

CUTTING-EDGE MATERIALS IN AEROSPACE INDUSTRY

BOCU Ștefania-Denisa și MOSOR Teodora

Facultatea: Facultatea de Inginerie Aerospațială, Specializarea: Navigație Aeriană (limba engleză), Anul de studii: II, e-mail: bocustefaniadenisa@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristian Cătălin PETRE**

REZUMAT: In this day and age, Innovation and Sustainability seem to have become the leading terms to be taken into account before starting any project meant to be brought on the market. Transport industry, and especially Aerospace field, experience the challenge of coming up with solutions and alternatives that can strike a balance between efficiency and eco-friendliness.

The present paper aims at highlighting such trials and new approaches mostly based on Biomimicry or natural structures which have proved impressively effective. It spotlights different types of materials which are at their very beginning, but sooner or later, they may become widely used in the aerospace industry.

CUVINTE CHEIE: inovare, sustenabilitate, structuri, materiale, aeronautică.

1. Introducere

În momentul actual, se încearcă din ce în ce mai mult optimizarea caracteristicilor aeronavelor pentru a obține un randament cât mai bun din toate punctele de vedere. Pentru această realizare, se inovează începând de la cele mai detaliate aspecte, precum materialele alese.

Evoluția industriei aerospațiale din punct de vedere al materialelor a fost într-o continuă creștere încă de la aparatul de lemn al fraților Wright până la avioanele cu reacție din ziua de astăzi realizate în mare parte din noile materiale compozite.

Criteriile luate în considerare la selectarea materialelor au variat de-a lungul anilor și au inclus atât cerințele funcționale, dar și impactul asupra costurilor de producție și întreținere. Însă, criteriul care a influențat cel mai mult progresul în materialele utilizate este aspectul critic al industriei aerospațiale, respectiv minimizarea greutății. Reducerea acestui parametru influențează atât nivelul de siguranță a piloților, pasagerilor, mărfurilor, cât și siguranța și performanța aeronavei ori consumul de combustibil.^[1]

2. Stadiul actual

Astăzi, noi materiale sunt dezvoltate și analizate pentru a inova întreaga industrie aerospațială, cu accent pe materiale compozite, care oferă un echilibru ideal între greutatea aeronavei și rezistența la oboseală și coroziune.

Totuși, există materiale intens folosite în industrie care și-au demonstrat eficiența și avantajele. Un exemplu pentru acest caz este oțelul, utilizat în special pentru durabilitate, duritate și rezistența la temperaturi ridicate, care l-au făcut potrivit pentru importante componente, precum: șasiuri, părți de fuselaj, balamale, cabluri, organe de fixare. Oțelul reprezintă aproximativ 12% din materialele utilizate în producția aeronavelor moderne. În plus, aluminiul și aliajele acestuia se află printre materiile prime populare în industria aerospațială, reprezentând 80% din greutatea unei aeronave. Însă, un dezavantaj ce duce la evitarea folosirii aluminiului în stare pură este pierderea rezistenței la temperaturi ridicate. Pe de altă parte, în cazul utilizării acestui material, piesele pot rămâne nevopsite datorită proprietăților anticorozive.

Astăzi, proiectanții de aeronave apreciază din ce în ce mai mult materialele compozite create artificial, care dețin noi proprietăți. De exemplu, folosind materiale compozite, greutatea unei piese poate fi redusă cu aproximativ 80% comparat cu situația în care acestea ar fi fabricate

din aluminiu. Avantajele acestor materiale puse în lumină în momentul actual continuă cu performanța operațională prin rezistență și flexibilitate crescute, dar și prin faptul că nu sunt toxice, deci nu necesită îngrijire suplimentară. Se observă o creștere constantă a utilizării materialelor compozite prin statisticile efectuate: modelele timpurii ale companiei Boeing foloseau doar în proporție de 5% acest tip de material, pe când acum aproximativ 50% din greutatea totală a aeronavei este alocată materialelor compozite.^[1]

3. Microtresa din nichel și fosfor

Microtresa din nichel și fosfor este un material descoperit de către compania Boeing, ce deja atrage atenția în diverse domenii prin faptul că este cu aproximativ 100% mai ușor decât polistirenul, având în același timp o duritate asemănătoare cu cea a oțelului. Cunoscut ca abia intrat în Cartea Recordurilor, cu titlul de cel mai ușor metal din lume, dar având și o rezistență uriașă, materialul promite un succes spectaculos în diverse industrii prin variate aplicații.^[3]



Fig. 1. Microtresa din nichel și fosfor susținută de o pădăie^[10]

Structura de metal a fost creată de o echipă condusă de către Tobias Schaedler de la laboratoarele HRL, din Malibu. Aceasta constă dintr-o rețea bine controlată și ordonată de tuburi interconectate realizate dintr-un aliaj de nichel și fosfor. Structura sa este atât de fină, fiind formată din 99.99% aer și cu aproximativ 10% mai densă decât cele mai ușoare aerogeluri. Optimizarea aliajului este realizată prin structură, astfel încât la comprimare nanotuburile nu se rup, ci se îndoaie asemenea unui pai, cu un grad mare de elasticitate. Microtresa poate fi comprimată la jumătate din volumul său, revenind la forma inițială, fără a prezenta deformări ireversibile.^[4]

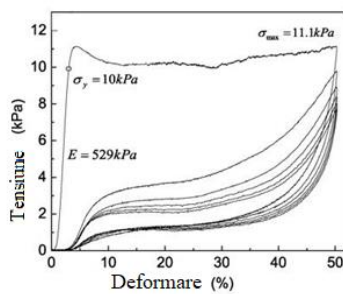


Fig. 2. Graficul tensiune-deformare ilustrând deformarea elastică^[11]

Materialul este inspirat din structura oaselor umane, care sunt foarte rigide la exterior, dar goale pe interior, având o rezistență mare, dar și o greutate destul de mică, imitând porozitatea acestora. Astfel, exteriorul său este rigid, cu un format interior 3D polimeric deschis. Rețeaua

metalică este alcătuită din tuburi minuscule interconectate realizate din nichel. Fiecare tub are o grosime de doar 100 nanometri, de unde provine termenul utilizat: nanotuburi. Celulele metalice deschise din care este alcătuit materialul oferă un potențial de compresiune uriaș, prin urmare poate absorbi foarte multă energie. Un exemplu ilustrativ al acestui aspect este faptul că microlitul poate proteja un ou care cade de la o înălțime de 25 de etaje.

Această descoperire poate contribui masiv la dezvoltarea industriei aeronautice, prin construirea unor aeronave cu o greutate mai mică, dar păstrându-și duritatea necesară, aducând un plus la minimizarea consumului de combustibil. Una dintre aplicațiile principale ale materialului este reprezentată de componentele structurale, fiind atât de ușor încât poate fi susținut de puful unei pădii. Pe lângă domeniul aeronautic, posibile aplicații pot include amortizarea acustică sau absorbția șocurilor.

4. Buckypaper

Un alt exemplu de material ce ar putea revoluționa industria aerospațială prin proprietățile sale are ca inspirație hârtia. Denumit buckypaper, are o rezistență de aproximativ 500 de ori mai mare decât cea a oțelului și o zecime din greutatea aliajului de fier și carbon. Are proprietăți asemănătoare cu alama, prin capacitatea de dispersare a căldurii. În plus, se aseamănă și cu siliconul sau cuprul din punct de vedere al conductivității electrice.

Procedeul de obținere a proprietăților acestui material este comasarea mai multor straturi de carbon până la formarea unui compozit. Asemănător cu microtresa din nichel și fosfor, buckypaper este compus din nanotuburi de carbon, cu o grosime de 50,000 de ori mai mică decât cea a firului de păr uman. Numărul foarte mare de nanotuburi din compoziția sa induce rezistența crescută a materialului.

Acest material a fost descoperit pentru prima dată printr-un accident științific în anul 1985, ce a avut loc în spațiu. În acea perioadă, cercetătorul britanic Harry Kroto s-a alăturat echipei de la Universitatea Rice din Houston pentru a efectua un experiment cu scopul de a simula condițiile existente într-o stea. Pe parcursul acestui experiment, cercetătorii au descoperit un nou element ce a devenit cea de-a treia formă de carbon pur, după grafit și diamant. Aceasta este o moleculă cu 60 de atomi de carbon, structurată sub forma unei mingi de fotbal. În plus, pentru această descoperire, cei trei cercetători au fost premiați în anul 1996 în cadrul galei premiilor Nobel pentru chimie.

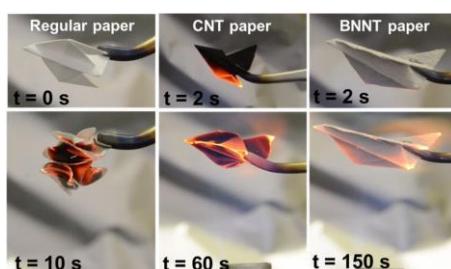


Fig. 3. Test comparativ al unor avioane realizate din: celuloză, buckypaper de carbon și buckypaper din nanotuburi anorganice din nitruură de bor^[12]

În ceea ce privește viitorul acestui material unic, “buckypaper” poate aduce numeroase îmbunătățiri în diverse domenii, printre care și industria aerospațială. Un exemplu este utilizarea pentru protecția circuitelor electronice și aparatelor specifice aeronavelor împotriva

interferențelor electromagnetice care pot deteriora echipamentul. De asemenea, există câteva aplicații pentru avioanele militare pentru a nu fi detectate prin radar. [5]

Momentan, acesta rămâne doar în atenția oamenilor de știință, deoarece poate fi produs doar la o fracțiune din potențialul său real, în cantități mici, iar costurile necesare sunt foarte ridicate. Totuși, încă se lucrează la acest aspect și recent a fost dezvoltată o nouă metodă de fabricare prin turnare denumită “Surface-Engineered Tape Casting” (SETC), care se bazează pe morfologia de structură a porilor micro-piramidali. Această procedură permite realizarea la scară largă din orice tip de nanotuburi de carbon cu lungime, grosime, densitate și compoziție ajustabile. [6]

5. Shark-skin^[9]

Pielea de rechin este cunoscută de mult timp pentru proprietățile sale hidrodinamice și pentru reducerea rezistenței la înaintare resimțită de rechini sub apă. Aceasta este plină de caneluri microscopice, numite denticule. Denticulele sunt proeminente plate și solzoase, asemănătoare dinților, realizate dintr-un material dur numit dentină și sunt încorporate în derma flexibilă a rechinului. Mai mult, aceste denticule se contractă fiecare în parte, permițând pielii rechinului să se adapteze în mod natural la mediul înconjurător pentru a crește eficiența hidrodinamică.

Unul din motivele principale pentru dezvoltarea pielii de rechin biomimetice, un material sintetic care este proiectat având în vedere componentele biologice și structura pielii de rechin adevărată, este acela de a veni cu o soluție la problemele cu care navele se confruntă în ceea ce privește eficiența hidrodinamică și cea a combustibilului, dar și prudența față de mediul înconjurător.

Formele de viață marină, cum ar fi lipitorile, au tendința de a se atașa de corpurile navelor. Aceasta se numește biofouling (depuneri de materie organică). Biofouling-ul provoacă o creștere a rezistenței la înaintare resimțită de navă în timp ce se mișcă prin apă, mai ales la viteze mai mari.

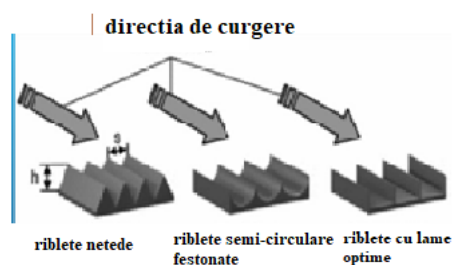


Fig. 4. Exemple de diferite tipuri de geometrie a ribletelor^[9]

Dezvoltarea acestei tehnologii are la bază soluțiile complexe pe care natura le oferă. Din acest motiv, în afară de reproducerea geometriei pielii de rechin, o altă parte care este cercetată este utilizarea compușilor zwitterionici, pe care pielea de rechin îi conține. Pielea de rechin biomimetică s-a dovedit a fi cea mai eficientă soluție până în prezent în ceea ce privește problema biofouling-ului pe portavioane. Acest material, fabricat din silicon elastic flexibil, de asemenea nu contribuie cu produse chimice nocive la ecosistemul marin. Pielea de rechin biomimetică va fi soluția mai bună în comparație cu vopseaua pe bază de cupru și TBT deoarece nu este dăunătoare pentru mediu și este mai eficientă.

Unul dintre obiectivele majore ale acestei tehnologii este acela de a micșora rezistența la înaintare a navelor. Acest lucru va duce la îmbunătățirea consumului de combustibil pentru navele cărora le va fi aplicat acest strat. Având o flotă de combustibil mai eficientă, va rezulta în mai puțină poluare pentru alimentarea acestor nave. Rezultatul final este acela că, adăugând această acoperire portavioanelor și, eventual, chiar și navelor de marfă, poluarea ar putea fi redusă la nivel mondial și aceste nave ar avea un impact mai mic asupra mediului.

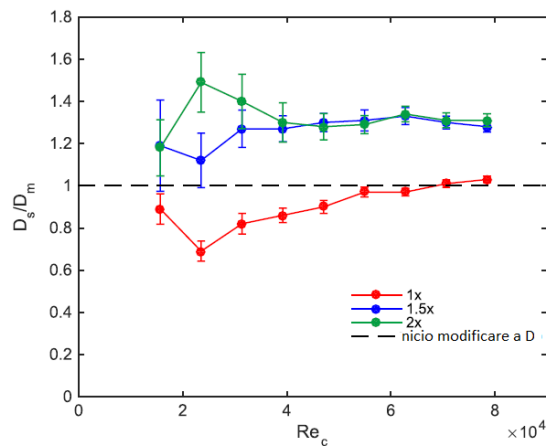


Fig. 5. Testarea statică a forțelor de tracțiune experimentate de fiecare dintre cele trei folii biomimetice testate în raport cu controlul lor corespunzător reprezentat grafic versus numărul Reynolds^[14]

6. Bird-feathers

Mecanismul de închidere „magic”, de tip „fermoar”, care păstrează penele păsărilor nestrucate, ar putea oferi un model pentru noi adezivi și noi materiale aerospațiale, potrivit inginerilor de la Universitatea din California, San Diego.

Cercetătorul Tarah Sullivan, care a obținut doctoratul în știința materialelor, este primul în aproximativ două decenii care a aruncat o privire detaliată asupra structurii generale a penelor de păsări. Ea a imprimat structuri 3D care imită paletele, barele și barbulele penelor pentru a înțelege mai bine proprietățile lor - de exemplu, modul în care partea inferioară a unei pene poate captura aerul pentru ridicare, în timp ce partea superioară a penei poate bloca aerul atunci când gravitația are nevoie să preia controlul.

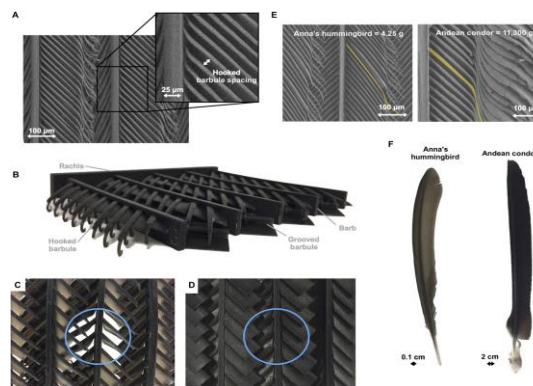


Fig. 6. Structura de tip „fermoar” a penelor^[13]

Sullivan, care face parte din grupul de cercetare al lui Marc Meyers, profesor în departamentele de nanoinginerie și inginerie mecanică și aerospațială de la UC San Diego, a studiat și oasele găsite în aripile păsărilor. La fel ca mulți dintre predecesorii ei, a constatat că humerusul - osul lung din aripă - este mai mare decât se aștepta. Dar a făcut un pas mai departe: folosind ecuații mecanice, a reușit să arate de ce este așa. Ea a constatat că, deoarece rezistența oaselor păsărilor este limitată, nu poate crește proporțional cu greutatea păsării. În schimb, trebuie să crească mai repede și să fie mai mare pentru a fi suficient de puternic pentru a rezista forțelor la care este supus în zbor. Aceasta este cunoscută sub denumirea de alometrie.^[7]

"Profesorul Eduard Arzt, coautorul nostru de la Universitatea Saarland din Germania, este un pilot amator și a devenit fascinat de problema „aripii păsărilor". Împreună am început să le facem analize alometrice și rezultatul este fascinant", a spus Meyers. „Acest lucru arată că sinergia oamenilor de știință din medii diferite poate produce o nouă înțelegere minunată”.^[8]

7. Concluzii

La prima vedere, rezultatele unor astfel de experimente par ezoterice. Dar au o importanță practică. Pe de o parte, materialele utilizate în industria de aeronave trebuie să aibă un set extins de proprietăți și caracteristici. Pe de altă parte, prețul lor nu trebuie să fie ridicat. După cum putem vedea, nu există chiar atât de multe materii prime naturale care să le îndeplinească. Prin urmare, căutarea de compozite noi este în derulare, iar materialele tradiționale, oțelul și aluminiul, străbat în continuare cerul, oricât de incredibil ar fi părut acum doar 100 de ani.

8. Bibliografie

- [1].<https://metinvestholding.com/ro/media/article/metalli-v-samoletostroenii-stalj-alyuminij-kompoziti>
- [2].<https://authenticmagazin.com/caleidoscop/este-cel-mai-usor-metal-din-lume-poate-sta-pe-peful-unei-papadii-dar-are-o-rezistenta-uriasa-si-aplicatii-inedite/>
- [3].<https://www.chemistryworld.com/news/metallic-microlattice-lightest-structure-ever/3002470.article>
- [4].<https://aertecsolutions.com/en/2015/11/23/the-worlds-lightest-metallic-structure/>
- [5].<https://www.descopera.ro/dnews/3348479-hartia-de-500-de-ori-mai-rezistenta-decat-otelul>
- [6].<https://en.wikipedia.org/wiki/Buckypaper>
- [7].<https://www.imeche.org/news/news-article/%27zipping%27-mechanism-that-keeps-feathers-unruffled-could-lead-to-aerospace-materials>
- [8]. <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/01/190116150632.htm>
- [9].https://www.engineering.pitt.edu/First-Year/First-Year-Conference/_Library/C6-MEMS-best-poster/
- [10].<https://www.dezeen.com/2015/10/15/microlattice-metal-worlds-lightest-material-boeing-movie/>
- [11].https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FCyclic-compression-test-of-nickel-microlattices-30-a-stress-strain-curves-of-a_fig12_292617358&psig=AOvVaw3ipPVdIJgwILqHCapL0FXR&ust=1620498000956000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCPCS9GXuPACFQAAAAAdAAAAABAJ
- [12].https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flame_test_of_buckypapers.jpg
- [13].<https://advances.sciencemag.org/content/5/1/eaat4269>
- [14].<https://www.semanticscholar.org/paper/Hydrodynamic-properties-of-biomimetic-shark-skin%3A-Domel-Domel/316be9786231965d4edbe971b8e0e15041435428>