

Mašinski materijali

Predavanje broj 10

Obojeni metali I legure

Klasifikacija materijala



Aluminijum

- Aluminijum spada u grupu lakih metala (specifične mase $2,7\text{g/cm}^3$) i pripada grupi materijala niske čvrstoće.
- Temperatura topljenja Al (aluminijuma) je 660°C .
- Aluminijum kristališe po kubnoj površinski centriranoj rešetki.
- Aluminijum poseduje:
 - veliku električnu i toplotnu provodljivost,
 - visoku korozivnu otpornost jer se na njegovoj površini obrazuje homogeni sloj aluminijum oksida koji ga štiti od daljih uticaja,
 - otporan je na mnoge organske kiseline, posebno je otporan na azotnu kiselinu.

Aluminijum

- Vrste aluminijuma

Vrste aluminijuma	Dozvoljene nečistoće, % max.						
	Ukupno	Si	Fe	Ti	Cu	Cu+Zn	Ostalo
Al 99,8 M	0,20	0,15	0,15	0,03	0,01	0,07	0,01
Al 99,7 M	0,3	0,20	0,25	0,03	0,01	0,08	0,01
Al 99,5 M	0,50	0,30	0,40	0,03	0,02	0,09	0,03
Al 99,0 M	1,00	0,50	0,60	0,03	0,02	0,10	0,04
E. Al	0,50	0,10	0,2-0,35	0,01	0,02	0,09	

Aluminijum

Mehanička svojstva

- Tehnički čist Al u žarenom stanju su:
- Konvencijalni napon tečenja $R_{p0,2} = 24\text{N/mm}^2$, zatezna čvrstoća $R_m = 69\text{N/mm}^2$, izduženje $A_{5,65} = 42\%$, tvrdoća HBS= 19 i modul elastičnosti
- $E = 70000\text{N/mm}^2$
- Al hladno deformisan (stepen deformacije 75%) ima povećanu čvrstoću, ali smanjenu plastičnost:
- $R_{p0,2} = 124\text{N/mm}^2$, zatezna čvrstoća $R_m = 130\text{N/mm}^2$, izduženje $A_{5,65} = 6\%$, tvrdoća HBS= 35.
- Tehnički čist Al
- Primena: izrada konstrukcija i elemenata koji nisu jako opterećeni, kada se zahteva
- Visoka plastičnost,
- Dobra zavarljivost,
- Visoka otpornost na koroziju,
- Dobra električna i toplotna provodljivost.
- U mašinstvu se najviše koriste legure aluminijuma

Legure aluminijuma

- Legure aluminijuma su izvanredni konstrukcioni materijali.
- Aluminijum se može legirati sa većim brojem elemenata : Mn, Mg, Si Cu i ZN
- Sve legure Al mogu se podeliti u dve osnovne grupe:
- Legure aluminijuma za plastičnu obradu;
- Legure aluminijuma za livenje.
- **Podgrupe:**
- Legure koje se *termički ne obrađuju* (ojačavaju rastvaranjem, deformaciono i disperzno)
- Legure koje se *termički obrađuju* (ojačavaju termičkim taloženjem)

Legure aluminijuma

- Legure Aluminijuma za plastičnu preradu koje se termički ne obrađuju:
- Komercijalno čist Al(min 99%Al):
 - Jednofazna legura sa manjim količinama železa i silicijuma i sa dodatkom 0,12% bakra (Cu), što utiče na povećanje čvrstoće.
 - Ima odličnu korozionu otpornost, visoku električnu i toplotnu provodljivost, dobru otpornost deformisanjem
 - Primena: za folije, limove, različite profile, konzerve, limenke za pakovanje pića itd.

Legure aluminijuma

- Familija legura Al-Mn:
glavni legirajući element je mangan (Mn),
legure su jednofazne i predstavljaju čvrsti rastvor mangana u aluminijumu sa manjom količinom čestica Al_6Mn .

Svojstva:

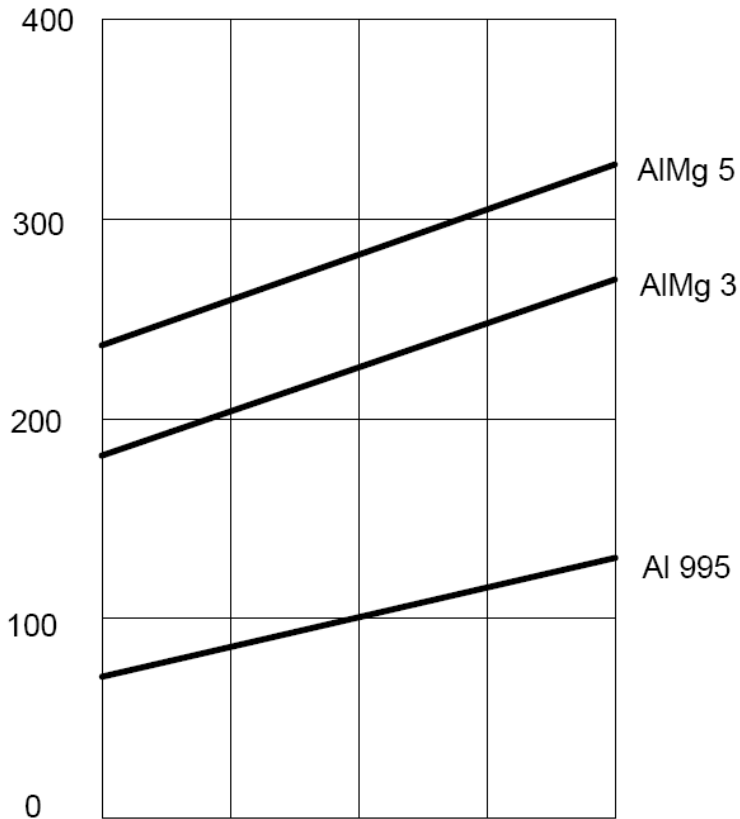
- Imaju nisku vrednost zatezne čvrstoće **do kojih vrednosti** zbog ograničene rastvorljivosti legirajućih elemenata u rešetki aluminijuma.
- Vrlo dobro se oblikuju u mekom stanju, pogodne su za oblikovanje, pogodne su za zavarivanje, otporne na koroziju.

Legure aluminijuma

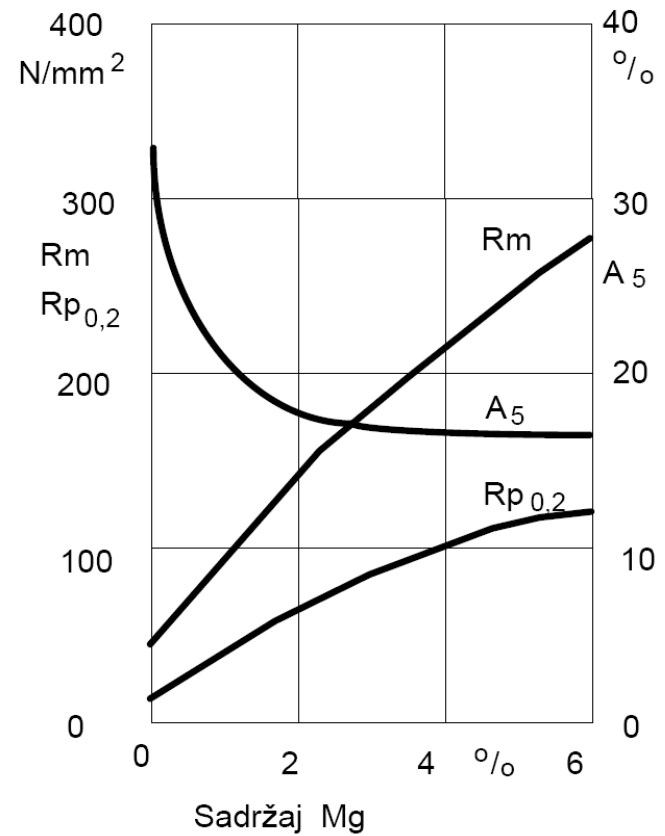
- Primena: AlMn1.00 za izradu delova raznih aparata: u građevinarstvu za izradu krovova, za izradu zakovica,
- AlMn0,5Mg0,5.00 – za izradu ambalaža u prehrambenoj industriji.
- AlMn1Mg1.00-građevinarstvu za izradu roletni i drugih proizvoda, za razne vrste pakovanja
- AlMn1Cu.00- upotrebjava se u građevinarstvu i za izradu raznih vrsta ambalaža.
- Familija legura Al-Mg
- Mehaničke osobine- primena
- Zašto se vrši legiranje sa Si?
- Legure Al-Si

Legure aluminijuma

Rm, N/mm²



meko 1/4 tvrdo 1/2 tvrdo 3/4 tvrdo tvrdo



Duraluminijum legura aluminijuma

Duraluminijum je složena legura sastava
3,5-5,5%Cu, 0,5-0,8%Mg, 0,5-0,8%Mn, ostalo Al
Osim ovih elemenata duraluminijum sadrži još i
Si i Fe (0,2-0,6%)

Uticaj ovih komponenata na Duraluminijum

Cu i Mg povećavaju čvrstoću i tvrdoću i olakšavaju kaljenje

Mn povećava čvrstoću, tvrdoću i otpornost na koroziju.

Superduraluminijum

- Definicija: Legure povećanog sadržaja Cu, Mg i Mn i koji sadrže više od 0,6%Si nazivamo superduraluminijum.
- Superduraluminijum je duraluminijum povećane čvrstoće. (42-44 daN- mm²)

Aluminijumske legure za klipove

Klipovi motora sa unutrašnjim sagorevanjem rade u uslovima visokim temperatura oko 350 °C i čestih udara.

Osnovna svojstva materijala sa klipove

Mala specifična težina,

Postizanje visoke vrednosti čvrstoće i otpornost na habanje pri povišenim temperaturama,

Dobra toplotna provodljivost,

Mali koeficijent toplotnog širenja, koji dozvoljava smanjenje napona između klipa i cilindra.

Kompozitni materijali

- Kompozitni materijali predstavljaju mehaničku smešu dva ili više materijala.
- Cilj razvoja i proizvodnje kompozitnih materijala je da se dobiju neobične kombinacije osobina:
- Veća krutost i čvrstoća;
- Manja težina,
- sposobnost za rad na povišenim temperaturama,
- veća koroziona postojanost,
- tvrdoća ili
- provodljivost.
- Definicija: **KOMPOZITNI MATERIJALI SU SISTEM MATERIJALA KOJI SE SASTOJI OD SMEŠE ILI KOMBINACIJA DVA ILI VIŠE NANO, MIKRO, ILI MAKRO KONSTITUENATA KOJI SE RAZLIKUJU PO OBLIKU I HEMIJSKOM SASTAVU I KOJI SE U SUŠTINI NE RASTVARAJU JEDAN U DRUGOM.**

Legure aluminijuma za livenje

- Dobra livkost
- Dobro popunjenost kalupa za livenje
- Odlivci izrađeni od ove legure su bez poroznosti
- Najodgovorniji delovi kod vazduhoplovnih motora karteri korito motora, reduktora i kompresora izrađuju se od ovih legura livenjem.

Legure aluminijuma dobijene livenjem

Silumin je legura aluminijuma sa silicijumom
Sadržaj silicijuma se kreće od 5- 13%.

Silumin ima odlična svojstva livkosti, te je pogodan za livenje komplikovanih odlivaka i odlivaka tankih zidova.

Silumin je najotpornija legura aluminijuma na koroziju.

Kompozitni materijali

Kompoziti se sastoje iz

Osnove(matrice)

Metal

Keramika

polimer

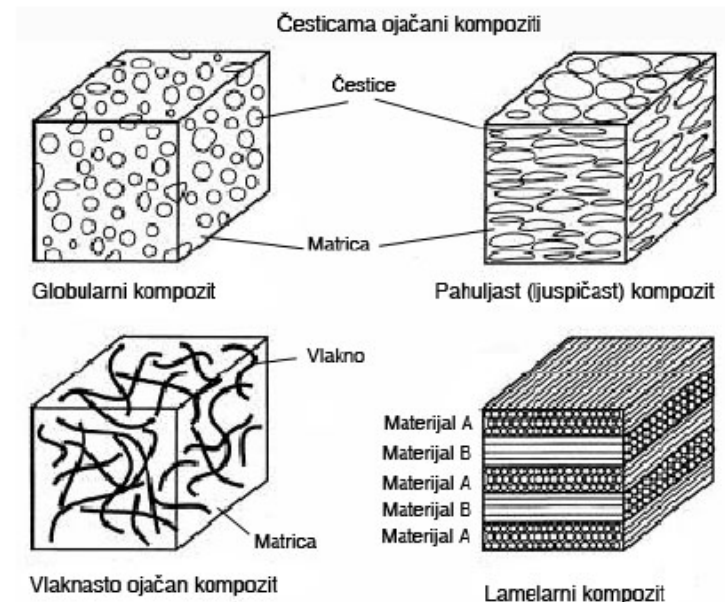
- **Materijala za ojačavanje**
- **(ojačivača)**
- Čestice
- vlakna

Kompozitni materijali mogu da budu:

- **Izotropni (ista svojstva u svim pravcima)**
- **Anizotropni (različita svojstva u različitim pravcima)**

Kompozitni materijali mogu se svrstati u tri osnovne kategorije:

- **Česticama ojačani**
- **Vlakenasto ojačani**
- **Laminatni ojačani**



Česticama ojačani Kompozitni materijali

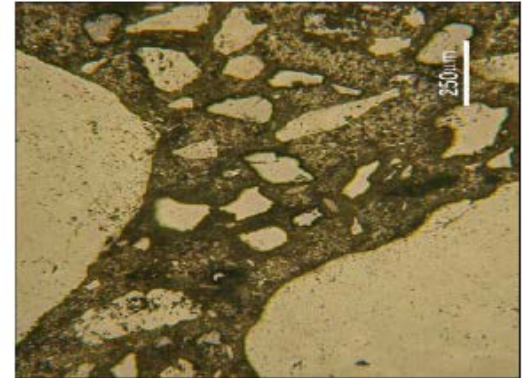
Gradjevinski materijal – **Beton** (pesak – cement),

Kermeti: WC, TiC (čestice) – Co, Ni, čelici (matrica),

Brusni materijal (tocila za brušenje i sečenje): Al_2O_3 , SiC, BN i
dijamant (čestice) – polimerni materijali (matrica),

Elektrokontakti: W (čestice) – Ag (matrica), itd.

Beton



Vrste vlakana

- Materijal vlakana treba da ima:
 - Visoku čvrstoću, čvrstoću i krutost, male mase.
- Postoje:
- Staklena vlakna,
 - Ugljenična vlakna
 - Aramidna vlakna
 - Borna vlakna.

Metalna osnova

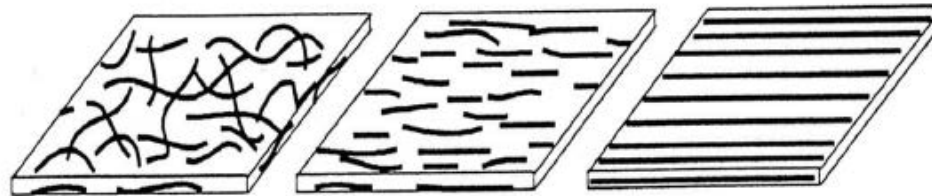
- *Metalna osnova* je od Al, Mg, Ti
- Metalna osnova najviše se koristi za izradu kompozitnih materijala izloženih visokim temperaturama.
- Kao metalna osnova mogu da se koriste i super legure ojačane sa SiC, B₄N, Al₂O₃
- *Keramička osnova* koristi se za kompozitne materijale čija je upotreba na visokim temperaturama, prednost u odnosu na metalnu jer je lakša.

Kompozitni materijali ojačani vlaknima

- Vlakno-polimerna osnova,
- Vlakno-metlana osnova,
- Vlakno-keramička osnova.
- **Primena kompozitnih materijala ojačanih vlaknima:**
- Gume za automobile i avione
- Fiberglas koji se koristi za jahte, automobile i avione
- Sporski materijali novih tehnologija: teniski reketi, skije, golf štapovi,
- Delovi za avionsku industriju
- Raketnu i nuklearnu tehniku.

Vlaknima ojačani kompozitni materijali

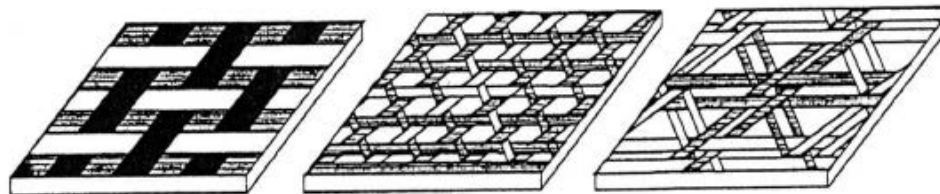
Način orientacije vlakana



Slučajno
orijentisana
kratka vlakna

Usmereno
orijentisana
kratka vlakna

Kontinualna
vlakna



*Različita
tkanja*

KOMPOZITNI MATERIJALI

- Podela:
- **a) na osnovu dimenzije konstitutenata:**
 - *Makroskopski* kompozitni materijali;
 - *Mikroskopski* kompozitni materijali;
 - *Nano* kompozitni materijali.
- **b) na osnovu oblika konstitutenata:**
 - *Partikularni* tj kompozitni materijali ojačani česticama,
 - Kompozitni materijali *ojačani vlaknima*,
 - *Laminarni* kompozitni materijali tj. Laminati.

Partikularni - kompozitni materijali ojačani česticama

- Šta su partikularni kompozitni materijali?
- Kompozitni materijali koji imaju jednak konstituent čiji je oblik takav da su mu sve tri dimenzije (dužina, širina, visina) približno jednaki.
- Podela na:
 - A) podgrupa: disperzno ojačani kompozitni materijali
 - B) podgrupa: standardni partikularni kompozitni materijali

A) Disperzno ojačani kompozitni materijali

- Sadrže čestice poznate pod imenom disperzoidi veličine 10-25nm u prečniku. To su obično metalni oksidi, koji su unešeni sa ciljem da omoguće efekat disperznog ojačavanja, pošto je granična površina između disperzoida i osnove nekoherentna.

Disperzno ojačani kompozitni materijali

Tabela: Najznačajniji disperzno ojačani kompozitni materijali

Sistem	Primena
Ag-CdO	Električni kontaktni materijali
Al-Al ₂ O ₃	Mogu se koristiti u nuklearnim reaktorima
Be-BeO	Vasionska tehnika i nuklearni reaktori
Co-ThO ₂	Magnetni materijali otporni na puzanje
Co-Y ₂ O ₃	Magnetni materijali otporni na puzanje
Pb-PbO	Baterijske ploče
Pt-ThO ₂	Filamenti, električne komponente
W-ThO ₂	Filamenti, grejači
W-ZrO	Filamenti, grejači

B) Standardni partikularni kompozitni materijali

- Kombinacija metala, keramike i polimera
- Tvrde pločice za rezanje metala(WC-Co, WC-Co-TaC-TiC)
- Tocila za sečenje i brušenje (To su sistemi polimer i staklo kao osnova, sa aluminijumom oksidom ili sa silicijumom karbidom ili sa bor nitridom, tj. Abrzivne čestice.
- Električni kontakti (prekidači, releji) Sistem srebro(Ag) ojačan volframom(W), gde srebro uspešno provodi struju, dok volfram obezbeđuje otpornost na habanje.
- Vulkanizirana guma
- Kalupi i jezgra za livenje

Kompozitni materijali ojačani vlaknima

- Cilj proizvodnje ovih materijala:
- Materijali povećane čvrstoće, većom otpornošću na zamor, Povećanom krutošću,
- Većim odnosom čvrstoća/težina materijala
- Kombinacija komponenata je:
- Vlakna su jaka, tvrda, krta a osnova je žilava i duktilna.
- Materijal osnove prenese silu opterećenja na vlakno, a sama osnova omogućuje kompozitnom materijalu u celini žilavost i duktilnost.
- Povećana čvrstoća na sobnoj i na povišenim temperaturama
- Primeri: prednapregnuti beton, armirani beton, fiberglas (staklena vlakna smeštena u osnovi polimera)

Kompozitni materijali ojačani vlaknima

- Podela na osnovu dužine i orijentacije vlakana:
- Kompozitni materijali sa *kontinuiranim (neprekidnim) vlaknima*,
- Kompozitni materijali sa *diskontinuiranim vlaknima* gde je orijentacija svakog vlakna različita.

Kompozitni materijali sa *kontinuiranim* (*neprekidnim*) vlaknima

- Za projektovanje osobina kod ove grupe kompozitnih materijala važi u potpunosti pravilo smeše:
- Termička provodljivost,
- Električna provodljivost,
- Modul elastičnosti,
- Zatezna čvrstoća

Karakteristike i osobine vlakana

- Odnos dužine-L i prečnika –d vlakana
- L/D određuje tip kompozita
 - $L_c = R_m * d / 2\tau_c$, gde je
- R_m zatezna čvrstoća vlakana
- τ_c napon smicanja između vlakana i osnove

- d prečnik vlakana
- Vlakna koja su znatno duža od kritične dužine ($L \gg L_c$) su kontinuirana vlakna, dok kratka vlakna imaju dužinu manju od kritične.

Laminarni kompozitni materijali

- U ovu grupu kompozitnih materijala spadaju vrlo tanke prevlake
- Tanki elektro provodni slojevi(aluminijumski)
- Deblji izolacioni slojevi
- Bi metali
- Aral kompozitni materijal koji se koristi za oplatu aviona.

Laminarni kompozitni materijali

- Kod ovih kompozitnih materijala za projektovanje osobina :
- Gustina
- Električna i toplotna provodljivost
- Modul elastičnosti
- Čvrstoća važi pravilo smeše.
- Osobine zavise od načina dejstva opterećenja:
 - da li sila dejstvuje uzduž ploče ili pak normalno na ploču kada se dobijaju najniže vrednosti.

Primena kompozitnih materijala

Plovni objekti



Primena kompozitnih materijala

KOMPOZITNI MATERIJALI

NAJZNAČAJNIJI KOMPOZITNI MATERIJALI

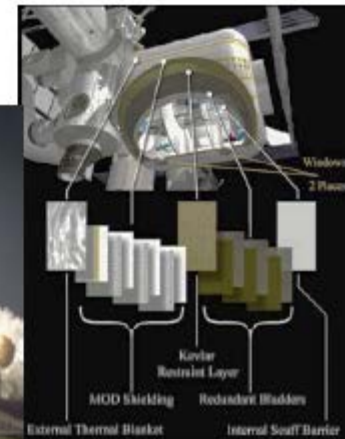
2. EPOKSIDNE SMOLE OJAČANE UGLJENIČNIM VLAKNIMA

PRIMENA: LAKI NOSAČI VISOKE ČVRSTOĆE, VASIONSKA TEHNIKA.



3. PLASTIKE OJAČANE ARMIDNIM VLAKNIMA

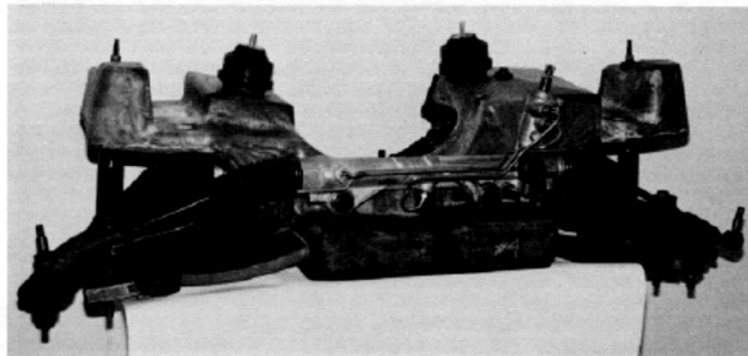
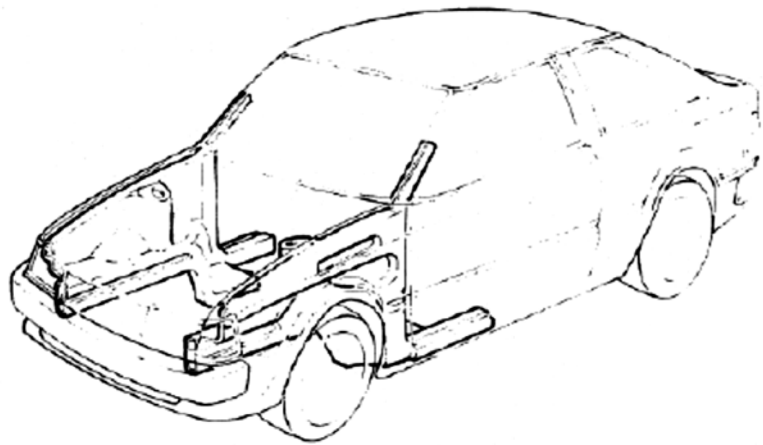
UPOTREBA: SLIČNO KAO PRETHODNI KOMPOZIT



Automobilska industrija

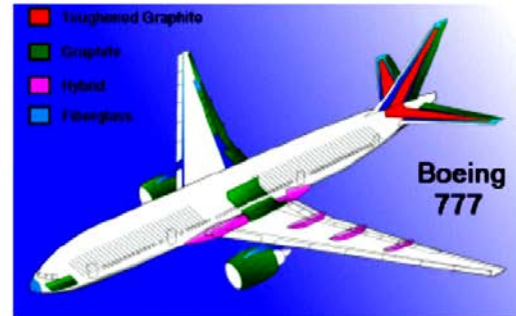


Automobilska industrija



Avio i raketna industrija

Avio i raketna industrija



Sportski rekviziti

Sportski rekviziti

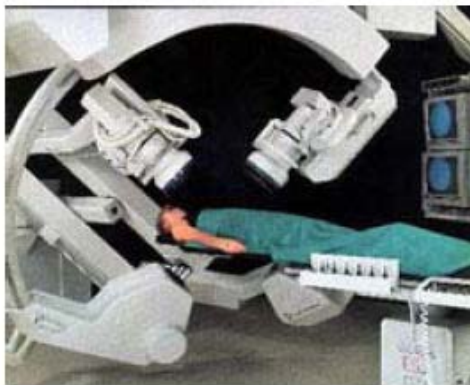
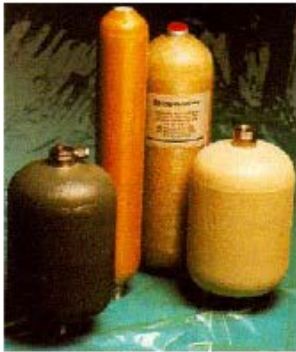


Primena kompozitnih materijala



Primena kompozitnih materijala

Procesna industrija



Medicinski uređaji



Mašinski elementi

Laminarni kompozitni materijali

Definicija

Kompozitni materijali koji se sastoje od vrlo tankih prevlaka, od različitih materijala za različite funkcije koje se nanose na osnovni materijal, debljih zaštitnih površina, bimetalna, oslojenih materijala, laminata i vlaknasto ojačanih kompozitnih materijala u obliku tankih slojeva, nazivaju se laminarni kompozitni materijali.

Izrađuju se sa ciljem da se:

Poveća otpornost na koroziju,

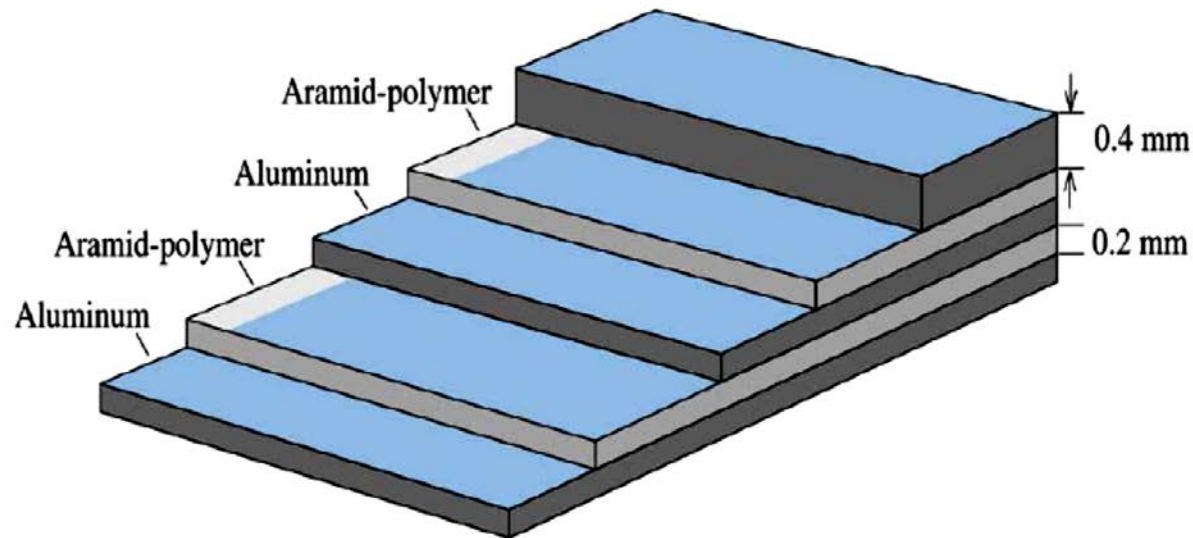
Poveća abrazivna otpornost

Poveća čvrstoća vlaknasto ojačanih kompozitnih materijala

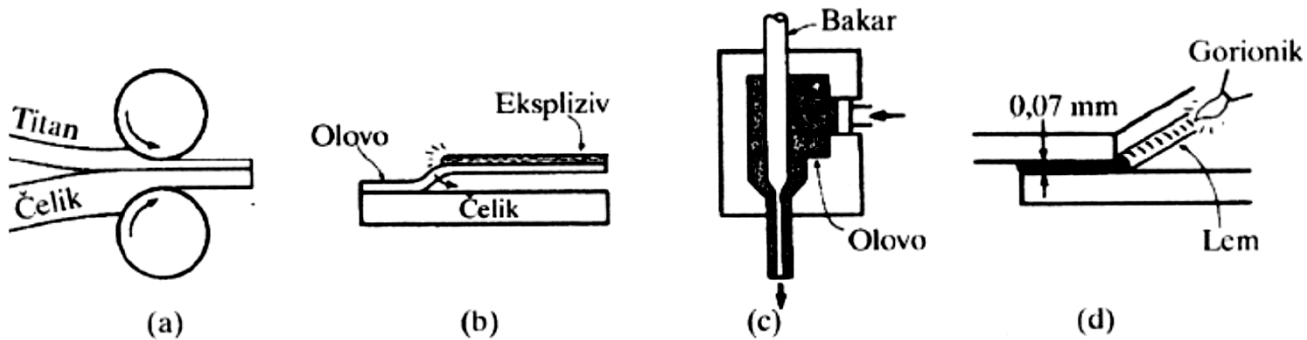
Obezbede različiti koeficijenti linearnog širenja(bimetalni).

Aramid-aluminijum laminat

- **Aramid-aluminijum laminat, Arall, za upotrebu u avio industriji.**



Tehnika za izradu laminarnih kompozitnih materijala



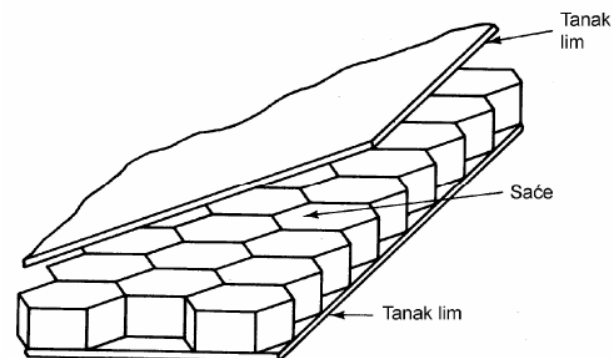
Šematski prikaz tehnika za izradu laminarnih kompozitnih materijala: (a) valjanje; (b) eksplozivno zavarivanje; (c) izvlačenje; (d) tvrdo lemljenje.

Sendvič struktura kompozita

Sendvič konstrukcije: Kompozitni materijali sačinjeni od materijala male gustine koji je obložen sa obe strane tankim slojem materijala visoke čvrstoće.

**SENDVIČ
konstrukcije**

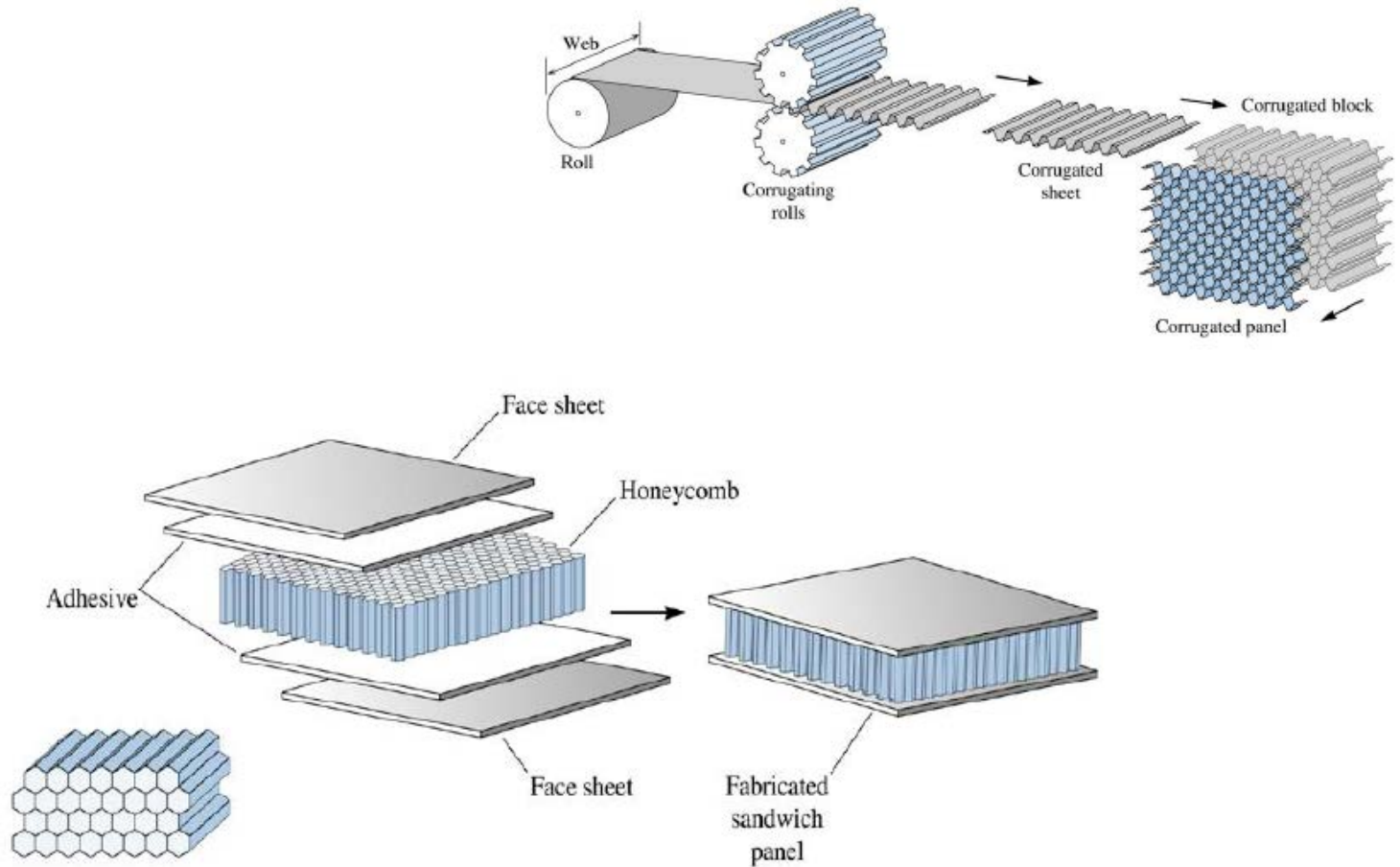
*Sendvič
struktura
kompozita*



Struktura u obliku sendviča ima jezgro male težine izradjeno u obliku pčelinjeg saća. Limovi se najčešće izradjuju od aluminijuma, a saće od staklenih vlakana, aramidnih vlakana i papira, povezanih epoksi smolom.

Kad se ćelije ispune staklenom vunom ili penastim poliuretanom dobijaju se obloge za termičku i antizvučnu izolaciju.

Izrada sendvič konstrukcije



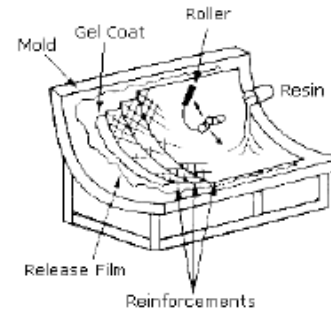
Sendvič konstrukcije

- Sendvič konstrukcije sastoje se iz iz dve tanke spoljne oplata ploče koje su razdvojene slojem materijala male gustine (ispuna).
- Ispuna u sendvič konstrukcijama ima funkcije:
- da razdvoji dve spoljne ploče i da spreči deformacije upravne na ravan ploča
- da obezbedi određen stepen čvrstoće na smicanje duž ravni koje su upravne na ploče.

Postupak ručnog oblikovanja

Koristi se za izradu:

- trupova čamaca
- rezervoara
- kućišta
- građevinskih ploča itd.

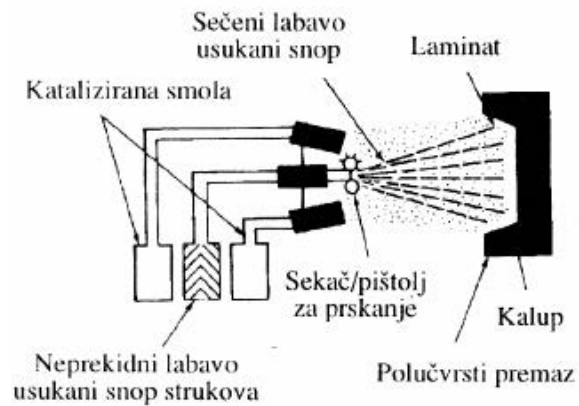


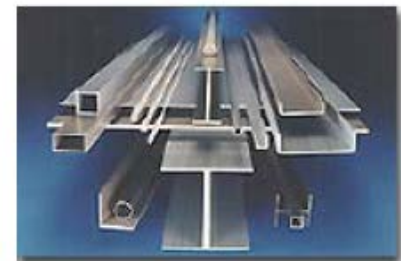
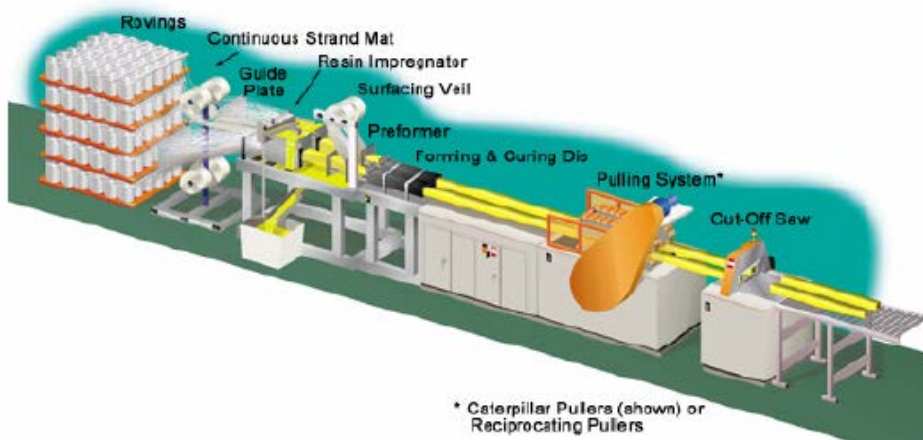
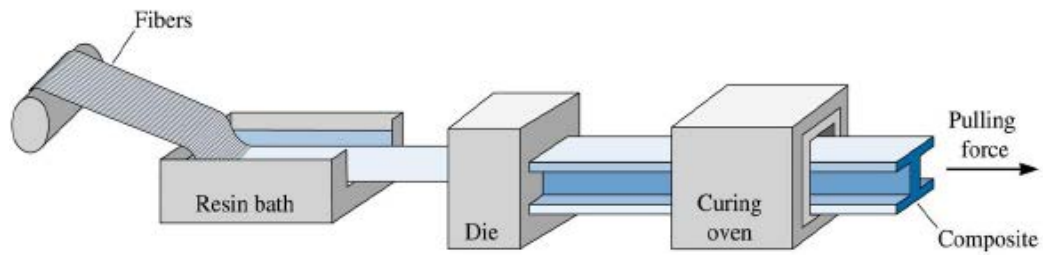
Postupak prskanja

Postupak prskanja

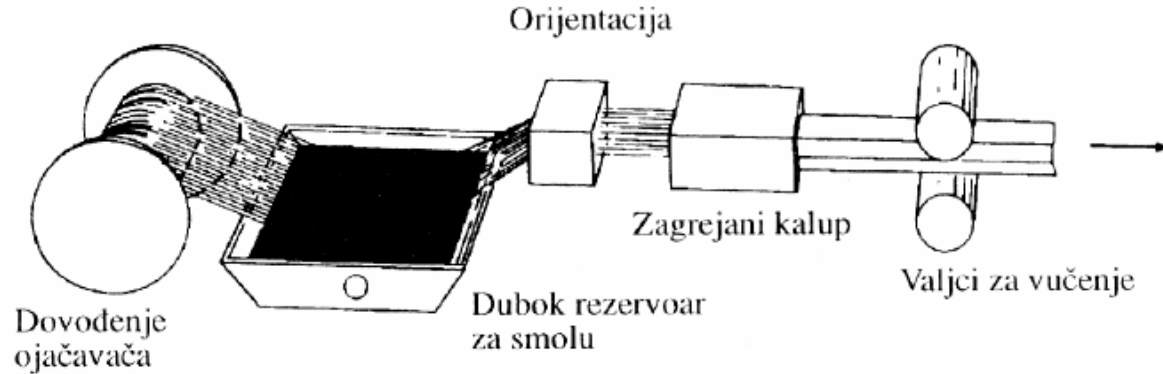
Koristi se za izradu:

- trupova čamaca
- kabine za tuševe i
- drugih srednjih i velikih delova

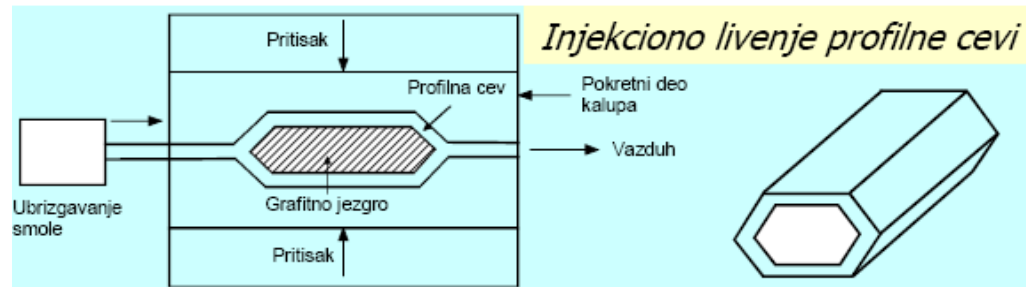
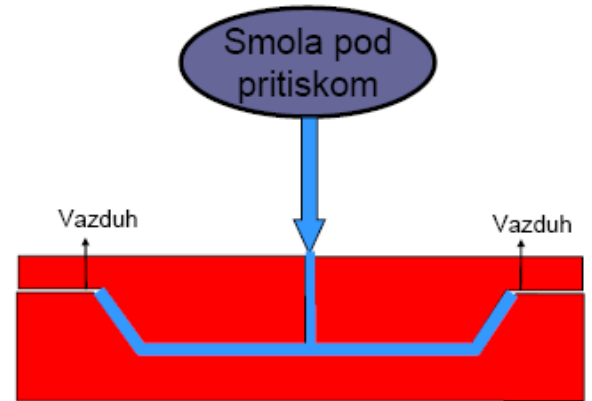
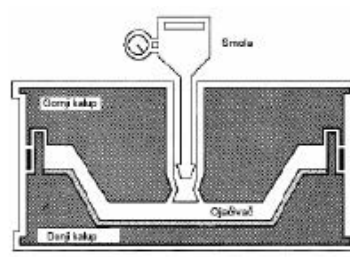
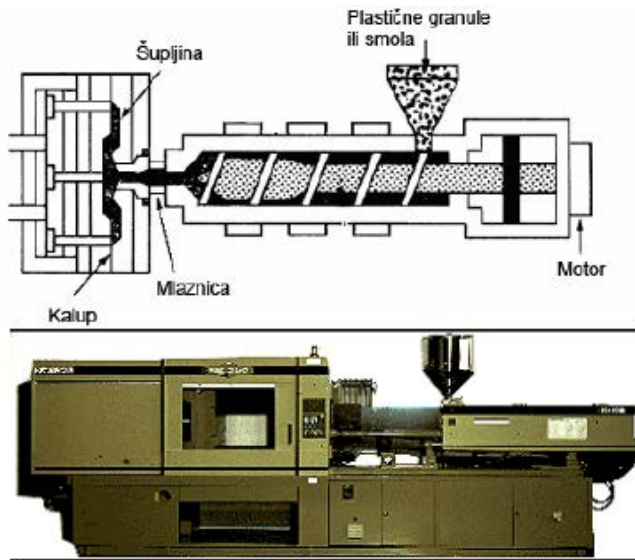




Postupak vučenja ekstruzije kompozita



Postupak vučenja-ekstruzije kompozita
(kontinuirani postupak izvlačenja)



Kompozitni materiali

Dobre i loše strane

DOBRE

- Visoka čvrstoća
- Visok modul elastičnosti
- Mala gustina
- Visoka specifična čvrstoća
- Udarna otpornost

- Zamorna otpornost

- Koroziona otpornost
- Prigušenje
- Anizotropija
- Nevidljivi za radar (većina)
- Pogodni za prototyping
- Lako mobilni
- Lako sastavljivi delovi

LOŠE

- Visoka cena
- Spora proizvodnja
- Zapaljivi
- Toksični
- Nepostojani u agresivnim sredinama

- Slabo poznavanje u stručnim krugovima

- Nedovoljno stručne radne snage
- Osetljivost na temperaturu
- Osetljivost na vlagu
- Nepogodnost opravke