

# MATERIALUL PLASTIC REGENERABIL CU APLICAȚII ÎN INDUSTRIA AEROSPAȚIALĂ

**GEORGESCU Adina-Mihaela**

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Vasile MOGA**

**REZUMAT:** Masele plastice au devenit atât de folosite, înlocuind cu succes metalul, aluminiul, sticla, hârtia sau alte materiale tradiționale. Acest lucru a fost posibil deoarece au proprietăți de rezistență mecanică și de coroziune ridicate și o masă scăzută. Sute de oameni de știință din întreaga lume au muncit continuu pentru a remedia unul dintre dezavantajele acestui material: odată ce plasticul se fisurează sau se crapă, repararea este dificilă, iar în unele cazuri, imposibilă. Plasticele regenerante au devenit un fel de Sfântul Gral în industria materialelor. O modalitate de a se materializa visul cercetătorilor este aceea în care plasticul conține microcapsule care odată sparte la pătrunderea fisurii, eliberează compuși chimici speciali. O altă modalitate este aceea în care pentru reparare se imită sistemul vascular uman, astfel că prin niște vase conducătoare se introduce un mixt fluid de substanțe care printr-o reacție chimică reumple avaria materialului.

**CUVINTE CHEIE:** polimerizare, regenerabil, inteligent, fisură, vindecare

## 1 INTRODUCERE

În urmă cu 40 de ani, plasticul depășea metalul, fiind cel mai folosit material în întreaga lume. Desigur, polimerii care sunt mai ieftini, mai malebili, au facilitat tehnologia modernă, preluând roluri cheie în industria constructoare de mașini, aerospațială și cea a telefoanelor mobile. Există totuși un dezavantaj: spre deosebire de metalele pe care le înlocuiește, plasticul este foarte greu de reparat, chiar și o fisură nedetectabilă cu ochiul liber poate compromite rezistența materialului.

O nouă clasă de materiale plastice inteligente a fost creată astfel încât să aibă capacitatea de a se regenera și de a rezolva problema fisurilor de la nivelul telefonului sau de pe aripa avionului.

Prin lucrarea de față am urmărit evoluția acestei tehnologii, care, potrivit oamenilor de știință, în câțiva ani ar putea fi folosită pentru fabricarea bunurilor comerciale.

## 2 STADIUL ACTUAL

Ideea materialelor care se repară în regim autonom a existat din timpul în care inginerii au inventat rezervorul pentru combustibil, în cel de-al Doilea Război Mondial. Atunci erau create cu scopul de a se reface când erau lovite de gloanțe.

De atunci au mai fost create, folosind această tehnologie, componente pentru mașini, care să împiedice scurgerile de diferite feluri.

În ultimii ani, masele plastice au fost gândite să aibă abilitatea de a se repara singure, fie cu ajutorul microcapsulelor, fie printr-o rețea de capilare care

după deteriorare eliberează agenți de refacere care se scurg în crăpătură, închizând și întărind zona.

<sup>1</sup> Specializarea Inginerie Aerospațială;

E-mail: [mihaela\\_adina\\_13@yahoo.com](mailto:mihaela_adina_13@yahoo.com);

## 3 IMPORTANȚA MASELOR PLASTICE ÎN INDUSTRIA AEROSPAȚIALĂ

Larga utilizare a maselor plastice a făcut ca sinteza polimerilor să devină una dintre cele mai importante activități ale industriilor chimice. Odată cu aceasta s-a dezvoltat, în paralel, industria de prelucrare a materialelor plastice și de transformare a acestora în produse utile.

Polimerii s-au afirmat datorită proprietăților lor deosebite (rezistență mecanică și termică, rezistență la coroziune, densitate mică, prelucrabilitate ușoară, conductivitate electrică și termică reduse) ca materiale noi, utilizabile în condiții în care materialele clasice nu făceau față.

Materialele plastice au permis rezolvarea unor probleme de cea mai mare importanță pentru domenii de vârf ale tehnicii: în construcțiile aerospațiale, electrotehnică și electronică (izolatori ai conductorilor electrici). Materialele plastice au egalat rezistența mecanică a metalelor, dar sunt mult mai ușoare și mai rezistente la agenții atmosferici, acvatici și chimici (firele transatlantice); sunt tot așa de transparente ca și sticla, dar incasabile; rezistă la umezeală și bacterii.

La avioanele supersonice, în timpul zborului, suprafața metalică poate atinge temperaturi de până la 300°C. Materialele plastice din care sunt realizate parbrizul, geamurile, garniturile de etanșare de la usi, ferestrele și trapele trebuie să reziste acestor

temperaturi. În anvelopele avioanelor de mare viteză se dezvoltă la aterizare, pentru foarte scurt timp, temperaturi de peste 320°C; polimerii utilizați în acest scop trebuie să-și mențină comportarea elastică și să reziste suprasolicitărilor. Densitatea de 5 până la 9 ori mai mică decât a metalelor recomandă utilizarea materialelor plastice în aeronautica.

Probleme complicate legate de stabilitatea termică la temperaturi foarte ridicate au fost rezolvate prin utilizarea materialelor plastice.

De exemplu: 1.vârful de atac al rachetelor necesită o finisare perfectă, rezistență termică și în plus, o perfectă stabilitate dimensională la șocurile de temperatură specifice vitezelor și altitudinilor mari. Lipsa dilatărilor și contracțiilor, necesare unei bune dirijări a navei nu poate fi obținută prin utilizarea unei piese metalice, sensibilă la variațiile de temperatură. Un stratificat de polimer fenolic a rezolvat această problemă datorită coeficientului său de dilatare termică mic și a bunei sale stabilități termice;

2.ajutajul prin care ies gazele de combustie la motoarele racheta nu poate fi realizat numai din metal, dar nici numai din material plastic, datorită temperaturilor foarte mari: 3000-3500°C. Prin combinarea acestor doua materiale s-a rezolvat problema. Suprafața metalului se acoperă cu un polimer corespunzător (de exemplu cu un polimer fenolic). Adus la temperatură înaltă, datorită fenomenului de ablațiune, polimerul se carbonizează (nu arde), iar stratul format, având structură poroasă, devine izolan termic, ceea ce încetinește procesul de descompunere. În final, se obține un strat cu calitate de izolan termic excepțional. De exemplu, dacă în anumite condiții o suprafață de oțel neprotejată ajunge la 1000°C, prin aplicarea unui strat de protecție din teflon de 5mm temperatura de la suprafața metalului ajunge să fie de numai 150°C.

#### 4 STADIILE DE DEZVOLTARE A TEHNOLOGIEI DE REGENERARE A MATERIALELOR PLASTICE

##### 4.1 Prima etapă. Anul 2001

Structurile polimerice sunt predispuse la deteriorare sub formă de crăpături, care pătrund adânc în structură, unde sunt greu detectabile și aproape imposibil de reparat. Fisurile determină degradarea mecanică a materialelor plastice ranforsate cu fibră de carbon, iar în cele cu componente microelectronice pot determina probleme electrice. Microcrăpăturile formate în urma oboselii termice și mecanice reprezintă, de asemenea, o problemă cunoscută în utilizarea materialelor polimerice. Odată ce s-au format fisurile

în materialele polimerice, întreaga structură este compromisă semnificativ. În anul 2001 a fost inovat un material cu structură polimerică cu proprietatea de a repara crăpăturile în regim autonom. Până atunci, au mai existat proiecte de cercetare asupra conceptului de „auto-reparare”, dar metodele necesitău și intervenția umană.

Cercetătorii de la Universitatea Din Illinois au creat un material polimeric care poate să se repare singur în mod repetat atunci când se fisurează. A reprezentat un pas important în industria materialelor pentru avioane și pentru navele spațiale.

Materialul conținea un agent chimic de regenerare microîncapsulat care era eliberat odată cu pătrunderea crăpăturii. Polimerizarea agentului era declanșată la contactul cu catalizatorul, încorporat în material, reparând fisura. Experimentele au arătat o refacere în proporție de 75% a materialului.

A fost dezvoltat astfel, un nou material polimeric cu abilitatea de a repara crăpăturile în regim autonom și de a își recăpăta funcțiile structurale. Astfel de materiale vor îmbunătăți siguranța și durata de funcționare a polimerilor cu aplicație largă, de la microelectronice până la nave spațiale. Acest concept poate fi transferat și în clasa de materiale casante, de exemplu sticla sau ceramica.

Un agent „vindecător” microîncapsulat este eliberat în structura matricei compozitului care conține un catalizator capabil să declanșeze reacția de polimerizare a agentului de refacere.

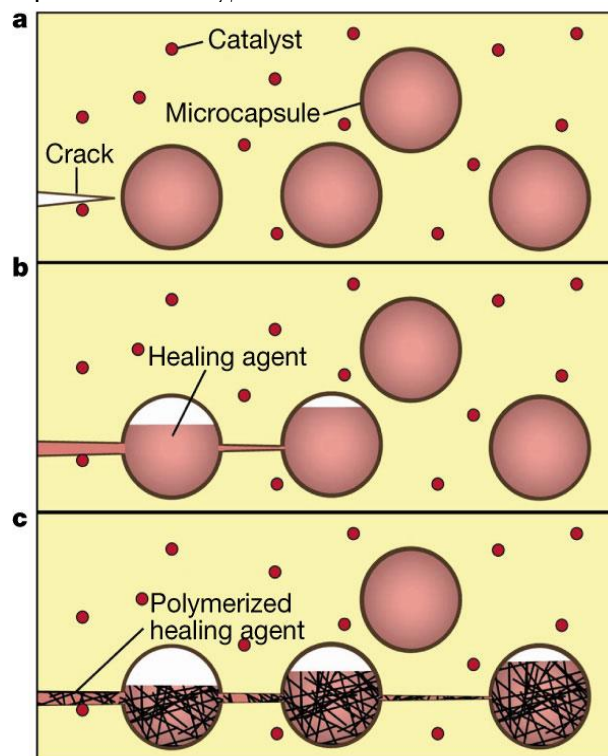
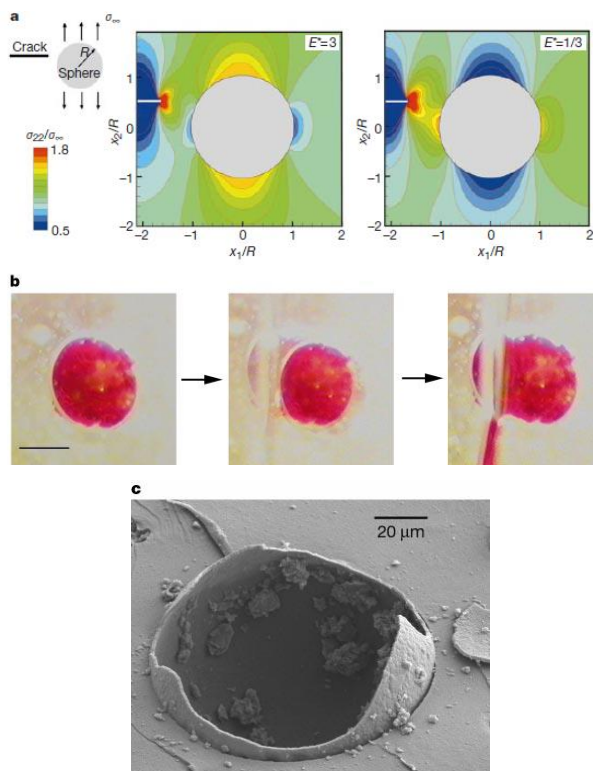


Fig. 1. Principiul reparării autonome

a- fisurile se formează în matrice:

b- crăpătura sparge microcapsulele, eliberând agentul reparator în crăpătură;

c- agentul intră în contact cu catalizatorul și declanșează reacția de polimerizare care închide fisurile.



**Fig. 2. Spargerea microcapsulei și eliberarea agentului reparator**

a- Starea de tensiune apare în vecinătatea unei fisuri plane, când se apropie de o incluziune sferică încorporată într-o matrice linear elastică și este supusă la o încercare la tracțiune acționată perpendicular pe planul fisurii. Cifrele din stânga și dreapta imaginii corespund unei includeri de trei ori mai rigide și de trei ori mai lejere decât matricea înconjurătoare.

b- O imagine care surprinde o secvență dintr-un video care prezintă spargerea unei microcapsule și eliberarea agentului „vindecător”. Un colorant roșu a fost adăugat pentru o mai bună vizualizare. Timpul necesar procesului este de 1/15 secunde.

c- Scanarea la nivelul electronilor a surprins o imagine care arată planul fisurii dintr-un material regenerat și spargerea microcapsulei cu uree-formaldehidă în matrice.

## 4.2 Etapa a doua. Anul 2007

În anul 2007, cercetătorii de Universitatea din Illinois revin cu o nouă cercetare și reușesc pentru prima oară să dezvolte un material care se poate repara singur în mod repetat fără vreun ajutor extern.

Nancy Sottos, profesor de știința materialelor la Universitatea din Illinois, alături de colegii săi a creat un material inovator care să imite pielea umană. Dacă stratul exterior, epidermul, este vătămat, atunci hipodermul, care conține o rețea bogată de capilare, trimite nutrienți către rană pentru facilitarea procesului de vindecare. Asemănător se desfășoară și procesul de regenerare a plasticului. Materialul conține un strat polimeric epoxidic depozitat pe un substrat care conține o rețea tridimensională de microcanale. Stratul epoxidic conține particule catalizatoare, în timp ce canalele din substrat sunt pline de un lichid - agent de reparator. În cazul unei crăpături, aceasta străbate stratul polimeric și ajunge în microcanalele din substrat. Astfel se declanșează pătrunderea lichidului reparator din rețeaua conducătoare în crăpătură. Aici ajunge în contact cu substanța catalizatoare și după zece ore se transformă într-un polimer, umplând crăpătura.

Întreg sistemul nu necesită vreo forță externă pentru a putea împinge agentul reparator în crăpătură. Lichidul urcă prin canale la fel ca apa printr-un pai.

Oamenii de știință au reușit să crape materialul și acesta să se repare de șapte ori, până când catalizatorul s-a consumat. Atunci, cercetătorii declarau că în următorii ani materialele ar trebui să fie capabile să se refacă de mult mai multe ori. Deja erau prevăzute îmbunătățirile: materialul va fi un sistem compus din două părți, în care va fi injectat în fisură, atât un agent de „vindecare”, cât și un catalizator; va fi îmbunătățită capacitatea materialului de refacere prin adăugarea unui mic rezervor la rețeaua de microcanale, astfel că dacă se termină lichidul reparator sau catalizatorul, rezervorul va putea pompa mai mult.

Dezvoltat după modelul pielii umane, noul material care se repară singur în repetate rânduri este compus din două straturi. Învelișul polimeric conține particule catalizatoare răspândite în tot conținutul său. Substratul conține o rețea de microcanale care transportă un agent de „vindecare” sub formă lichidă. Când învelișul se fisurează, iar crăpătura se extinde în profunzimea materialului ajungând până la canale, acestea eliberează lichidul. Agentul intră în reacție cu substanța catalizatoare și formează un polimer care va umple fisura.

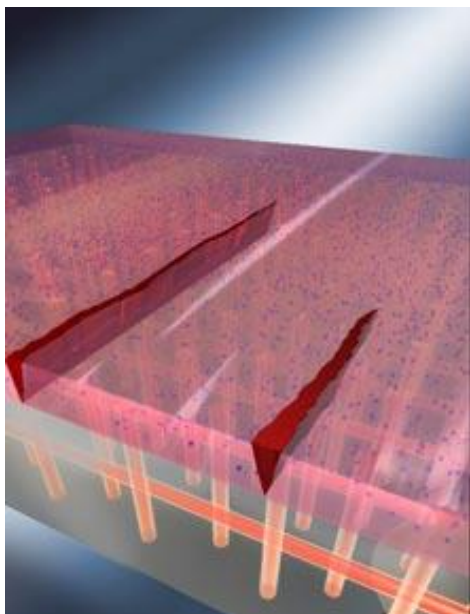


Fig. 3. Structura materialului plastic

#### 4.3 Etapa a treia. Anul 2014

Cercetătorii de la Universitatea din Illinois au dezvoltat până acum materiale care se pot vindeca în regim autonom, la nivel microscopic. Noile materiale regenerabile, reumblu fisuri mari și găuri prin reconstrucția materialului, într-un timp mult mai scurt decât înainte. Ultima cercetare a fost publicată în luna mai, 2014, în revista „Science”.

Principala diferență între acest nou sistem și cel cu strat epoxidic este aceea că: în cel cu strat epoxidic reacția chimică de polimerizare se declanșează la contactul dintre cei doi agenți, dar într-un timp mult mai mare decât la materialul nou dezvoltat, pentru care a fost creat un sistem supus la două transformări diferite.

Profesorul Jeffrey Moore declara că prin munca lor au reușit să demonstreze refacerea unui sistem de materiale inerte și sintetice într-un mod care seamănă cu refacerea unor sisteme vii. Astfel de capacități de autoreparare reprezintă un real succes, nu numai pentru bunurile comerciale (de exemplu o mașină care se reface în urma unui accident în doar câteva minute) ci și pentru componente sau produse greu de înlocuit sau reparat, ca de exemplu cele folosite în industria aerospațială.

Noutatea vine prin adăugarea unui sistem vascular artificial. Ideea constă în umplerea pseudo-venelor cu substanțe chimice lichide astfel că atunci când plasticul se fisurează, substanțele intră în reacție și se solidifică. Amestecul chimic și procesul de solidificare pot suna familiar celor care au folosit rășinile epoxidice. Dar, Brett Krull, co-autor al cercetării, spune că echipa a renunțat la epoxidice, în

mare parte din cauza timpului îndelungat de reacție. Substanțele chimice ajung prin două canale separate. Reacția de amestecare pentru umplerea golului are loc în două etape. Inițial, substanțele formează un schelet suport din gel peste gaură. Apoi, gelul se întărește lent într-o structură plină, solidă.

Cercetarea a arătat că se pot umple fisuri de 35mm într-un timp de 20 de minute, iar funcțiile mecanice sunt recuperate în trei ore. Testele au arătat că materialul își recapătă 62% din rezistența sa originală.

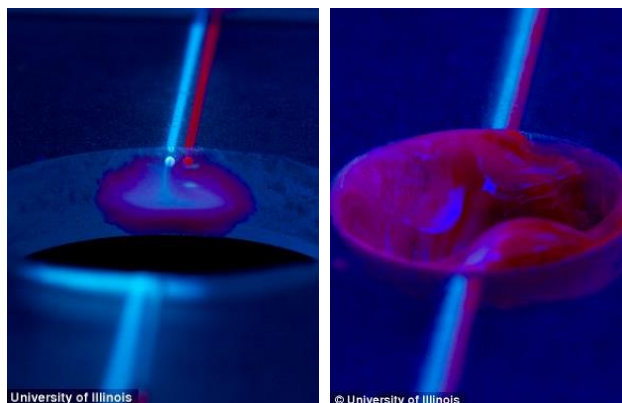


Fig. 4. Etapele procesului de vindecare

Cercetătorii încă se confruntă cu diverse provocări în procesul de dezvoltare al materialelor regenerabile, inclusiv cum să crească eficiența rețelei vasculare din material fără să fie afectată rezistența sau performanța. De asemenea, echipa dorește să confere materialului capacitatea de a își repara fisurile de mai multe ori. Și amestecul chimic de substanțe va fi probabil îmbunătățit pentru a putea umple găuri mai mari, crăpăturile mari din materiale provocând încovoierea gelului format din substanțele chimice. Cercetătorii se gândesc să folosească o spumă care să traverseze canalele înloc de un fluid, așa cum se întâmplă acum, astfel materialul poate reface zone mari afectate.

## 5 DIRECȚII DE DEZVOLTARE ALE TEHNOLOGIEI ÎN INDUSTRIA AEROSPAȚIALĂ

Materialele regenerabile încă au o aplicație limitată. Sunt potrivite pentru fisurile microscopice, dar nu și pentru găurile mari dintr-un panou plastic. Dacă s-ar folosi pentru găuri prea mari atunci mixul chimic cel mai probabil se va scurge din gaură.

Cercetătorii de la Universitatea din Bristol au proiectat și dezvoltat o aripă de avion care are capacitatea de a se repara în timpul zborului și care prevestește o inovație în tehnologia materialelor regenerabile.

Munca de cercetare a durat trei ani și a fost dezvoltată ca o inovație care poate fi aplicată tuturor materialelor compozite cu fibre de carbon. Profesorul Dunca Wass, coordonatorul echipei de știință, speră că produsele regenerabile vor ajunge la consumatori în viitorul foarte apropiat.

Printr-o colaborare cu inginerii aerospațiali, echipa a dorit să afle o modalitate pentru a preveni micile fisuri, nedetectabile, care pot apărea în aripa și fuselajul avionului.

Echipa s-a concentrat asupra materialelor compozite ramforsate cu fibră de carbon și au venit cu ideea de a adăuga microsferă în material, atât de mici încât pentru ochiul uman arată ca o pudră. La impact, acestea se sparg și eliberează un agent lichid reparator. Acesta intră în reacție cu un catalizator, declanșează o reacție chimică rapidă și în final se coagulează.

Această tehnologie aduce un mare avantaj în industria aerospațială: verificările tehnice de siguranță ar fi mai ieftine și mai ușor de realizat. Un colorant poate fi adăugat în agentul reparator pentru ca după deteriorare acesta să apară ca o învinețire a materialului.

Materialele plastice sunt din ce în ce mai folosite în construcția avioanelor moderne și în aparatele de zbor militare. De aceea, această inovație este perfectă pentru industria aerospațială. Astfel, valoarea materialelor compozite va crește, se va prelungi durata dintre reviziile de mentenanță și vor fi folosite mai puține materiale, bineînțeles fără să fie compromisă siguranța.

Aripa avionului este cea mai importantă aplicație a tehnologiei datorită nevoii de siguranță. În urma testelor, aripile supuse acestui procedeu de refacere sunt în general mai rezistente decât cele originale.

Cercetătorii afirmă că astfel de aripi pentru avioanelor comerciale vor apărea pe piață în următorii 5-10 ani.

## 6 CONCLUZII

Pentru mulți un concept futuristic, pentru oamenii de știință o reușită, plasticul care se reface în regim autonom este tehnologia care revoluționează multe industrii.

După o intensă muncă de cercetare, tehnologia dezvoltată în anul 2014 deschide numeroase oportunități cu privire la durata și calitatea vieții unui produs comercial.

O contribuție importantă la realizarea acestora o are și sistemul vascular uman. Acesta le-a permis oamenilor de știință să dezvolte plasticul astfel încât să se refacă de mai multe ori și pe suprafețe mari avariate.

Pentru viitor, profesorii cercetători deja se gândesc la îmbunătățirile care trebuie aduse maselor plastice: un mai bun control al polimerizării substanțelor; un timp mai scurt de refacere; modificarea structurii agentului de reparare (din lichid într-o spumă) pentru repararea găurilor mai mari.

„Super plasticul” prevestește furtunos schimbări în industria aerospațială. Beneficiile aduse prin înlocuirea materialelor tradiționale cu cele plastice, vor determina îndreptarea atenției către forma, dimensiunile și modernizarea avionului. Nu va mai exista problema unei mase prea mari sau a unui cost prea ridicat de mentenanță și de schimbare a componentelor avariate.

Însă costurile mult prea mari pentru implementarea acestei tehnologii pe bunurile comerciale și încă neverificarea procesului de refacere în afara laboratorului, face greu de prezis anul în care avioanele, mașinile sau telefoane se vor reface singure în urma unei deteriorări majore.

## 7 BIBLIOGRAFIE

- [1]. S. R. White, N. R. Sottos, P. H. Geubelle, J. S. Moore, M. R. Kessler, S. R. Sriram, E. N. Brown & S. Viswanathan, „Autonomic healing of polymer composites”, Universitatea Illinois, Publicație: „Nature”, vol. 409, 15.02.2001.
- [2]. <https://www.technologyreview.com/s/408033/plastic-that-heals-itself/>  
Accesat la data 28.04.2016
- [3]. <https://chicucristian.wordpress.com/2012/11/19/importanta-maselor-plastice/>  
Accesat la data 05.05.2016
- [4]. <http://i.dailymail.co.uk/i/gif/RegeneratingPlastic>  
Accesat la data 05.05.2016
- [5]. <http://www.smithsonianmag.com/innovation/plastic-can-repair-itself-180951517/?no-ist>  
Accesat la data 10.05.2016
- [6]. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3114435/British-scientists-invent-aircraft-wings-fix-mid-flight-breakthrough-self-healing-technology.html>  
Accesat la data 02.05.2016