

# Kompozitni materijali

UDK 620.22:621.762/3+677.46/.47

## Sažetak

U radu je dan kratak prikaz pristupa materijalima, definicije osnovnih skupina materijala te definicije i klasifikacija kompozitnih materijala. Naveden je niz praktičnih primjera primjene kompozita uz poseban naglasak na kompozite koji se koriste u pomorstvu. Na kraju je navedeno što je uzrok rasta primjene kompozitnih materijala te nabrojena otvorena pitanja koja ograničavaju još brži rast primjene.

## 1. UVOD

Materijali su svuda oko nas. Oni su dio naše kulture i svijesti te osnova za naše posojanje. Neosporna je istina da ne možemo ništa napraviti bez upotrebe materijala u nekom obliku.

Materijali su stvari s prikladnim svojstvima koje se upotrebljavaju u raznim konstrukcijama, strojevima, uređajima i ostalim proizvodima.

Materijali koji se koriste u tehnici se obično nazivaju »tehnički materijali«, a to su krute tvari čiji sastav i struktura ostvarena ekonomičnim postupkom proizvodnje određuju kombinaciju svojstava koja optimalno zadovoljava određenu primjenu. Materijali, danas poznati u svijetu, razmatraju se kao jedinstven ciklus materijala tzv. globalni sistem od nastanka do prestanka zadovoljavanja društvenih potreba.

Važan aspekt u konceptu kruženja materijala je da on otkriva mnogo jakih utjecaja između materijal, energije i okoline i da se sva tri činioca moraju razmotriti prilikom planiranja i tehnoloških procjenjivanja.

## 2. ZNANOST I TEHNOLOGIJA MATERIJALA

Smatra se da je razvoj materijala, kao posljedica stvaranja i primjene znanja o vezama između sastava, postupka

proizvodnje, strukture, svojstva i upotrebe omogućio da-njašnji tehnološki napredak.

Poopćavnje principa fizike i kemije krutih tvari uzrokovalo je nastajanje nove interdisciplinarnе znanosti, u svijetu poznate kao »Materials science« dakla »Znanost o materijalima«. Ona nastoji otkriti prirodu materijala na osnovu teorije i opažanja te objasniti vezu sastava, strukture, svojstava i ponašanja materijala u eksploataciji. Znanost o materijalima općenito gledano uključuje mnoge aspekte tehnologije materijala.

Tehnologija materijala (engleski: Materials engineering) objedinjava fundamentalne i empirijske spoznaje u svrhu razvoja, pripreme, poboljšanja primjene materijala sa specifičnim zahtjevima.

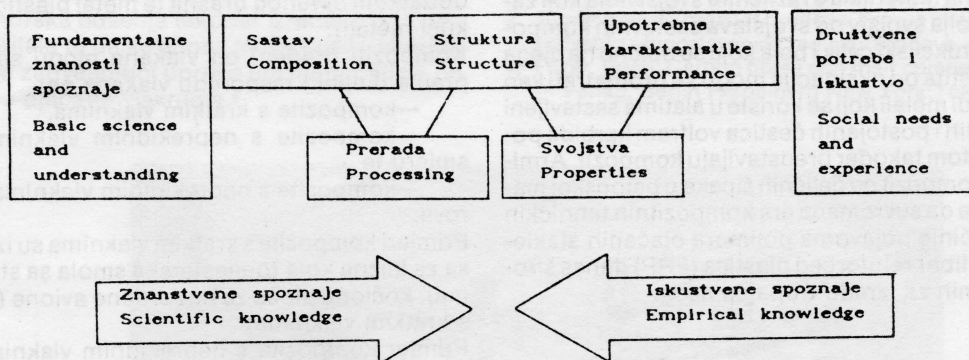
Očito je da je razlika između znanosti o materijalima i tehnologije materijala u točki promatranja te da ne postoji linija razgraničenja između područja koja pokrivaju. Zbog toga je prihvaćen zajednički naziv Materials Science and Engineering »MSE«, dakle Znanost i tehnologija materijala »ZTM«.

Prema tome znanost i tehnologija materijala razvija i primjenjuje znanja o utjecaju sastava i postupka proizvodnje na strukturu materijala koja pak određuje svojstva i mogućnosti upotrebe. Njen osnovni cilj je razvoj materijala s poboljšanim svojstvima i razvoj novih materijala. Znanost i tehnologija materijala djeluje na direktna sporna koja povezuje osnovne znanosti i fundamentalna istraživanja s društvenim potrebama i iskustvom (slika 1.)

## 3. VRSTE MATERIJALA

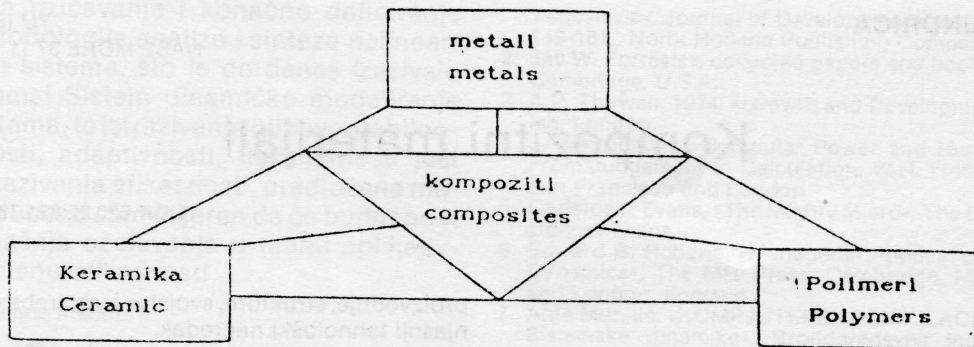
Ranije se materijale svrstvalo u tri osnovne skupine: metale, keramičke materijale i polimere. Danas se dodaje i četvrta osnovna skupina: kompoziti.

Slika 2. prikazuje položaj kompozita u odnosu na klasične materijale metale, keramike i polimere.



Slika 1. Prikaz osnovnih elemenata znanosti i tehnologije materijala te njene povezanosti s fundamentalnim znanostima i društvenim potrebama i iskustvom

Figure 1. A representation of the central elements of material science and engineering MSE, in relation to the counter current flow of scientific and empiried knowledge



Slika 2. Vrste materijala

Figure 2. Classes of materials

Metali su kemijski elementi koji tvore sjajne neprozirne supstance dobre toplinske i električne vodljivosti. Većina su na sobnoj temperaturi kruti, mogu se plastično oblikovati, a teži su od većine drugih tvari. Kemijski nisu postojani. Poznat nam je ogroman broj svakodnevnih primjena čelika, aluminija, bakra, cinka i mnogih drugih metala. Keramički materijali su neorganski nemetali kruti materijali (pothladene tekućine) koji se obrađuju ili koriste na visokim temperaturama. Loše vode elektricitet i toplinu. Ne mogu se oblikovati deformacijom, a kemijski su vrlo otporni. Najčešća primjena keramičkih materijala je kod izrade sanitarnih artikala, keramičkih pločica i stolong posuda. Za industriju veliku važnost imaju oksidi, karbidi, nitridi, grafit i portland cement koje također svrstavamo u keramičke materijale.

Polimeri, za koje se koriste i nazivi plastike ili smole, su materijali sastavljeni od velikog broja molekule relativno niske molekularne mase (monomera ili mera) spojenih u cjelinu primarnim vezama koje se ponavljaju i tvore nezavisne velike molekule (makromolekule) u nekoj vrsti »lanca«. Ove molekule se zatim spajaju dodatnim vezama u finalni materijal. Prirodni polimeri (škrob, celuloza, vuna i različiti proteini) su uvijek bili dio našeg svakodnevnog okruženja i intezivno se koriste. Sintetski — umjetni organski i anorganski polimeri su tijekom posljednjih 40 godina izuzetno dobili na značaju. Ovi materijali, iako su napravljeni od istih vrsta molekula, poprimaju različite forme — od veoma rijetkih tekućina (razređivači, otapala, materijali za prevlake) do veoma čvrstih krutih materijala za konstrukcije. Svi smo upoznati s umjetnim vlaknima, pjenastim materijalima za izolacije i mnogim drugim plastičnim materijalima.

Kompozitima smatramo specijalne kombinacije najmanje dva osnovna materijala s različitim svojstvima koji zajedno imaju bolja svojstva od svojstava sastavnih komponenata. Konstrukcijski čelik i boja koja se obično na njega nanosi kao zaštita od oksidacije mogu se promatrati kao kompozit. Tvrdi metali koji se koriste u alatima sastavljeni od veoma tvrdih i postojanih čestica volfram karbida povezanih kobaltom također predstavljaju kompozit. Armirani beton je kompozit od čeličnih šipaka u betonskoj matrici. Smatra se da suvremena era kompozitnih tehničkih materijala počinje pojavama polimera ojačanih staklenim vlaknima fiber reinforced plastics (FRP) danas široko primijenjenih za izradu trupa čamaca.

## KOMPOZITNI MATERIJALI

### DEFINICIJE I KLASIFIKACIJA KOMPOZITA

Kompozitni materijali su najstariji i najnoviji konstrukcijski materijali.

Ljudi su davno otkrili da koristeći dva ili više materijala mogu dobiti materijal boljih svojstava od svojstava svakog materijala kad se koristi sam za sebe. Tako se na primjer kombinacija slame i gline koristila za izradu prvih građevnih elemenata.

Čamci napravljeni od svežnjeva trske kao armature i bitumenske smole kao veziva, odnosno matrice spadaju među prve plovne objekte, a u nekim dijelovima Afrike i Azije koriste se i danas.

Kod definiranja pojma kompozita postoje dva pristupa. Jedan pristup nastoji suziti područje koje obuhvaća pojam kompozita koristeći slijedeću definiciju.

Kompoziti su umjetno stvoreni materijali sastavljeni od najmanje dvije kemijski različite komponente koji po svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima predstavljaju nove materijale unutar kojih postoji jasno utvrđena granica razdvajanja.<sup>1</sup>

Nedavno razvijen koncept kompozita polazi od postavke da kompozit ne mora predstavljati samo kombinaciju dva kemijski različita materijala već može biti i jedan materijal u dva strukturno različita oblika, na primjer karbon-karbon kompoziti.<sup>2</sup>

Kompoziti se mogu klasificirati u četiri grupe:

- kompoziti građeni od čestica,
- kompoziti građeni od vlakana,
- kompoziti građeni od slojeva i
- kombinirani ili hibridni kompoziti.

Kompoziti građeni od čestica mogu se dalje klasificirati prema sastavnim komponentama i prema strukturi. Kao primjere tih materijala navedimo uz već spomenute tvrde metale, kontaktne materijale na osnovu volframa s dodatkom srebra ili bakra, fenol formaldehidnu smolu s dodatkom drvenog brašna te metal plastične kitove (tekući metali).

Kompoziti građeni od vlakana mogu se dalje dijeliti prema duljini i rasporedu vlakana na:

- kompozite s kratkim vlaknima,
- kompozite s neprekidnim vlaknima u jednom smjeru te
- kompozite s neprekidnim vlaknima u više smjero-  
rova.

Primjeri kompozita s kratkim vlaknima su izolaciona masa za klizna kola (poliesterska smola sa staklenim vlaknima), kočione ploče za nadzvučne avione (c-c kompozit s kratkim vlaknima).

Primjer kompozita s neprekidnim vlaknima u jednom smjeru je nosač optičkog vlakna (poliesterska smola sa staklenim vlaknima).

Primjer kompozita s neprekidnim vlaknima u više smjero-  
rova je antena izrađena od grafitnih vlakana u matrici od poliesterske smole.

Kompoziti građeni od slojeva mogu se naći u mnogim poznatim primjenama. Šperploča je kompozit građen od tankih slojeva drva. Sigurnosno staklo je kompozit sastavljen od dva sloja ravnog, tvrdog stakla između kojih se nalazi sloj polimera.

Kombinirani ili hibridni kompoziti su na primjer armirani beton. Naime beton bez čeličnih šipki je kompozit s česticama, a kad je on pojačan čelikom dobivamo hibridni kompozit.

Brusne ploče su također jedan od primjera hibridnih kompozita. One sadrže brusne čestice povezane fenolnom smolom, a kao ojačanje koristi se mreža od staklenih vlakana.

Iz navedenih primjera vidimo da u mnogim slučajevima ne radimo materijal već proizvod koji ima oblik specifičnog dijela. On najčešće predstavlja usavršenu kombinaciju materijala sa svojstvima određenim svojstvima komponentnih materijala i procesom proizvodnje.

## 5. KOMPOZITI U POMORSTVU

Znanost i tehnologija materijala sa područja kompozita najviše primjenjuje u vrhunskim tehnologijama razvijanim u sklopu vojnih programa. Znanja i vještine stečene na tim programima postepeno se prenose na civilne primjene pa i na pomorstvo.

U nastavku ćemo naznačiti najznačajnije primjene nekih grupa kompozita u pomorstvu.

Ako prihvatimo tvrdnju da je čelik i zaštitni slojevi od oksidacije kompozit građen od slojeva, onda je to sigurno najznačajniji kompozit koji se primjenjuje u pomorstvu.

U svijetu postoji veliki broj plovnih objekata od poliesterske ili epoksidne smole ojačane staklenim vlaknima. To su prvo bila sportsko-rekreativna plovila a danas se gradi sve više turističkih i privrednih plovnih objekata od ovog materijala, dakle kompozita s vlaknima.

Kod izrade sredstava za spasavanje čamaca, splavi, kolutora i pojaseva danas se isključivo koriste kompoziti izrađeni od stakloplastike (smole ojačane vlaknima) i slojasti tekstilni materijali punjeni pjenoplastima.<sup>3</sup> Takozvani tekući metal je također kompozitni materijal sastavljen od smole i metalnog praha, kompozit s česticama, koji se koristi za razne zahvate prilikom održavanja broskog strojnog kompleksa.

Na kraju spomenimo da su lagane vanjske cijevi platformi za podmorska bušenja također izrađene od kompozitnih materijala te da se danas može bušiti na dubinama do 300 m zahvaljujući upravo tim materijalima od plastične mase ojačane vlaknima.<sup>4</sup>

## ZAKLJUČCI

Danas se materijali promatraju u cjelovitom vijeku trajanja, takozvanom ciklusu od koljevke do groba. Ovakav pristup je neophodan zbog nadolazećeg nedostatka energije i materijala i sve većeg zagađenja životne sredine.

Značaj materijala je uzrokovao nastanak nove znanosti o materijalima i tehnologiji. Ona nas usmjerava da kod poboljšavanja kvaliteta postojećih i razvoja novih materijala uvijek tražimo uzročne veze između sastava strukture i upotrebnih karakteristika.

Takav pristup je doveo do niza novih materijala koji se većinom mogu svrstati u kompozite. Oni su najstariji poznati konstrukcijski materijali, a ujedno i najznačajniji novi materijali. Posebno značajno mjesto kompoziti imaju kod izrade prometnih sredstava od onih za svemirska istraživanja do sportsko-rekreativnih.

U pomorstvu se kompoziti najviše koriste u svrhu zaštite od oksidacije i kod sredstava za spasavanje.

Najvažniji razlog proširivanja primjene kompozita je mogućnost izrade konstrukcije sa svojstvima koja odgovaraju određenoj primjeni. Koliko uspješno će se ta mogućnost ostvariti u praksi ovisi o odgovorima na slijedeća otvorena pitanja.

1. Kakva su pravila miješanja komponenata?
2. Kakva su pravila vezivanja koja dovode do koherentnog materijala?
3. Kakva je unutrašnja mehanika kompozita?
4. Koja svojstva su presudna i kako ih ispitati?

Prema onom što se do sada zna, kompozitnim materijalima je osigurana sve veća primjena u budućnosti.

## Abstract

This work gives a short survey of approach to materials, definitions of basic material groups and classification of composites. It also mentions the range of composites in practise, with a particular emphasis on composites used in maritime engineering. In conclusion the work explains the reason for increasing application of composites including the unsolved problems which prevent even faster increase in number of applications.

## LITERATURA

1. Leka, Milan: Polimerni kompozitni materijali, Društvo za izučavanje novih proizvoda i tehnološko prognoziranje, Beograd, 1985.
2. Šundrica, Jadran: Proizvodnja višedirekcionih kompozita karbon-karbon i mogućnosti njihova usvajanja u SFRJ, Hemijska industrija, vol. 41 br. 8, 1987.
3. Jugoslavenski registar brodova: Pravila o materijalima i zavarivanju, Jugoslavenski registar brodova, Split, 1982.
4. Fitzer, Erich: Carbon fibres and their composites, Springer — Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1985.

