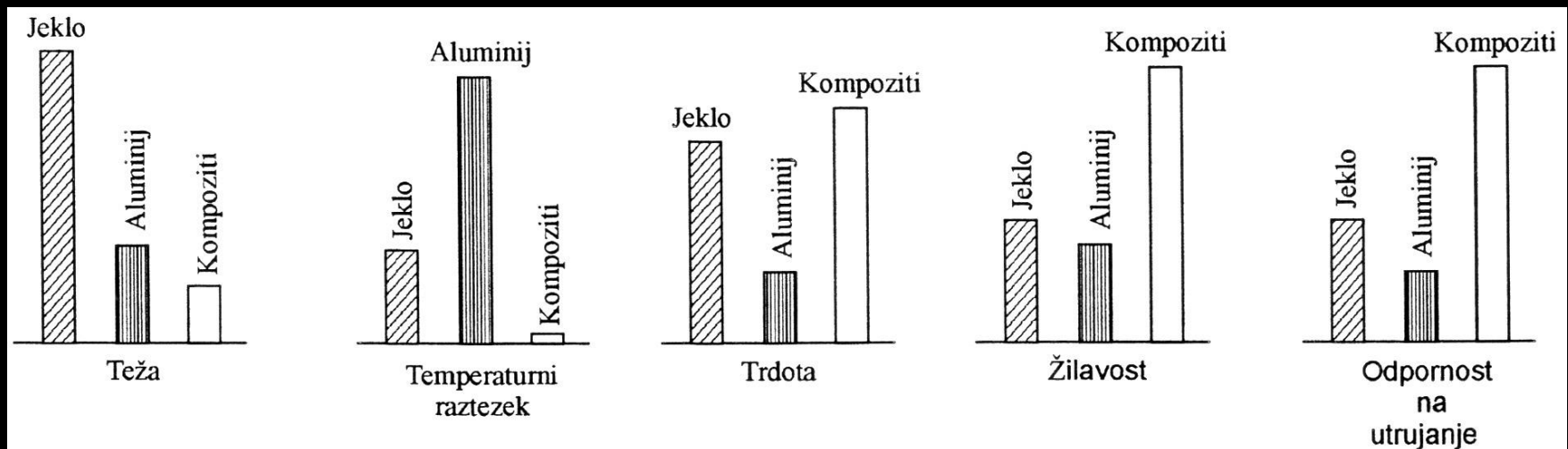


The background features a blurred, repeating pattern of interlocking squares, resembling a woven composite material. The color palette is warm, with shades of yellow, orange, and red. Overlaid on this are vibrant, wavy, semi-transparent borders in red, orange, and blue, creating a dynamic and modern aesthetic.

KOMPOZITNI MATERIALI

UVOD

- Kompozitni materiali so sodobni materiali, ki so sestavljeni iz dveh ali več različnih materialov na makroskopskem nivoju
- Vsak kompozitni material je sestavljen iz osnove ali matrice ter utrjevalne faze ali tudi ojačilnega elementa
- Velika prednost kompozitnih materialov je, da lahko njihove lastnosti načrtujemo naprej
- Lastnosti so predvsem odvisne od izbire matrice in utrjevalne faze, oblike, orientacije utrjevalne faze ter prostorninskega deleža faz



Primerjava lastnosti med enovitimi klasičnimi materiali in kompoziti

UVOD

- V zadnjem času kompozitni materiali dobivajo velik pomen, saj so postali nepogrešljivi v vesoljski, letalski in vojaški tehniki. Močno pa so se tudi že uveljavili v potrošniški industriji (avtomobilska, športni rekviziti,...)



- Nek material lahko prištevamo med kompozite, če izpolnjuje naslednje pogoje:
 - ni naravna tvorba
 - sestavljen je iz več sestavin, ki so med seboj jasno razmejene
 - posamezne sestavne dele ločimo s prostim očesom
 - njegove lastnosti se razlikujejo od lastnosti sestavnih delov
 - ena sestavina mora biti zvezna (osnova), druga sestavina pa prekinjena in razdeljena (utrjevalna faza ali armatura)

UVOD

- Kompozite delimo glede na material osnove na:
 - Kovinske kompozite (MMCs)
 - Keramične kompozite (CMCs)
 - Polimerne kompozite (PMCs)
- Glede na obliko utrjevalne faze pa delimo kompozite na:
 - Kompozite, utrejene z delci
 - Kompozite, utrjene s kosmiči
 - Kompozite, utrjene z vlakni
 - Strukturne kompozite
 - Kompozite s polnili
- Kompozite pa delimo tudi glede na to, ali je utrjevalna faza usmerjena ali pa je naključno razporejena

ZGRADBA KOMPOZITOV - OSNOVA

- Osnova daje kompozitu obliko in monolitnost
- Zagotavlja ustrezno nosilnost – obremenitve prenaša na vlakna, zavira napredovanje razpok, utrjevalno fazo pa ponavadi ščiti pred okolico
- KOVINSKE OSNOVE:
 - Običajno imajo veliko trdnost in žilavost
 - Ponavadi želimo doseči večji modul elastičnosti, kar dosežemo z utrjevanjem z vlakni
 - Večina vlaken, ki se uporabi pri tem kompozitu pa ima tudi manjšo gostoto
- KERAMIČNE OSNOVE:
 - Imajo veliko trdnost in so zelo krhke
 - Atomi so med seboj povezani z ionsko ali kovalentno kemijsko vezjo
 - So odporni proti toplotnim in mehanskim šokom, imajo majhno toplotno prevodnost
 - Natezna napetost ni velika, modul elastičnosti je velik
 - Prenášajo lahko visoke temperature (nad 1500°C) in imajo majhno gostoto
 - Z izdelavo kompozitov želimo izboljšati lomno žilavost in temperaturno stabilnost

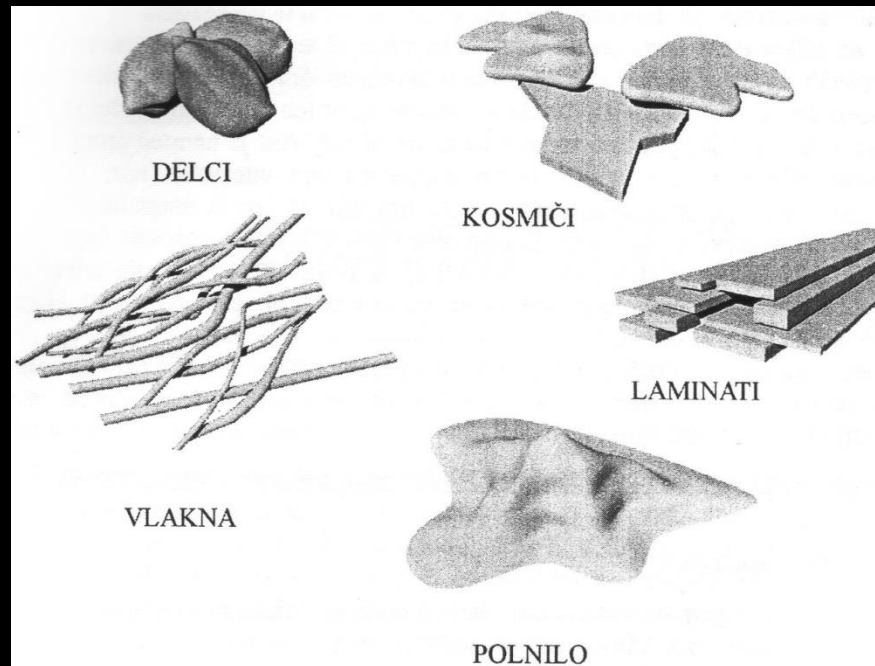
ZGRADBA KOMPOZITOV - OSNOVA

- POLIMERNE OSNOVE:
 - Imajo manjšo trdnost in modul elastičnosti kot kovinske in keramične osnove
 - Imajo zelo majhno gostoto in so dobro odporni proti kemikalijam in vodi
- Osnove iz plastomerov so žilave, iz duromerov pa krhke
- V večini slabo prevajajo toploto in električni tok
- Najpogosteje uporabljene polimerne osnove so duromeri: epoksidne smole, nenasičeni poliestri, fenolne smole, seveda pa je še kar nekaj plastomerov



ZGRADBA KOMPOZITOV – UTRJEVALNA FAZA

- Utrjevalna faza je nezvezna sestavina kompozita, ki izboljša mehanske lastnosti zvezne sestavine – osnove; s tem dosežemo željene lastnosti
- Utrjevalna faza je lahko amorfna ali kristalna
- Glede na obliko pa delimo utrjevalno fazo na: delce, kosmiče, vlakna, lističe ali polnila



ZGRADBA KOMPOZITOV – UTRJEVALNA FAZA

- Kompoziti z utrjevalno fazo iz vlaken z zelo majhnim premerom imajo veliko večjo trdnost in togost kot pa material z večjimi dimenzijami
- Vzrok temu je, da imajo tanka vlakna bistveno manj napak, kot pa isti material večjih dimenzij
- Prav zaradi te lastnosti se kompoziti z vlakni veliko uporabljajo kot konstrukcijski material
- Vlakna, ki jih uporabljamo za kompozitne materiale lahko razdelimo na:
 - viskerje
 - kratka, (diskontinuirana) vlakna
 - dolga (kontinuirna) vlakna
- Viskerji so zelo tanki monokristali, ki imajo veliko razmerje dolžina/premer
- Njihova kristalna mreža vsebuje izredno majhno število napak, zato so viskerji izredno trdni
- Njihova slabost je visoka cena, kar onemogoča dostopnost
- Kratka in dolga vlakna so amorfna, lahko pa so tudi kristalna

ZGRADBA KOMPOZITOV – UTRJEVALNA FAZA

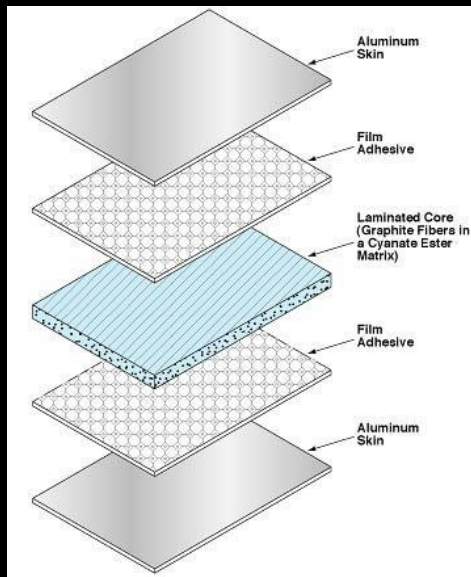
- Za uspešno utrditev osnove morajo imeti vlakna naslednje lastnosti:
 - majhno gostoto
 - velik modul elastičnosti
 - veliko natezno trdnost
 - majhno topnost v osnovi
 - termodinamično stabilnost
 - kemijsko obstojnost
 - nestrupenost
 - ustrezne tehnološke lastnosti
- Vlakna, ki se v večini uporabljajo danes, imajo veliko trdnost in majhno gostoto, atomi v vlaknih pa so po navadi povezani z kovalentno vezjo za zagotovitev velikega modula elastičnosti



Ogljikova tkanina

ZGRADBA KOMPOZITOV – MEJNE POVRŠINE

- Lastnosti kompozita so odvisne od osnove, utrjevalne faze in mejnih površin, ki so med osnovo in utrjevalno fazo
- Povezava med osnovo in utrjevalno fazo je na mejni površini lahko mehanska ali kemična
- Večina kompozitnih materialov je sestavljena iz termodinamično nezdružljivih sestavin – neravnotežje je gonilo medfaznih reakcij, ki so v določenem pogledu celo nujne za izdelavo kompozita z dobrimi lastnostmi



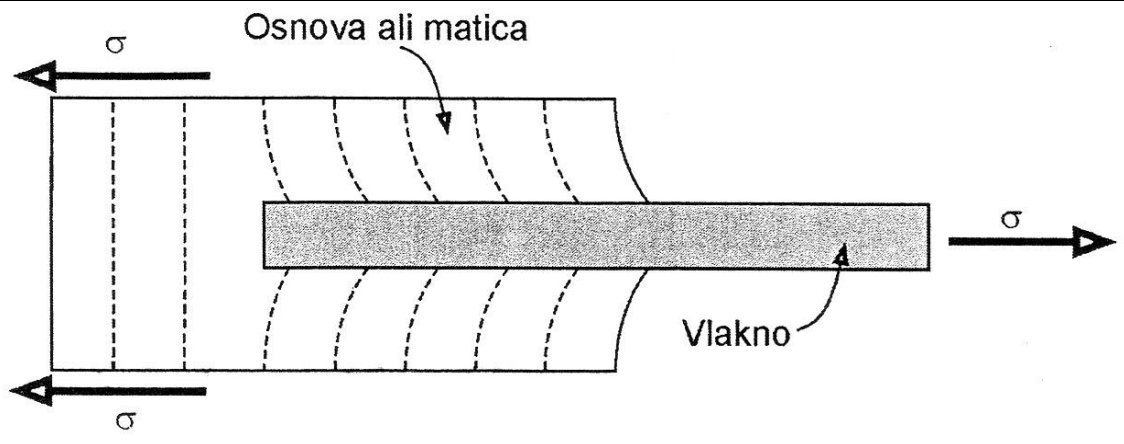
Primer kompleksnega materiala izdelanega iz kompozitov in drugih materialov

LASTNOSTI KOMPOZITOV

- Omenili smo že, da so lastnosti kompozitov odvisne od osnove, utrjevalne faze in mejnih površin
- Kompoziti utrjeni z velikimi delci
 - Običajno so delci enako veliki z enako obliko in so enakomerno porazdeljeni v osnovi
 - Mehanske lastnosti se z večanjem deleža polnila ponavadi izboljšujejo
 - Delce lahko dodamo zaradi: spremembe lastnosti, izboljšanja lastnosti ali pa samo, da zamenjamo material s cenejšim polnilom
- Kompoziti utrjeni z majhnimi delci
 - Ni ostre meje med kompoziti in disperzijsko utrjenimi zlitinami
 - Trdnost kompozita utrjenega z majhnimi delci je odvisna od sposobnosti teh delcev, da blokirajo drsenje dislokacij v osnovi
 - Tako torej je trdnost odvisna od velikosti, gostote delcev, od razdalje med delci in od skladnosti mejne površine s kristalno mrežo osnove

LASTNOSTI KOMPOZITOV

- Z vlakni utrjeni kompoziti
 - Ta vrsta kompozitov je najbolj znana in se tudi veliko uporablja, saj se odlikuje z veliko trdnostjo in togostjo pri zelo majhni gostoti
 - Kompozite utrjene z vlakni delimo glede na dolžino vlaken na kompozite z dolgimi vlakni ali kontinuirne kompozite in kompozite s kratkimi vlakni ali diskontinuirne kompozite
 - Diskontinuirni kompoziti nimajo bistveno večje trdnosti od osnove, saj so vlakna prekratka, da bi se lahko napetosti iz osnove uspešno prenesla na njih

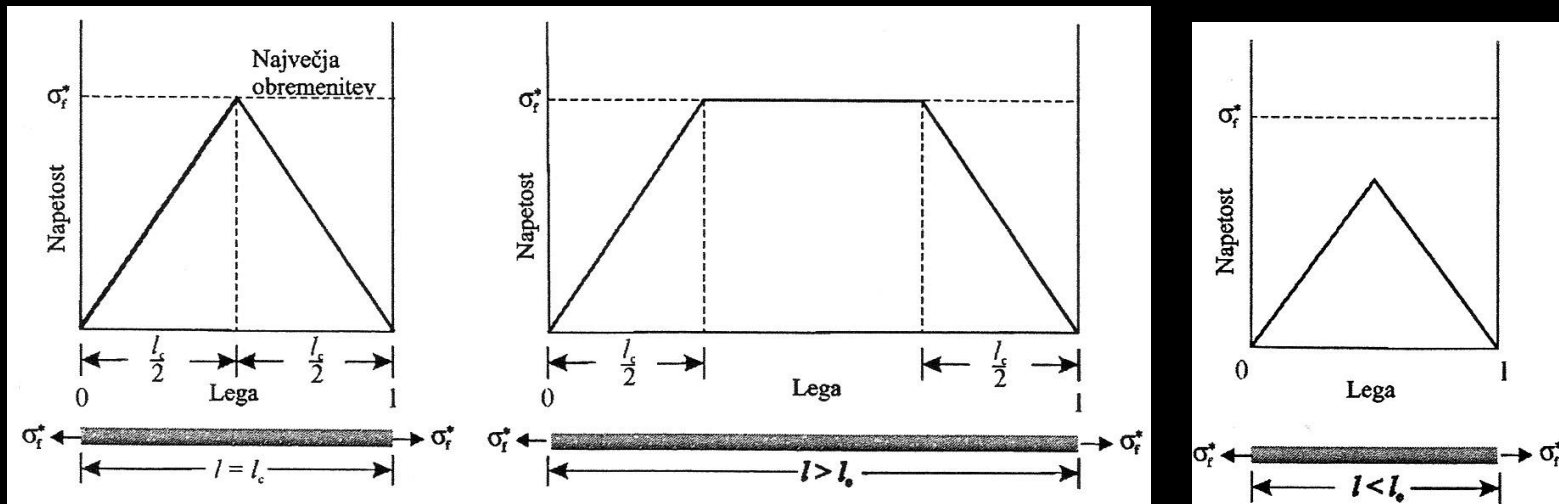


Slika nam prikazuje prenos napetosti z osnove na vlakno

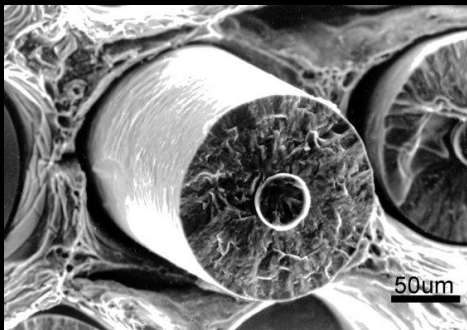
LASTNOSTI KOMPOZITOV

- Napetost, ki jo osnova prenese na vlakno, se povečuje z oddaljenostjo od koncev vlaken. Pri določeni vrednosti x doseže napetost največjo vrednost
- Vlakno ima kritično dolžino takrat, kadar velja $l=2x$, torej kadar je vlakno dolgo za dve vrednosti x
- Kritična dolžina vlakna pa je odvisna tudi od premera vlakna, natezne trdnosti vlaken ter od jakosti kemijske vezi. Če poznamo vse te parametre, lahko izračunamo kritično dolžino vlaken: $L_C = d \cdot \sigma_F / \sigma_C$
- Če delujemo na kompozit z napetostjo $\sigma = \sigma_F$ in je $l = L_C$, potem dosežemo največjo napetost točno na sredini vlakna
- Če je $l > L_C$ je utrjevanje z vlakni še bolj uspešno, saj se poveča tisti del vlakna, ki je obremenjen z največjo napetostjo
- Kadar pa je $l < L_C$ pa je utrjevanje z vlakni slabše, saj na nobenem odseku vlakna ne dosežemo napetosti σ_F
- Vlakna, ki imajo dolžino $l > 15L_C$ imenujemo zvezna (kontinuirna) vlakna, tista, ki imajo pa manjšo dolžino pa imenujemo nezvezna (diskontinuirna) vlakna
- Kompoziti z vlakni, ki so krajši od L_C , pa so po lastnostih podobni kompozitom utrjenimi z delci

LASTNOSTI KOMPOZITOV



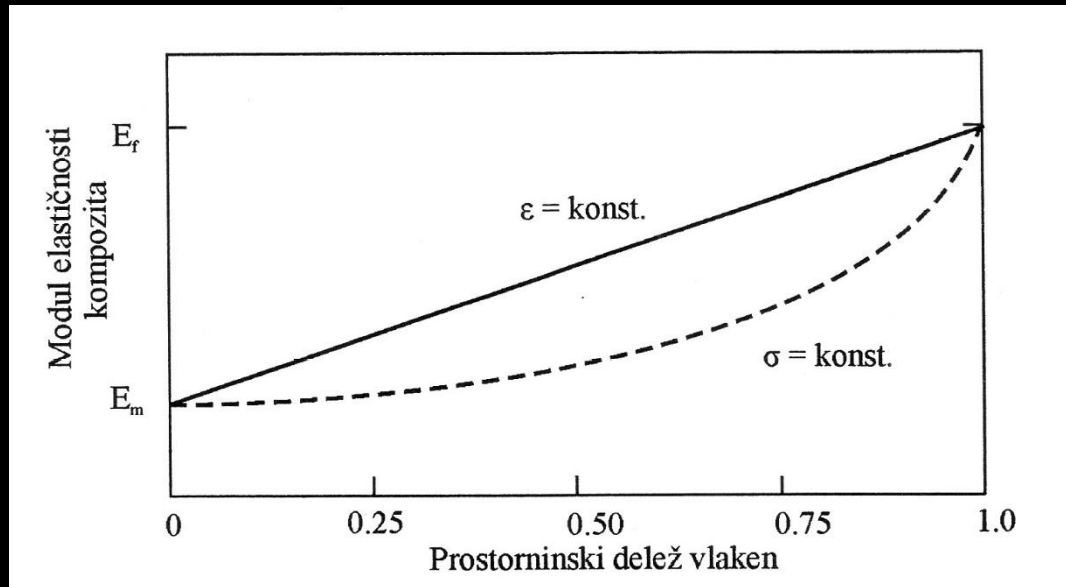
Slika nam prikazuje porazdelitev napetosti po vlaknu v odvisnosti od dolžine vlaken in jakosti kemijske vezi



Prikaz enega izmed vlaken

LASTNOSTI KOMPOZITOV – VPLIV ORIENTACIJE IN DELEŽA VLAKEN NA MEHANSKE LASTNOSTI

- Zelo dobra lastnost kompozitnih materialov je, da lahko veliko lastnosti že vnaprej izračunamo
- Vse enačbe za izračun lahko najdemo v knjigi Gradiva – Zapiski predavanj, ki je navedena na koncu prezentacije med viri



Spreminjanje modula elastičnosti kompozita utrjenega z zveznimi vlakni v odvisnosti od prostorninskega deleža vlaken pri vzdolžni (A) in prečni (B) obremenitvi

PRIMERI UPORABE KOMPOZITNIH MATERIALOV



Čelade za profesionalce:
Izredno lahke, a trpežne



Kolo narejeno iz ogljikovih
vlakn (tkanine) in
epoksidne smole



Armiran beton vzdrži
večje obremenitve kot
navaden



Za zagotovitev majhne mase se v
avtomobilski industriji uporabljajo
kompozitne materiale



Večina današnjih jadralnih letal in tudi
drugih letalnih naprav ima veliko
materialov prav iz kompozitov