

## STUDIUL MATERIALELOR COMPOZITE: CLASIFICĂRI ȘI DOMENII DE APLICARE

David PORCESCU, student, Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului,  
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți  
Conducător științific: **Dorin GUZGAN**, asist. univ.

**Abstract:** *The interaction between the phases of composite materials is particularly important in terms of obtaining a high-quality product. Knowing the reactions that take place between the component substances allows a correct modeling of the material and the creation of new properties. This article describes the action of phases inside of a composite material and how they influence the characteristics of the product. Likewise, there are presented the manufacturing methods of the composites, depending on the reactions that take place between the components. Finally, since there is mentioned a "product", in this article are presented also the areas of use of composites.*

**Keywords:** *composite material, resistance, matrix, reinforcement, interphase, molding, aeronautics.*

### Introducere

Industria modernă cere necondiționat crearea și aplicarea unor tehnologii avansate, care să facă față cerințelor impunătoare ale acesteia.

Altfel vorbind, este necesară elaborarea unor materiale performante, cu caracteristici tehnice de nivel superior, în stare să aducă schimbări mulțumitoare în tehnica modernă.

În acest sens nu se pot încadra materialele clasice cu caracteristici inferioare, ce nu sunt în stare să satisfacă din ce în ce mai mult nevoile industriei. De aceea, prin combinarea materialelor clasice, a fost obținută o nouă clasă de materiale, numită „materiale compozite”.

Compozitele pot prezenta diferite proprietăți superioare celor ce le prezintă componentele în parte, aceasta depinzând de natura fazelor, proporțiile și structurile cristalografice ale acestora, dar și de structura și compoziția interfeței dintre ele.

Anume din acest motiv găsim aplicarea materialelor compozite în fiecare domeniu al industriei. Modernizarea tehnologiei a dus, respectiv, la o creștere rapidă a economiei mondiale.

În această lucrare sunt prezentate analitic clasificarea, proprietățile și aplicabilitatea compozitelor la ora actuală, bazate pe rezultatele unui studiu teoretic în acest domeniu.

### Definiții și unele particularități ale materialelor compozite

Noțiunea de „compozit” aduce ideea constituirii unui lucru din două sau mai multe părți componente. Prin urmare, materialele compozite sunt materialele compuse din cel puțin două substanțe chimice distincte, insolubile reciproc și care prezintă posibilitatea de a deosebi granițe vizibile între componentele lor.

Avantajul major al acestora este că prin combinarea diferitor materiale complementare se obțin caracteristici noi ce le deosebesc atât cantitativ, cât și calitativ față

de cele inițiale [3, p. 203], [10, p. 7], [12, p. 9]. Astfel, putem observa îmbunătățirea proprietăților existente ale constituenților și chiar obținerea de noi proprietăți.

Unele caracteristici ce se pot perfecționa în urma combinării sunt [11, p. 2]: rezistența mecanică; rigiditatea; rezistența la coroziune; rezistența la uzură; densitatea; rezistența la oboseală; durabilitatea; conductivitatea termică și electrică; rezistența la șoc etc.

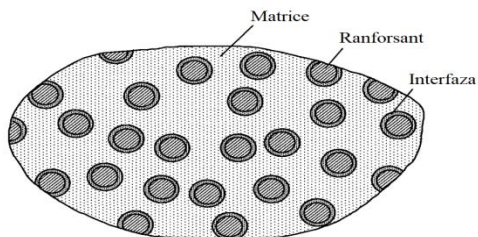
Trebuie de menționat faptul că nu toate aceste caracteristici sunt îmbunătățite în același timp și, de obicei, nu se găsesc nici condiții favorabile în care s-ar putea efectua acest lucru. Pe deasupra, unele proprietăți sunt contrare, de ex., izolația termică și conductivitatea termică. Corespunzător, scopul creării acestor materiale complexe este de a obține doar proprietățile necesare pentru satisfacerea condițiilor de proiectare.

Rezistența superioară și durabilitatea sunt principalele caracteristici pentru care compozitele sunt preferate a fi aplicate în diferite domenii. Respectiv, la sfârșitul duratei utile de viață ale compozitelor, este necesară extragerea și reciclarea deșeurilor formate. În acest context, este necesar de a sublinia faptul că eliminarea și reciclarea este un proces destul de dificil. Pentru unele compozite acest proces este aproape imposibil, astfel prezentându-se a fi ca cel mai mare dezavantaj al acestor materiale. Deși tehnologiile avansează din ce în ce mai mult, dezvoltându-se reciclarea mecanică, reciclarea termică și reciclarea chimică, acesta oricum rămâne a fi cel mai mare dezavantaj al materialelor compozite. Din acest motiv, se fac cercetări extinse pentru a dezvolta materiale compozite reciclabile și, respectiv, tehnologii de reciclare corespunzătoare.

Este dificil de spus cu certitudine unde, când sau pe ce bază au învățat oamenii despre primele compozite, fiindcă natura ne oferă numeroase exemple ce ar putea fi drept suport acestui fapt. Aici s-ar putea încadra modelul lemnului, compus în principal din celuloză fibroasă într-o matrice de lignină, sau poate chiar faptul că majoritatea oaselor de mamifere, constituite din fibre de colagen stratificate și orientate într-o matrice de proteină (fosfat de calciu), au servit drept bază elaborării materialelor compozite. Oricum ar fi, compozitele nu sunt noi, originare fiind încă din antichitate. Drept exemplu pot servi cărămizile din argilă amestecate cu paie, pe care izraeliții obișnuiau să le utilizeze în construcții sau oțelul stratificat într-o matrice de fier și utilizat în elaborarea lamelor pentru săbiile japoneze [7, p. 14]. Cu timpul, oamenii au început să obișnuiască a folosi combinații din materiale simple, dezvoltându-le și obținând tot mai multe materiale complexe, exemplu fiind betonul armat cu oțel, apărut cu mult mai târziu, polimerii armați cu fibre de sticlă sau carbon și alte materiale.

### **Constituenții compozitelor și rolul lor**

După cum a fost deja menționat, un compozit reprezintă un sistem structural format din două sau mai multe faze la scară microscopică. Una dintre faze, de obicei, cu proprietăți mecanice puternice, o reprezintă materialul de armare, numit și *ranforsant*. O a doua fază, mai mult considerată ca element de legătură între materialele de armare, este *matricea*. Deși proprietățile matricei lasă mult de dorit în comparație cu cele ale armăturii, aceasta joacă un rol nu mai puțin important în ceea ce ține de structura și performanța materialului de bază.



**Figura 1.** Fazele unui material compozit [9, p. 1]

Este necesar de a reaminti faptul că proprietățile compozitelor depind în cea mai mare parte de caracteristicile, geometria și de distribuția fazelor. Unul dintre cei mai importanți parametri este volumul fracțiunii de armare. Distribuția armăturii determină necondiționat omogenitatea sau uniformitatea materialului de tip sistem. Cu cât este mai neuniformă distribuția armăturii, cu atât proprietățile materialului sunt supuse unui risc înalt de risipire și, respectiv, crește tot mai mult probabilitatea obținerii unui produs defect. Geometria și orientarea ranforsantului afectează anizotropia întregului sistem.

Pe lângă compozitele cu un singur tip de armătură, tehnica modernă folosește și compozite cu două sau mai multe elemente de armare, cunoscute sub denumirea de *hibride*. Armarea multi-fazăică se utilizează pentru sporirea complexității materialului și efectelor ranforsării [1, p. 20].

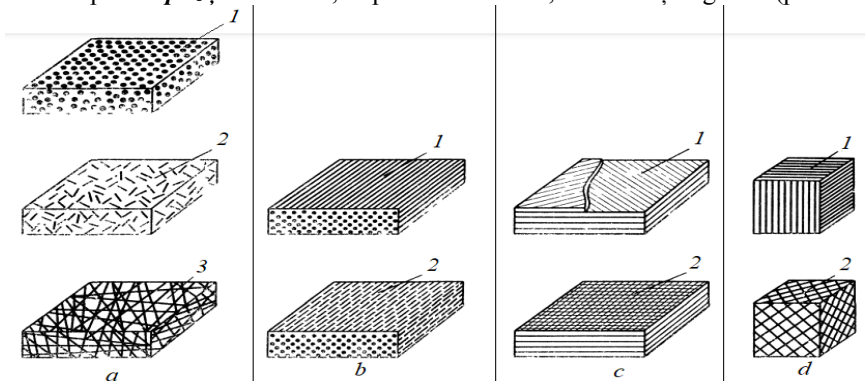
Fazele sistemului compozit pot juca roluri diferite, în funcție de tipul și aplicarea materialului compozit. În cazul compozitelor de performanță joasă sau medie, armarea, întâlnită mai des sub formă de fibre scurte sau particule, oferă o ranforsare limitată materialului. Pe de altă parte, matricea constituie elementul principal în sistem, care organizează proprietățile mecanice ale materialului. În cazul compozitelor de înaltă performanță, faza principală o reprezintă armătura, ce determină rezistența mecanică și rigiditatea acestuia. Faza matricială, în general, oferă protecție pentru armătură, la fel având rolul de a transmite sarcinile între armături (de ex.: de la o fibră la alta).

În afară de elemente de ranforsare și matrice, din cauza reacțiilor chimice ce au loc, între cele două faze de bază se poate observa o a treia, cunoscută sub numele de *interfață*. În ciuda volumului redus, aceasta poate juca un rol foarte important în controlul și stoparea mecanismelor de defectare, la fel și în sporirea rezistenței compozitului [1, p. 21]. Astfel, ar fi corect să spunem că pentru proiectarea unui material compozit de calitate este nevoie de a cunoaște implicit și despre procesele chimice ce au loc în zonele de interfață, pentru a spori eficiența constituenților și pentru a preveni apariția unor defecte nedorite.

### **Clasificările materialelor compozite**

La ora actuală nu se poate stabili o singură clasificare generală pentru materialele compozite, ce ar putea să satisfacă toate caracteristicile acestora, fapt bazat pe un șir de cauze. Una dintre cauze se explică prin faptul că materialele compozite reprezintă cea mai mare clasă de materiale, îmbinând metalele, ceramicele și polimerii [12, p. 12]. În primul rând, din cauza diversității acestora, astăzi se întâlnesc numeroase criterii de clasificare a compozitelor. Unele din clasificările caracteristice ale compozitelor sunt:

- După **structura** materialului:
  - cu *fibre* (*lungi* – dispuse într-un anumit aranjament; *scurte* – de obicei, fără un aranjament determinat, dispuse haotic);
  - *stratificate* (laminare), adică constituit din straturi solidarizate;
  - cu *whiskere* (particule mono-cristaline filiforme cu dimensiuni reduse);
  - cu *particule* (dispersie).
- După **orientarea** ranforsantului în material (prezentat schematic în fig. 2);
- După **compoziția matricei**, ce poate fi: metalică, ceramică și organică (polimeri).



**Figura 2.** Clasificarea schematică a materialelor compozite după structura și orientarea armăturii în material [10, p. 13] (a – orientare haotic: 1. particule, 2. fibre discontinue, 3. fibre continue; b – armate unidimensionale: 1. fibre continue, 2. fibre discontinue; c – armate bidimensionale: 1. fibre continue, 2. țesături; d – armate spațiale: 1. cu trei familii de fibre; 2. cu  $n$  familii de fibre)

### Metode de fabricare a materialelor compozitelor

Este esențial de a cunoaște și procesul de fabricare a materialelor compozite, întrucât cu ajutorul acestora proiectăm nu numai structura, ci și materialul structural în sine. Alegerea procedului de fabricare depinde, în principal, de natura și starea fazelor. Astfel, având un procedeu și o tehnologie de elaborare corespunzătoare, luând în considerație și reacțiile ce au loc în regiunea interfaței, putem obține cu ușurință produse de calitate.

În cadrul procesului de fabricare, în funcție de proprietățile fizice, chimice și mecanice ale materialului, se disting *tehnologii de fabricație primare*, în urma cărora materialul este supus unor prelucrări ulterioare pentru a obține produsul final și *tehnologii finale*, în urma cărora produsul are dimensiunile, configurația și calitatea dorită a pieselor.

Metodele de fabricare a materialelor compozite nu trebuie să fie neapărat complexe. Pentru obținerea unor materiale compozite de calitate este destul și folosirea metodelor obișnuite de fabricare, reduse în cost și consum de energie. Astfel, se întâlnesc metode ca: formare prin pulverizare, prin solidificare dirijată, prin compactare, prin răsucire filamentară, prin turnare gravitațională, formare prin injecție, laminarea sau stratificarea continuă, formare prin presare la rece sau la cald și extrudare.

Una dintre metodele tradiționale de obținere a compozitelor este turnarea. Această metodă este una dintre cele mai simple variante de obținere a produselor compozite și se bazează pe introducerea într-o formă clasică (de nisip cuarțos sau formă metalică) a amestecului deja topit cu adăugarea fazei complementare în timpul turnării. Un avantaj major al acestui tip de procedeu constă în faptul că nu preținde investiții costisitoare.

Solidificarea dirijată este o altă tehnologie cunoscută, destul de simplă, dar și efectivă. Aceasta permite controlul parțial asupra materialului de tip sistem format și, respectiv, asupra caracteristicilor finale ale acestuia. În cadrul acestui procedeu fazele compozitului sunt în stare de a atinge practic echilibrul termodinamic, formându-se legături puternice în zona interfaței. În urma solidificării topiturilor metalice de compoziție eutectică, se obține un corp bifazic cu o structură lamelară sau fibroasă, în funcție de condițiile inițiale.

Trebuie de menționat faptul că în urma încălzirii repetate a materialului în cadrul unui procedeu de obținere, acesta riscă să-și piardă rezistența mecanică și legăturile matrice-ranforsant. Din această cauză se efectuează diverse acțiuni asupra tehnologiei de producție ca:

- modificarea temperaturii, presiunii și timpului în cadrul procedurii tehnologice de fabricare a compozitelor;
- aplicarea straturilor de protecție asupra fibrelor ranforsante, ce ar fi ca obstacol în timpul difuziei.

Este necesar de a evidenția și faptul că stoparea totală a proceselor în cadrul interfaței ar duce la obținerea unor proprietăți fizico-mecanice de nedorit. În acest caz, materialului de armare i se dă posibilitatea de a participa tot mai mult în creșterea proprietăților fizico-mecanice prin stabilirea unei legături intime în zona de separare matrice-ranforsant. La fel, se ține cont și de creșterea volumică a fibrelor de armare, de configurația și de modul de orientare al acestora pe direcția de solicitare, parametri ce influențează activ proprietățile mecanice și fizice ale materialului-produs [2, p. 56].

### **Domenii de aplicare a materialelor compozite**

Industria actuală se bucură tot mai mult de tehnologii performante neîntâlnite în trecut, iar aceasta se datorează, în mare parte, materialelor compozite.

Compozitele progresează tot mai mult, întrucât tehnologia de fabricare și prelucrare a acestora este accesibilă, adică sunt folosite pentru această instalații mai puțin costisitoare, consumul de energie ajungând a fi cu mult mai mic comparativ cu alte materiale concurente. Din această cauză compozitele au împăienjenit rețeaua industrială, găsindu-și locul în fiecare ramură a acesteia.

Baza acestui fapt o constituie și proprietățile îmbunătățite ale acestor materiale, ca de exemplu: densitatea mică, proprietățile de izolare termică, electrică și acustică, rezistența la șoc și coeficientul mic de dilatare termică.

Una dintre ramurile în care compozitele își extind pe larg acțiunea este construcția de mașini și mai cu seamă a celor aeronautice. Întrucât elicopterele, planoarele și avioanele sunt create în calitate de transporturi aeriene, este necesar ca acestea să fie ușoare. Luând în calcul nu numai masa proprie a transportului aerospațial, dar

și a materialului ce trebuie transportat sau masa pasagerilor, ajungem la concluzia că materialele tradiționale, folosite în construcția acestui tip de mașini, ar oferi o greutate colosal de mare mașinii, ceea ce ar duce la defectarea și căderea transportului aerian sau chiar nu ar permite ridicarea acestuia în spațiu. La fel, dacă să vorbim despre cantitatea în care se utilizează materialul necesar în construcția acestora, apare și necesitatea ca acest material să fie cât mai ieftin posibil. Anume din aceste motive s-a recurs la utilizarea compozitelor ca material prim ce au densitate mică și nu sunt foarte costisitoare, atât ele, cât și tehnologia de fabricare a acestora. Astfel, în cazul construcției unui avion, de exemplu, se observă aplicarea compozitelor atât în elaborarea motorului cu reacție, deflectorului, structurii portante (aripi, ampenaj), cât și a cabinei acestuia [4, p. 18], [9, p. 4].

Pe lângă acesta, compozitele își extind activitatea și în alte domenii, precum [5, p. 12], [8, p. 370 și p. 398], [9, p. 3], [11, p. 38]:

- construcții de mașini agricole (tractoare), material rulant, mașini de ridicat (ascensoare), autovehicule și în construcții navale (iahturi, ambarcațiuni);
- electronică și electrotehnică (antene, carcase pentru construcții electrice, suporturi pentru întrerupătoare);
- construcții (de ex.: clădiri și construcții publice);
- echipamente sportive și de agrement (de ex.: schiuri, plăci de surfing, patine, arcuri și săgeți, căști de protecție, rame pentru biciclete);
- medicină (proteze, implanturi cardiace, transplanturi).

Compozitele se întrebuițesc și în domeniile casnice. Acestea servesc, în sens general, cerințelor de design, antipoluare, la fel și pentru reducerea costurilor de energie.

### **Concluzii**

- un prim lucru ce avantajează compozitele față de celelalte materiale se referă la proprietățile superioare ale acestora, ce se deosebesc atât calitativ, cât și cantitativ;
- principalul dezavantaj constă în reciclarea problematică a materialelor compozite;
- la fabricarea compozitelor, în primul rând, se ține seama de compatibilitatea și de caracteristicile componentelor ce urmează a fi implicate în proces;
- materialele compozite, pe lângă faptul că au fost folosite pe larg în trecut și că au un domeniu de aplicare ce crește tot mai mult, se prognozează a fi utilizate și în continuare, întrucât acestea avantajează măsurabil economia mondială.

### **Bibliografie:**

1. MAREȘ, Marian. *Materiale compozite: proprietăți și modelare*. Iași: Ed. Tehnopress, 2007. 316 p. ISBN 973-702-357-9.
2. DUMITRAȘ, Constantin, OPRAN, Constantin. *Prelucrarea materialelor compozite, ceramice și minerale*. București: Ed. Tehnică, 1994. 336 p. ISBN 973-31-0602-X.
3. SUCIU, Valeria, SUCIU, Marcel-Valeriu. *Studiul materialelor*. București: Ed. Fair Partners, 2008. 255 p. ISBN 978-973-1877-01-3.
4. RONALD, Gibson. *Principles of Composite Material Mechanics. Fourth Edition*. Boca Raton: Ed. CRC Press, 2016. 685 p. ISBN 978-1-4987-2072-4.
5. BHAGWAN, Agarwal, LAWRENCE, Broutman, CHANDRASHEKHARA, K. *Analysis and performance of fiber composites. Third Edition*. Delhi: Ed.: Sai Printo Pack Pvt. Ltd., 2015. 562 p. ISBN 978-81-265-3636-8.

6. CHAWLA, Krishan. *Composite Materials. Fourth Edition. Science and Engineering*. Switzerland: Ed. Springer, 2019. 574 p. ISBN 978-3-030-28983-6.
7. GAY, Daniel, SUONG, Hoa, STEPHEN, Tsai. *Composite Materials. Design and applications*. London: Ed. CRC Press LLC, 2003. 523 p. ISBN 1-58716-084-6.
8. NING, Hu. *Composites and Their Applications*. Croatia: Ed. InTech, Rijeka, 2012. 438 p. ISBN 978-953-51-0706-4.
9. ISAAC, Daniel, ORI, Ishai. *Engineering Mechanics of Composite Materials. Second Edition*. Oxford: Ed. Oxford University Press, 2006. 463 p. ISBN 978-0-19-515097-1.
10. ВАСИЛЬЕВ, В.В., ПРОТАСОВ, В.Д., БОЛОТИН, В.В. *Композиционные материалы. Справочник*. Москва: Изд-во Машиностроение, 1990. 510 p. ISBN 5-217-01113-0.
11. ROBERT, Jones. *Mechanics of Composite Materials. Second Edition*. Philadelphia: Ed. Taylor & Francis Group, 1999. 519 p. ISBN 1-56032-712-X.
12. БАТАЕВ, А.А., БАТАЕВ, В.А. *Композиционные материалы: строение, получение, применение*. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 382 p. ISBN 5-7782-0315-2.