



## INFLUENȚA INTERFEȚEI ȘARJĂ/MATRICE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR MECANICE ALE MATERIALELOR COMPOZITE

Dorel BUNCIANU, Mihai JĂDĂNEANȚ

### INFLUENCE OF INTERFACE BATCH/MATRIX COMPOSITE MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES

The objective of this article is to present the means used for experimental characterization of materials studied, the manufacturing process of composite materials, specimen's preparation test for metal surfaces required for imaging by electron microscopy, and behavior analyzing interface/matrix.

Keywords: composite materials, resins, kaolin

Cuvinte cheie: materiale compozite, rășini, caolin

#### 1. Determinarea masei volumice

Masa volumică reală este determinată folosind metoda balanței hidrostatice, în conformitate cu norma NF T 51-561; această metodă bazată pe principiul lui Arhimede, este mult mai precisă decât un simplu raport masă/volum. Masa volumică a probelor este determinată pe o medie de două eșantioane prin dubla cântărire la 22 °C.

Pentru determinarea valorii masei volumice se folosește formula următoare:

$$\rho = \frac{\rho_e \times m_r}{m_r - (m_f - m_p)} \quad (1)$$

în care avem:  $\rho$ ,  $\rho_e$ : în  $\text{g/cm}^3$ , sunt respectiv masa volumică a eșantionului și a lichidului de imersie. Ca lichid de imersie se folosește apă la  $22\text{ }^\circ\text{C}$ , deci  $\rho_e \approx 1\text{ g/cm}^3$ .

$m_r$ ,  $m_f$ ,  $m_p$ : sunt respectiv masa probei în aer liber, masa ansamblului port epruvetă și epruvetă în lichidul de imersie, și masa de port-epruvetă în lichidul de imersie.

Rezultatele determinate experimental sunt prezentate în tabelele 1 și 2 pentru diferite tipuri de probe :

- În tabelul 1 sunt prezentate valorile densității rășinii încărcate cu diferite procentaje de șarjă de caolin (K) :

Tabelul 1

Rata șarjei V(%)	5 %	10 %	15 %	20 %
$\rho_m$ (g)	1,56 g	3,12 g	4,68 g	6,25 g

- În tabelul 2 sunt prezentate valorile densității rășinilor încărcate cu diferite procentaje de șarjă de metacaolin (MK):

Tabelul 2

Rata șarjei V(%)	5 %	10 %	15 %	20 %
$\rho_m$ (g)	1,56 g	3,12 g	4,68 g	6,25 g

Incorporarea caolinului (K) și metacaolinului (MK) în rășini duce la o creștere a densității acestora și remarcăm că densitatea crește odată cu creșterea procentajului de șarjă.

## 2. Prepararea materialelor compozite și a eșantioanelor de probă

Eșantioanele de probă sunt preparate conform raportului masic între monomer și întăritor ( $R_m = 0,2$ ), raport ce este pus la dispoziție de furnizor (PROXI). Vom folosi 100 % material compozit și 2 % de material întăritor, plus un raport de șarjă care este măsurată în raport cu procentul volumic al rășinei (5, 10, 15 și 20 vol %). Această șarjă este uscată în prealabil în cuptor la  $100\text{ }^\circ\text{C}$  pentru o perioadă de 24 h, după care se amestecă rășina poliesterică nesaturată un timp de aproximativ 15 min într-o baie ultrasonică (figura 1). Acest procedeu este urmat de introducerea agentului de întărire și se amestecă pentru un timp de 10

minute în baia ultrasonică pentru eliminarea bulelor formate în timpul amestecului cu șarja de material, iar în etapa următoare întregul amestec este turnat în matrița de turnare și este plasată pentru un timp de 10 minute pe o placă vibrantă, la o frecvență de 70 Hz pentru eliminarea tuturor bulelor de aer formate în timpul turnării în matrițe.



Fig. 1 Placa vibrantă

Baia ultrasonică

Pentru încercările de tracțiune, epruvetele de încercare au fost realizate în conformitate cu norma EN ISO 3167 Tip A. Forța aplicată asupra epruvetelor de încercare este măsurată în timpul încercării, iar un extensometru permite determinarea deformării materialului supus încercării.

### 3. Analize asupra diferitelor familii de rășini

Datorită reglementărilor în vigoare și normelor europene REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) în vederea reducerii poluării la nivel global, prin creșterea utilizării materialelor naturale, și încurajarea industriei chimice de a utiliza materiale mai puțin nocive cu mediul înconjurător, pentru realizarea acestei lucrări, am făcut o analiză atentă asupra diferitelor tipuri de polimeri și familii de rășini (epoxidice, polisterice etc.).

În vederea optării asupra cărei familii de rășini să continuăm cercetarea au fost realizate încercări atât în ceea ce privește vâscozitatea rășinilor, dar și realizarea unor încercări mecanice de tracțiune pentru compararea rezultatelor obținute.

Vâscozitatea rășinilor epoxidice (IP) și acrilice (KM-U), este destul de ridicată, și nu permite introducerea unei cantități ridicate de șarjă naturală în amestec. Cantitatea maximă care poate fi introdusă este de 10 % volumic, ceea ce înseamnă aproximativ 20 % din masa materialului. După această cantitate de șarjă introdusă, amestecul materialului compozit este aproape imposibil de folosit, sau necesită

utilizarea unor materiale de adaos (solvanți), care să fluidizeze amestecul materialului compozit.

Rășinile poliesterice au o vâscozitate mult mai scăzută și permit introducerea unei cantități semnificative de șarjă în rășină. În încercările realizate, cantitatea maximă ce poate fi introdusă în amestecul cu rășina poliesterică este de 20 % volumic, ceea ce înseamnă aproximativ 40 % masic, după această cantitate de șarjă introdusă amestecul nemaiputând să fie realizat, datorită vâscozității ridicate a compozitului.

Rezultatele obținute în urma încercărilor sunt prezentate atât sub formă de tabel (3) cât și sub formă grafică (figura 2).

În tabelul 3 sunt prezentate valorile la tracțiune pentru cele trei familii de rășini (IP, KM-U și IS) în formă pură, fără adaos de șarjă.

Tabelul 3

Tipul de rășină	Procentajul de șarjă încorporată (%)	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{rup}$ (%)	E (GPa)
Epoxi IP	0	1253,67	5,76	10,98
Acrilică KM-U	0	1167,44	3,53	54,47
Poliesterica 2S	0	1355,10	35,34	

Trasarea rezultatelor la tracțiune sub formă de grafic, (figura 2) duce la o bună evidențiere a lor și o ușoară interpretare.

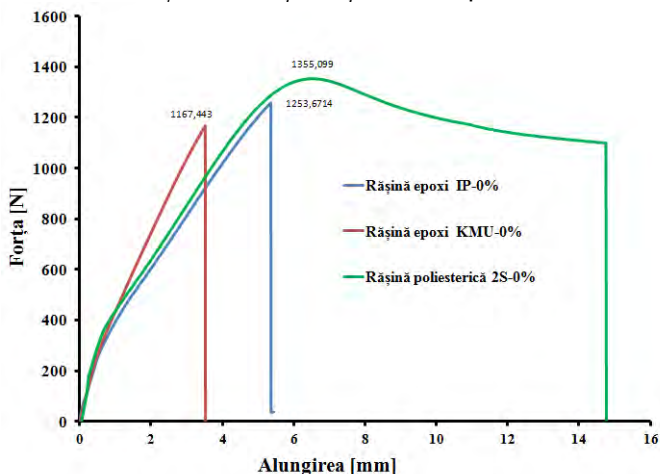


Fig. 2 Rezultatele încercărilor la tracțiune a diferitelor tipuri de rășini fără adaos de șarjă

Pentru rășina epoxidică IP se poate observa un comportament liniar al curbei de tracțiune până la atingerea valorii maxime ( $F=1253$  N) și o alungire maximă, unde este urmată de o rupere bruscă a epruvetei de încercare la tracțiune.

Rășina acrilică KM-U, are un comportament similar cu cel al rășinii epoxidice IP unde curba de tracțiune are de asemenea un comportament liniar până la atingerea valorii maxime ( $F = 1167$  N). După această valoare avem de asemenea o rupere bruscă a epruvetei de încercare.

Acest comportament non-elastic este specific rășinilor epoxidice, la care în momentul atingerii valorii maxime intervine ruperea bruscă a epruvetei de tracțiune.

Rășina poliesterică 2S prezintă un comportament liniar până la atingerea valorii maxime ( $F = 1355$  N) și, urmat de un comportament vâsco-elastic și atingerea valorii maxime la alungire ( $\Delta = 14,81$  mm), unde a fost urmată de o rupere bruscă a epruvetei supusă încercării de tracțiune. Acest comportament poate fi observat doar la acest tip de rășină, lucru care ne-a atras atenția.

O altă etapă importantă este folosirea aceleiași familii de rășini în compoziția cărora am introdus o anumită cantitate de șarjă în funcție de tipul de rășină utilizat.

Pentru rășinile epoxidice (IP) și acrilice (KM-U) cantitatea de șarjă utilizată este de doar 10 % volumic (aprox. 20 % masic), datorită vâscozității ridicate ale acestora, iar o cantitate mai ridicată de șarjă duce la imposibilitatea realizării amestecului între rășină și șarja de material. Pentru rășina poliesterică 2S vom folosi o cantitate de șarjă de 20 % volumic (aproximativ 40 % masic), deoarece vâscozitatea acesteia este mult mai scăzută, lucru ce duce la posibilitatea realizării amestecului între rășină și șarja de material.

În urma încercărilor experimentale de tracțiune realizate în cadrul laboratorului am obținut o serie de valori, pe care le-am transpus în tabelul 4.

Tabelul 4

Tipul de rășină	Procentajul volumic de șarjă încorporată (%)	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\text{rup}}$ (mm)	E (Gpa)
Epoxi IP	10	977,78	3,11	49,35
Acrilică KM-U	10	607,5	3,72	23,02
Poliesterică 2S	20	1198,39	4,35	40,13

Rezultatele experimentale ale rășinilor încărcate cu un procentaj de șarjă de 10 % sau 20 % obținute în urma încercărilor realizate în laborator au fost transpuse și sub formă de grafic în figura 3.

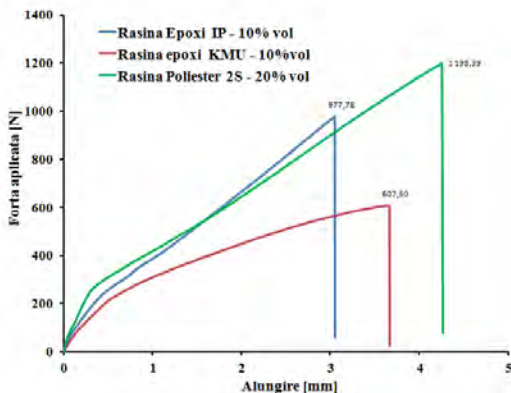


Fig. 3 Rezultatele încercărilor la tracțiune a diferitelor tipuri de rășini cu adaos de șarjă

#### 4. Interpretarea rezultatelor obținute

În urma introducerii șarjelor de material în diferite procentaje de șarjă în materialul polimeric, comportamentul epruvetelor supuse încercării au un comportament diferit, comparativ cu rezultatele obținute în urma încercărilor pe epruvetele fără șarjă de material.

Pentru rășina epoxidică **IP** cu un procentaj de șarjă de 10 % vol. comportamentul este de asemenea unul liniar, similar rășinilor fără șarjă, însă forța la rupere se diminuează, ajungând doar până la ( $\sigma_{\max} = 977,78\text{N}$ ), iar alungirea materialului este de asemenea de valoare mai mică ( $\epsilon_{\text{rup}} = 3,11 \text{ mm}$ ). Acest lucru confirmă faptul că introducerea unei cantități de 10 %vol. de șarjă duce atât la reducerea forței la rupere cât și alungirea specifică față de matricea IP fără șarjă.

Rășinile acrilice **KM-U** încărcate cu o șarjă de material de 10 % volumic, (aprox 20 % masic) au un comportament diferit față de matricea fără șarjă de material. Realizarea încercărilor mecanice de tracțiune, arată că odată cu introducerea unei șarje de material având

un procentaj de 10 %, avem o diminuare însemnată a forței la rupere ( $\bar{\sigma}_{\max} = 607,5\text{N}$ ) dar o mică creștere a alungirii materialului ( $\epsilon_{\text{rup}} = 3,72$  mm). Acest lucru poate fi explicat prin faptul că rășina acrilică KM-U este prezentă sub formă de pudră, iar introducerea unei șarje de material care este prezentă tot sub formă de pudră duce la formarea de aglomerații de material la nivelul microstructurii materialului. Prezența acestor aglomerații în interiorul matricei epoxi duce la o reducere drastică a forței la rupere.

Pentru justificarea acestor explicații am prelevat câteva imagini de pe suprafața materialului cu ajutorul microscopului electric cu baleiaj care sunt prezentate în figura 4.

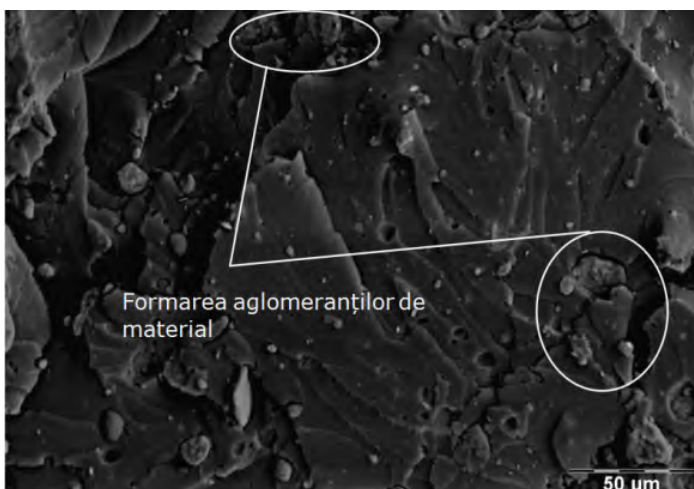


Fig. 4 Rata șarjei de caolin de 10 % în rășina acrilică KM-U

În figura prezentată mai sus se poate observa cum granule de material de dimensiuni micrometrice se lipească între ele, dând naștere unor formațiuni granulare de dimensiuni însemnate, reducând astfel rezistența la tracțiune a materialului supus testării.

## 5. Concluzii

■ Pentru rășinile poliesterice **2S**, vâscozitatea scăzută a acestora permite introducerea unui procentaj de șarjă ridicată de material de adaos. Cu toate că prin introducerea unei șarje de 10 % de

material în interiorul matricei poliesterice am obținut rezultate net superioare la tracțiune față de introducerea unei cantități de 20 % de șarjă, am ales evidențierea rezultatelor pentru acest procentaj de șarjă. Am insistat asupra acestui aspect, deoarece unul dintre obiectivele acestei lucrări este și acela de a reduce consumul global de rășină.

■ Comportamentul la încercările mecanice de tracțiune al rășinii încărcate 2S se remarcă printr-o reducere destul de mică a forței la rupere: (2S – 20 % = 1198,39 N, față de 2S – 0 % = 1355,10 N), comparativ cu o reducere drastică a alungirii materialului (2S – 20 % = 4,35 mm, față de 2S – 0 % = 14,81 mm).

Drd.Ing. Dorel BUNCIANU  
Școala Doctorală, Universitatea „Politehnica” din Timișoara,  
e-mail: dorelbuncianu@yahoo.com

Prof.univ.em.Dr.Ing. Mihai JĂDĂNEANȚ  
Școala Doctorală, Universitatea „Politehnica” din Timișoara,  
membru AGIR  
e-mail: mihai\_jadaneant@yahoo.com