

Ioana POPESCU  
Iuliana GHEORGHITĂ  
Simona Corina RADU  
Bianca Valeria CATARGIU

# **TEHNOLOGII DE FABRICAȚIE ȘI MATERIALE AVANSATE PENTRU APLICAȚII INDUSTRIALE**



Editura  
Universității  
Transilvania  
din Brașov

**2023**

## **EDITURA UNIVERSITĂȚII TRANSILVANIA DIN BRAȘOV**

Adresa: 500091 Brașov,  
B-dul Iuliu Maniu 41A  
Tel: 0268 476050  
Fax: 0268 476051  
E-mail : [editura@unitbv.ro](mailto:editura@unitbv.ro)

**Copyright © Autorii, 2023**

**Editură acreditată de CNCIS  
Adresa nr.1615 din 29 mai 2002**

### **Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

#### **Tehnologii de fabricație și materiale avansate pentru aplicații industriale /**

Popescu Ioana, Gheorghiu Iuliana, Radu Simona Corina, Catargiu Bianca  
Valeria. - Brașov : Editura Universității "Transilvania" din Brașov, 2023

Conține bibliografie

ISBN 978-606-19-1676-4

I. Popescu, Ioana

II. Gheorghiu, Iuliana,

III. Radu, Simona Corina

IV. Catargiu, Bianca Valeria

## Cuprins

<b>Introducere .....</b>	<b>5</b>
<b>Capitolul I. Materiale folosite în industria auto .....</b>	<b>7</b>
1.1 Strategii și opțiuni în domeniul reducerii masei produselor prin utilizarea de noi materiale .....	9
1.2 Utilizarea oțelului în industria auto .....	21
1.2.1 Caracteristicile oțelurilor .....	27
1.2.2 Influența elementelor de aliere asupra oțelurilor .....	47
1.2.3 Avantajele și dezavantajele folosirii oțelurilor .....	67
1.2.4 Oțeluri îmbunătățite prin tratamente termochimice .....	70
1.3 Utilizarea aluminiului în industria auto .....	87
1.4 Utilizarea magneziului în industria auto .....	97
1.5 Materiale polimerice .....	99
1.6 Materiale compozite. Cercetări în domeniu .....	104
1.6.1 Fabricarea fibrelor de sticlă și avantajele lor la armarea materialelor plastice .....	114
1.6.2 Fibre de carbon .....	118
1.6.3 Kevlar-ul .....	121
<b>Capitolul II. Tehnologii de fabricație și îmbunătățire a caracteristicilor materialelor utilizate în producția de serie (la componentele auto) .....</b>	<b>124</b>

2.1 Evoluția tehnologiilor de procesare a materialelor prin turnare .....	126
2.2 Dezvoltarea tehnologiilor de procesarea a materialelor prin fabricație aditivă (AM) .....	136
2.3 Procedee de prelucrare prin deformare plastică .....	140
2.4 Tratament termochimic de carburare în mediu solid .....	146
<b>Capitolul III. Studii de caz privind obținerea, îmbunătățirea și caracterizarea de materiale pentru aplicații industriale .....</b>	<b>154</b>
3.1 Tehnologie de fabricație a materialelor compozite .....	154
3.1.1 Materiale utilizate și mod de lucru .....	154
3.1.2 Obținerea de materialelor compozite .....	157
3.1.3 Caracterizarea materialelor compozite și interpretarea rezultatelor	161
3.2 Tehnologie de îmbunătățire a caracteristicilor componentelor auto pentru oțeluri .....	167
3.2.1 Materiale utilizate și mod de lucru .....	167
3.2.2 Caracterizarea materialelor îmbunătățite .....	171
3.2.3 Interpretarea rezultatelor .....	182
<b>Capitolul IV. Studiu comparativ privind performanța și costurile de fabricație a unor repere din industria auto .....</b>	<b>184</b>
4.1 Costurile piesei finite fabricată din oțel și fibră de carbon prin procesul de turnare pentru producția în serie .....	184
4.2 Costurile tratamentului de carburare în mediu solid aplicate unor produse din oțel 16MnCr5 .....	199
<b>Concluzii .....</b>	<b>203</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>206</b>

## Introducere

Reglementările menite să reducă emisiile și să facă automobilele mai eficiente din punct de vedere energetic, necesită o dezvoltare durabilă suplimentară. Compozitele pe bază de fibre de carbon și sticlă, au fost de interes pentru sectorul auto în ultimele decenii datorită masei lor reduse și performanțelor ridicate. Cu toate acestea, lipsa producției de mare viteză și eficiență din punct de vedere energetic, costul ridicat al materialelor, instrumentele de proiectare insuficiente și preocuparea pentru reparabilitate și reciclabilitate au fost limitate, în trecut, în utilizarea lor în industria auto pe scară largă. Prin urmare, s-au dezvoltat recent diverse tehnologii de fabricare a compozitelor pentru a depăși aceste limitări [1].

În această lucrare, sunt prezentate tehnologiile de fabricație cele mai utilizate din industria de serie, folosind materiale ca, oțelul, aluminiul, magneziul, polimeri, precum și materiale compozite. Multe progrese în aceste tehnologii au fost realizate de-a lungul anilor de către companii de automobile cunoscute și cercetători. O comparație detaliată a fost efectuată pe baza timpului ciclului de fabricație, a proprietăților mecanice, a costului echipamentelor, a sculelor, a asamblării și a energiei. Mai mult, sunt discutate proprietățile compozitelor obținute prin fiecare tehnologie, defectele de fabricație a compozitelor, metodele de asamblare și

deficiențele tehnologiei și materialelor. Noile materiale, la fel ca masele plastice sau aluminiul, înlocuiesc accelerat oțelul în diferitele sectoare consumatoare. Acest proces de substituție influențează, pe lângă caracteristicile produsului final (greutatea, rezistența la temperaturi înalte, la oboseală, la coroziune, proprietățile electromecanice) și ansamblul proceselor de fabricație. Metalurgia pulberilor și procedeele de producție ale materialelor compozite, permit producerea de piese care au o formă aproape definitivă în aceste procese de producție ca și o finisare deosebită în cursul turnării în matrițe. Ca urmare, se produce un fenomen de reducere a costurilor de producție comparativ cu piesele obținute din metale prin tehnologii clasice de finisaj. Rapiditatea cu care evoluează procesul de înlocuire a metalelor, va avea consecințe directe asupra cererii de oțel dar și asupra echipamentelor de transformare. Chiar dacă pe piața actuală există o gamă variată de automobile, atât din punct de vedere al producătorilor, al performanțelor acestora, cât și al confortului oferit clienților, prețurile sunt de multe ori ridicate comparativ cu salariile medii din România, și nu numai.

Având la bază acest motiv major, investitorii acestei industrii apelează în continuare la tehnici de îmbunătățire a caracteristicilor materialelor utilizate pentru fabricația componentelor. Așadar, competitivitatea costurilor de producție, dată de calitatea pieselor și a materialelor utilizate, precum și fiabilitatea acestora, continuă să aibă la bază o strategie bazată pe optimizare și îmbunătățire, ajutând la dezvoltarea și menținerea unei afaceri în acest domeniu.

## Capitolul I. Materiale folosite în industria auto

Nevoia de eficiență mai ridicată a utilizării combustibilului, minimizarea masei, reglementările și politicile de mediu, precum și cererea clienților obligă companiile producătoare de autovehicule să se concentreze pe dezvoltarea de noi materiale, reprojectarea materialului existent și selectarea optimă a acestora [2]. Importanța reducerii masei produselor prin utilizarea noilor materiale, trebuie analizată în contextul schimbărilor fundamentale determinate de introducerea într-un ritm deosebit de rapid a tehnologiilor de vârf care sunt principalele beneficiare ale progreselor uriașe înregistrate în ultimii ani în domeniile științei materialelor. Utilizarea într-un ritm alert a noilor materiale, a avut drept concluzie o scădere a consumului de materii prime de bază în cea mai mare parte a sectoarelor industriale [1]. În decursul ultimelor decenii, a fost realizate un număr mare de materiale noi, prin cercetări care au urmărit creșterea calității, fiabilității, durabilității, a tratamentelor suprafețelor și structurilor, iar miniaturizarea produselor și scăderea consumului de materiale clasice, au determinat o diminuare remarcabilă a masei pieselor, subansamblelor etc. Așadar, au apărut noi aliaje metalice, metale acoperite cu mase plastice, mase plastice cu elastomeri, sticlă laminată, sticle metalice amorfe, materiale ceramice armate cu fibre etc. Această utilizare a materialelor noi a avut o răspândire

mare în electronică, industria aerospațială, industria automobilelor, ambalaje, construcții [1].

Principalele materiale utilizate pentru fabricarea automobilelor, pieselor și componentelor, alături de tendințele viitoare, sunt oțelul, aluminiul, magneziul, kevlarul, materialele plastice, fibrele de carbon și sticla. Motivul principal pentru utilizarea oțelului în structura caroseriei/șasiului este capacitatea sa inerentă de a absorbi energia de impact într-o situație de accident. Utilizarea aluminiului poate reduce masa caroseriei vehiculului. Cercetări recente au arătat că până la 50% din caroseriei/șasiului se poate realiza prin înlocuirea oțelului cu aluminiu [2].

Magneziul este un alt metal ușor care este utilizat din ce în ce mai frecvent în ingineria auto. Compozitele armate cu fibre oferă o gamă largă de avantaje industriei auto, însă pot fi folosite doar la anumite componente (aripi laterale, bara de protecție etc). Acest lucru se datorează faptului că structurile compozite prezintă un raport de rezistență ridicat la o masă redusă. Utilizarea materialelor plastice ușoare și a materialelor compozite în industria auto a crescut în ultimii ani din cauza cererilor legislative și ale consumatorilor de vehicule mai ușoare, cu consum redus de combustibil [1].

Una dintre metodele de alegere a celor mai bune materiale pentru aplicații auto se bazează pe utilizarea graficelor de selecție a materialelor, care conduce către un indice de performanță al materialelor astfel încât să răspundă cerințelor și condițiilor pentru solicitările specifice [3].



Aliajele, materialele plastice și materialele compozite pe bază de rășini sau alte matrici organice înlocuiesc tot mai mult metalele utilizate în construcția de automobile. Aceste materiale noi sunt mai rezistente la uzură și la coroziune decât oțelurile tradiționale. Tot astfel, speranța de viață a sistemelor de evacuare a gazelor de eșapament a noilor autoturisme s-a mărit de la luni, la ani, iar cantitatea de cupru folosit la fabricarea radiatoarelor mașinilor s-a redus consistent [1]. Reducerea în greutate este o strategie importantă pentru eficientizarea energetică a transportului. Ca urmare a reglementărilor pentru reducerea emisiilor și dezvoltarea de strategii eficiente din punct de vedere energetic, interesul pentru automobilele ușoare este în creștere. Automobilele sunt fabricate din peste 63% din metale cu greutate mare. O reducere de 10% a masa vehiculelor convenționale ar putea scădea consumul de combustibil cu 6-8% pentru motoarele cu ardere internă și 10% pentru vehiculele electrice [4].

### ***1.1 Strategii și opțiuni în domeniul reducerii masei produselor prin utilizarea de noi materiale***

Industria constructoare de autovehicule este cea mai mare consumatoare de materiale din economie. Această industrie utilizează și integrează produsele obținute în aproape toate industriile moderne: metalurgie, chimie, electronică, textile etc. fiind principalul consumator pentru cele mai multe din aceste industrii. Pe durata funcționării, autovehiculele reprezintă un important consumator de produse petroliere și de fluide industriale.

Astfel progresul tehnic, concurența din acest domeniu și exigențele impuse autovehiculelor necesită cunoașterea proprietăților materialelor, dezvoltarea de noi materiale, de noi tehnologii de prelucrare [6].

Strategiile și opțiunile diferitelor companii din țările dezvoltate în domeniul reducerii greutateii produselor prin utilizarea de noi materiale, au avut în vedere abordări complexe ca urmare a apariției în cascadă de noi materiale cu aplicații dintre cele mai neașteptate, dar și datorită obiectivelor diferite urmărite în diverse sectoare de activitate:

- J reducerea consumului de combustibil și/sau de energie;
- J accesul la materii prime ieftine, abundente, prelucrabile cât mai aproape de consumatorii industriali;
- J utilizarea unor tehnologii nepoluante;
- J creșterea în ritmuri exponențiale a gradului de miniaturizare a produselor;
- J sporirea siguranței în exploatare a echipamentelor și produselor;
- J scăderea consumurilor specifice în ramurile mari consumatoare de materii prime, energie etc.

Din punct de vedere al **deformațiilor mecanice**, materialele utilizate în construcția de autovehicule, pot fi:

- **Elastice:** se deformează sub acțiunea unei forțe exterioare și revin la forma inițială după încetarea acțiunii acesteia;
- **Plastice:** deformabile, dar nu revin la forma inițială.