



Agencija za  
strukovno obrazovanje  
i obrazovanje odraslih

Ivan Jukić

# Tehnički materijal

## Tehnički materijali 4.1



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

**Autor:** Ivan Jukić

**Sektor:**

# Strojarstvo, brodogradnja i metalurgija

**Razina HKO:** 4

**Naziv standarda kvalifikacije:**

SK Operater na alatnim strojevima / Operaterka na alatnim strojevima (standard strukovnog dijela kvalifikacije)

**Razina HKO-a:** 4.1

**Modul:**

## Osnove strojarstva

### Skup ishoda učenja:

Tehnički materijali 4.1

### Ishodi učenja:

1. Nabrojati vrste i svojstva tehničkih materijala.
2. Objasniti primjenu željeza i čelika.
3. Nabrojati vrste i primjenu obojenih metala.
4. Nabrojati svojstva i vrste polimernih materijala te njihovu primjenu.
5. Prepoznati standardne oznake tehničkih materijala.
6. Protumačiti proces nastanka korozije i postupke zaštite od korozije.
7. Nabrojiti postupke ispitivanja tehnoloških i mehaničkih svojstava materijala.

**CSVET:** 1

**Ključni pojmovi:** tehnički materijali, željezo, čelik, polimeri, korozija, tehnološka svojstva, mehanička svojstva, oznake tehničkih materijala.

**Datum izrade DOM-a:** 30. srpnja 2023.

### Napomena:

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje korišteni u ovom dokumentu (uključujući nazive strukovnih kvalifikacija, zvanja i zanimanja) odnose se jednako na oba roda (muški i ženski) i na oba broja (jedinu i množinu), bez obzira na to jesu li korišteni u muškom ili ženskom rodu, odnosno u jednini ili množini.

# Sadržaj

---

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Uvod</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>1. Tehnički materijali</b>                          | <b>5</b>  |
| 1.1. Svojstva tehničkih materijala                     | 6         |
| 1.2. Metali ili kovine i legure ili slitine            | 7         |
| 1.3. Polimeri                                          | 12        |
| 1.4. Keramika                                          | 14        |
| 1.5. Kompoziti                                         | 16        |
| 1.6. Drvo                                              | 18        |
| <b>2. Korozija</b>                                     | <b>21</b> |
| 2.1. Proces stvaranja korozije                         | 21        |
| 2.2. Postupci zaštite tehničkih materijala od korozije | 22        |
| <b>3. Ispitivanje i označavanje</b>                    | <b>25</b> |
| 3.1. Ispitivanje tehničkih materijala                  | 25        |
| 3.2. Standardno označavanje tehničkih materijala       | 27        |
| <b>Zaključak</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>Literatura i korisne poveznice</b>                  | <b>35</b> |
| <b>Impressum</b>                                       | <b>36</b> |

# Uvod

---

Glavni je cilj ovog obrazovnog materijala upoznati vas s tehničkim materijalima i njihovim svojstvima kako biste mogli donositi informirane odluke za zadatke tehničkog crtanja i projektiranja. Pokrit ćemo širok raspon materijala koji se mogu koristiti u različite svrhe, kao što su izgradnja konstrukcija, oblikovanje plastičnih dijelova, izrada alata, izrada strojarskih sklopova, itd.

Teorija materijalnog sustava bit će predstavljena ukratko, pružajući solidnu osnovu za odabir informacija. Pokrit ćemo sve značajne sustave materijala, uključujući polimere, keramiku, metale, kompozite (mješavine) i kombinacije tih sustava.

Tehnički materijali čine okosnicu moderne civilizacije, pokrećući napredak u inženjerstvu, tehnologiji i industriji. Ovi materijali igraju ključnu ulogu u oblikovanju svijeta u kojem danas živimo, omogućujući izgradnju infrastrukture, stvaranje inovativnih uređaja i razvoj najsuvremenijih tehnologija.

Među raznolikim nizom tehničkih materijala, dva kritična aspekta zahtijevaju istraživanje; ispitivanje njihovih mehaničkih i tehnoloških svojstava, kao i proučavanje otpornosti na koroziju. Razumijevanje ovih aspekata ključno je za iskorištavanje punog potencijala tehničkih materijala uz osiguranje njihove dugoročne održivosti i pouzdanosti.

Kroz ovaj obrazovni materijal naučit ćete:

1. Nabrojati vrste i svojstva tehničkih materijala.
2. Objasniti primjenu željeza i čelika.
3. Nabrojati vrste i primjenu obojenih metala.
4. Nabrojati svojstva i vrste polimernih materijala te njihovu primjenu.
5. Prepoznati standardne oznake tehničkih materijala.
6. Protumačiti proces nastanka korozije i postupke zaštite od korozije.
7. Nabrojiti postupke ispitivanja tehnoloških i mehaničkih svojstava materijala.

# 1. Tehnički materijali

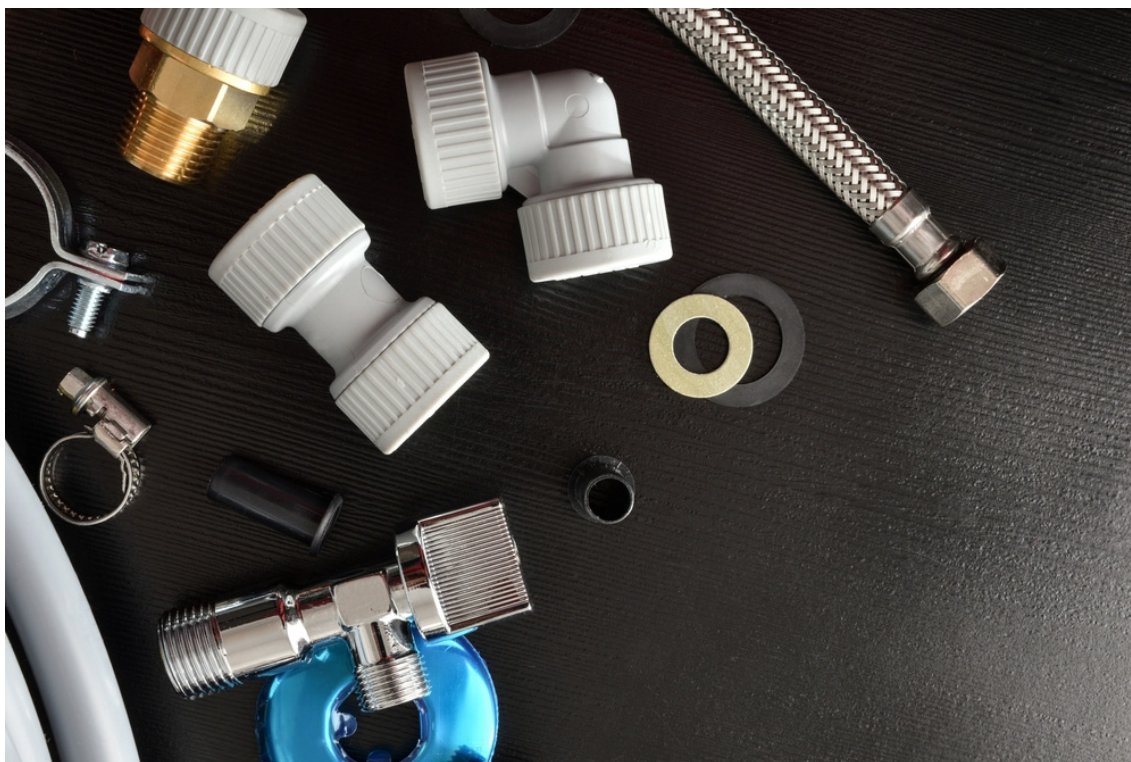
---

Tehnički materijali (slika 1) predstavljaju osnovnu komponentu svake djelatnosti u proizvodnji i osnovna su pretpostavka u svim segmentima proizvodnje. Tehnički se materijali koriste za izradu proizvoda, konstrukcija, uređaja i mehanizama koji nam pomažu u svakodnevnom životu i poboljšavaju životne uvjete.

Napredak tehnologije sada je usko povezan s razumijevanjem materijala i njima povezanih tehnologija. U prošlosti su za otkrivanje, usvajanje, oblikovanje i obradu materijala bile dovoljne individualne vještine.

Međutim, u današnjem je svijetu znanstveni pristup bitan. Interdisciplinarni timovi stručnjaka surađuju u istraživanju, razvoju i primjeni tehničkih materijala. To uključuje sintetiziranje i povezivanje podataka i znanja, postavljanje temelja za nove materijale, inovativne proizvode i povezane tehnologije.

Razvijene zemlje s jakim industrijskim bazama značajno ulažu u obrazovanje o tehničkim materijalima te u istraživanje i razvoj novih materijala. Raznolikost i broj materijala raste, s fokusom na traženje različitih svojstava i razvoj novih tehnika za dobivanje materijala.



Slika 1 – Spojni elementi i fitinzi izrađeni od različitih tehničkih materijala

Tehničke materijale prema svojstvima dijelimo u nekoliko skupina:

- Metali i legure (kovine i slitine)
- Polimeri
- Keramika
- Kompoziti
- Drvo
- Staklo.

## 1.1. Svojstva tehničkih materijala

**Kemijska svojstva** odnose se na karakteristike materijala povezane sa strukturom i rasporedom elemenata unutar materijala. Takva se svojstva obično analiziraju u kemijskim laboratorijima jer se ne mogu promatrati golim okom.

Neka važna kemijska svojstva uključuju:

- reaktivnost
- otpornost na koroziju
- otpornost na oksidaciju
- kiselost/bazičnost
- kemijsku stabilnost
- zapaljivost
- toksičnost
- kemijsku inertnost
- kemijsku kompatibilnost.

**Fizikalna svojstva** povezana su s načinom na koji oni stupaju u interakciju s različitim oblicima energije i drugim materijalima. Ta su svojstva regulirana zakonima fizike i mogu se odrediti bez mijenjanja strukture materijala.

Neka važna fizikalna svojstva uključuju:

- boju
- gustoću
- talište
- vrelište
- toplinsku vodljivost
- električnu vodljivost
- magnetska svojstva
- optička svojstva
- prozirnost ili neprozirnost
- specifični toplinski kapacitet
- koeficijent toplinskog širenja
- topivost.

**Mehanička svojstva** materijala čine karakteristike materijala koje postaju vidljive kada vanjska sila djeluje na materijal. Određivanje mehaničkih svojstava može uključivati uništavanje materijala budući da zahtijeva primjenu sile i promatranje reakcije materijala.

Mehanička svojstva tehničkih materijala odnose se na njihovo ponašanje i reakcije kada su izloženi vanjskim silama ili opterećenjima. Ova svojstva igraju ključnu ulogu u određivanju kako će se materijal ponašati u različitim uvjetima eksploatacije.

Neka važna mehanička svojstva su:

- čvrstoća
- krutost
- tvrdoća
- duktilnost
- žilavost
- otpornost na zamor
- otpor na puzanje
- otpornost na udarce
- lomna žilavost.

**Zadatak 1:** Nabrojite nekoliko fizikalnih svojstava tehničkih materijala.

Tehničke materijale prema svojstvima dijelimo na: metale i legure (kovine i slitine), polimere, keramiku, kompozite, drvo i staklo.

## 1.2. Metali ili kovine i legure ili slitine

Metali (kovine) i legure (slitine) osnovni su tehnički materijali koji se koriste u raznim industrijama i svakodnevnom životu.

Metali su čisti kemijski elementi poput željeza, bakra i aluminijsa, dok se legure stvaraju miješanjem dvaju ili više metala, poput čelika (željezo i ugljik) ili mjedi (bakar i cink). Istražimo njihov sastav, strukturu, svojstva, vrste i neke primjere primjene.

Sjajni izgled poznat kao metalni sjaj jedinstven je za određene metale, a ova karakteristika proizlazi iz njihove velike gustoće atoma po jedinici volumena.

Ova gustoća im omogućuje da ostanu neprozirni, čak i kada su u tankim slojevima. Štoviše, sposobnost podvrgavanja plastičnoj deformaciji čini metale pogodnima za različite tehnološke procese poput valjanja, kovanja, savijanja i izvlačenja.

Metali i legure sastoje se od sitnih čestica koje se nazivaju atomi. Ovi atomi raspoređeni su u pravilan uzorak, tvoreći strukturu kristalne rešetke. Ova struktura daje metalima njihova jedinstvena svojstva, kao što su čvrstoća, duktilnost (sposobnost rastezanja u žice) i električna vodljivost.

### Karakteristična svojstva za metale i legure su:

- **Čvrstoća:** Metali i legure općenito su jaki i mogu izdržati velika opterećenja i pritiske.
- **Vodljivost:** mogu provoditi toplinu i elektricitet, što ih čini korisnim za električne žice i upotrebu za izmjenu topline.
- **Duktilnost:** Neki se metali mogu izvući u tanke žice ili razvući u različite oblike bez lomljenja.
- **Savitljivost:** Mnogi se metali mogu lako kovati čekićem ili prešati u tanke listove ili oblikovati u različite oblike.
- **Otpornost na koroziju:** neke legure, poput nehrđajućeg čelika, vrlo su otporne na hrđu i koroziju.
- **Toplinsko širenje:** Metali se šire ili skupljaju kada se zagrijavaju ili hlade.

Uobičajena klasifikacija metala temelji se na tome sadrži li metal željezo kao primarni element ili ne. Ovakva klasifikacija dijeli metale u dvije glavne skupine: ferometali (željezni materijali) i obojeni metali (neželjezni materijali).

### Ferometali (željezni materijali)

Željezni metali sadrže željezo kao primarni element. Pripadaju im čelik i ljevovi na bazi željeza. Željezni metali naširoko se koriste u građevinarstvu, strojevima, transportu i drugim industrijskim primjenama. Najzastupljeniji su sljedeći željezni materijali:

#### 1. Čelik

Čelik je metastabilno skrućena legura željeza i ugljika s udjelom od 2,03 % uz pratioce (mangan i silicij), nečistoće (sumpor i fosfor), te nekada dodatno jedan, dva ili više legiranih elemenata (nikal, volfram, vanadij, kobalt, molibden, itd.).

Čelici čine više od 50 % ukupne primjene tehničkih materijala u proizvodnji.

Klasificirati ih se može prema više obilježja:

- način proizvodnje,
- mikrostruktura,
- oblik i stanje,
- svojstva,
- kemijski sastav,
- područje primjene.

U strojarstvu se najčešće klasificiraju prema području primjene:

- konstrukcijski čelici za opću namjenu, (slika 2 prikazuje primjer nosive zavarene konstrukcije),
- konstrukcijski čelici posebnih svojstava i primjene (antikorozivni, hladno žilavi, otporni na habanje...),
- alatni čelici (visokočvrsti, mjerni i rezni alati, alati za hladno i toplo oblikovanje nemetala i metala...).



Slika 2 - Čelična konstrukcija hale

## 2. Željezni lijevovi

Svojstva željeznog lijeva:

- **Čvrstoća i izdržljivost:** Lijev od željeza nudi iznimnu mehaničku čvrstoću, što ga čini prikladnim za teške primjene koje zahtijevaju veliku nosivost i izdržljivost.
- **Svestranost:** lijevanje željeza omogućuje stvaranje složenih oblika i dizajna, što ga čini idealnim za proizvodnju širokog spektra proizvoda.
- **Dobra obradivost:** Lijevano željezo može se lako obraditi i oblikovati u željeni oblik, povećavajući njegovu upotrebljivost u raznim industrijama.

Vrste lijevanog željeza (slika 3):

- Čelični lijev ČL
- Sivi lijev SL
- Nodularni (žilavi) lijev NL
- Bijeli tvrdi lijev BTL
- Temper lijev.



Slika 3 - Proizvodi dijelova motora od lijevanog željeza

**Primjena:**

- Automobilska industrija: blokovi motora, glava cilindra, komponente kočnica i dijelova ovjesa, proizvodi dijelova motora od lijevanog željeza,
- Izgradnja i infrastruktura: poklopci šaftova, ukrasne konstrukcije poput stupova za svjetiljke i ograde,
- Strojevi i industrijska oprema: komponente strojeva, uključujući mjenjače, pumpe, ventile i dijelove teških strojeva,
- Roba široke potrošnje: posuđe, štednjaci, roštilji i ukrasni predmeti.

### Obojeni metali (neželjezni materijali)

Obojeni metali ne sadrže željezo kao primarni element. Obojeni metali uključuju aluminij (slika 4), bakar, cink, olovo, nikel, titan i druge. Najčešće imaju karakteristične boje odakle im i dolazi naziv, te su skuplji od željeznih materijala pa se koriste samo kad se od njih traže posebna svojstva poput:

- male težine,
- otpornosti na koroziju,
- mali faktor trenja,
- izvrsne električne i toplinske vodljivosti,
- nemagnetičnost,
- visoka plastičnost.

Obojene metale razvrstavamo na:

- lake obojene metale (Al, Li, Mg, Be, Ti...),
- teške obojene metale (Sn, Pb, Cu, Zn, Co...),
- plemenite obojene metale (Pt, Au, Ir, Ag, Pa...).



Slika 4 - Role legura aluminija i cinka

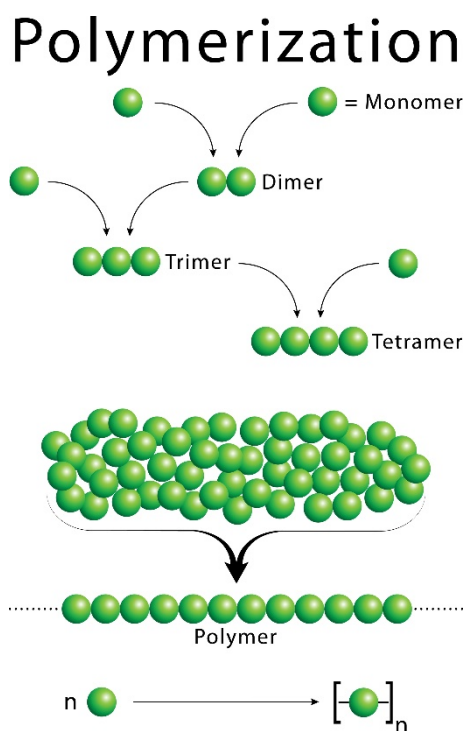
Obojeni metali i njihove legure primjenjuju se u raznim industrijama kao što su zrakoplovstvo, elektronika, brodogradnja, građevinarstvo i prehrambena industrija.

**Zadatak 2:** Objasni razliku između čelika i obojenih metala.

Čelik je metastabilno skrućena legura željeza i ugljika s udjelom od 2,03 % uz prisutne elemente kao što su mangan i silicij, dok obojeni metali ne sadrže željezo kao primarni element.

### 1.3. Polimeri

Polimerni materijali sastavni su dio moderne tehnologije i industrije. **Polimerizacija** je kemijski proces kroz koji se male molekule zvane monomeri spajaju kako bi formirale duge lance poznate kao polimeri (slika 5). Ova se reakcija odvija putem kovalentnih veza, gdje monomeri gube određene funkcionalne skupine poput vodika ili klora kako bi se povezali sa susjednim monomerima. Rezultirajući polimerni lanac može biti linearan ili razgranat, ovisno o vrsti monomera i uvjetima reakcije. Takva struktura im omogućuje da budu prilagođeni specifičnim primjenama.



Slika 5 - Proces polimerizacije

Kao tehnički materijali, polimeri nude širok raspon prednosti:

- Mala težina
- Elastičnost (oblikovanje, otpornost na deformacije...)
- Izdržljivost (otpornost na koroziju i kemikalije...)
- Ekonomičnost (proizvodnja, transport, reciklaža...).

S obzirom na zahtjeve polimeri mogu imati visoku vlačnu čvrstoću što ih čini idealnim za nosive komponente u automobilske industriji i građevinarstvu, dok drugi mogu imati izvrsnu električnu vodljivost za upotrebu u elektroničkim uređajima i komunikacijskim sustavima. Ova prilagodljivost svojstava polimera omogućava optimizaciju učinkovitosti i performansa u različitim područjima.

U usporedbi s ostalim tehničkim materijalima ključna prednost je povoljan omjer čvrstoće i težine. Mala težina omogućava neprocjenjivu primjenu u zrakoplovstvu, lakim za rukovanje i transport te tako pojednostavljuje proizvodne procese i smanjuje logističke troškove.

Polimere dijelimo prema strukturi u tri osnovne skupine:

- **Termoplasti**; polimeri koji se mogu opetovano taliti i ukrućivati bez značajnih kemijskih promjena. Sastoje se od dugih linearnih molekularnih lanaca zbog kojih kod zagrijavanja omekšaju i ukrute kada se ohlade. Ovo svojstvo ih čini lakim za oblikovanje i recikliranje. Primjeri termoplasta su polietilen (PE), polipropilen, polivinil klorid (PVC) i polistiren (PS).
- **Duromeri** (duroplasti ili termostabili); polimeri koji prolaze kroz kemijsku reakciju tijekom stvrdnjavanja, što dovodi do mrežne strukture. Nakon što se stvrdnu, ne mogu se otopiti ili preoblikovati bez značajne degradacije. Duroplasti imaju izvrsnu čvrstoću, otpornost na toplinu i kemijsku stabilnost, što ih čini idealnim za primjene koje zahtijevaju trajnost i stabilnost, kao što su električna izolacija i automobilske dijelovi (slika 6).



Slika 6 – Polimerni zupčanici

- **Elastomeri**: vrsta su polimera koji imaju jedinstvenu sposobnost elastične deformacije i vraćanja u svoj izvorni oblik kada se primijenjena sila ukloni. Ovo svojstvo je poznato kao elastičnost. Struktura im je tipično amorfna i imaju smotane polimerne lance koji im omogućuju da se značajno deformiraju pod naprezanjem i zatim povrate svoj izvorni oblik. Guma i brtve su najčešći primjer elastomera, a nalazi primjenu u raznim drugim proizvodima koji zahtijevaju elastičnost.

**Zadatak 3:** Koje su ključne razlike između termoplasta i duroplasta? Navedite dva primjera svake vrste polimera i nabrojite njihova ključna svojstva kao i primjere primjene u stvarnom životu.

Termoplasti: Mogu se više puta taliti i preoblikovati bez značajnih kemijskih promjena. Primjeri: Polietilen (PE), Polipropilen (PP). Svojstva: Mala težina, lako oblikovanje, dobra kemijska otpornost. Primjena: Ambalaža, cijevi, igračke.

Duroplasti: Prolaze kroz kemijsku reakciju tijekom stvrdnjavanja, ne mogu se ponovno oblikovati. Primjeri: Epoksidne smole, Fenolne smole. Svojstva: Visoka čvrstoća, otpornost na toplinu i kemijsku stabilnost. Primjena: Električna izolacija, automobilski dijelovi.

## 1.4. **Keramika**

Keramika, klasa anorganskih nemetalnih materijala, koristi se tisućama godina za različite tehničke primjene zbog svoje jedinstvene kombinacije svojstava. Ovi materijali nastaju kroz procese koji uključuju zagrijavanje i hlađenje prirodnih ili sintetskih spojeva, što rezultira iznimnim svojstvima koja ih čine vrijednima u modernoj tehnologiji i industriji.

Struktura tehničke keramike temelji se na rasporedu kristalne rešetke gdje su atomi ili ioni raspoređeni u pravilan i ponavljajući uzorak. Ovisno o načinu izrade može biti monokristalna ili polikristalna.

**Monokristalna keramika** sastoji se od kontinuirane kristalne rešetke bez granica zrna, što može dovesti do poboljšanja mehaničkih svojstava. Međutim, proizvodnja monokristalne keramike je zahtjevnija i skuplja.

**Polikristalna keramika** sastoji se od više kristalnih zrnaca koja su međusobno povezana. Ova zrnca imaju različiti orijentacije, a njihove granice mogu utjecati na svojstva materijala. Ova vrsta keramike češće se pojavljuje i relativno je lakša za proizvodnju.

Svojstva koja čine keramiku boljim izborom naspram metala i polimera:

- **Visoka tvrdoća** - Keramika pokazuje izuzetnu tvrdoću i otpornost na abraziju, što je čini prikladnom za primjene gdje je habanje glavni problem, kao što su alati za rezanje, brusni mediji i komponente otporne na habanje.
- **Visoka otpornost na toplinu** - Keramika može izdržati ekstremne temperature bez značajnih deformacija ili degradacije, što je čini idealnom za primjenu u okruženjima s visokim temperaturama, uključujući zrakoplovne komponente, obloge peći i toplinske barijere.
- **Električna izolacija** - Keramika ima nisku električnu vodljivost, što je čini neophodnom za električne i elektroničke primjene gdje je potrebna električna izolacija, kao što su izolatori, strujne ploče i svjećice.
- **Kemijska stabilnost** - Keramika je vrlo otporna na koroziju i kemijski napad, što je čini neprocjenjivom u industrijama koje rade s agresivnim kemikalijama, poput petrokemije, gdje se koristi u oblogama reaktora, nosačima katalizatora i premazima otpornim na koroziju.
- **Optička svojstva** - Određena keramika posjeduje jedinstvena optička svojstva, uključujući prozirnost i refleksiju, što ih čini ključnim u optičkim uređajima kao što su leće, prizme i laserske komponente.

Keramiku možemo podijeliti u tri skupine:

- **Tehnička keramika (inženjerska keramika)** - Ova keramika je visokih performansi projektirana za specifične tehničke primjene, kao što su alati za rezanje (slika 7), kuglični ležajevi i električni izolatori. Napravljena je tako da ima poboljšana mehanička, toplinska, električna i kemijska svojstva.



Slika 7 - Alat za glodanje čelika s keramičkim oštricama

- **Tradicionalna keramika** - Uključuje materijale na bazi gline kao što su keramika, cigle i pločice, koji se obično koriste u građevinarstvu i kućanstvu. Ova vrsta keramike koristi se uglavnom u dekorativne svrhe.
- **Vatrostalna keramika** - Keramika visoke otpornosti na toplinu koja se koristi za oblaganje peći bilo da se kućne ili industrijske namjene pri visokim temperaturama.

Tehnička keramika je nezamjenjiv materijal sa širokim rasponom svojstava i primjena u raznim industrijama. Njihova svojstva omogućuju razvoj komponenti visokih performansi koje se koriste u:

- Automobilskoj industriji (svjeće, kočione pločice, dijelovi motora, električna izolacija...)
- Zrakoplovstvo (kao komponente motora i raketnih mlaznica, toplinski štit)
- Elektronika i elektrotehnika (komponente kondenzatora, izolatora i podloga za elektroničke uređaje)

- Medicinska industrija (zubni i ortopedski implantati, medicinski alati i oprema zbog svoje biokompatibilnosti i otpornosti na koroziju)
- Energetski sektor (plinske turbine, solarne ploče, gorive ćelije)
- Industrijski strojevi (alati za rezanje, ležajevi, brtve)
- Optika i komunikacije (optičke leće, laserski sustavi).

**Zadatak 4:** Navedi vrste keramike prema načinu izrade. Nabroji karakteristična svojstva keramike i usporedi ju s drugim tehničkim materijalima.

Vrste keramike prema načinu izrade dijelimo na monokristalnu i polikristalnu keramiku.

Karakteristična svojstva keramike su visoka tvrdoća, visoka otpornost na toplinu, električna izolacija, kemijska stabilnost i optička svojstva.

## 1.5. Kompoziti

Kompoziti su vrsta tehničkih materijala nastalih kombinacijom dvaju ili više materijala za stvaranje novog materijala s vrhunskim svojstvima. Dobiveni kompozitni materijal iskorištava prednosti pojedinačnih snaga svojih komponenti, što rezultira materijalom koji nadmašuje svaki sastavni materijal posebno. Kompoziti se koriste u raznim industrijama zbog svoje iznimne čvrstoće, izdržljivosti i prilagođenih svojstava, što ih čini svestranim i vrijednim izborom za mnoge inženjerske primjene (slika 8).



Slika 8 - Proizvodi u automobilskoj industriji izrađeni od karbonskih vlakana

Kompoziti se sastoje od dvije glavne komponente: **faze ojačanja** i **faze matrice**. Faza ojačanja osigurava krutost i čvrstoću materijala, dok matrična faza djeluje kao vezivo držeći armaturu na okupu i prenoseći opterećenja između elemenata armature. Dvije komponente rade zajedno sinergistički kako bi stvorile kompozitni materijal s jedinstvenim svojstvima.

Struktura kompozita ovisi o rasporedu faza ojačanja i matrice. Uobičajene kompozitne strukture uključuju:

- **Kompoziti ojačani vlaknima** - U ovom tipu, vlakna visoke čvrstoće kao što su karbonska (slika 8), staklena ili aramidna vlakna, ugrađena su u materijal matrice, kao što je polimer, metal ili keramika. Kompoziti ojačani vlaknima poznati su po svom iznimnom omjeru čvrstoće i težine.
- **Kompoziti ojačani česticama** - Ovdje su čestice jednog materijala raspršene unutar drugog materijala matrice. Čestice poboljšavaju specifična svojstva kompozita, kao što su tvrdoća, toplinska vodljivost ili otpornost na trošenje. Kompoziti ojačani česticama obično se koriste u automobilske i građevinske industriji.
- **Laminatni kompoziti** - Ovi kompoziti sastoje se od više slojeva različitih materijala koji su spojeni zajedno kako bi se postigla određena svojstva. Laminatni kompoziti naširoko se koriste u proizvodnji tiskanih ploča, trupova brodova i strukturnih ploča.

Svojstva kompozita ovise o izboru materijala ojačanja i matrice, kao i o rasporedu komponenti. Neka ključna svojstva kompozita uključuju:

- **Visoka čvrstoća i krutost** - superiorni u usporedbi s pojedinačnim sastavnim materijalima.
- **Mala težina** - visoki omjer čvrstoće i težine, znatno lakši od tradicionalnih materijala poput metala.
- **Prilagođena svojstva** - odabirom specifičnih materijala dobivaju se željena svojstva kao što su električna izolacija, toplinska vodljivost ili otpornost na koroziju.
- **Izdržljivost** - otpornost na zamor.

Kompozite prema vrsti i namjeni možemo podijeliti u nekoliko skupina:

- **Polimeri ojačani vlaknima (FRP)** - Koriste se u zrakoplovnoj, automobilske industriji i industriji sportske opreme za izradu proizvoda poput trupova zrakoplova, panela karoserije automobila i teniskih reketi.
- **Kompoziti od karbonskih vlakana** - Primjena kod visokih performansi, uključujući trkaće automobile, bicikle, zrakoplovne konstrukcije.
- **Metalno matrični kompoziti (MMC)** - Koriste se u primjenama na visokim temperaturama, kao što su komponente zrakoplovnih motora i kočioni diskovi, gdje nude poboljšanu otpornost na toplinu i svojstva trošenja.
- **Keramički matrični kompoziti (CMC)** - Nalaze se u primjenama u zrakoplovstvu i plinskim turbinama zbog njihove otpornosti na visoke temperature i niske toplinske ekspanzije, što ih čini prikladnima za komponente motora i toplinske barijere.

- **Sendvič kompoziti** - Koriste se u zrakoplovnoj, pomorskoj i građevinskoj industriji za konstrukcije koje zahtijevaju veliku čvrstoću s malom težinom, kao što su ploče zrakoplova i trupovi broda.

**Zadatak 5:** Što su kompoziti i po čemu se razlikuju od tradicionalnih materijala poput metala i plastike? Navedite jedan primjer primjene u praksi u kojoj se koriste kompoziti i objasnite zašto im se daje prednost u toj određenoj primjeni.

Kompoziti su materijali nastali kombinacijom dvaju ili više materijala radi postizanja boljih svojstava. Kompoziti nude superiornu kombinaciju čvrstoće, krutosti i male težine.

Primjer primjene: Kompoziti od karbonskih vlakana u zrakoplovstvu. Prednost: Visoka čvrstoća i mala težina smanjuju potrošnju goriva i poboljšavaju performanse.

## 1.6. Drvo

Drvo je izuzetan i prirodan tehnički materijal koji čovjek tisućama godina koristi na razne načine. Izrađeno je od sitnih vlakana i prirodnog ljepila koja ih drže zajedno. Ova vlakna daju drvu njegovu jedinstvenu strukturu i svojstva, čineći ga snažnim i korisnim za mnogo različitih primjena:

- **Čvrstoća i krutost** - Drvo je jako kruto što znači da može podnijeti velika opterećenja i zadržati svoj oblik te je lako obradivo.
- **Obnovljivi izvor** - Drvo dobivamo iz drveća koje se može ponovno uzgajati i saditi što ga čini obnovljivim i ekološki prihvatljivim materijalom.
- **Toplinski izolator** - Drvo je dobar izolator, što znači da može zgrade održati toplima po hladnom vremenu i hladnima po vrućem vremenu.
- **Prirodna ljepota** - Drvo ima prirodan atraktivan izgled s različitim bojama i uzorcima što ga čini izvrsnim za izradu namještaja i ukrasa.

Drvo dijelimo u dvije vrste:

- **Tvrdo drvo** - Dolazi od drveća sa širokim lišćem poput hrasta i javora. Čvrsto je i izdržljivo, koristi se za izradu namještaja i podova.
- **Meko drvo** - Dolazi od drveća s iglicama poput bora i smreke. Manje je gustoće, ali još uvijek jako, koristi se za gradnju i izradu papira.

Nekoliko primjera namjene drva:

- **Građevinarstvo:** Izgradnja kuća, konstrukcija za zidove, krovove, podove (slika 9).



Slika 9 - Zgrada napravljena od drvene konstrukcije

- **Obnovljiva energija** - Izvor toplinske i električne energije u obliku peleta ili iverja.
- **Proizvodnja papira** - Izrada papira, kartona, materijala za pisanja i pakiranje.
- **Namještaj** - Izrada stolova, stolica i ormara zbog svoje čvrstoće i prirodne ljepote (slika 10).
- **Rukotvorine i hobiji** - Izrada skulptura, glazbenih instrumenata.



Slika 10 – Drveni namještaj

**Zadatak za vrednovanje 1:** Navedi karakteristična svojstva drva i njegovu primjenu.

### Za one koji žele znati više:

Keramika se često koristi u izradi toplotnih štitova za svemirske letjelice. Tehnička keramika ima visoku otpornost na ekstremne temperature i termalne šokove, što je ključno za zaštitu svemirskih letjelica od ogromnih temperaturnih varijacija tokom putovanja kroz atmosferu i svemir. Osim toga, tehnička keramika ima nisku gustoću i visoku čvrstoću, što pomaže smanjiti masu letjelice i povećati efikasnost raketa prilikom lansiranja.

### Zanimljivost

- 3D ispisom mogu se stvoriti nevjerojatni predmeti pomoću legura, mješavine različitih metala. 3D ispis kombinira prednosti različitih metala za stvaranje super-čvrstih, laganih i jedinstvenih materijala.
- Taljenjem i nanošenjem slojeva metalnog praha, inženjeri mogu precizno kontrolirati sastav legure. To znači da mogu dizajnirati dijelove s određenim svojstvima, poput povećane čvrstoće, fleksibilnosti ili čak otpornosti na ekstremne temperature. Ova revolucionarna tehnologija donosi revoluciju u industrijama kao što su zrakoplovstvo, zdravstvo i automobilska industrija, otvarajući svijet mogućnosti.
- Polimeri su napravili revoluciju u području medicine omogućivši razvoj biorazgradivih konaca i kirurških implantata. U prošlosti su šavovi korišteni za zatvaranje kirurških rana bili izrađeni od prirodnih materijala poput svile ili konca izrađenog od životinjskih crijeva, što je zahtijevalo poseban postupak uklanjanja nakon što rana zacijeli. Međutim, s pojavom sintetičkih polimera postali su mogući biorazgradivi šavovi. Ti su konci se postupno razgrađuju i tijelo ih apsorbira tijekom vremena. Kao rezultat toga, nema potrebe za naknadnim postupkom uklanjanja šavova, smanjujući nelagodu pacijenta i vrijeme oporavka.
- Keramika ima iznimnu tvrdoću i koristi se u nekim od najnaprednijih svjetskih sustava oklopa. Keramičke oklopne ploče, često izrađene od materijala kao što su bor karbid ili glinica, nevjerojatno su učinkovite u zaustavljanju projektila velike brzine.
- Kompoziti su se kao tehnički materijali koristili već u drevnim civilizacijama, mnogo prije nego što je skovan pojam "kompoziti". Drevne kulture, kao što su Egipćani i Mezopotamci, koristile su cigle od blata ojačane slamom za izgradnju zgrada prije više od 6000 godina. Ovi rani kompoziti prikazali su ideju kombiniranja različitih materijala za poboljšanje njihovih svojstava, što je temeljni princip modernih kompozitnih materijala.
- Drvo ima veći omjer čvrstoće i težine od čelika. To znači da je drvo lakše od čelika, a istovremeno je dovoljno čvrsto da podnese velika opterećenja i pruži strukturnu potporu.

## 2. Korozija

---

### 2.1. Proces stvaranja korozije

Korozija je prirodni proces koji se događa kada metali i legure reagiraju s okolinom, što dovodi do njihovog postupnog propadanja. Primarni uzrok korozije je elektrokemijska reakcija između metala, vlage i kisika u prisutnosti određenih nečistoća ili zagađivača.

Proces stvaranja korozije uključuje nekoliko koraka:

- **Inicijacija** - Prvi korak je inicijacija korozije, koja se često javlja na lokaliziranim područjima s nedostacima ili nesavršenostima na metalnoj površini. Ta područja, poznata kao mjesta korozije, postaju početne točke za proces korozije.
- **Anodne i katodne reakcije** - Jednom kad se inicijacija dogodi, odvijaju se dvije primarne reakcije. Na anodnim mjestima atomi metala gube elektrone i postaju pozitivno nabijeni ioni (kationi), ulazeći u okolinu. Na katodnim mjestima molekule kisika i vode spajaju se s elektronima i proizvode hidroksidne ione.
- **Prijenos elektrona** - Kako se anodna i katodna reakcija nastavljaju, dolazi do protoka elektrona od anodnog do katodnog mjesta kroz metal. Ovaj proces prijenosa elektrona je ono što uzrokuje degradaciju metala.
- **Proizvodi korozije** - Metalni ioni proizvedeni na anodnim mjestima spajaju se s hidroksidnim ionima na katodnim mjestima i tvore proizvode korozije, kao što su metalni oksidi ili hidroksidi. Ovi proizvodi stvaraju hrđu ili druge oblike korozije na metalnoj površini.
- **Kontinuirani proces** - Proces korozije nastavlja se tijekom vremena, što dovodi do postupnog slabljenja i degradacije metala, potencijalno uzrokujući funkcionalne probleme u različitim primjenama.

## 2.2. Postupci zaštite tehničkih materijala od korozije

Kako bi se spriječili ili minimizirali učinci korozije, za tehničke materijale primjenjuju se različiti postupci zaštite od korozije. Neke uobičajene metode zaštite od korozije uključuju:

- **Premazi** - Nanošenjem zaštitnih premaza, poput boje, polimernih filmova ili metalnih premaza (npr. galvanizacija), stvara se barijera između metalne površine i okoliša, sprječavajući izravan kontakt s vlagom i kisikom (slika 11).



Slika 11 – Nanošenje zaštitnog premaza

- **Katodna zaštita** - Ova metoda uključuje opskrbu metalne površine istosmjernom električnom strujom, čineći je katodom i smanjujući stopu korozije. Zaštitu je moguće postići pasivnom katodnom zaštitom žrtvenim anodama od cinka (slika 12).



Slika 12 - Primjer zaštite žrtvenim anodama na propulziji broda

- **Inhibitori** - Inhibitori korozije su kemijske tvari koje se dodaju u okolinu kako bi se smanjila stopa korozije stvaranjem zaštitnog filma na metalnoj površini.
- **Legiranje** - Odabir legura otpornih na koroziju ili dodavanje specifičnih elemenata osnovnom metalu kako bi se povećala njegova otpornost na koroziju.
- **Kontrola okoliša** - Održavanje okoliša suhim, smanjenje vlažnosti i kontroliranje temperature mogu pomoći u ograničavanju procesa korozije.
- **Izmjene dizajna** - Projektiranje struktura kako bi se smanjila područja sklona zadržavanju vlage ili usvajanje odgovarajućih sustava odvodnje može smanjiti rizik od korozije.
- **Redoviti pregled i održavanje** - Periodični pregledi i pravovremeno održavanje mogu pomoći u otkrivanju i rješavanju problema s korozijom prije nego što eskaliraju.

Primjenom ovih postupaka zaštite od korozije, može se produžiti životni vijek i pouzdanost tehničkih materijala, smanjujući troškove održavanja i potencijalne opasnosti po sigurnost.

**Zadatak 6:** Nabroji i objasni nekoliko postupaka zaštite od korozije.

Premazi: Nanošenje zaštitnih slojeva kao što su boje ili polimerni filmovi.

Katodna zaštita: Opskrba metalne površine električnom strujom radi smanjenja korozije.

Inhibitori: Kemijske tvari koje stvaraju zaštitni film na metalu.

Legiranje: Dodavanje elemenata otpornijih na koroziju u osnovni metal.

Kontrola okoliša: Održavanje suhog i kontroliranog okoliša.

Izmjene dizajna: Dizajniranje struktura koje smanjuju zadržavanje vlage.

Redoviti pregled i održavanje: Periodični pregledi radi pravovremenog otkrivanja problema.

**Zadatak za vrednovanje 2:** Potrebni materijali:

- tri različita metalna uzorka (npr. željezni vijak, bakreni novčić i aluminijska folija),
- tri male posude,
- sol (kuhinjska sol ili morska sol),
- voda,
- marker ili naljepnice.

**Postupak:**

Označite svaki spremnik (malu posudu) nazivom metala koji ćete testirati (npr. "željezo", "bakar", "aluminij"). Svaku posudu napunite istom količinom vode. Dodajte žličicu soli u svaku posudu i promiješajte da se sol otopi u vodi. Ovo stvara otopinu slane vode. Uronite jedan metalni uzorak u svaku posudu tako da bude potpuno uronjen u slanu vodu.

Neka uzorci metala odstoje u slanoj vodi nekoliko dana. Promatrajte i bilježite svoja opažanja svakodnevno ili u redovitim intervalima. Obratite pozornost na sve promjene u izgledu metala. Nakon

određenog vremena izvadite uzorke metala iz slane vode i pažljivo ih pregledajte. Zabilježite sve znakove korozije, poput hrđe, promjene boje ili promjene teksture. Usporedite rezultate za svaki metal i raspravite svoja otkrića. Koji je metal pokazao najznačajnije znakove korozije? Koji je pokazao najmanje?

### **Sigurnosni savjeti!**

Poduzmite odgovarajuće mjere opreza dok rukujete uzorcima kako biste izbjegli ozljede (npr. nosite rukavice ako je potrebno).

### **Za one koji žele znati više:**

Korozija se može pojaviti čak i u dubokim oceanskim ili podzemnim okruženjima. Iako se često misli da je korozija povezana s izloženošću metalnih materijala vlažnosti i kisiku u atmosferi, postoji pojava poznata kao mikrobna korozija ili biokorozija koja se javlja kada mikrobi, poput bakterija, arheja i gljivica, napadaju metalne površine.

Ovaj oblik korozije može biti posebno destruktivan u industrijama poput nafte i plina, gdje se metalne cijevi i oprema nalaze u ekstremnim okruženjima. Bakterije koje preživljavaju u tim uvjetima mogu proizvoditi korozivne tvari ili stvarati lokalne promjene u pH vrijednostima okoline koje dovode do oštećenja metala. Razumijevanje i kontrola mikrobne korozije igraju ključnu ulogu u održavanju dugotrajnosti i sigurnosti infrastrukture i opreme u takvim industrijama.

### **Zanimljivosti:**

Korozija je prirodan proces koji može utjecati na različite materijale, ne samo na metale, poput betona, drveta pa čak i plastike.

Drvo također može biti podvrgnuto vrsti korozije poznatoj kao "biološka korozija" koju uzrokuju gljivice, insekti i drugi organizmi koji razgrađuju drvena vlakna. Ovaj proces slabi drvo i može dovesti do njegovog konačnog propadanja.

Čak i plastika, iako je općenito otpornija na koroziju od metala, može doživjeti degradaciju kada je izložena određenim čimbenicima iz okoliša poput ultraljubičastog (UV) zračenja ili visokih temperatura.

## 3. Ispitivanje i označavanje

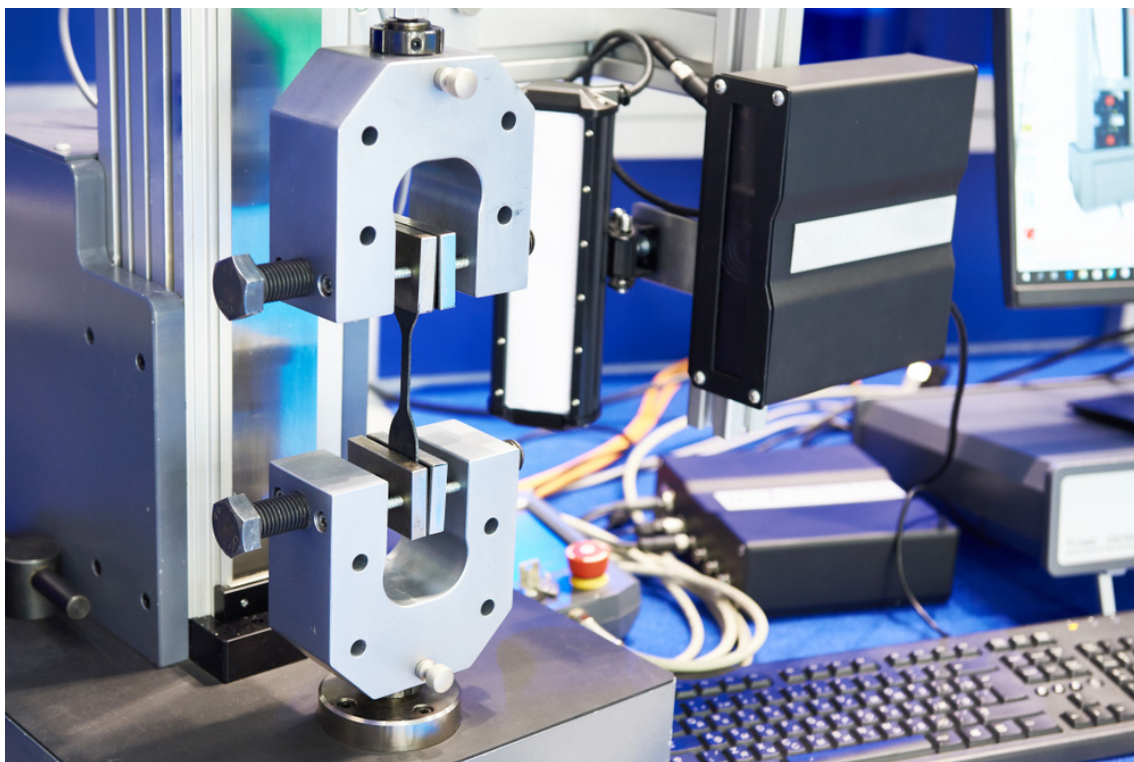
---

### 3.1. Ispitivanje tehničkih materijala

Upotrebljivost tehničkih materijala određena je njihovim svojstvima, što znači da izbor materijala za proizvod ovisi o specifičnim svojstvima koje posjeduju.

Kako bismo razumjeli važna svojstva tehničkih materijala za potrebe proizvodnje, možemo provesti sveobuhvatna ispitivanja. Ovo će se poglavlje usredotočiti na najkritičnija svojstva materijala koja se koriste u odabiru materijala i različite metode ispitivanja za određivanje tih svojstava.

**Vlačno ispitivanje** (slika 13): ovim se ispitivanjem mjeri vlačna čvrstoća materijala, granica razvlačenja i istezanje. Uzorak je podvrgnut sili istezanja sve dok ne pukne.



Slika 13 - Postupak vlačnog ispitivanja na epruveti

**Tlačno ispitivanje** - Slično vlačnom ispitivanju, ovo ispitivanje mjeri otpornost materijala na tlačne sile. Uzorak se sabija dok se ne savije ili deformira, dajući podatke o tlačnoj čvrstoći i modulu.

**Test udarca** - Mjeri žilavost materijala i njegovu sposobnost da apsorbira energiju tijekom udarca. Uzorci se udaraju klatnom ili čekićem, a apsorbirana energija se bilježi.

**Test savijanja** - procjenjuje duktilnost materijala i sposobnost da izdrži naprezanja savijanja. Uzorci se savijaju pod određenim kutom i promatraju se sve pukotine ili lomovi.

**Test zamora** - Određuje kako se materijal ponaša pod opterećenjima koja se ponavljaju. Testom se mjeri njegova snaga zamora i granica izdržljivosti.

**Test tvrdoće** - Testovi tvrdoće procjenjuju otpornost materijala na udubljenje. Uobičajene metode uključuju ispitivanja tvrdoće po Rockwellu, Brinellu i Vickersu (slika 14).



Slika 14 - Prikaz ispitivanja tvrdoće

**Ispitivanje puzanja** - Procjenjuje kako se materijal deformira pod stalnim opterećenjem i povišenom temperaturom. Ovaj test pomaže razumjeti ponašanje materijala u primjenama na visokim temperaturama.

**Ispitivanje smicanja** - Ispitivanjem smicanja ocjenjuje se čvrstoća materijala na smicanje, posebno kod metala i kompozita.

**Test trošenja** - Mjeri otpornost materijala na trošenje. To je ključno za primjene u kojima su materijali izloženi trljanju ili klizanju.

**Test korozije** - Procjenjuje otpornost materijala na koroziju i degradaciju u specifičnim okruženjima.

**Test toplinske vodljivosti** - Mjeri sposobnost materijala da provodi toplinu, što je bitno za aplikacije upravljanja toplinom.

**Test električne vodljivosti** - Procjenjuju sposobnost materijala da provodi električnu struju.

Standardne organizacije kao što su ASTM, ISO i EN daju posebne smjernice za provođenje ovih testova kako bi se osigurala dosljednost i točnost rezultata.

Rockwell, Brinell i Vickers metode predstavljaju tri najčešće korištena postupka ispitivanja tvrdoće materijala, a svaki od njih se temelji na različitom principu mjerenja udubljenja koje nastaje djelovanjem opterećenja na površinu materijala. Rockwell metoda mjeri dubinu udubljenja nastalu primjenom standardiziranog opterećenja, što omogućuje brza i praktična ispitivanja bez potrebe za dodatnim optičkim mjerenjima. Brinell metoda koristi kuglični indentor i mjeri promjer udubljenja, što ju čini prikladnom za ispitivanje materijala s grubom strukturom, poput lijevanog željeza. Vickers metoda, koja se koristi dijamantski piramidalni indentor, omogućuje vrlo precizna mjerenja na malim i tankim uzorcima, zbog čega je pogodna za laboratorijska ispitivanja i fine materijale.

**Zadatak 7:** Nabrojiti i opisati načine ispitivanja tvrdoće materijala.

Rockwell metoda: Mjerenje dubine udubljenja uzrokovanog standardiziranim opterećenjem.

Brinell metoda: Mjerenje promjera udubljenja uzrokovanog kugličnim indentorom pod opterećenjem.

Vickers metoda: Korištenje dijamantskog piramidalnog indentora za mjerenje udubljenja.

**Zadatak 8:** Pronađite na Internetu video materijale koji prikazuju postupke testiranja tvrdoće tehničkih materijala. Pogledajte nekoliko video isječaka i razmislite o tome koji dio video isječka prikazuje koju od nabrojanih metoda.

### 3.2. Standardno označavanje tehničkih materijala

Označavanje čelika (slika 15) prema normi EN 10027-1 način je identificiranja različitih vrsta čelika i njihovih svojstava. Ovaj sustav označavanja pomaže ljudima da lakše razumiju o kojoj vrsti čelika se radi.

Norma EN 10027 daje kod koji se sastoji od slova i brojeva za predstavljanje različitih karakteristika čelika. Razjasnimo kako funkcionira označavanje:

|                |            |                  |                  |                 |
|----------------|------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>S</b>       | <b>355</b> | <b>J2</b>        | <b>G3</b>        | <b>+ Z35</b>    |
| Osnovna oznaka |            | Dodatna oznaka 1 | Dodatna oznaka 2 | Dopunska oznaka |

Slika 15 - Označavanje čelika prema standardu EN 10027-1

Oznaka čelika sastoji se od tri skupine i to od osnovne oznake, dodatnih oznaka za čelike i dopunske oznake za proizvod.

Primjer oznake prema EN 10027 standardu: **S355J2G3**

1. Prvo slovo "S" predstavlja grupu čelika prema namjeni. U ovom slučaju "S" označava "konstrukcijski čelik" (slika 16).

| Oznaka | Opis                                                                     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|
| S      | Konstrukcijski čelik                                                     |
| P      | Čelik za posude pod tlakom                                               |
| L      | Čelik za cjevovode                                                       |
| E      | Čelik za upotrebu u strojogradnji                                        |
| H      | Plosnati proizvodi (hladno valjani)                                      |
| R      | Čelici za izgradnju tračnica                                             |
| C      | Ugljični čelik                                                           |
| n      | Legirani čelici (1% mangana uz maseni dio ostalih elemenata manji od 5%) |
| X      | Legirani čelici s više od 5% masenog udjela elementa za legiranje        |
| HS     | Brzorezni čelici                                                         |
| G      | Čelični lijev                                                            |
| nnn    | Granica razvlačenja                                                      |

Slika 16 - Osnovna oznaka koja definira svojstva čelika odnosno čvrstoću i svrhu primjene

Broj "355" označava minimalnu granicu razvlačenja čelika u megapaskalima (MPa). Granica razvlačenja garantira koliko je čelik čvrst prije nego što se počne trajno deformirati pod opterećenjem.

2. Dodatna oznaka 1 predstavlja mehaničku karakteristiku odnosno udarnu radnj loma čelika. U ovom slučaju, "J2" kratica nam govori da je udarni rad loma 27 J na temperaturi od -20 °C (slika 17).

| Oznaka | Udarni lom | Temperatura |
|--------|------------|-------------|
| JR     | 27         | 20          |
| KR     | 40         | 20          |
| LR     | 60         | 20          |
| J0     | 27         | 0           |
| K0     | 40         | 0           |
| L0     | 60         | 0           |
| J2     | 27         | -20         |
| K2     | 40         | -20         |
| L2     | 60         | -20         |
| J3     | 27         | -30         |
| K3     | 40         | -30         |
| L3     | 60         | -30         |
| J4     | 27         | -40         |
| K4     | 27         | 40          |
| L4     | 60         | -40         |
| J5     | 27         | -50         |
| K5     | 40         | -50         |
| L5     | 60         | -50         |
| J6     | 27         | -60         |
| K6     | 40         | -60         |
| L6     | 60         | -60         |

Slika 17 - Tablica koja definira udarni rad loma

Dodatna oznaka 1 također može definirati toplinsku obradu (slika 18) i područje primjene (slika 19) čelika.

| Oznaka | Opis                                  |
|--------|---------------------------------------|
| A      | Čelici otvrdnuti izlučivanjem         |
| M      | Termomehanički valjani čelici         |
| N      | Normizacijski žarani (valjani) čelici |
| Q      | Poboljšani čelici                     |
| G      | Druge karakteristike                  |

Slika 18 - Toplinska obrada čelika

| Oznaka | Opis                                 |
|--------|--------------------------------------|
| C      | Hladno obradivi čelici               |
| D      | Čelici za vruće uranjanje            |
| E      | Čelici za emajliranje                |
| F      | Čelici za kovanje                    |
| H      | Čelici za visoku temperaturu         |
| L      | Čelici za nisku temperaturu          |
| O      | Čelici za primjenu na moru           |
| P      | Čelici za žmurje                     |
| R      | Čelici za sobnu temperaturu          |
| S      | Čelici za brodogradnju               |
| T      | Čelici za cijevi                     |
| W      | Čelici otporni na atmosferu          |
| X      | Čelici za nisku i visoku temperaturu |

Slika 19 - Područje primjene čelika

3. Dodatna oznaka 2 predstavlja fizičku karakteristiku. U ovom slučaju "G3" kratica nam govori da je uvjet isporuke opcijski.

Fizičke karakteristike grupa 1 (Stanje isporuke):

- G1 - ne smiren
- G2 - smiren
- G3 - uvjeti isporuke opcijski
- G4 - uvjeti isporuke po izboru proizvođača
- M - termomehaničko valjanje

Fizičke karakteristike grupa 2:

- L - za niske temperature
- M - termomehaničko oblikovanje
- N - normalizacijsko valjanje
- O - za offshore konstrukcije
- W - otporni na atmosferske utjecaje

4. Dopunska oznaka definira specijalne zahtjeve. U ovom slučaju "+Z35" garantira najmanje suženje u smjeru okomitom na površinu za 35 %. (slika 20)

| Oznaka | Opis                                     |
|--------|------------------------------------------|
| +C     | Krupozrnati čelik                        |
| +F     | Sitozrnati čelik                         |
| +H     | Prokaljeni čelik                         |
| + Z15  | najmanje suženje okomito na površinu 15% |
| + Z25  | najmanje suženje okomito na površinu 25% |
| +Z35   | najmanje suženje okomito na površinu 35% |

Slika 20 - Posebni zahtjevi

Dopunska oznaka može još označavati podjelu prevlaka (slika 21) i podjelu obrada (slika 22).

| Oznaka | Opis                       |
|--------|----------------------------|
| +A     | Alumizirani čelik (plamen) |
| +CU    | Čelik presvučen bakrom     |
| +Z     | Pocinčano (plamen)         |
| +ZE    | Pocinčano (elektroliza)    |

Slika 21 - Podjela prevlaka

Slika 22 prikazuje oznake obrade i pripadajuće opise obrade.

| Oznaka | Opis                   |
|--------|------------------------|
| +A     | Meko žareni čelik      |
| +C     | Hladno očvršnuti čelik |
| +Q     | Kaljeni čelik          |
| +ST    | Čelik žaren u otopini  |
| +T     | Popušteni čelik        |

Slika 22 - Podjela obrada

**Zadatak 9:** Proučiti i definirati standardnu oznaku čelika i dati dva konkretna primjera gdje se takav materijal koristi.

- P355GH
- S255NL

Primjer 1: P355GH

P: Čelik za posude pod tlakom

355: Minimalna granica razvlačenja 355 MPa

GH: Namjena za visoke temperature

Primjena: Posude pod tlakom, kotlovi

Primjer 2: S255NL

S: Konstrukcijski čelik

255: Minimalna granica razvlačenja 255 MPa

NL: Niskotemperaturni čelik s poboljšanom udarnom žilavosti

Primjena: Konstrukcije u hladnim klimama, brodogradnja

**Zadatak za vrednovanje 3:** Istražiti koje su oznake prema EN za obojene metale i aluminijske legure, dati po jedan primjer.

### Za one koji žele znati više:

Nedestruktivno ispitivanje (NDT): Postoje različite metode NDT-a koje omogućavaju ispitivanje materijala bez oštećenja ili uništavanja uzorka. Ove tehnike uključuju ultrazvučno ispitivanje, rendgensko snimanje, magnetsku česticu i druge metode koje su ključne za kontrolu kvaliteta u industrijama kao što su avijacija, nuklearna energija i građevinarstvo.

### Zanimljivosti:

Testiranje tvrdoće **Knoop testom** je jedna od metoda za određivanje tvrdoće materijala. Ovaj test koristi dijamantski piramidalni indenter s rombičnom osnovnom površinom.

Ključna karakteristika Knoop testa je da se oblik utiska koji ostavlja na površini materijala sastoji od dva dijamantska romba umetnuta jedan unutar drugog. Ova metoda se često koristi za veoma tvrde materijale.

## Zaključak

---

Prikazano je da tehnički materijali nisu samo pasivni elementi u inženjeringu, već ključni faktori u projektiranju, proizvodnji i održavanju različitih tehničkih sistema.

Kroz ovaj obrazovni materijal stečeno je razumijevanje različitih vrsta materijala, njihovih karakteristika i primjene, kao i važnost odabira pravog materijala za određene namjene. Također ste naučili o procesima korozije i načinima zaštite materijala od oštećenja.

Ispitivanje mehaničkih svojstava materijala postalo je jasnije, omogućavajući vam da bolje razumijete kako materijali reagiraju pod opterećenjem i kako se mogu poboljšati za specifične namjene.

Označavanje materijala postalo je ključno za identifikaciju i praćenje njihove upotrebe.

U ovom obrazovnom materijalu stekli ste potrebna znanja kako biste samostalno mogli:

1. Nabrojati vrste i svojstva tehničkih materijala.
2. Objasniti primjenu željeza i čelika.
3. Nabrojati vrste i primjenu obojenih metala.
4. Nabrojati svojstva i vrste polimernih materijala te njihovu primjenu.
5. Prepoznati standardne oznake tehničkih materijala.
6. Protumačiti proces nastanka korozije i postupke zaštite od korozije.
7. Nabrojiti postupke ispitivanja tehnoloških i mehaničkih svojstava materijala.

# Literatura i korisne poveznice

---

1. Khan academy. <https://www.khanacademy.org/> (pristupljeno 25. srpnja 2023.).
2. Toufar, Franjo. 2007. *Tehnički materijali 1 - udžbenik za 1. do 4. razred srednje strukovne škole*. Školska knjiga. Zagreb.
3. Sonički, Nikola. 2013. *Tehnički materijali*. Veleučilište u Karlovcu. Karlovac.
4. Kostadin, Tihana. 2017. *Čelici i željezni ljevovi materijali II (skripta)*. Veleučilište u Karlovcu. Karlovac.
5. Hrgović, Dušan. 2008. *Tehnički materijali 2*. Školska knjiga. Zagreb.
6. Kraut, Bojan. *Strojarski priručnik*. Tehnička knjiga Zagreb.  
<https://www.vguk.hr/multimedia/0d898ceb10124651f23eb100582c104402095e1adae91bf33b4a8f96c72d71e5e6be421e1579509325.pdf> (pristupljeno 25. srpnja 2023.).
7. *European standard EN 10027-1 2005*. iTeh Standards.  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/45d2cad4-6365-4f55-b776-baf7b3944ffb/en-10027-1-2005> (pristupljeno 25. srpnja 2023.).

# Impressum

---

Autor: Ivan Jukić

Nakladnik: Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih

Izvoditelj: Školska knjiga d. d.

Recenzent: Matea Dražić

Urednik: Jelena Lončarić

Lektor: Lektorska služba ŠK

Grafička priprema: Grafičko-likovna redakcija ŠK

Stručnjak za didaktičko-metodičko oblikovanje: Goran Bukan

Voditelj projekta: Matilda Bulić

## Izvori fotografija:

1. Shutterstock
2. Arhiva autora

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Agencije za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih.

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Za više informacija o EU fondovima posjetite web stranicu Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova  
Europske unije: [www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr).



Agencija za  
strukovno obrazovanje  
i obrazovanje odraslih

