

## METODE DE FABRICARE A STRUCTURILOR COMPOZITE INTELIGENTE

Prof.dr.ing. Gheorghe Amza, Politehnica Bucuresti  
Prof. dr.ing. Victor Carp, Universitatea din Oradea

**Key words:** resin matrix, glass fibres thread, sensors, actuators, communication networks, intelligent composite structures.

**Abstract:** Within the paper are presented the common engineering methods used in intelligent composite structures processing, as follows: manually shaping, robotized shaping, composite fibres pulling, SRTM – spue resin transfer moulding, and SRIM – spue resin injection moulding.

### 1. COMPONENTELE INDIVIDUALE ALE MATERIALELOR COMPOZITE INTELIGENTE

O structura compozita inteligenta este alcatuita dintr-un numar de elemente individuale, asamblate astfel încât sa se comporte, ca un sistem interactiv bine reglat. Blocurile constructive de baza ale unei asemenea structuri includ:

- fibre de armare care sa furnizeze structurii rezistenta si rigiditate;
- materiale termorigide sau termoplastice pentru realizarea matricii de legatura a fibrelor de armare;
- senzori capabili sa masoare tensiuni, deplasari, temperatura, acceleratie si/sau alti parametri de interes;
- actuatori (elemente de actionare) care sa asigure intrarile de forta pentru corectarea valorilor nedorite ale parametrilor detectati;
- retele de comunicatii care sa conecteze senzorii, elementele de actionare si componentele electronice;
- algoritmi sistemelor de control, pentru a analiza indicatiile senzorilor, a prevedea intrarile de control cerute si a comanda miscarile actuatorului potrivit.

Structurile compozite inteligente sunt de obicei realizate cu ajutorul unor elemente discrete care satisfac cerintele întregului sistem, în scopul realizarii caracteristicilor de senzor sau actuator. Actuala generatie de materiale inteligente, foloseste proprietatile oferite de lichidele electreologice, de materialele piezoceramice, de catre materialele cu memoria formei sau de catre materialele electrostrictive sau fero-electrice.

În tabelul 1.1. sunt prezentate câteva tipuri de actuatori/ senzori, împreuna cu caracteristicile generale de functionare ale acestora.

Tabelul 1.1.

Actuatori folositi pentru realizarea materialelor compozite inteligente

ACTUATOARE/ CARACTERISTICI	Materiale Electro- strictive	Fluide Electro- reologice	Materiale Fero- electrice	Aliaje cu Memoria forme	Ceramice Piezo- electrice
Cost	Mediu	Mediu	Mediu	Scazut	Mediu
Posibilitati de introducere în retea	Da	Da	Da	Da	Da
Caracteristici tehnice	Acceptabile	Acceptabile	Acceptabile	Bune	Bune
Posibilitati de introducere în material	Bune	Acceptabile	Bune	Excelente	Excelente
Linearitate	Acceptabila	Acceptabila	Buna	Buna	Buna
Frecventa de raspuns (Hz)	1 - 20000	0 - 12000	1 - 20000	0 - 5	1 - 20000
Deformatii maxime	200	-	200	5000	300
Temperatura maxima (°C)	300	300	400	300	300

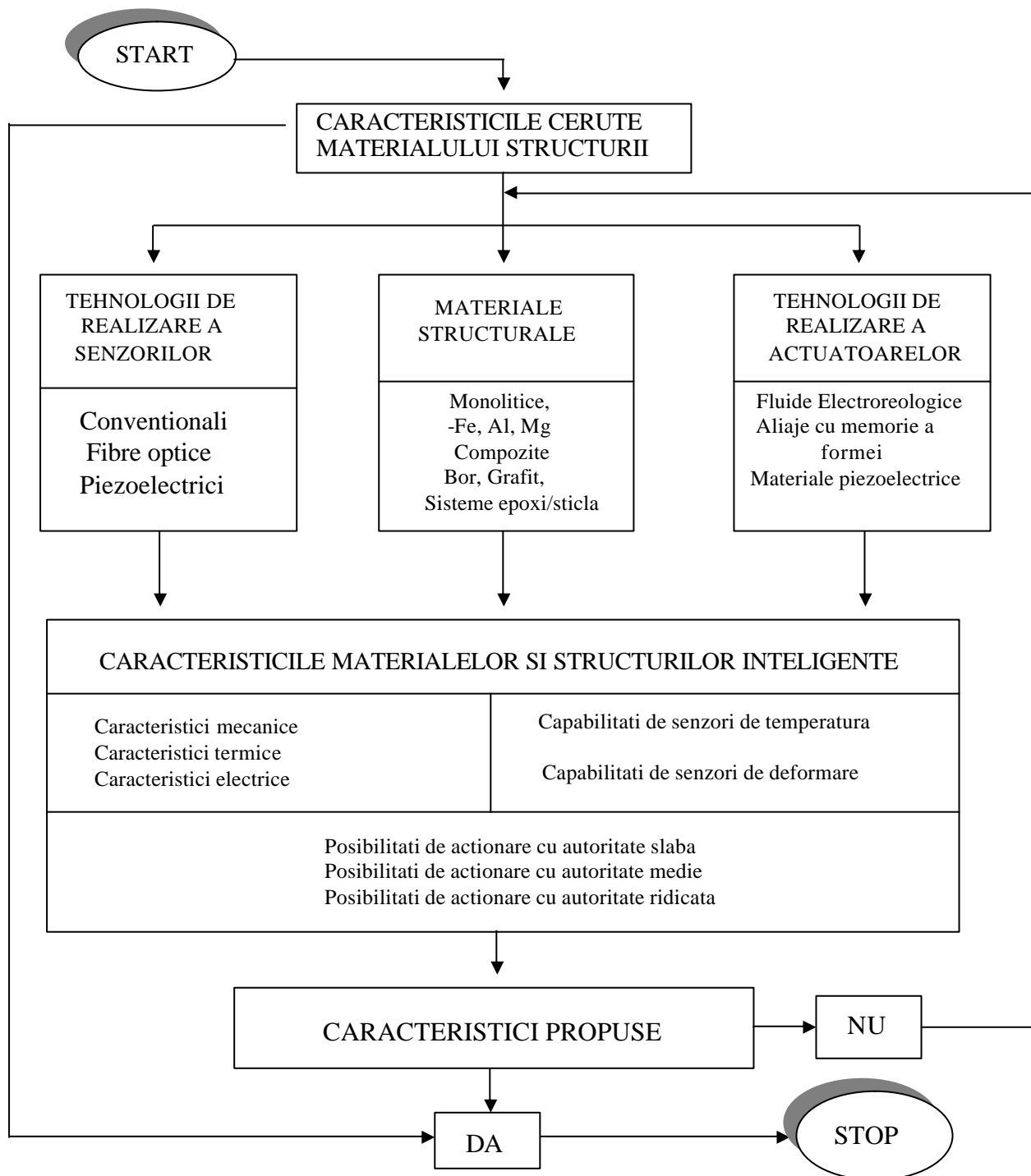
## 2. ALGORITM PENTRU REALIZAREA UNUI MATERIAL COMPOZIT INTELIGENT

Modul de concepere a unei structuri compozite inteligente, pleaca de la ideea ca aceasta structura trebuie sa contina multiple posibilitati de inspectie a materialului, deoarece în exploatare trebuie sa ia un numar de decizii privind comportarea sistemului(materialului).

Astfel, trebuiesc luate decizii globale ca raspuns la anumiti stimuli particaliari, decizii care sunt necesare într-un timp foarte scurt.

Stabilirea unui set viabil de instrumente care pot realiza predictia unui sistem sau material inteligent, caracteristicile materialului de baza în care este introdus sistemul de senzori si actuatori, cât si caracteristicile sistemului care realizeaza interfata între elementele prezentate, reprezinta o cerinta necesara pentru realizarea unor sisteme inteligente multifunctionale.

În figura 2.1. se prezinta schema unui algoritm necesar pentru proiectarea unui material structural inteligent, prevazut cu elemente care joaca rolul de senzor/ actuator.



**Fig. 2.1. Algoritm pentru realizarea unui material structurat inteligent**

Majoritatea aplicatiilor actuale ale structurilor compozite inteligente controlate activ, sunt în industria spatia. Este probabil ca multe din aceste structuri, vor fi construite treptat din structuri fasciculare identice, de mari lungimi.

Posibilitatile de automatizare ale fabricatiei unora asemenea structuri compozite fascicule, ar reduce semnificativ costurile de productie.

Exista evident un numar de metode alternative, pentru producerea structurilor compozite inteligente. Câteva din caracteristicile de baza ale unora dintre metodele alternative uzuale sunt prezentate în continuare.

### 3. METODE DE FABRICARE

#### 3.1. Formarea (asezarea) manuala

Formarea manuala a materialelor „preperg”, realizate din tesaturi de sticla impregnate cu rasina sintetica, în combinatie cu suflarea în vid si întarirea în autoclava, este cea mai folosita metoda pentru producerea componentelor compozite în industria aerospatiale.

Procedura descrisa este capabila sa produca repere de înalta calitate. Chiar daca formarea manuala este considerata un proces mestesugaresc, limitat numai de îndemânarea si dexteritatea tehnicienilor care asambleaza elementele componente, ea se bucura de o larga sustinere, deoarece pot fi realizate forme de geometrie complexa. Majoritatea structurilor inteligente facute sa dureze au fost produse manual, din tesaturi de sticla impregnate cu rasina sintetica. Asezarea manuala este o operatie extrem de laborioasa si de acea scumpa. În efortul de a reduce continutul de munca asociat asezarii manuale, au fost facute încercari de automatizare a anumitor portiuni din procedura , ca taierea automata si transferul automat al stratului de tesatura.

#### 3.2. Formarea robotizata

Formarea robotizata este o încercare de automatizare a metodei formarii manuale. Ea reuseste într-o anumita masura, sa reduca munca manuala ceruta de producerea reperelor compozite. Însa economiile de munca pot sau nu sa fie negate, de costul principial mare al echipamentelor robotizate. În general, echipamentele formarii robotizate, au mai putina flexibilitate geometrica comparativ cu metodele manuale. Aceasta constrângere geometrica limiteaza utilitatea potentiala a formarii robotizate pentru productia automata a structurilor inteligente.

#### 3.3. Formarea prin înfasurare de filamente si benzi

Înfasurarea la cald a filamentelor, a fost una din tehnicile timpurii folosite la producerea compozitelor structurale. Metoda este mai potrivita pentru producerea corpurilor de revolutie. Pot fi folosite materiale „prepreg” sau respectiv fibre uscate, care sunt umezite împreuna cu materialul matricei, în timpul operatiei de înfasurare. În laboratoarele Air Force a fost experimentata aceasta metoda si demonstrata oportunitatea utilizarii bobinajului de încalzire pentru producerea structurilor inteligente tubulare. Din pacate, dificultatea utilizarii unor mari cantitati de fibre orientate axial la fabricarea acestor structuri tubulare, limiteaza utilizarea metodei.

#### 3.4. Extrudarea-tragerea (Pultruderea).

Fibrele uscate, straturile de tesatura, materialele miezului si/sau semifabricatele împletite sunt combinate cu matricea de rasina sintetica si trecute continuu printr-o matrita (filiera) calda – fig. 3.1. Masa de baza (matricea de rasina) se întareste pe portiunea încalzita a matritei. Partile compozite finite, sunt trase în mod constant printr-un sistem de mecanisme, care conduc continuu structura din matrita, cu viteze relativ mari, pâna la câtiva metri/minut. Sistemul este recomandat pentru productia subansamblelor cu sectiune transversala constanta, cu proportii mari de fibre orientate axial. Folosind înfasurarea

tesaturii sau a filamentelor paralele (unul dupa altul), este posibil sa fie incluse straturi în unghi, în interiorul laminatului.

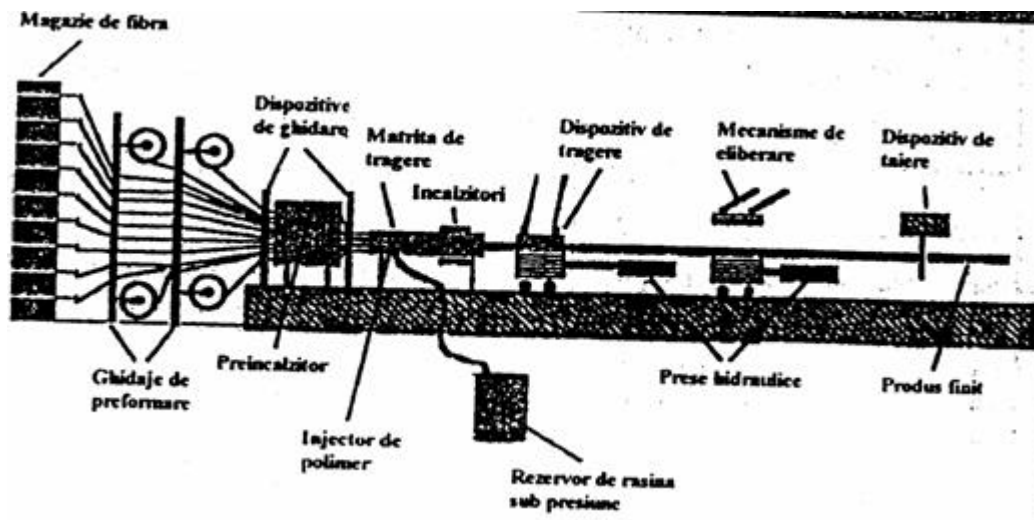


Fig. 3.1. Schema de principiu a unei instalatii de extrudare-tragere(pultrudere).

### 3.5. Formarea prin transfer a rasinii - SRTM si formare prin injectie – SRIM

Procedeele „SRTM” si „SRIM” sunt utilizate pentru obtinerea subansamblelor compozite prin asezarea fibrelor uscate într-o matrita închisa, urmata de injectia sub presiune a rasinii sintetice de legatura. Consumul de munca asociat cu asezarea materialelor de armare în matrita, înaintea injectarii sub presiune a rasinii este relativ mare, daca nu este adaugata o etapa intermediara de productie a semifabricatelor. Tehnica prezentata este capabila sa produca subansamble de mare complexitate geometrica. Continutul de fibra al componentelor SRTM si SRIM este uzual mai coborât, comparativ cu cel al subansamblelor obtinute folosind alte metode pentru producerea structurilor compozite. Din acest motiv, cele doua tehnici nu sunt potrivite pentru obtinerea structurilor de greutate scazuta, necesare în aplicatiile spatiale.

## 4.CONCLUZII

Metodele de productie automatizate, care nu cer folosirea unor materiale „pregreg” scumpe, (folosite la asezarea manuala) au fost în general de succes, privind reducerea costului de fabricatie al structurilor compozite.

În fig. 4.1. sunt comparate caracteristicile proceselor de productie ale unor compozite fabricate pe scara larga.. Graficul arata costul estimat pentru productia aceluiasi subansamblu, prin diferite metode de fabricare, realizat din 24 straturi, de 0,5 m<sup>2</sup>, la viteze de productie moderate.

Analiza arata ca „extrudarea-tragerea” (pultruderea) este de departe tehnica cu cel mai avantajos cost pentru producerea componentelor compozite structurale.

Costul scazut al echipamentelor necesare pentru fabricarea compozitelor laminate (prin extrudare/tragere) poate fi atribuit unei diversitati de factori. Deoarece procesul opereaza cu putin efort operator (mentinerea alimentarii), costurile de munca sunt drastic

reduse pentru serii de productie moderate. Utilajul este relativ ieftin, în comparatie cu alte echipamente automate pentru productia compozitelor, iar costurile de prelucrare sunt de asemenea coborâte. Pultruderea foloseste cele mai puțin costisitoare forme ale matricii constituente si respectiv cele mai avantajoase materiale de armare. La toate celelalte metode de fabricatie, câteva sau toate etapele procesului de fabricatie, trebuiesc sa fie repetate pentru fiecare articol care este fabricat. Costul operatiilor repetitive, poate sa mareasca foarte mult pretul componentului finit. Numai pultruderea(extrudarea-tragerea) produce subansamble compozite complet întarite, pe o baza continua si de aceea este capabila sa fabrice structuri întarite de orice lungime la viteze de 15 – 40 de ori mai mari, comparativ cu metodele alternative.

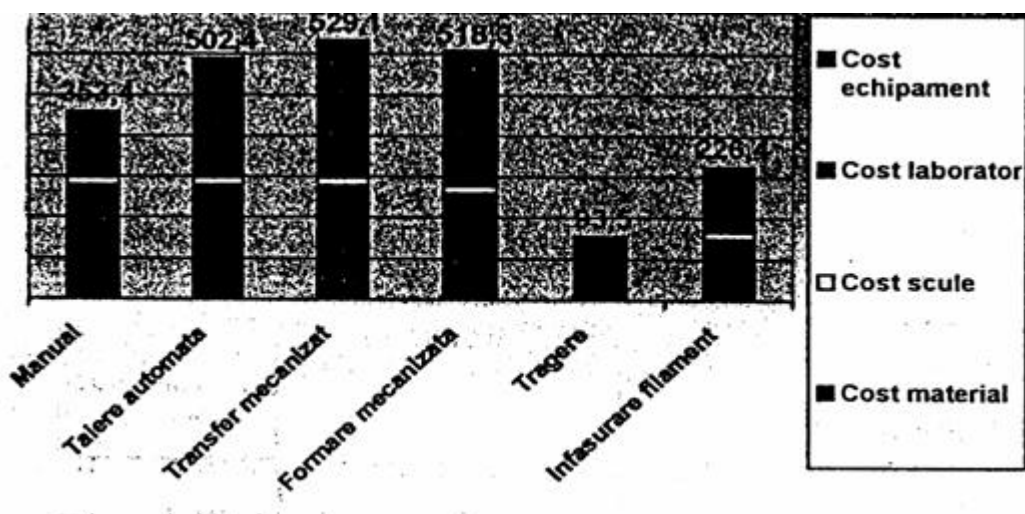


Fig. 4.1. Grafic de comparare a unor metode de fabricare a materialelor compozite inteligente, din punct de vedere al costului de fabricatie/ piesa

## Bibliografie

1. Amza Ghe., Contract RELANSIN nr. 1883/ 2004, Subprogramul 3, Universitatea Politehnica Bucuresti
2. Amza Ghe., Carp V., „Theoretical Research Concerning Intelligent Composite Materials Processing” –Analele Universitatii din Oradea, Vol. IV. 2005.
3. Brabie V, s.a., „Procedee de obtinere si turnare a materialelor metalice compozite cu particule disperse”, Rev. Constructii de masini nr. 4, 1991.
4. Berlin, A.A. „Principles of Polymer Composites”, Ed. Springer-Verlag, New York, 1986
5. Ionescu S. Szel P., „Neomateriale Ingineresti” - Litografie, UPB, Bucuresti, 1990
6. Ispas St., „Materiale Compozite” , ETP, Bucuresti 1987
7. Weeton, J.A., „Engineers' Guide to Composite Materials” Ed. American Society for Metals, Metals Park, OH. 1986