

MATERIALE COMPOZITE CARBON-CARBON

CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIAL

GAVRILĂ Bogdan, POPESCU Cristian, CRISTACHE Daniel

Facultatea de Inginerie Aerospațială, anul I, e-mail:bogdangavrila2000@yahoo.com

Conducători științifici: **Conf.dr.ing. Vasile Moga; ș.I dr.ing. Marius Dumitraș**

REZUMAT: Compozitele au o lungă istorie în industria aerospațială datorită densității reduse, rezistenței mari la căldură și rezistenței la șoc și rupere, de aceea marii furnizori se axează mai mult în acest moment spre aceste materiale. Compozitele C – C sunt unele dintre cele mai performanțe materiale folosite în aviație. Printre utilizările în industrie, cele mai importante sunt discurile de frână de carbon și scutul termic al navetelor spațiale.

ABSTRACT: Composites have a long history in the aerospace industry due to their low density, high heat resistance and resistance to shock and breakage, which is why large suppliers are now focusing more on these materials. Composites C - C are some of the best performing materials used in aviation. Among the uses in industry, the most important are carbon brake discs and the thermal shield of space shuttles.

CUVINTE CHEIE: sinterizare, carbonizare fenolica, rezistența la șoc

1. Introducere

Un material compozit, numit prescurtat compozit, este alcătuit dintr-o matrice (rășină termorigidă sau polimer termoplast) și un material de întărire. Din punct de vedere tehnic, noțiunea de materiale compozite se referă la materialele care posedă următoarele proprietăți:

- 1.sunt create artificial, prin combinarea diferitelor componente (sunt excluse compozitele naturale sau cele apărute fără intenția de a crea un compozit, cum ar fi lemnul, fontă cenușie etc.)
- 2.reprezintă o combinație a cel puțin două materiale deosebite din punct de vedere chimic, cu proprietăți anizotrope între care există o suprafață de separație distinctă, numită interfață
- 3.prezintă proprietăți pe care nici un component luat separat, nu le poate avea.

Ca o definiție generală, materialele compozite sunt sisteme de două sau mai multe componente, ale căror proprietăți se completează reciproc, rezultând un material cu proprietăți superioare celor specifice fiecărui component în parte.

Compozitele au o lungă istorie în industria aerospațială datorită densității reduse, rezistenței mari la căldură și rezistenței la șoc și rupere, de aceea marii furnizori se axează mai mult în acest moment spre aceste materiale.

2. Fabricarea compozitelor carbon-carbon

Materialele compozite Carbon-Carbon se caracterizează prin: densitate mică, modul de elasticitate și rezistență la tracțiune mari, stabilitate termică remarcabilă, temperatură de utilizare ridicată (până la 3300 °C), rezistență deosebită la șocuri termice și mecanice, coeficient de frecare ridicat, conductibilitate termică bună și rezistență la coroziune.

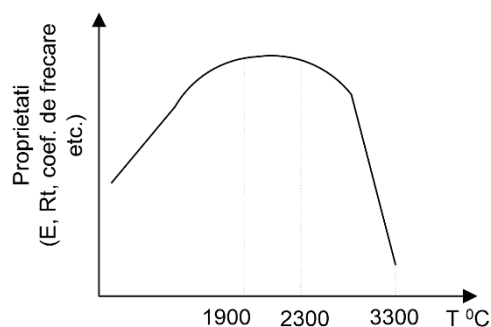


Fig.1 Variația proprietăților fizico-mecanice ale compozitului C – C cu temperatura

Compozitul carbon – carbon se poate fabrica prin 3 procedee:

✓ **Prin sinterizare.** În acest caz armătură este din fibre sau whiskers-uri de carbon iar matricea din pulbere de carbon. Procedul este extrem de costisitor datorită condițiilor deosebite la care are loc sinterizarea. Formarea punților de legătură dintre armătură și matrice prin fenomenele de difuzie și sublimare – condensare are loc la temperaturi de peste 3500 °C în atmosfera inertă și presiune ridicată. Prin acest procedeu se pot obține piese de dimensiuni mici. Piesele au o porozitate de peste 35% și în consecință proprietăți mecanice relativ modeste.

✓ **Cu lianți organici.** Cuplarea fibrelor de carbon cu matricea din pulbere de carbon se realizează cu ajutorul unui liant organic care este apoi carbonizat. Datorită liantului temperatura de utilizare a acestui compozit este de maximum (1500 – 1600) °C, ceea ce constituie un mare dezavantaj. De asemenea coeficientul de frecare este mai mic decât în cazul compozitelor carbon - carbon obținute prin sinterizare.

✓ **Prin carbonizare fenolică.** Acesta este cel mai modern procedeu de obținere a compozitelor carbon – carbon. Procedul constă în obținerea, în prima etapă, a pieselor din compozitul fenol – carbon care are matricea din rășină fenolică iar armătură din fibre de carbon. Pentru fabricarea pieselor fenol – carbon se folosesc procedeele specifice obținerii compozitelor polimerice. Aceste procedee sunt simple, bine puse la punct (mecanizate și automatizate), de aceea piesele obținute sunt ieftine. Se pot obține piese de orice dimensiune. În etapa următoare piesa fenol – carbon este carbonizată într-o autoclavă (cuptor electric ce poate realiza variația simultană a temperaturii și presiunii din interior) la o temperatură de 1000 –1200 °C. Acest procedeu a oferit posibilitatea obținerii unor piese de dimensiuni mari din carbon – carbon.

2.1.Obținerea compozitelor prin sintetizare

Sintetizarea este un proces termic, realizat într-o atmosferă controlată, prin care se urmărește consolidarea și densificarea unui amestec polidispers de pulbere prin stabilirea unor legături metalice între particule, la o temperatură sub cea de topire a componentelor sau cel puțin sub temperatura de topire a componentului principal.

1.**Sintetizarea în faza solidă** se realizează cu un transport important de material determinat de următoarele mecanisme:

- 1.fluajul vâscos sau plastic
- 2.sublimare – condensare
- 3.difuzie – de suprafață
- de volum

a. *Fluajul vâscos sau plastic.*

La contactul dintre granulele acționează forțe datorate tensiunii superficiale a solidului, pe suprafețele convexe ale granulelor acționând forțe de compresiune, iar pe cele concave ale punților de contact acționând forțe de întindere. Aceste forțe determină curgerea vâscoasă a substanței înspre zona dintre particule. Fără compresiune din exterior apare numai fluajul vâscos. Cu compresiune exterioară apare fluajul plastic. Fluaju plastic apare în cazul presării la cald. Apare contracția materialului.

b.Mecanismul de sublimare-condensare.

Transportul de material de pe suprafața granulelor la contactul dintre acestea are loc datorită diferenței dintre tensiunile de vapori la echilibru pentru suprafețe plane, convexe și concave. Astfel, $T_{\text{vapori suprafețe convexe}} > T_{\text{vapori suprafețe concave}}$, de aceea la sintetizare are loc o sublimare a substanței de pe suprafețele convexe și depunerea ei prin condensare pe suprafețele concave ale zonelor de contact dintre granule.

Mecanismul S-C determină numai o redistribuire a materialului, fără ca distanța dintre centrele granulelor să se modifice, de aceea nu apare contracția materialului.

c.Difuzia de suprafețe și de volum

Difuzia substanțelor corpurilor solide este detrimată de existența defectelor în rețelele cristaline, rolul principal în difuzie avându-l defectele punctuale.

Concentrația de vacanțe este în echilibru cu rețeaua la o temperatură dată.

Concentrația crește la creșterea T, datorită agitației termice.

Concentrația de vacanțe depinde și de tensiunile din material.

Astfel, în zonele comprimate concentrația vacanțelor este mai redusă, iar în cele nesupuse întinderii este mai mare. Direcția și intensitatea fluxului de difuzie, între diferitele părți ale cristalului, depind de gradientul de concentrație al vacanțelor dintre ele, astfel încât are loc deplasarea substanței într-un singur sens și a vacanțelor în sens opus.

În zona punctelor de legătură, datorită tensiunii de întindere, există un exces de vacanțe, de aceea atomii se deplasează în direcția ei iar vacanțele invers.

2.2.Sintetizarea prin reacție

Creșterea densității produsului se realizează datorită formării unor noi compuși, ca umare a reacției chimice din amestecul de materii prime și un componental fazei gazoase în care are loc sintetizarea. Creșterea diversității se poate realiza numai când produșii de reacție au masă mai mare în comparație cu componentul solid care reacționează.

2.3.Sintetizarea în prezența fazei lichide

În acest caz, în procesul de sintetizare apare un component în stare lichidă.

Există 2 situații:

1.componentul solid este insolubil în faza lichidă- după sintetizare componentul rămâne cu o structură eterogenă. Componentul lichid are nivel de liant.

2.componentul solid este solubil în faza lichidă - în cazul sintetizării echilibrul dintre solvent și componentul solid se realizează printr-un proces dinamic de dizolvare – precipitare.

Parametrii regimului de sintetizare sunt:

1.Temperatura de încălzire

2.Viteza de încălzire și răcire

3.Durata sintezării și mediul (atmosfera) de lucru

Temperatura (C) este cuprinsă între 2/3 și 4/5 din temperatura de topire a componentului cel mai refractor al pulberii.

Vitezele de încălzire și răcire sunt limitate de posibilitatea apariției tensiunii interne și degajării rapide de gaze.

Durata sintetizării trebuie corelată cu gradul de sintetizare urmărit. Se determină exponentul în funcție de nivelul proprietăților pe care trebuie să le obțină materialul sintetizat.

D = 30-80 minute până la 10-30 ore

3. Utilizări în industria aerospațială

Compozitele C – C sunt unele dintre cele mai performanțe materiale folosite în aviație.Materialele compozite au fost create pentru utilizări în industria aerospațială, datorită proprietăților exceptionale, cum ar fi densitatea mică, rezistența și rigiditate mari, precum și protecție ignifugă bună. Producătorii de avioane și furnizorii acestora se concentrează tot mai mult pe eficiența și rapiditatea producției.Printre

utilizările în industrie, cele mai importante sunt discurile de frână de carbon și scutul termic al navetelor spațiale.

Scutul termic, sau sistemul de protecție termică este o parte esențială a unei nave spațiale care trebuie să efectueze o reintrare atmosferică, sau al unui vehicul care se deplasează cu viteză mare, în atmosfera unei planete. Scopul său este de a proteja vehiculul de căldura pe care o dezvoltă atunci când se deplasează la viteză mare într-o atmosferă.

Există două tipuri principale de scuturi termice:

-scuturi din materiale reutilizabile, care nu își schimbă masa și proprietățile după expunerea la mediul de reintrare- materiale compozite

-scuturi din materiale ablativă, care dispun de sarcini termice prin schimbări de fază și pierdere de masă- materiale ceramice

Frânele avioanelor sunt, în mare parte, făcute din materiale compozite, care conțin o proporție mare de carbon, datorită rezistenței mari la temperatură.

Compozitele de carbon-carbon îndeplinesc toate cerințele unui sistem de frânare eficient, având o densitate foarte mică, de $1,8\text{g/cm}^3$, și stabilitate termomecanică foarte ridicată. Înlocuirea oțelului cu compozite carbon-carbon a dus la reduceri însemnate de masă, nu doar pentru Concorde, aproximativ 600kg, dar și pentru avioane mai mari, civile și militare, cum ar fi Boeing 747 și C-17 Globe Master. Din punctul de vedere al ingineriei materialelor compozite de carbon, trebuie făcută o diferențiere între fibrele de carbon cu temperaturi intermediare de tratament, circa $1,600^\circ\text{C}$, și fibre grafitate cu temperaturi foarte ridicate, de până la $2,500^\circ\text{C}$.

Una dintre cele mai importante proprietăți ale compozitelor carbon-carbon este stabilitatea mare termodinamică, ceea ce duce la o menținere a proprietăților de fricțiune până la temperaturi foarte ridicate, astfel discurile fabricate din acest material fiind eficiente pe o scară mare de temperatură.

4. Concluzii

Astăzi, fibra de carbon este fibra cu cea mai mare răspândire în industria aerospațială. În ultimele două decenii, proprietățile fibrelor de carbon au crescut spectaculos ca rezultat al cererii de materiale cât mai rezistente și cât mai ușoare. Ca și raport rezistență/greutate, fibra de carbon reprezintă cel mai bun material ce poate fi produs la scară industrială în acest moment.

Capacitatea mondială de producție înregistrează o continuă creștere de la apariția materialului până în prezent, un salt spectaculos fiind înregistrat odată cu demararea proiectului Boeing 787 Dreamliner.

5. Bibliografie

- [1]. Alan Backer, Stuard Dutton, Donald Kelly – Composite Materials for Aircraft Structures, AIAA Education Series, 2004, Technology and Engineering, 599p, Second edition
- [2]. LUPESCU, Mihai Bogdan – Fibre de Armare pentru Materialele Compozite, București, Ed. "Tehnica" 2004, 255p, ISBN 973-31-2212-2
- [3]. Jimenez M., Gadow R. - Carbon fiber-reinforced carbon composites for aircraft brakes, American Ceramic Society Bulletin, Vol.98, No. 6