

Tehnologia materialelor

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
STĂNESCU, PAUL

Tehnologia materialelor / Paul Stănescu. - București :
Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-08-5

62.002.3

Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

Adresa: Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București,
România

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAȘU
Documentarist: ing. Ioan BALINT
Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,
București, 2011**

Paul Stănescu

Tehnologia materialelor



Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

București

2011

CUPRINS

1. Materiale compozite. Categori și proprietăți generale	9
1.1. Istoricul materialelor compozite polimerice	10
1.2. Definiția și clasificarea materialelor compozite polimerice	11
2. Matrici polimerice	13
2.1. Rășini poliesterice nesaturate	15
2.1.1. Sinteza poliesterilor nesaturați	15
2.1.2. Întărirea poliesterilor nesaturați	17
2.1.3. Proprietățile rășinilor poliesterice nesaturate. Tipuri de rășini poliesterice nesaturate	18
2.1.4. Principalele domenii de utilizare a poliesterilor nesaturați	20
2.2. Rășini epoxidice	21
2.2.1. Sinteza rășinilor epoxidice	22
2.2.2. Tipuri de rășini epoxidice	23
2.2.3. Diluanți	23
2.2.4. Întărirea rășinilor epoxidice	24
2.2.5. Proprietățile rășinilor epoxidice	31
2.2.6. Utilizarea rășinilor epoxidice	33
2.3. Rășini fenol-formaldehidice	34
2.3.1. Obținerea rășinilor fenol-formaldehidice	34
2.3.2. Întărirea rășinilor fenol-formaldehidice	36
2.3.3. Tipuri de rășini fenol-formaldehidice	38
2.3.4. Obținerea și proprietățile materialelor compozite pe bază de rășini fenol-formaldehidice pulverulente	38
2.3.5. Utilizările materialelor compozite pe bază de rășini fenol-formaldehidice	41
2.4. Rășini vinilesterice	42
2.4.1. Sinteza rășinilor vinilesterice	43
2.4.2. Întărirea rășinilor vinilesterice	43
2.4.3. Proprietățile rășinilor vinilesterice	44
2.4.4. Utilizările rășinilor vinilesterice	46
2.5. Matrice termoplastice	47
2.5.1. Polifenilensulfura (PPS)	48
2.5.2. Poli(eter-eter) cetone (PEEK)	49
2.5.3. Polisulfone (PSU)	50
2.5.4. Poliarilsulfone (PAS)	52

2.5.5. Polietersulfone (PES, PESV)	53
2.5.6. Polieterimide (PEI)	54
2.5.7. Poliamidoimide (PAI)	54
2.5.8. Polibenzimidazoli (PBI)	57
2.5.9. Poliimide termoplastice (TPI)	58
3. Agenți de ranforsare	61
3.1. Introducere	61
3.2. Fibrele de sticlă	64
3.2.1. Scurt istoric	64
3.2.2. Metode de obținere și tratare	64
3.2.3. Compoziția fibrelor de sticlă	65
3.2.4. Proprietăți	67
3.2.5. Proprietăți și aplicații ale materialelor compozite cu fibre de sticlă	70
3.3. Fibre carbon	73
3.3.1. Introducere	73
3.3.2. Istoric	74
3.3.3. Precursori pentru fibrele carbon	75
3.3.4. Obținerea fibrelor de carbon din poliacrilonitril	76
3.3.5. Obținerea fibrelor de carbon din smoală	80
3.3.6. Obținerea fibrelor de carbon din celuloză	80
3.3.7. Finisarea fibrelor de carbon	81
3.3.8. Proprietățile fibrelor de carbon	81
3.3.9. Utilizările fibrelor de carbon	82
3.4. Fibre aramidice	82
3.4.1. Obținerea și structura fibrelor aramidice	82
3.4.2. Proprietățile fibrelor aramidice	84
3.4.3. Proprietățile compozitelor pe bază de fibre aramidice	85
3.4.4. Utilizările fibrelor aramidice	86
4. Tehnologii de formare a materialelor compozite	87
4.1. Criterii de alegere a procedeelor de obținere	87
4.1.1. Forma și dimensiunile piesei	87
4.1.2. Mărimea seriei de fabricație	87
4.1.3. Natura matricei polimerice	88
4.1.4. Cadența de formare	88
4.1.5. Calitatea pieselor	88
4.1.6. Costul pieselor	89
4.2. Procede de obținere a materialelor compozite	89
4.2.1. Formarea prin turnare	89
4.2.2. Formarea prin contact	90
4.2.3. Formarea prin pulverizare simultană	90
4.2.4. Formarea în sac	91

4.2.5. Formarea prin injecție sub vid (RRIM)	93
4.2.6. Formarea prin presare la rece	93
4.2.7. Formarea prin presare la cald	94
4.2.8. Formarea premixurilor	95
4.2.9. Formarea prin stratificare continuă	96
4.2.10. Formarea prin pultruziune	96
4.2.11. Formarea corpurilor de revoluție prin răsucire filamentară	97
4.2.12. Formarea corpurilor de revoluție prin centrifugare	98
4.2.13. Formarea materialelor termoplastice	98
5. Biomateriale polimerice	101
5.1. Definiții	101
5.2. Aspecte generale privind utilizarea biomaterialelor polimerice	103
5.3. Biocompatibilitatea polimerilor	104
5.3.1. Influența structurii macromoleculare a polimerilor asupra biocompatibilității	105
5.3.2. Biocompatibilitatea materialelor polimerice cu sângele și lichidele inter- și intracelulare	107
5.3.3. Biocompatibilitatea materialelor polimerice cu țesuturile	110
5.4. Interacțiunea biomaterial polimeric-microorganisme. Metode de combatere/prevenire	111
5.5. Interacțiunea dintre suprafața polimerului și mediul biologic	113
Bibliografie	117

1. MATERIALE COMPOZITE.

CATEGORII ȘI PROPRIETĂȚI GENERALE

Încercările de obținere a unor noi materiale superperformante au condus la dezvoltarea unei clase de produși cunoscuți sub denumirea de materiale compozite.

Prin definiție, conceptul de “compozit” este atribuit unui sistem complex, alcătuit din mai multe materiale de natură diferită. În această categorie intră o clasă foarte vastă de produși. Acest lucru este determinat de faptul că posibilitățile de modificare a constituenților de bază, a tehnicilor de “asamblare” și de fabricare, a nivelului de performanță și costului sunt practic infinite.

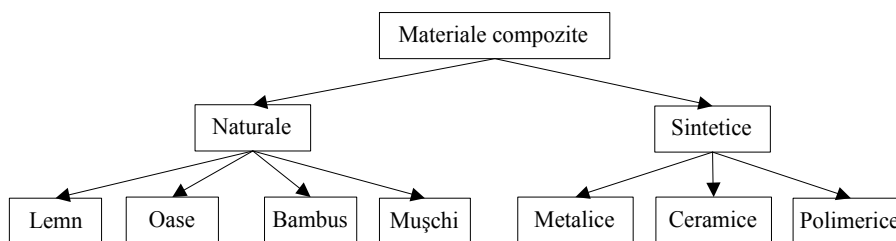
Materialele compozite au fost realizate de om din cele mai vechi timpuri. Astfel, chirpiciul (material compozit pe bază de lut și paie) și betonul armat reprezintă cele mai simple exemple de materiale compozite.

Rezultă, în mod evident, că, prin asocierea materialelor componente, se obțin noi materiale, cu proprietăți deosebite, total diferite de ale componentelor individuale.

Această structură de “material compozit” este caracteristică multor produse naturale, fapt ce explică rezistențele mecanice deosebite ale acestora. Este suficient să amintim lemnul, bambusul, oasele, mușchii etc.

Este cunoscut de asemenea faptul că aliajele metalice prezintă proprietăți superioare față de cele ale componentelor constituente. Același lucru se poate spune și despre materialele compozite ceramice sau polimerice.

Ținând cont de aceste aspecte, o primă clasificare a materialelor compozite se poate face după proveniența acestora (schema 1.1).



Schema 1.1. Clasificarea materialelor compozite după proveniență

Actualmente, materialele compozite polimerice prezintă un interes științific și tehnic deosebit, fapt ce justifică atât dezvoltarea cercetărilor în acest domeniu, cât și a producției de astfel de materiale. Acesta este motivul pentru care obiectul prezentei lucrări îl constituie materialele compozite polimerice.

1.1. Istoricul materialelor compozite polimerice

Așa cum s-a arătat mai sus, materialele compozite au fost cunoscute și utilizate de oameni încă din antichitate, iar compozitele polimerice au apărut și s-au dezvoltat după anul 1900, când Leo Hendric Baekeland a pus la punct tehnologia de obținere și modificare a rășinilor fenol-formaldehidice. Primul său patent pentru obținerea rășinilor fenol-formaldehidice a apărut în 1907, iar în 1910 a luat ființă General Bakelite Company, în Statele Unite ale Americii [1]. Producția de materiale compozite pe bază de rășini fenol-formaldehidice s-a dezvoltat rapid datorită domeniilor multiple de utilizare, în special datorită necesităților din domeniul electric.

Primele date referitoare la obținerea materialelor compozite polimerice armate cu fibre de sticlă au apărut în 1940. Posibilitatea utilizării lor la protecția antenelor radar, pentru aviația militară, a condus la elaborarea unui program important pentru studiul materialelor, tehnologiei și proiectării acestora [2].

În 1941, firma King Plastics Company din Denver, statul Colorado, obține un contract cu Air Force pentru fabricarea primelor materiale compozite pe bază de fibre de bumbac impregnate cu poliesteri.

În același an, Henry Ford demonstrează posibilitatea și avantajele utilizării materialelor compozite în construcția de automobile.

În anul 1942 începe producția industrială de poliesteri nesaturați.

În perioada 1941-1946, producția de materiale compozite polimerice s-a dezvoltat ca urmare a necesităților impuse de cel de-al doilea Război Mondial. După terminarea războiului, datorită numărului însemnat de fibre și matrici polimerice cunoscute și industrializate, s-a pus problema utilizării lor în viața civilă.

În acest mod, materialele compozite polimerice au început să pătrundă în cele mai variate domenii ale tehnicii. Astăzi se cunosc o mulțime de materiale de ranforsare și de matrici polimerice, prin a căror combinare se obțin materiale compozite capabile să răspundă celor mai exigente pretenții.

Datorită acestui fapt, materialele compozite polimerice au devenit indispensabile pentru dezvoltarea unor domenii de vârf ca: microelectronica, tehnica medicală, construcțiile aerospațiale.

Un singur exemplu este relevant în acest sens: la construirea modulului lunar al navei spațiale Apollo 11, circa 75% din materialele utilizate au fost compozite polimerice, iar în cazul navei spațiale Discovery, acest procent a ajuns la 87 %.

1.2. Definiția și clasificarea compozitelor polimerice

Compozitele polimerice sunt materiale alcătuite, în principiu, dintr-un compus macromolecular și un agent de ranforsare sau de umplură [3-5] cu scopul de a obține materiale cu rezistențe mecanice deosebite, capabile să înlocuiască aluminiul și aliajele sale, precum și alte materiale metalice.

Compusul macromolecular utilizat în acest scop poate fi un polimer termoplastic sau termoreactiv și este denumit matrice polimerică. Agentul de ranforsare sau de umplură este dispersat omogen în matricea polimerică, dar nu se dizolvă în aceasta. Componentele individuale și interfața dintre acestea pot fi identificate prin metode fizice, iar comportarea și proprietățile interfeței controlează proprietățile materialului compozit. Proprietățile materialului compozit sunt total diferite și net superioare față de cele ale componentelor individuale.

Caracteristica de bază a compozitelor polimerice constă în raportul foarte ridicat rezistență /greutate (după această caracteristică, materialele compozite întrec cele mai bune oțeluri) [figura 1.1].

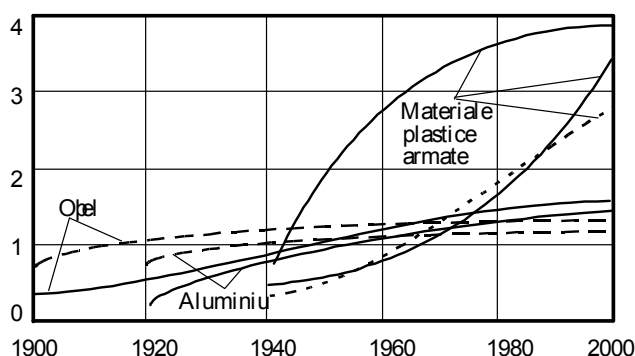
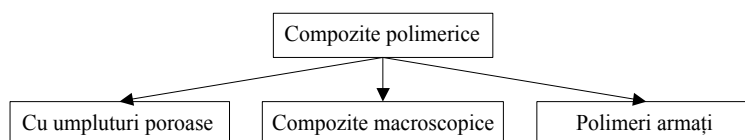


Figura 1.1. Evoluția în timp a proprietăților materialelor convenționale și ale materialelor plastice armate. Raportul dintre rezistența la întindere (—), la compresiune (-----), modulul de elasticitate (.....) și densitate (.....)

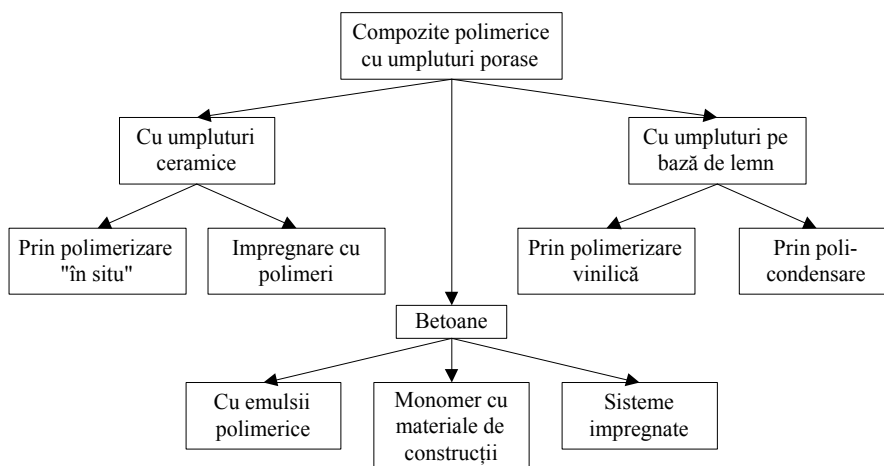
Clasificarea materialelor compozite polimerice după natura componentelor participante la formarea acestora este prezentată în schema 1.2.



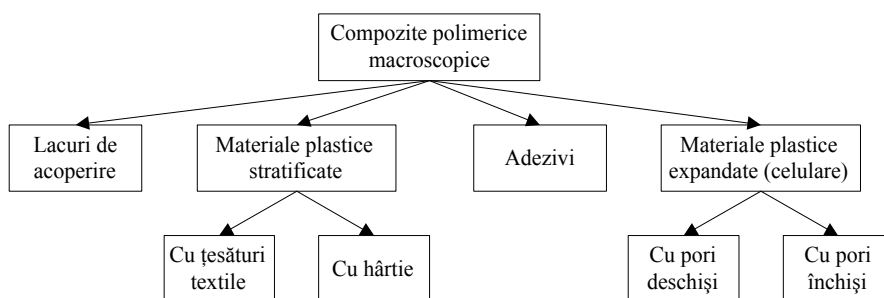
Schema 1.2. Clasificarea materialelor compozite polimerice

Funcție de natura agentului de umplură, compozitele polimerice cu umpluturi poroase se pot clasifica în trei mari categorii (schema 1.3.).

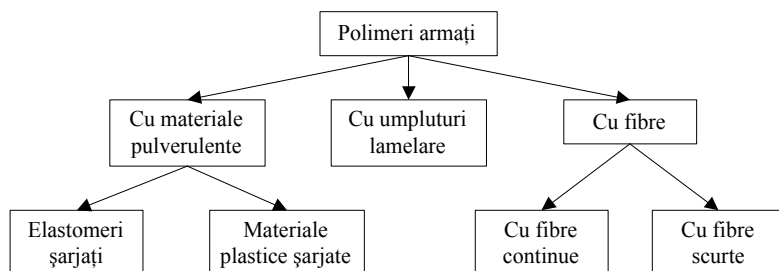
Clasificări similare se pot realiza și pentru compozitele polimerice macroscopice (schema 1.4.) și pentru polimerii armați (schema 1.5.).



Schema 1.3. Clasificarea materialelor compozite polimerice poroase



Schema 1.4. Clasificarea compozitelor polimerice macroscopice



Schema 1.5. Clasificarea materialelor compozite pe bază de polimeri armați

Cele două componente principale ale unui material compozit, matricea polimerică și agentul de armare / umplură, vor fi prezentate pe larg în capitolele 2 și 3.

2. MATRICI POLIMERICE

Una din componentele de bază necesare obținerii materialelor compozite organice o constituie matricea polimerică.

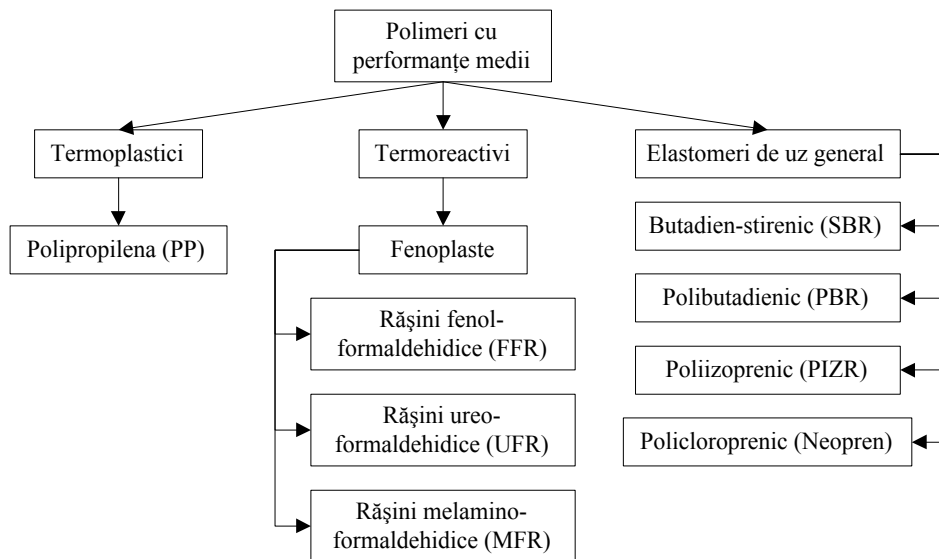
Funcție de proprietățile compozitelor obținute, polimerii utilizați se pot grupa în trei clase:

I - Polimeri cu performanțe medii.

II - Polimeri cu "performanțe înalte", dar cu termostabilitate redusă.

III - Polimeri termostabili cu performanțe ridicate.

În schemele 2.1-2.3 sunt prezentate principalele tipuri de polimeri ce intră în aceste clase.



Schema 2.1. Clasificarea polimerilor cu performanțe medii utilizați la obținerea materialelor compozite

Utilizarea unuia sau a altuia dintre polimerii menționați este dictată de domeniul de utilizare al compozitelor obținute pe baza acestora.

În continuare se vor prezenta principalele categorii de matrice termoreactive și termoplastice utilizate la obținerea materialelor compozite.