodele și tehnicile de determinare ale acestora. A doua parte a tezei, respectiv *Capitolele II și III*, tratează cu precădere proiectarea, dezvoltarea și caracterizarea componentelor și a amestecurilor compozite, cum ar fi: analize termice (calorimetria diferențială de baleiaj, analiza termică diferențială, analiză termogravimetrică, cicluri termice (îngheț-dezgeț)), compoziționale (spectroscopie în infraroșu cu transformata Fourier, difracție de raze X, rezonanță magnetică nucleară de proton), morfologice (microscopie electronică de baleiaj și micro CT), mecanice (încercări la compresiune și tracțiune, analiza mecanică dinamică) și determinări ale caracteristicilor de siguranță și performanță (densitate de încărcare, căldură de combustie, volum specific, viteză de combustie la presiune ambientală, sensibilitate la frecare, sensibilitate la impact, stabilitate termică la vid).

În a treia parte a lucrării, *Capitolul IV*, sunt prezentate tehnicile și metodele analitice de determinare ale caracteristicilor balistice (viteză de combustie, covolumul gazelor, forța pulberii, timp de ardere, presiunea maximă, coeficientul vitezei de combustie, coeficientul exponențial al vitezei de combustie, fracțiunea de pulbere arsă și cea a coeficientului de progresivitate) pentru formulările de combustibili dezvoltate. Structurile undelor de combustie și procesele de feedback de căldură de la faza gazoasă până la faza condensată sunt de asemenea discutate pentru a ajuta la înțelegerea mecanismelor de ardere relevante. Datele experimentale și analitice provin în mare parte din rezultatele obținute în urma tragerilor în bomba manometrică și pe standul de testare și a informațiilor furnizate de soft-urile specifice.

A patra parte, *Capitolul V*, este rezervată concluziilor generale și contribuțiilor originale, viitoarelor arii de cercetare și dezvoltare în domeniul combustibililor compoziți, dintre care cele mai importante sunt:

- Dezvoltarea de noi oxidanți "eco-friendly", pe bază de azotat de amoniu stabilizat în fază prin folosirea sărurilor de potasiu;
- Obținerea unui moderator al vitezei de ardere de dimensiune "nanometrică" pe bază de oxid de fier;
- Noi poliester-polioli din polietilentereftalat capabili să înlocuiască parțial sau total polioli comerciali necesari realizării binderilor pentru combustibili solizi de rachetă, în scopul reducerii costurilor și a facilitării conceptului de "economie-circulară" la nivel național;
- Dezvoltarea și demonstrarea aplicabilității noilor tipuri de poliuretani flexibili din poliester-polioli sintetizați, în amestec cu un plastifiant energetic (dinitrat de trieten glicol, TEGDN), un polioli comercial și un poli-izocianat aromatic, în calitate de lianți în propergoli solizi compoziți;
- Fabricarea de materiale compozite polimerice și validarea aplicabilității acestora ca și propergoli prin trageri experimentale în bombă manometrică și pe standul de testare motoare rachetă.