

# OBRADA MATERIJALA II

2 . 4 . 18 .

zanimanje 010104 - strojarski tehničar



dipl. ing. strojarstva **Ivo Slade**

### 1.0 UVOD

Ova skripta je namjenjena učenicima I. tehničke škole TESLA u Zagrebu smjer strojarski tehničar, za lakše praćenje predmeta **Obrada materijala 2**. Rađena je u dva dijela, po jedan za svako polugodište.

Obrada materijala 2 se nastavlja na predmet „Obrad materijala 1“. Skripta obuhvaća strojnu obradu odvajanjem čestica, toplinsku obradu, zaštitu površine metala, održavanje strojeva te postizanje kvalitete.

Sadržaj skripte je u cijelosti prilagođen okvirnom nastavnom planu i programu predmeta **Obrada materijala** za 2. razred strojarskih tehničkih škola.

Kako su nastavni sadržaji dosta složeni, gradivo je podijeljeno u tematske cijeline koje su pak podijeljene u manje podcjeline. Na kraju svake cjeline nalaze se pitanja i zadaci za provjeru usvojenosti sadržaja.

Pri izradi ove skripte koristio sam se uglavnom mojim pripremama za predavanja i materijalima – pogotovo slikama, koje sam našao na internetu. Kako slika govori tisuću riječi tako sam nastojao skriptu što više „oslikati“ fotografijama i ilustracijama. Skripta nije komercijalnog karaktera, niti je zamjena za bilo koji udžbenik, već je pomoć mojim učenicima u savladavanju gradiva.

Zahvaljujem se svima koji su korisnim savjetima pomogli da se ova skripta izradi. Također ću biti zahvalan i na budućim dobronamjernim prijedlozima i savjetima kako poboljšati i osuvremeniti skriptu.

Slade Ivo

### SADRŽAJ

1. Uvod	2
2. Sadržaj	3
3. Strojne obrade odvajanjem materijala	
4. Ostali postupci	
5. Nekonvencionalni postupci obrade	
6. Obrada postizanjem strukture	5
6.1 Osnove toplinske obrade metala	5
6.2 Postupci toplinske obrade metala	6
6.2.1 Kaljenje	7
6.2.1.1 TTT dijagram	9
6.2.1.2 FeC dijagram	10
6.2.1.3 Površinsko kaljenje	11
6.2.1.4 Pitanja	12
6.2.2 Žarenje	13
6.2.2.1 Rekrystalizacijsko žarenje	14
6.2.2.2 Žarenje zbog uklanjanja zaostalih naprezanja	14
6.2.2.3 Normalizacijsko žarenje	14
6.2.2.4 Meko žarenje (sferoidizacija)	15
6.2.2.5 Nadžarivanje (visoko žarenje)	15
6.2.2.6 Homogenizacija – difuzijsko žarenje	15
6.2.2.7 Prožarivanje	15
6.2.3 Popuštanje	16
6.2.4 Pобољšavanje	17
6.2.5 Promjena veličine austenitnog zrna	18
6.2.6 Pitanja	20
6.2.7 Cementiranje	
6.3 Oprema za toplinsku obradu	
6.3.1 Peći	
7. Zaštita površine	55
7.1 Trošenje materijala	55
7.2 Korozija	55
7.3 Zaštita od korozije	55
7.3.1 Zaštitne prevlake i premazi	55
7.3.1.1 Metalne prevlake	55
7.3.1.2 Anorganske nemetalne prevlake	55
7.3.1.3 Organske nemetalne prevlake	55
7.3.2 Izrada sustava zaštite	55
7.3.3 Zaštita od korozije primjenom inhibitora	55
7.3.4 Elektrokemijska zaštita od korozije	55
7.4 Pitanja 7	55

## **Obrada materijala II – 2.dio**

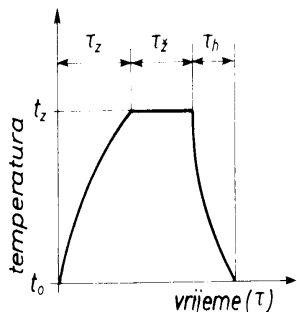
- 8. Kvaliteta
  
- 9. Održavanje strojeva i opreme
  - 9.1 Pregled organizacije
  - 9.2 Održavanje alata i strojeva

### 6. Obrada postizanjem strukture

Obrada materijala je promjena dimenzija, oblika i svojstava materijala zbog daljnje upotrebe.

Najveće promjene svojstava materijala mogu se postići termičkim (toplinskim) obradama u kojima se mijenja struktura materijala.

Rezultat termičke obrade je promjena strukture materijala – smanjenje zrnitosti, smanjenje napetosti, preraspodjela kristala,...



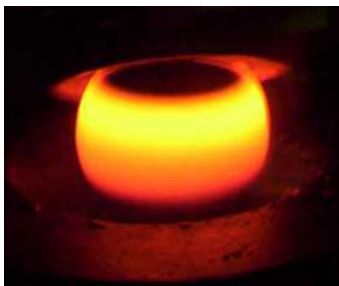
$t_z$  — temperatura zagrijavanja  
 $\tau_z$  — vrijeme zagrijavanja  
 $\tau_z$  — vrijeme žarenja  
 $\tau_h$  — vrijeme hlađenja

Dijagram postupka toplinske obrade

#### 6.1 Osnove toplinske obrade metala

Termičkim obradama krutog metala ili slitine, mijenjaju se svojstva materijala bez promjene agregatnog stanja.

Postoji više vrsta toplinskih obrada, ali se u osnovi sastoje od zagrijavanja materijala, zatim se materijal zadrži neko vrijeme na određenoj temperaturi te hlađenja do normalne temperature.



Manji obradak zagrijan u peći

Osnovni parametri toplinske obrade:

temperatura ( $t$ )

vrijeme ( $\tau$ )

Izvedeni parametri iz osnovnih su:

brzina zagrijavanja,

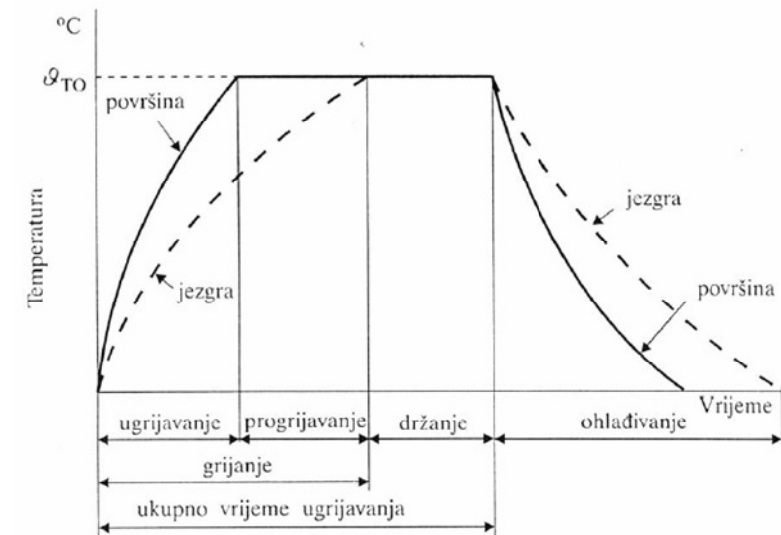
vrijeme progrijavanja,

držanje na određenoj temperaturi,

brzina hlađenja



Peć za zagrijavanje velikih obradaka



Progrijani obradak velikih dimenzija

Vrijeme progrijavanja ovisi o volumenu i dimenzijama obratka. Što su dimenzije veće, dulje je vrijeme potrebno za progrijavanje od površine predmeta do same jezgre.

## Obrada materijala II – 2.dio



Indukcijsko zagrijavanje



Nitiranje zupčanika



Peć za termičku obradu

Toplinska obrada je postupak u kojem se obradak podvrgava slijedu temperaturno vremenskih ciklusa, kako bi se postigla željena mikrostruktura, a time i željena svojstva materijala - mehanička, fizička i kemijska.

Toplinska obrada se može kombinirati s kemijskom obradom u svrhu postizanja boljih karakteristika materijala. Ovim se postupkom osim strukture materijala mijenja i kemijski sastav površine ili čitavog obratka te postupak ima naziv termokemijska obrada materijala.

U ovu skupinu spadaju cementiranje, nitiranje, cijaniranje, alitiranje, kromiranje, siliciranje,...



Termička obrada zavarenih boca za plin popuštanjem

### 6.2 Postupci toplinske obrade metala

Prema utjecaju na promjenu pojedinih mehaničkih svojstava, bez promjene agregatnog stanja, postupci toplinske obrade dijele se u:

#### Kaljenje čelika

- Površinsko kaljenje

#### Postupci žarenja

- Normalizacijsko žarenje
- Rekristalizacijsko žarenje
- Meko žarenje ili sferoidizacijsko
- Žarenje za redukciju unutarnjih napetosti
- Popuštanje
- Poboljšanje

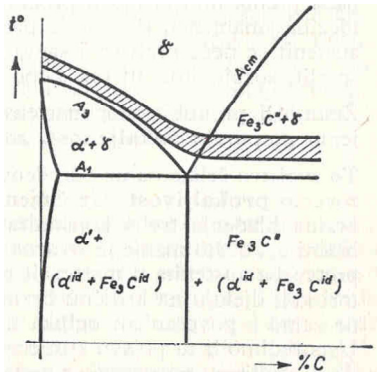
#### Termodifuzijske obrade

- Cementiranje
- Nitiranje
- Karbonitriranje
- Sulfonitriranje
- Boriranje

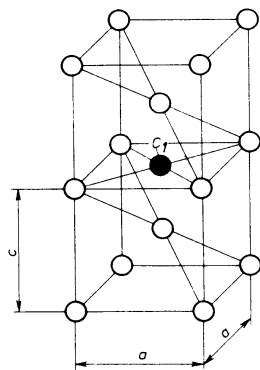
## 6.2.1 Kaljenje čelika

Kaljenje je dovođenje čelika u temperaturno stanje izvan ravnoteže te naglog hlađenja.

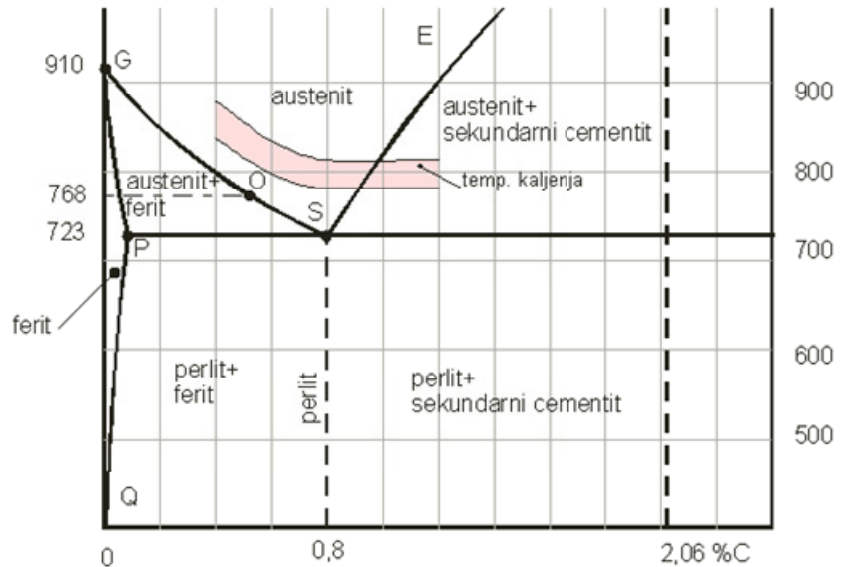
Postupak kaljenja sastoji se od grijanja na temperaturu austenitizacije i progrijavanja, držanja na temperaturi austenitizacije i hlađenja velikom brzinom (većom od kritične) - gašenja. Kritična brzina hlađenja je najmanja brzina hlađenja čelika koja omogućava prvu pojavu martenzita u strukturi.



Područje kaljenja u Fe-C dijagramu



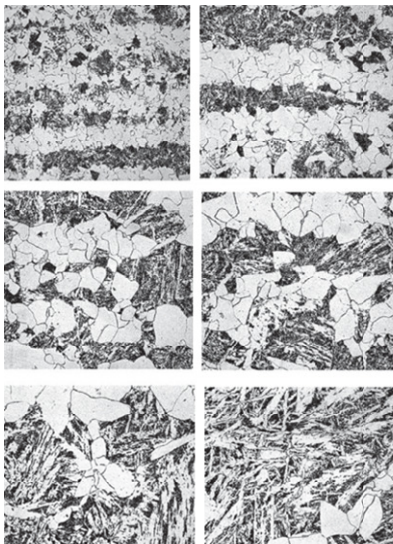
Prostorno centrirana rešetka tetragonskog tipa



Čelik se može kaliti samo ako sadrži min. 0,35 % C.

Temeljna je svrha kaljenja čelika: postizanje najveće moguće tvrdoće. Ovisi o udjelu ugljika u čeliku i postizanju što jednoličnijeg prokaljenja (tj. što jednoličnije tvrdoće po poprečnom presjeku).

**Kaljivost čelika je svojstvo čelika da se gašenjem s temperature austenitizacije zakali** (postigne što veću tvrdoću na površini) **i prokali** (postigne što jednoličniju tvrdoću po poprečnom presjeku).



Čelik prije i poslije kaljenja

Struktura zakaljenog čelika je martenzit - igličasta struktura vrlo velike tvrdoće.

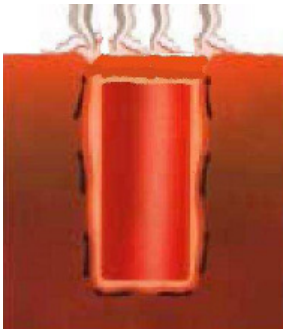
Kaljenje ima za cilj dobivanje jako tvrde strukture martenzita i sastoji se od grijanja čelika do temperature austenitizacije te brzog hlađenja – gašenja, zbog spriječavanja difuzije otopljenog ugljika i stvaranja jako izvitoperene prostorno centrirane rešetke tetragonskog tipa čije mikronapetosti i poremećaji kliznih pravaca rezultiraju kao unutrašnje napetosti te se manifestiraju u porastu tvrdoće.

Brzina gašenja se može mijenjati i ovisi o sredstvima kojima se čelik hladi .

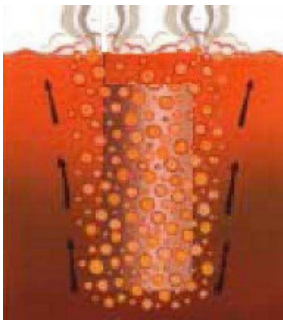
## Obrada materijala II – 2.dio

Prema standardu ISO 6743-14, sredstva za hlađenje koja se primjenjuju u procesu kaljenja dijele se na:-

- H - ulja
- A - voda i otopine polimera, emulzije
- S - rastaljene soli
- G - plinovi
- F - fluidizirane kupke
- K - druga sredstva za gašenje



Faza parnog omotača



Faza vrenja



Faza konvekcije

Ulja, voda, polimeri i emulzije kod hlađenja stvaraju parni omotač, dok rastaljene soli, plinovi, fluidizirane kupke, tehnički plinovi, mirni i komprimirani zrak ne stvaraju parni omotač. Parni omotac djeluje kao izolator i sprječava kontakt sredstva za gašenje i metalne površine

Prilikom uranjanja vrućeg obratka u sredstvo za hlađenje koje stvara parni omotač ohlađivanje se odvija u tri faze:

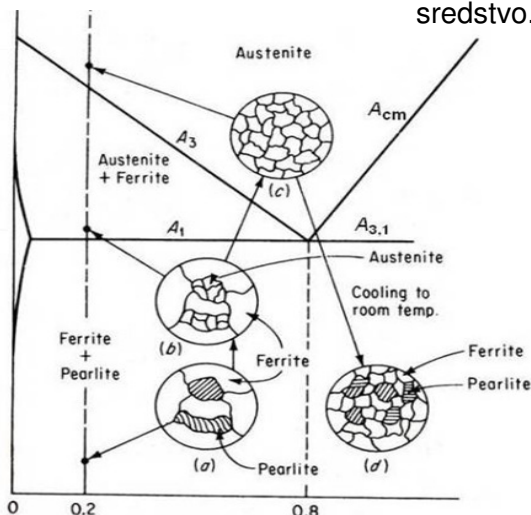
- faza parnog omotaca,
- faza vrenja
- faza konvekcije

U fazi parnog omotača, koji nastaje po uranjanju vrućeg obratka u sredstvo za hlađenje, oko obratka se stvara parni omotač koji djeluje kao izolacija i sprječava hlađenje. Duljina trajanja ove faze ovisi o sredstvu gašenja. Snižavanjem temperature parni omotač postaje nestabilan i dopušta kontakt između obratka i sredstva gašenja.

U fazi vrenja – vrenje sredstva za hlađenje brzo odvodi toplinu s predmeta. Prilikom vrenja mjehurići izlaze iz tekućine i na njihovo mjesto dolazi hladna tekućina – posljedica je brzo odvođenje topline. U ovoj fazi je maksimalna brzina hlađenja, ali se smanjenjem temperature smanjuje i vrenje.

U fazi konvekcije, pri temperaturi obratka nižom od temperature vrenja sredstva gašenja, toplina se odvodi samo izmjenom strujanja topline - konvekcijom sa sredstvom za hlađenje. Ovaj se postupak može ubrzati cirkulacijom sredstva gašenja ili gibanjem obratka kroz sredstvo.

Fe-C dijagram za čelik s 0.2%C

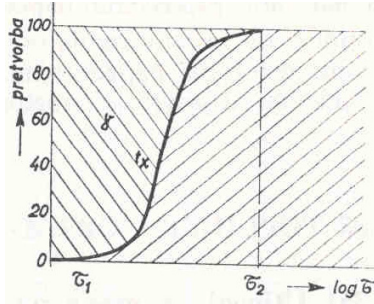


Britva od zakaljenog čelika

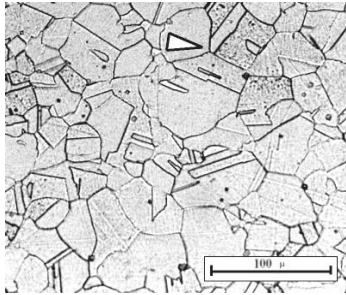




## Obrada materijala II – 2.dio



Izotermna promjena strukture  
( $t^{\circ}\text{C} = \text{konstantan}$ )



Austenit – mikroskopski snimak  
Ime je dobio po Sir [William Chandler Roberts-Austen](#)



Boje čelika pri povišenoj temperaturi

### 6.2.1.1 TTT dijagram time-temperature-transformation

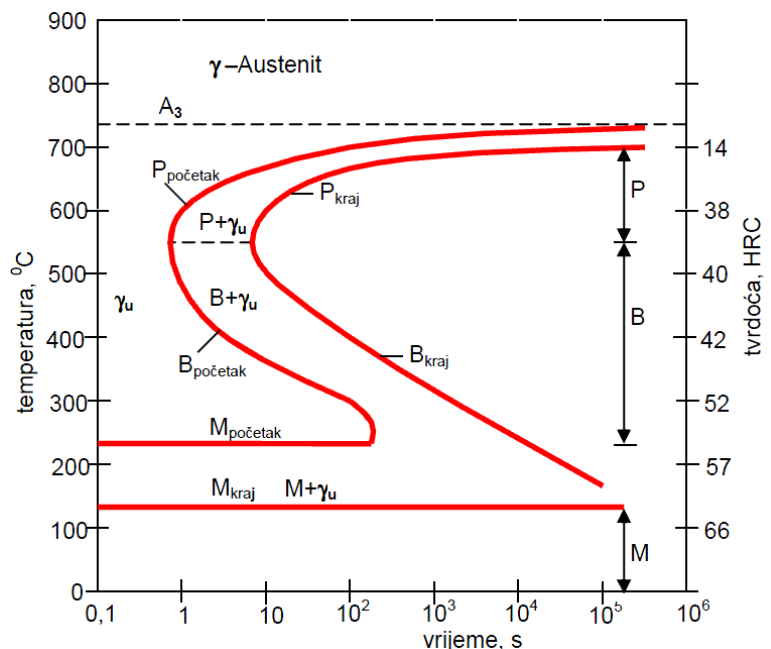
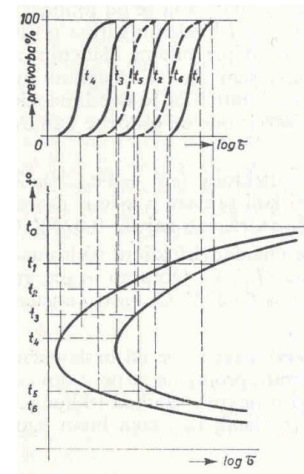
Na izotermnom dijagramu prikazana je pretvorba austenita u neku slijedeću fazu. Pretvorba ne počinje odmah nego nakon nekog vremena  $t_1$ . U početku se pretvorba sporo odvija (nastajanje klica). Zatim dolazi intenzivan dio nagle pretvorbe. Pri kraju se pretvorba usporava i dolazi do krajnje faze od 100% u trenutku  $t_2$ . Time je pretvorba završena.

Austenit ili željezo u gama fazi  $\gamma$  je metalna nemagnetska alotropska modifikacija ili talina željeza s legirnim elementima (C). Austenit postoji samo iznad eutektične temperature od  $727^{\circ}\text{C}$ .

Eutektična temperatura je temperatura kod koje smjesa više faza ima najnižu točku taljenja i gdje faze istovremeno kristaliziraju.

Ako se odjednom postavi veći broj izotermnih promjena pri nekom hlađenju uz uvjet stalne temperature dobije se slijedeći dijagram.

Proiciranjem ovih krivulja u dijagram  $t_0 - \log t$  dobije se TTT dijagram sa dvije krivulje od kojih lijeva predstavlja početak pretvorbe, a desna kraj pretvorbe. Između ove dvije krivulje odvija se pretvorba pri raznim temperaturama.



Oznake mikrostrukturnih faza:  $\gamma$  - Austenit  
A - Austenit  
P - Perlit  
B - Bainit  
M - Martenzit

## Obrada materijala II – 2.dio



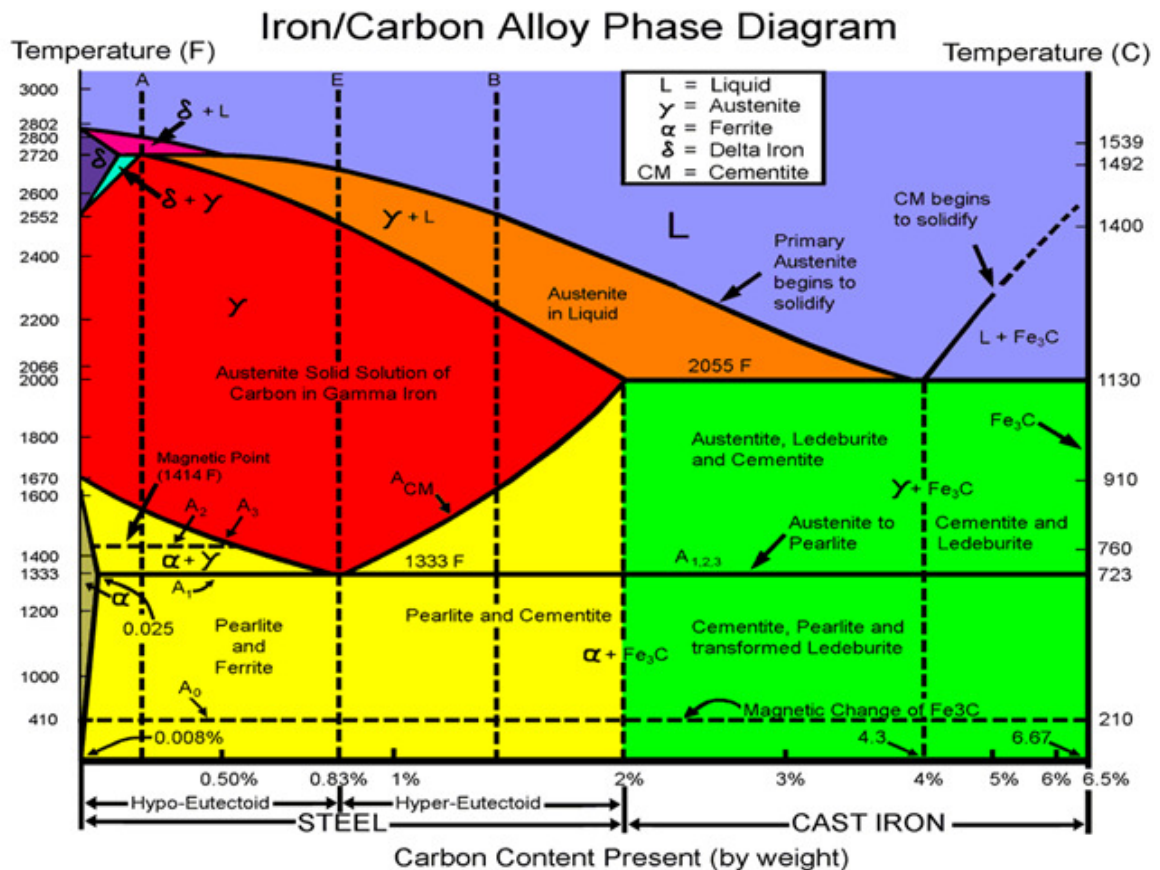
Elektropeć za kaljenje do 930°C

TTT dijagram se koristi za određivanje prikladnog sredstva za gašenje, odnosno dijagrama za kontinuirano ohlađivanje te za određivanje gornje i donje kritične brzine gašenja.

Gornja kritična brzina gašenja je ona najmanja brzina ohlađivanja kod koje se dobiva potpuno martenzitivna (M) mikrostruktura, a donja kritična brzina gašenja je ona najmanja brzina ohlađivanja kod koje tek počinje pretvorba u martenzit.

TTT dijagram se naziva i dijagramom izotermičke transformacije ili C-krivulja i omogućuje predviđanje strukture, svojstva i potrebne toplinske obradbe za čelik.

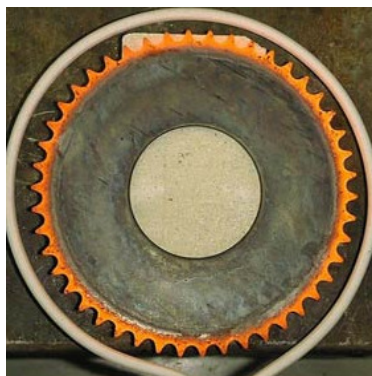
### FeC dijagram



FE- C dijagram



Površinsko zagrijavanje plamenom zupčanika za kaljenje



Indukcijsko površinsko zagrijavanje lančanika za kaljenje



Pripremak za kaljenje



Naglo hlađenje obratka

### Površinsko kaljenje

Prokaljivost je svojstvo čelika da se uz određenu brzinu hlađenja postigne što dublji sloj martenzita. Kako je kaljenje brzo hlađenje u nekom kratkom periodu, tim se parametrima može utjecati na dubinu prokaljivanja.

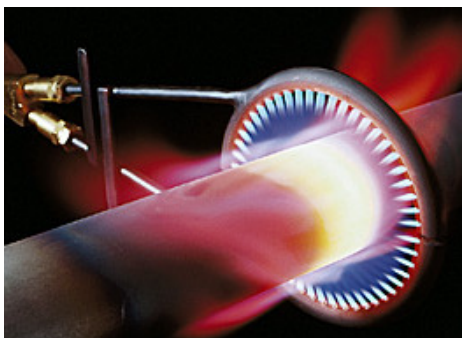
Povećavanje ili smanjivanjem brzine hlađenja i trajanjem hlađenja određuje se sloj stvorenog martenzita odnosno dubina prokaljenosti.

Površinsko kaljenje je termička obrada kojom se kali samo površinski sloj obratka, dok se obratku ne mijenja struktura po dubini.

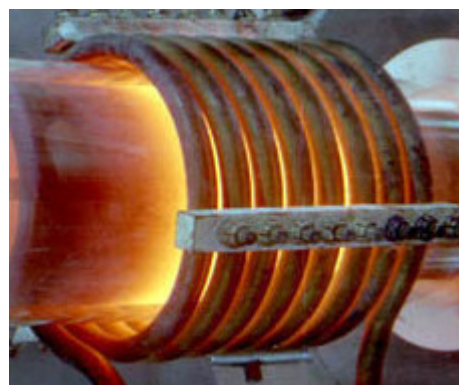
Svrha je postizanje velike površinske tvrdoće uz veliku žilavost, a manju tvrdoću središta obratka te se koristi kod:

- povećanja otpornosti površine na habanje
- povećanja otpornosti na udarna opterećenja
- povećanja otpornosti na dinamička opterećenja
- povećanja granice umora površine materijala

Postupak površinskog kaljenja sastoji se od brzog zagrijavanja površine obratka (indukcijskim zagrijavanjem ili plamenom) te naglog hlađenja. Pri tome procesu austenit se u površinskom sloju materijala pretvara u martenzit.



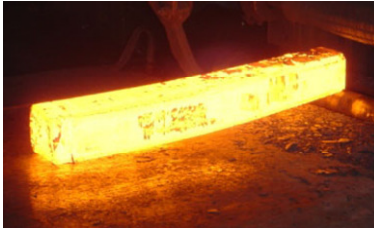
Zagrijavanje plamenom



Zagrijavanje indukcijom

### PITANJA 6.2.1.3

1. Kakvom obradom se mijenja struktura materijala ?
2. Što je rezultat termičke obrade metala ?
3. Od čega se sastoji toplinska obrada ?
4. Koji su osnovni parametri toplinske obrade ?
5. Koji su izvedeni parametri toplinske obrade ?
6. Što je progrijavanje i o čemu ovisi ?
7. Koji su postupci toplinske obrade metala ?
8. Što je kaljenje čelika ?
9. Od čega se sastoji postupak kaljenja čelika ?
10. Što je kritična brzina hlađenja ?
11. Koja je temeljna svrha kaljenja ?
12. Što je kaljivost ?
13. Što je prokaljivost ?
14. Kako se mijenja i o čemu ovisi brzina hlađenja ?
15. Objasniti pojam parnog omotača i koja ga sredstva stvaraju ?
16. Koje su faze hlađenja kod sredstava koja stvaraju parnim omotač ?
17. Objasniti fazu parnog omotača ?
18. Objasniti fazu vrenja ?
19. Objasniti fazu konvekcije ?
20. Čemu služi TTT dijagram ?
21. Što je gornja, a što donja kritična brzina hlađenja ?
22. Čemu služi FeC dijagram ?
23. Što je površinsko kaljenje ?
24. Kako se izvodi površinsko kaljenje ?
25. Čemu služi površinsko kaljenje ?



Ponovo zagrijani ingot za obradu žarenjem

### 6.2.2 Žarenje

Na svako tijelo djeluju vanjske sile koje uzrokuju **naprezanja** i unutrašnje sile koje izazivaju **napetosti**. Unutrašnje sile su posljedica nejednolikih deformacija na pojedinim dijelovima obratka u različitim fazama proizvodnje i nezavršenih procesa u strukturi koji se žele završiti. Da bi se smanjile unutrašnje napetosti potrebna je termička obrada materijala.



Peć za žarenje sa kontroliranim atmosferom

Karakteristika žarenja je **lagano hlađenje** obratka nakon zagrijavanja te držanja na određenoj temperaturi. Ovim postupkom se postiže struktura najbliža stanju ravnoteže, odnosno uklanjanje zaostalih naprezanja.

Ovim postupkom se stvara potrebna zrnatost materijala uz uvjet ispravnog provođenja postupka žarenja.

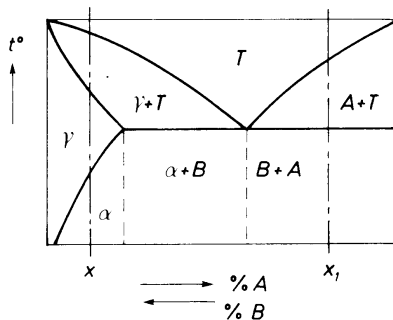


Indukcijsko žarenje čeličnih šipki

Žarenje je termička obrada kod koje hlađenje ide onom brzinom kojim se krupnozrnata struktura raspada u sitnozrnatu. Ovisno o regulaciji brzine hlađenja dobije se perlit, sorbit, troostit, ..., ali ni jedna faza čelika nije potpuno čista – nego je pretežno čista.

Precizniji sastav strukture je kod izotermičkog hlađenja obratka korištenjem kupki za hlađenje koje su na određenim temperaturama te se postepeno hladi obradak s kupkom.

Kako se postupci žarenja primijenjuju kao postupci korekcije određenih pogrešaka u preradi metala i legura mogu se u osnovi podijeliti na dvije grupe.



$A_{c1}$  – temperaturna točka prve linije pretvorbe pri ugrijavanju

$A_{r1}$  – temperaturna točka prve linije pretvorbe pri hlađenju

$A_{c3}$  – temperaturna točka treće linije pretvorbe pri ugrijavanju

$A_{r3}$  – temperaturna točka treće linije pretvorbe pri hlađenju

$A_{c2}$  i  $A_{r2}$  – temperaturna točka druge linije pretvorbe pri ugrijavanju, odnosno ohlađivanju. Beznačajna za toplinsku obradu, jer se mijenjaju samo magnetska svojstva

Postupci žarenja **prvog reda** kod kojih se postižu promjene svojstava neovisne o strukturnim promjenama.

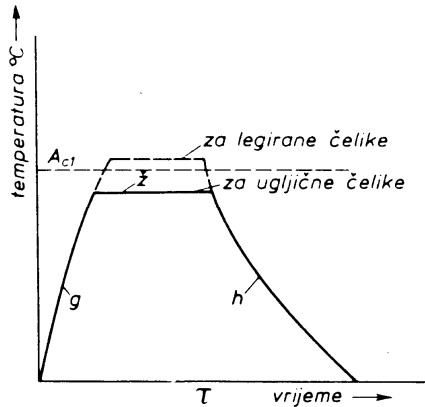
- rekristalizacijsko žarenje.
- žarenje zbog uklanjanja zaostalih naprezanja

Postupci žarenja **drugog reda** kod kojih se postiže točno definirana struktura.

- normalizacijsko žarenje
- sferoidizacijsko žarenje
- nadžarivanje ili visoko žarenje ili žarenje na grubo zrno
- homogenizacijsko žarenje - difuzijsko žarenje

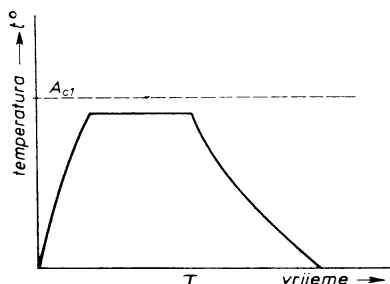
## prvi red

### 6.2.2.1 Rekristalizacijsko žarenje



Dijagram rekristalizacije

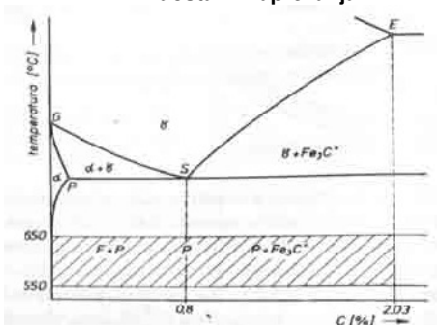
- na predmetima nakon hladne plastične obrade deformacijom - valjanje, prešanje, izvlačenje, ekstruzija, ...
- kod plastične obrade na hladno dolazi do unutrašnjih napetosti i smanjenja kristalnog zrna što dovodi do povećane tvrdoće i čvrstoće te smanjenja žilavosti
- izvodi se ugrijavanjem legiranih čelika nešto iznad  $A_{c1}$ , a ugljičnih čelika ispod  $A_{c1}$  ( $450 - 600^{\circ}\text{C}$ )
- najprije se kristalno zrno oporavi od deformacija, a zatim se povećava
- nakon određenog vremena žarenja slijedi polagano hlađenje
- kod čelika dolazi do smanjenja napetosti, tvrdoće i čvrstoće, a povećanja žilavosti



Dijagram žarenja zbog uklanjanja zaostalih napreznja

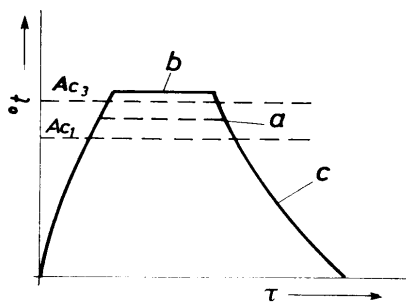
### 6.2.2.2 Žarenje zbog uklanjanja zaostalih napreznja

- uklanjanje napetosti koje su nastale kod prethodne obrade zbog nejednolikih unutarnjih deformacija nastalih pri prelazu iz elastične u plastičnu deformaciju ili kao rezultat stalnih plastičnih deformacija.
- kod predmeta debelih stijenki koji su bili obrađivani pri visokim temperaturama, neravnomjerno ohlađivanje izaziva napetosti
- napetosti su to veće što su razlike u debljini stijenke veće i što je temperatura predmeta veća npr kod zavarivanja
- izvodi se ugrijavanjem ispod  $A_{c1}$  ( $550 - 650^{\circ}\text{C}$ )
- nakon žarenja se polagano i ravnomjerno hladi



## drugi red

### 6.2.2.3 Normalizacijsko žarenje



Dijagram normalizacije

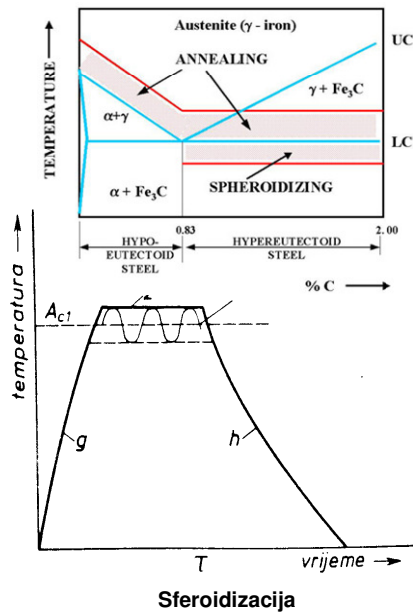


Normalizacijski žareni čelik za domaćinstvo

- Normalizacijskim žarenjem postiže se jednolična i sitnozrnata struktura na predmetima čija struktura po presjeku nije homogena po veličini kristalnog zrna ili po fazama
- nakon lijevanja, kovanja, valjanja i drugih plastičnih obrada u vrućem stanju
- izvodi se ugrijavanjem nešto iznad  $A_{c3}$  ( $20 - 50^{\circ}\text{C}$ ), za podeutektoidne čelike, a iznad  $A_{c1}$ , za nadeutektoidne čelike
- Podeutektoidni čelici – čelici s manje od 0,68% C*
- na toj temperaturi se određeno vrijeme žari da bi se struktura homogenizirala, zatim se polako i ravnomjerno hladi
- poboljšava se čvrstoća i žilavost

## Obrada materijala II – 2.dio

### 6.2.2.4 Meko žarenje (sferoidizacija)



UCT - Sferoidizacijsko žarenje se provodi sa svrhom prevođenja karbida u kuglasti oblik kod predmeta koji su bili obrađivani na visokim temperaturama, tankih stijenki koje se brže hlade od debljih

- kristali cementita se u perlitnoj strukturi formiraju u obliku lamela, takva struktura oštećuje oštricu alata prilikom obrade

- izvodi se ugrijavanjem na temperaturu koja oscilira oko  $A_{c1}$  ( $650 - 750^{\circ}\text{C}$ )

- vrijeme žarenja je dosta dugo

- ohlađivanje mora biti polagano i ravnomjerno

- nakon žarenja sitnozrnata struktura je u obliku kuglica koje oštrica alata ne reže već ih utiskuje u površinu obrađivanog predmeta ili odstranjuje sa strugotinom

- smanjuje se čvrstoća i tvrdoća, a povećava žilavost

Sferoidizacija

### 6.2.2.5 Nadžarivanje (visoko žarenje)

- provodi se sa svrhom okrupnjavanja i pogrubljivanja strukture

- grije se nešto iznad  $A_{c3}$  i tu se zadržava neko vrijeme kako bi zrna okrupnila

- postupak koji olakšava daljnju obradu materijala odvajanjem čestice



Sferoidizacija žice

### 6.2.2.6 Homogenizacija – difuzijsko žarenje

- provodi se za povećanje difuzije – zbog ujednačenja kemijskog sastava

- izvodi se ugrijavanjem na temperaturu visoko iznad  $A_{c3}$  jer se time povećava difuzija

- dolazi do okrupnjavanja zrna pa je nakon difuzijskog žarenja potrebno provesti prožarivanje



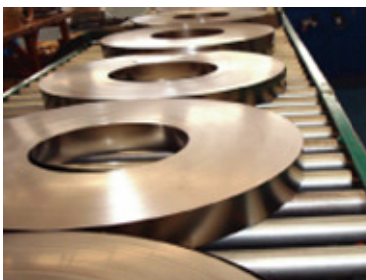
Visoko žareni umeci za medicinska pomagala

### 6.2.2.7 Prožarivanje

- provodi se isto kao i normalizacija sa svrhom usitnjavanja prevelikih zrna

- često se provodi u dva postupka zbog što većeg usitnjavanja zrna

- redovita upotreba na čeličnom lijevu



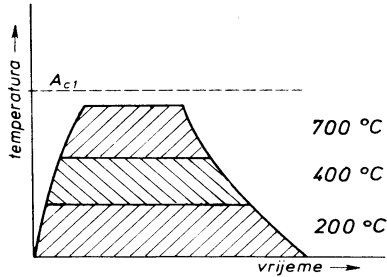
Difuzijsko žarenje

### 6.2.3 Popuštanje

Struktura zakaljenih čelika je izbačena iz metalografske ravnoteže zbog naglog hlađenja. Posljedica toga su napetosti.

Popuštanje je toplinska obrada koja se izvodi samo poslije kaljenja da se smanje napetosti i povećava žilavost. Izvodi se ispod  $A_{c1}$  (kad bi se prešla  $A_{c1}$  kaljenje ne bi imalo nikakvu svrhu, jer bismo sa strukturom bili tamo gdje smo bili prije kaljenja)

Svrha je povećanje žilavosti, čvrstoće na udar, dok se smanjuje napetost a sa time i tvrdoća i čvrstoća



Dijagram popuštanja



Visoko popušteni čelik na noževima alata



Popuštanje opruga



Popuštanje noža

Prema odabranoj temperaturi popuštanje se dijeli na

#### - nisko popuštanje

Ne gubi se tvrdoća postignuta kaljenjem jer se izvodi na temperaturi oko 200°C (za ugljične čelike 220°C). Smanjuju se mikronapetosti martnzita.

Primjenjuje se kod cementiranih, ugljičnih alatnih čelika i drugih čelika kod kojih se traži velika tvrdoća, a ne postavljaju veliki zahtjevi za žilavost, jer se žilavost malo poveća, a ne gubi se puno na tvrdoći.

#### - srednje popuštanje

Se izvodi na temperaturi od 350 - 500°C. Čelik se oslobađa od strukturnih i toplinskih napetosti.

Primjenjuje se kod opruga, ukovnja i niskolegiranih alatnih čelika. Materijal postaje žilav i otporan na udarce

#### - visoko popuštanje

Se izvodi na temperaturama od 500 - 700°C. Potpuno ukida sve napetosti u materijalu, vraća čeliku žilavost i elastičnost, ali se najviše gubi na tvrdoći

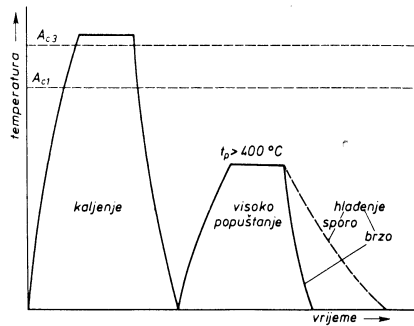
Primjenjuje se na čelicima za poboljšavanje, alatnim čelicima za rad u toplom stanju i brzoreznim čelicima

#### - samopopuštanje

Postupak koji se provodi s kaljenjem kao jedna operacija. Nakon grijanja na temperaturu kaljenja dolazi do naglog hlađenja, ali samo do određene temperature. Zatim se obradak vadi iz rashladnog sredstva i pušta da se polako hladi. Time se dobije potrebna tvrdoća površinska tvrdoća uz sredinu koja je nezakaljena i žilava.



### 6.2.4 Poboljšavanje



Dijagram anizotermičkog poboljšavanja

Poboljšavanje je postupak koji se sastoji od normalnog kaljenja i visokog popuštanja. Koristi se kod čelika s manje od 0,4%C - specijalnim čelicima za poboljšavanje. Povećava se žilavost, čvrstoća, tvrdoća.

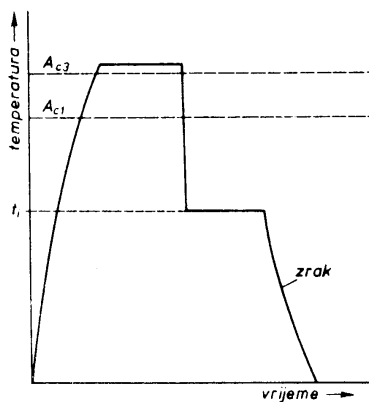
Prije poboljšavanja predmeti se relativno lako obrade na mjeru skidanjem strugotine, jer su im mehanička svojstva (čvrstoća i tvrdoća) srednje vrijednosti, a nakon poboljšavanja mehanička svojstva im se jako povećaju. Poboljšavanje može biti

#### - anizotermičko poboljšavanje

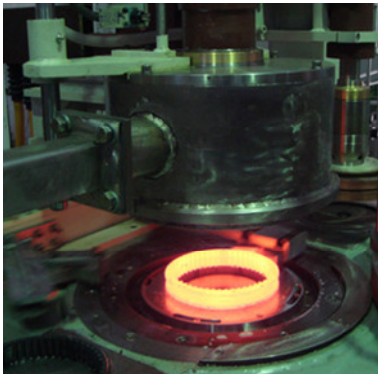
provodi se normalnim kaljenjem i visokim popuštanjem, hladjenje nakon popuštanja može biti brzo ili polagano (ovisi o vrsti čelika)

#### - izotermičko poboljšavanje

provodi se prekidnim kaljenjem, ekonomičnije je, jer se za postupak visokog popuštanja predmet ne mora ponovo zagrijavati, potrebna je suvremenija oprema, pogodna za strojne elemente manjih dimenzija.



Dijagram izotermičkog poboljšavanja



Peć za indukcijско poboljšavanje čelika

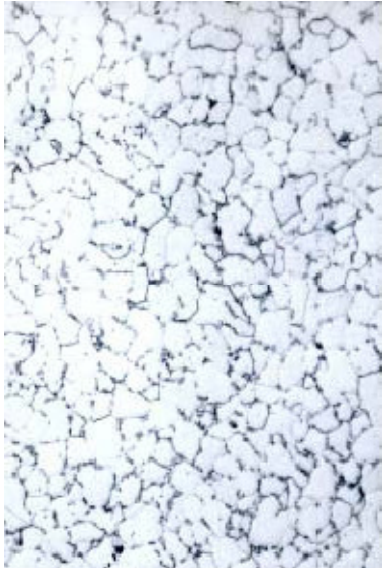


Alat izrađen od čelika za poboljšavanje

## Obrada materijala II – 2.dio

### 6.2.5 Promjena veličine austenitnog zrna

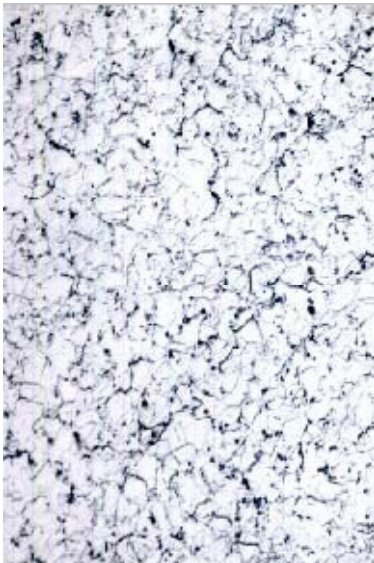
Slijedeći niz mikroskopskih fotografija prikazuje promjene na veličini i obliku zrna koje se javljaju prilikom zagrijavanja niskougličnog čelika.



Temperatura 20°C  
Veličina zrna 6,7,8 (po ASTM skali)  
*American Society for Testing  
Materials*



Temperatura 300°C  
Veličina zrna 6,7,8



Temperatura 700°C  
Veličina zrna 6,7,8

Pokretljivost atoma Fe ispod 450°C nije dovoljna da bi omogućila dovoljno brzu transformaciju

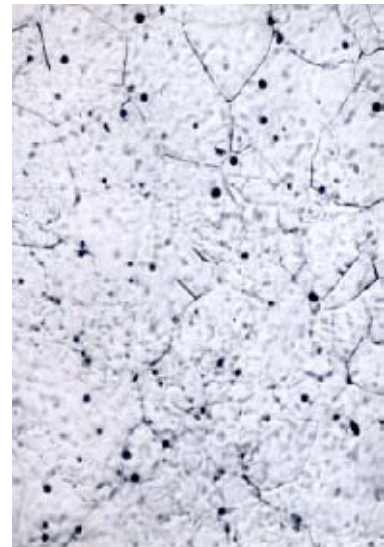
Također ni pokretljivost atoma ugljika ispod 200°C nije dovoljna za proces difuzije.



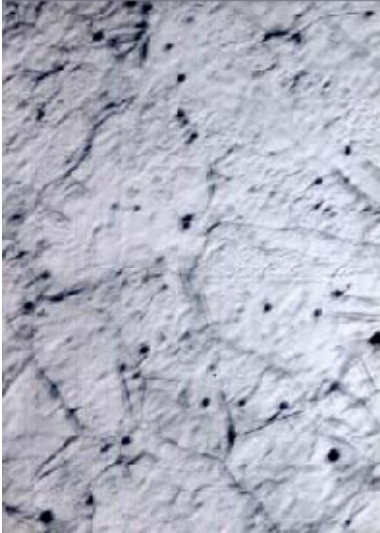
Temperatura 950°C  
Veličina zrna 4 - 8

Temperatura 1110°C  
Veličina zrna 1 - 5

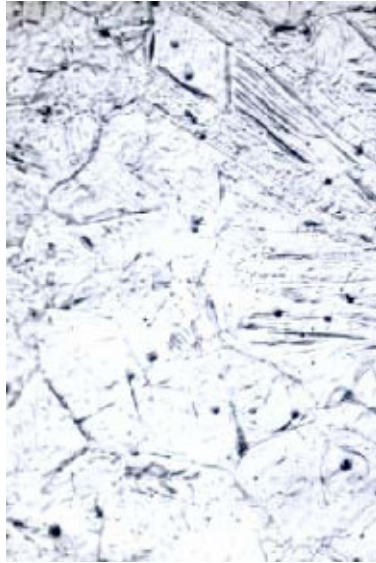
Slijedi zadržavanje na toj temperaturi te postupak prirodnog hlađenja



## Obrada materijala II – 2.dio



Temperatura 700°C  
Veličina zrna 1 - 5



Temperatura 550°C  
Veličina zrna 1 - 5



Temperatura 300°C  
Veličina zrna nije jasno vidljiva zbog ubrzanog hlađenja

### PITANJA 6.2.2

1. Što je naprezanje materijala i kako nastaje ?
2. Što su napetosti u materijalu i kako nastaju ?
3. Koje karakteristike ima žarenje ?
4. Koja je svrha žarenja ?
5. Čemu služe kupke za hlađenje ?
6. Koji su postupci žarenja prvog reda i koje su im karakteristike ?
7. Koji su postupci žarenja drugog reda i koje su im karakteristike ?
8. Objasniti rekristalizacijsko žarenje !
9. Objasniti žarenje zbog uklanjanja zaostalih naprezanja !
10. Objasniti normalizacijsko žarenje !
11. Objasniti meko žarenje (sferoidizaciju) !
12. Objasniti nadžarivanje (visoko žarenje) !
13. Objasniti homogenizaciju – difuzijsko žarenje !
14. Objasniti prožarivanje !
15. Što je popuštanje ?
16. Koja je svrha popuštanja ?
17. Kako se popuštanje dijeli ?
18. Objasniti visoko popuštanje !
19. Objasniti srednje popuštanje !
20. Objasniti nisko popuštanje !
21. Objasniti samopopuštanje !
22. Što je poboljšavanje ?
23. Koja je svrha poboljšavanja ?
24. Objasniti anizotermičko poboljšavanje !
25. Objasniti izotermičko poboljšavanje !

## Obrada materijala II – 2.dio



Korozija

### 7. Zaštita površine

Stara izreka „Sve se mijenja“ se primjenjuje i na sve materijale i proizvode. Svaki materijal je osjetljiv na vrijeme i okolinu u kojoj se nalazi. Materijal se „troši“, tj. na materijal dugotrajno djeluju fizikalni i kemijski procesi koji smanjuju njegove karakteristike. Ovo pak u najgorem slučaju može dovesti do katastrofalnih događaja – ekoloških onečišćenja, materijalne štete i ljudskih žrtava.



Korozija zahvaća cijelo vozilo

### 7.1 Trošenje materijala

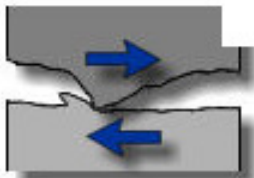
Okolina utječe na materijal na više načina:

- mehaničkim trošenjem,
- trošenjem zbog zračenja,
- kemijskim trošenjem,
- elektrokemijskim trošenjem, itd....

Kako je **mehaničko** trošenje dugotrajni progresivni gubitak materijala zbog međusobnog kontakta s drugim tijelima, to je u osnovi fizikalni proces. Zato je otpornost trošenju jedno od osnovnih svojstava materijala.

Neke od vrste mehaničkog trošenja su:

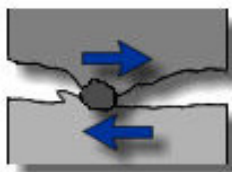
- abrazijsko trošenje – trošenje nastaje kad hrapava površina tvrdog materijala klizi po površini mekšeg materijala i na površini stvori
- erozijsko trošenje - nastaje djelovanjem mlaza oštrih čestica na površinu
- trošenje zbog umora materijala - nastaje zbog ponavljanja klizanja ili kotrljanja po istom tragu površina dvaju materijala. Dovodi do pojave površinske ili unutarnje pukotine materijala koje uzrokuju odvajanje dijelova površine.
- Adhezijsko trošenje - nastaje kad dvije glatke površine klize jedna preko druge te se čestice jedne površine odvajaju i prijanjaju uz drugu površinu



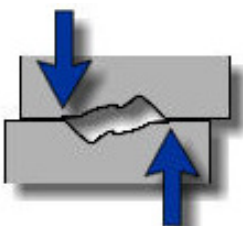
Abrazija između dva tijela



Erozija



Abrazija između tri tijela



Adhezija

Trošenje zbog **zračenja** nastaje djelovanjem elektromagnetskih valova s valnim duljinama kraćim od vidljive svjetlosti ili česticama zračenja. Oštećenje određenog materijala ovisi o vrsti zračenja

vrste zračenja	značajke zračenja
elektromagnetski val:	
ultraljubičaste zrake	$1 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$
X zrake	$10^{-3} \text{ nm} < \lambda < 10 \text{ nm}$
$\gamma$ zrake	$\lambda < 0,1 \text{ nm}$
čestice:	
$\alpha$ čestice (zrake)	jezgra helija $\text{He}^{2+}$ (2 protona i 2 neutrona)
$\beta$ čestice (zrake)	$e^-$ ili $e^+$ (elektron ili pozitron)
neutron	neutron

Zračenje može znatno utjecati na mehanička, električna i magnetska svojstva materijala.

## Obrada materijala II – 2.dio



„Patina“ – oksid na bakru

**Kemijsko** trošenje – je reakcija materijala s okolnom atmosferom. Najčešća je oksidacija – reakcija materijala na prisustvo kisika.

Neki materijali stvaraju sloj oksida na površini kojim pružaju otpor daljnjoj oksidaciji (Bakar, Aluminij).

Drugi oksidni sloj puša, ljušti se, ne daje nikakvu zaštitu već svojim ljuštenjem oslobađa površinu za daljnju oksidaciju i trošenje materijala - koroziju.

Kisik nije jedini utjecajni faktor u atmosferi. Na sličan način mogu djelovati i ostali elementi atmosfere (dušik, sumpor, ugljični monoksid, dioksid,..)



Elektrokemijska korozija na propeleru broda

**Elektrokemijsko** trošenje - je trošenje koje se odvija u nekom elektrolitu. To su različiti procesi u tekućem okolišu.

Galvanska korozija nastaje kontaktom manje plemenitog metala s plemenitijim metalom u tekućem okolišu (otopini). Pojavljuje se razlika potencijala među metalima (napon), manje plemeniti metal gubi elektrone (anoda), postaje ion metala te prelazi u tekućinu (otopinu) – odnosno metal korodira.

### 7.2 Korozija

Utjecaj okoline na materijal je stalno trošenje materijala, odnosno njegovo korodiranje, koje neke materijale zahvaća brže, neke sporije, ali ne prestaje. Korozija je jedan od najvećih uništivača ljudskih dobara.



Blok motora nezaštićen (lijevi dio) i zaštićen (desni dio) od korozije

**Korozija je nenamjerno trošenje konstrukcijskih materijala pod kemijskim, mehaničkim i biološkim djelovanjem okoliša.**

Kao se iz definicije korozije mogu odrediti faktori zbog kojih dolazi do korozije tako se i dijele na

- kemijske
- mehaničke (fizikalne)
- biološke
- električne
- kompleksne

**A)** Prema načinu djelovanja korozije ona se dijeli na:

1 - Opću koroziju – zahvaća približno jednako brzo cijelu površinu materijala izloženu agresivnoj okolini



Spomenik paalima u ratu u Osijeku – primjer korozije u umjetnosti

## Obrada materijala II – 2.dio



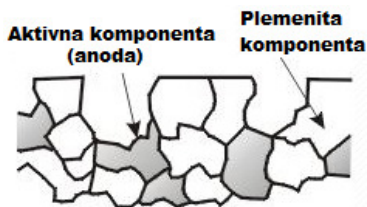
Pjegasta korozija



Rupičasta korozija



Lokalna korozija



Shemaatski prikaz selektivne korozije



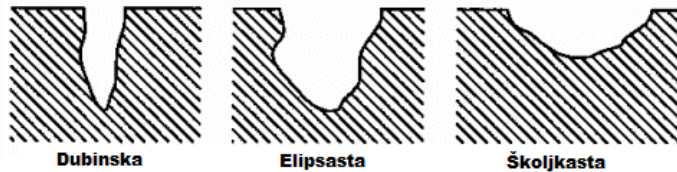
I. tehni

2 - Lokalnu koroziju – koja zahvaća samo dio površine izložene agresivnoj okolini.

Lokalna ima podgrupe pjegaste, točkaste (rupičaste), podpovršinske i kontaktne

Točkastu koroziju – koja je se usko razvija i stvara udubine u materijalu

Shematski prikazi različitih vrsta rupičastih korozija

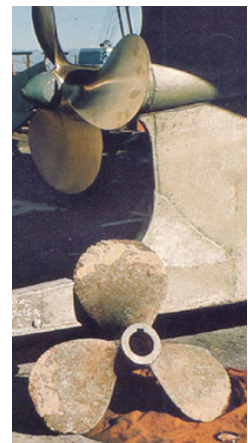


3 – Selektivna koroziju – pojavljuje se kod višekomponentnih materijala i legura. koja zahvaća samo određena područja.

Neke komponente odnosno faze legure su elektrokemijski aktivnije od ostalih komponenti i one se anodno otapaju u galvanskom kontaktu s plemenitijim komponentama.

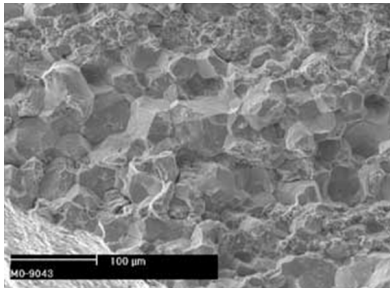
Najvažniji primjeri selektivnog otapanja su:

- Decinkacija mjedi (desno)
- Grafitizacija sivog lijeva (dole i lijevo)





## Obrada materijala II – 2.dio



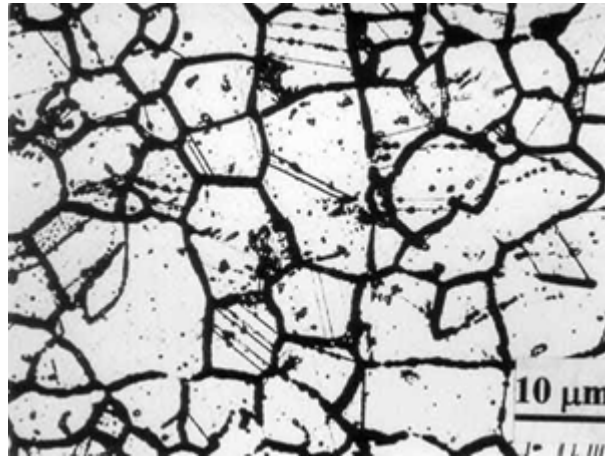
Interkristalna korozija pod elektronskim mikroskopom



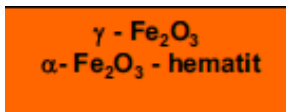
Zavarivanje nehrđajućeg čelika pogoduje stvaranju interkristalne korozije

4 – Interkristalna korozija - najčešće zahvaća nehrđajuće čelike, legure na bazi nikla i aluminija.

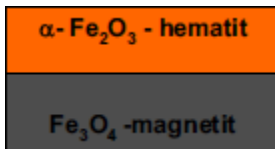
Materijal počinje korodirati u senzibiliziranom stanju (vrućim oblikovanjem, zavarivanjem, toplinskom obradom)



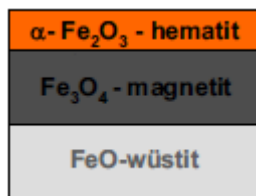
Čvrstoća materijala pada, odvajaju se zrna materijala, kod zavarenog spoja raspada se zavar.



Spora oksidacija  
Kemijska korozija ugljičnog čelika pri nastujavanju oksidativnih plinova temperature 200 – 400°C



Spora oksidacija  
Kemijska korozija ugljičnog čelika pri nastujavanju oksidativnih plinova temperature 400 – 575°C



Naglo ubrzanje oksidacije  
Kemijska korozija ugljičnog čelika pri nastujavanju oksidativnih plinova temperature iznad 575°C

B) Korozija se može podijeliti i prema agresivnom mediju na:

- atmosfersku koroziju
- koroziju u tlu
- koroziju u vodi

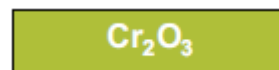
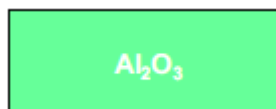
C) Korozija se može podijeliti i prema mehanizmu djelovanja na:

- Kemijsku koroziju
- Elektrokemijsku koroziju

**Kemijska** korozija se zbiva u medijima koji ne provode struju. Spaja se metal s kisikom.

Najveća oksidacija je kod povišenih temperatura, dok je dosta spora kod normalnih temperatura.

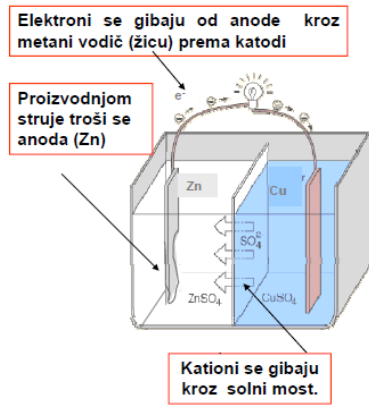
Osim o temperaturi brzina korozije ovisi o kemijskom sastavu metala i njegovoj strukturi. Također je važan faktor agresivnost okoline tj kemijski sastav i koncentracija okoline. Fizikalni uvjeti kao što su napetosti u materijalu, naprezanja, stanje površine, brzina gibanja također mogu doprinijeti bržoj koroziji predmeta.



Aluminij, krom, titan oksidiraju pri 20°C



## Obrada materijala II – 2.dio



Gibanje elektrona u elektrolitu



Vodikova bolest ugljičnog čelika  
 $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$



Korozija različitih metala izloženih u istim elektrolitima u istom vremenskom intervalu

**Elektrokemijska** korozija se zbiva na metalima koji su u dodiru s elektrolitima.

**Elektroliti** su voda i vodene otopine kiselina, lužina, soli, taline koje su električki vodljive i kod kojih se mogu odvijati reakcije oksidacije ili redukcije

**Oksidacija** je kemijska reakcija pri kojoj neka tvar uronjena u elektrolit otpušta elektrone. Time nastaje nova tvar.

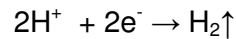
Anodni proces ili oksidacija potiče stvarane elektrona



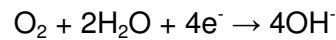
**Redukcija** je kemijska reakcija pri kojoj neka tvar uronjena u elektrolit veže elektrone i time stvara novu tvar.

Katodni proces ili redukcija je trošenje elektrona i može bit:

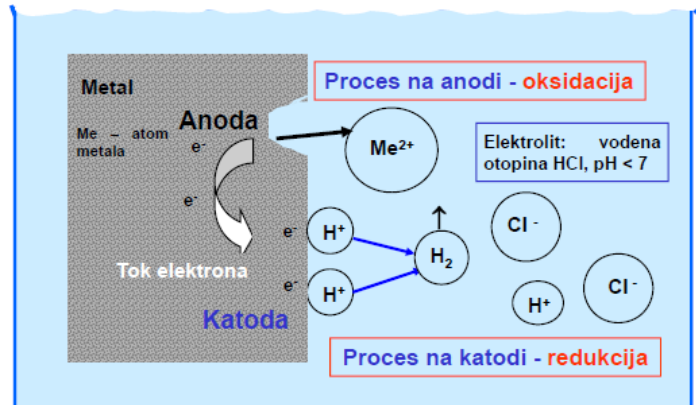
- vodikova depolarizacija



- kisikova depolarizacija



Anodna i katodna reakcija zbivaju se istovremeno tijekom elektrokemijske korozije.



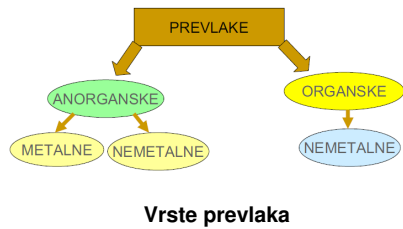
Na površini metala uronjenog u elektrolit nastati će korozijski članak kao posljedica razlike potencijala između anoda i katoda.

**Definicija korozije – prema HRN (EN ISO 8044)**

Korozija je fizikalno kemijsko međudjelovanje metala i njegova okoliša koje uzrokuje promjenu uporabnih svojstava metala te može dovesti do oštećenja funkcije metala, okoliša ili tehničkog sustava koji oni čine.

Problemom korozije prvi se bavio ruski znanstvenik Mihail Vasiljevič Lomonosov (od 1756. godine).

### 7.3 Zaštita od korozije



Metalna anorganska prevlaka - cinčanje



Pozlačeni Mercedes u Dubaiju



Kromirani proizvod



Pocinčani proizvodi - ograda

U praksi se često pojavljuju kombinacije više različitih korozija istodobno. Zato se nameće potreba spriječavanja korozije.

Smanjenje brzine djelovanja korozije u praksi je vrlo bitno. Može se postići na više načina:

- zaštitnim prevlakama ili premazima koji mogu biti metalne ili nemetalne
- elektrokemijske metode zaštite (katodna zaštita)
- zaštita od korozije promjenom okolinosti (inhibitori)
- oblikovanje i konstrukcijske mjere
- odabirom materijala

#### 7.3.1 Zaštitne prevlake i premazi

Ovo je najčešći način zaštite od korozije. **Primarna** svrha prevlake ili premaza je zaštita konstrukcijskog metala od korozije u agresivnoj okolini.

**Sekundarna** svrha prevlake ili premaza je zaštita od mehaničkog trošenja, povećanje fizikalnih svojstava zaštićene površine, estetski izgled, ...

Svrha prevlaka je galvansko djelovanje prevlake ili veća otpornost na koroziju od osnovnog materijala..

Prevlake mogu biti anorganske metalne i nemetalne ili organske nemetalne.

**7.3.1.1 Metalne prevlake** mogu biti galvanske ili se nanose kao sloj koji djeluje kao brana prema agresivnoj okolini.

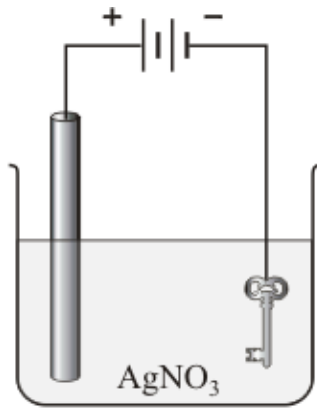
**Galvanske** se dijele u :

- **Anodne** – koje imaju negativniji električni potencijal od metala na koji se nanose. Tipičan primjer je cinčanje (ostali postupci su aluminijske manganove ili kadmijeve prevlake).
- **Katodne** – koje imaju pozitivniji električni potencijal od metala na koji se nanose. Primjer je pozlaćivanje (ostali postupci su zaštita pomoću nikla, srebra, kroma, olova ili kositra).

Metalne prevlake se **nanosi** na slijedeće načine:

- **Fizikalno**
  - navarivanjem
  - lemljenjem
  - lijepljenjem
  - vrućim uranjanjem
  - prskanjem, ...
- **Kemijski**
  - ionska zamjena
  - katalitiška redukcija
- **Elektrokemijski**
  - galvanizacijom

## Obrada materijala II – 2.dio



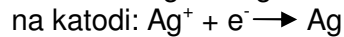
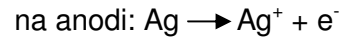
Princip galvanizacije -  
posrebljenje

**Elektrokemijski - Galvaniziranje** je elektrokemijski postupak nanašanja metalne prevlake na predmet elektrolizom.

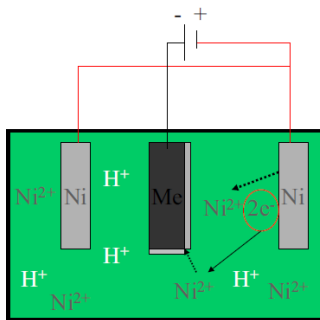
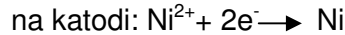
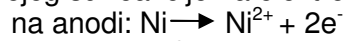
Predmet se uroni u otopinu koja sadrži sol metala koji se nanaša i spoji na negativni pol baterije. Pozitivni metalni ioni putuju prema katodi (predmetu) na kojoj se reduciraju do elementarnog stanja stvarajući na predmetu tanki metalni film.

Primjeri:

Posrebljenje u otopini srebrovih iona. Reakcije na elektrodama su:



Niklanje kod kojeg su reakcije na elektrodama:



Princip galvanizacije -  
niklanje

Karakteristike galvanizacije su:

- Mogućnost raznovrsnih metalnih prevlake
- Prevlake čvrsto prijanjaju na podlogu
- Jednostavno se može regulirati debljina prevlake
- Niske temperature obrade
- Postiže se visoka čvrstoća prevlaka, ali
- Slaba mikroraspodjela
- Poroznost tanjih prevlaka
- Mehaničke napetosti
- Promjene kemijskog sastava elektrolita



Bazeni za vruće uranjanje

### Fizikalno - Vruće uranjanje u talinu

To je postupak kratkotrajnog držanja predmeta u talini metala koji se nanosi kao zaštita

Primjenjuje se za dobivanje prevlaka metala relativno niskog tališta i to:

- Zn (440 - 460 °C)
- Sn (255 - 315 °C)
- Pb (355 - 375 °C)
- Al (700 - 750 °C)



Vruće uranjanje u talinu -  
cinčanje

Karakteristike vrućeg uranjanja u talinu su

- Visokoproduktivni postupak metalizacije
- Velika brzina obrade velike količine obradaka
- Ovakova prevlaka je dobra zaštita
- Povoljna mehanička svojstva
- Debljine do 250 μm, ali
- Velik gubitak rastaljenog metala
- Mogućnost izobličenja zbog visokih temperatura obrade



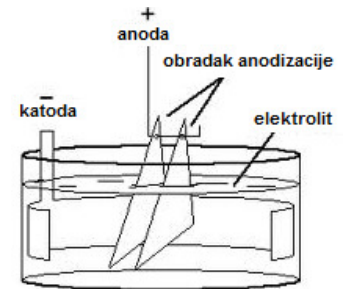
Pocinčana matica

## Obrada materijala II – 2.dio

7.3.1.2 Anorganske nemetalne prevlake su oksidne prevlake i mogu biti:

### Eloksiranje

Eloksiranje je oksidna prevlaka na aluminijskim proizvodima. To je elektrokemijska zaštita anodizacijom aluminijskih proizvoda.



Kada za eloksiranje



Eloksirani proizvodi

Elektrolit je  $Al_2O_3$

Prevlaka je tvrda, staklasta i često je u boji.



Eloksirani proizvodi



Brunirani pištolj

### Bruniranje

Bruniranjem se na čeliku stvara sloj željeznog oksida  $Fe_3O_4$  koji je crne boje i štiti osnovni materijal od korozije. Ako se kombinira sa antikoroziivnim uljima dobije se jako dobra zaštita metala

Bruniranje se odvija kemijskim postupkom - obradom u vrućoj lužnatoj otopini nitrata i nitrite (kaustična soda i natrij). Dobije se prevlaka crne boje koja dobro apsorbira svjetlo. Primjenjuje se kod obrade oružja i optike.



Brunirana puška



Kada za bruniranje



Brunirani proizvodi



## Obrada materijala II – 2.dio



Bojenje / lakiranje



Plastifikacija radijatora



Gumiranje valjaka



Bitumenizacija vozila



Konzervacija

### 7.3.1.3 Organske nemetalne prevlake su

Najveći dio proizvoda i konstrukcija od metala podložan je atmosferskoj koroziji. Zaštite koja se najčešće kotisti je zaštita organskim premazima.

Nanašanje premazi ima zaštitnu i dekorativnu svrhu.

Način zaštite je nanošenja dva ili više slojeva zaštitne prevlake.

Prvi sloj je temeljni dok su ostali slojevi pokrivni. Svako od slojeva ima svoju svrhu, ali osnovna svrha je razdvajanje metalne podloge od okoliša.

Podjela premaza može biti prema:

- vrsti
  - bojenje i lakiranje
  - plastifikacija
  - gumiranje
  - bitumenizacija
  - konzervacija
- broju komponenata
  - jednokomponentni
  - dvokomponentni
- trajnosti
  - niska do 5 godina
  - srednja od 5 do 10 godina
  - visoka od 10 do 20 godina
- načinu sušenja,
  - sušenja na zraku isparavanjem otapala
  - sušivi pri povišenim temperaturama
  - sušenje pomoću UV zraka
  - otvrdnjavanjem kemijskom reakcijom (epoksidi, poliuretani), .....
- komponentama zaštitne prevlake
  - **vezivno sredstvo** (jedno ili više njih) - osigurava prijanjanje na površinu metala, povezuje ostale komponente prevlake,
  - **otapalo** (voda ili organsko otapalo) - hlapive organske tvari koje otopaju veziva u prevlakama, najčešće se koriste se za skidanje starih premaza ili odmaščivanje
  - pigmenti - prevlaka je neprovidno obojenim i povećanih zaštitnih svojstava, kemijski postojanija.
  - punila i aditivi - praškaste tvari kojima se poboljšavaju mehaničke i kemijske karakteristike zaštitne prevlake.

Uvjeti primjene prevlake odnosno premaza :

- u vodi
- na tlu
- u atmosferi
- u posebnim uvjetima (kod povećane erozija, u prostorima velike kondenzacija ili visokih temperatura, kod većih kemijskih ili mehaničkih naprezanja,...)

## Obrada materijala II – 2.dio

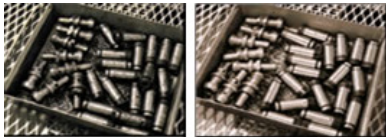


Nanošenje premaza na terenu

Prednosti nanošenja organske nemetalne prevlake odnosno premaza su u relativno niskoj cijeni, načinu nanašanja premaza bilo u radionici ili na terenu te mogućnost izvođenja radova niskokvalificiranom radnom snagom.



Ručno nanošenje boje u komori za lakiranje i lakiranje pomoću robota



Prije i poslije odmašćivanja

### 7.3.2 Izrada sustava zaštite premazom uključuje:

1. izradu projektne dokumentacije
2. pripremu površine za nanošenje prevlake ili premaza
3. nanošenje premaza
4. kontrolu kvalitete



Komora za odmašćivanje

#### Projektna dokumentacija

Projektnom dokumentacijom se određuje:

- tip (ili više tipova) premaznog sredstva
- način pripreme površine
- metoda nanošenja premaza
- metoda kontrole
- prijedlog održavanja



Pjeskarenje matala

#### Priprema površine

Površina na koju se nanosi premaz mora biti čista.

Priprema površine je uvjet trajnosti zaštite.

Postupci pripreme metalne površine su

- kemijski i fizikalni postupak čišćenja (odmašćivanje, čišćenje mlazom vode, čišćenje čeličnih površina kiselinama ili lužinama, skidanje stare boje otapalom i kemijski čišćenje vruće pocinčanih površina)
- mehanički postupak čišćenja (čišćenje ručnim alatom – žičanim četkama, strugačima, čekićima, brusevima, strojno čišćenje, čišćenje mlazom abraziva, čišćenje mlazom vode)
- termički postupak čišćenja (čišćenje plamenom visoke temperature, zatim mehanički očistiti od čađe)



Čišćenje plamenom visoke temperature

#### Nanošenje premaza

Izvodi se: četkom, valjkom ili pištoljem za štrcanje električnim ili pneumatskim. Nanošenje može biti ručno ili strojno – pomoću industrijskih robota za lakiranje.

## Obrada materijala II – 2.dio



Mjerač debljine laka

### Kontrola kvalitete

Kontrola se obavlja tijekom i nakon nanošenja prevlake ili premaza. Sastoji se od vizuelne kontrole, mjerenja debljine nanešene zaštitne jednoslojne ili višeslojne te mjerenja poroznosti.



Mjerač debljine laka i poroznosti



Inhibitori korozije

### 7.3.3 Zaštita od korozije primjenom inhibitora

Inhibitori su tvari anorganskog ili organskog porijekla koje u vrlo malim koncentracijama smanjuju brzinu korozije do tehnološki prihvatljivih vrijednosti. Mogu biti katodni, anodni ili kombinirani. U osnovi, inhibitori nanešeni na površinu metala stvaraju slojeve netopivih korozijskih produkata koji su barijera za agresivnu okolinu.

Isparljivi inhibitori - su hlapive organske tvari čijim se parama zasićuje okolna atmosfera zatvorenog prostora. Koriste se za usporavanje ili smanjenje atmosferske korozije površine metala u zatvorenim prostorima.

Primjena inhibitora je kod:

- u cirkulacijskim i protočnim sustavima
- u raznovrsnim sredstvima za grijanje, hlađenje i podmazivanje (kod obrade odvajanjem čestica)
- pri konzervaciji metalnih proizvoda i uređaja koji se skladište ili dulje ne koriste
- zaštitu čelične armature u betonskim konstrukcijama, ---



Načini nanošenja inhibitora



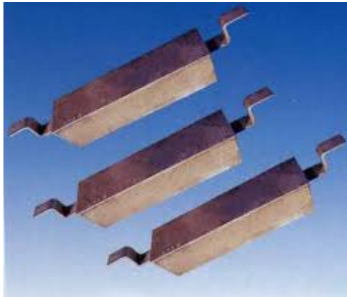
### 7.3.4 Elektrokemijska zaštita od korozije



Cinkove elektrode



Cink protektori na brodu



Aluminijske anode



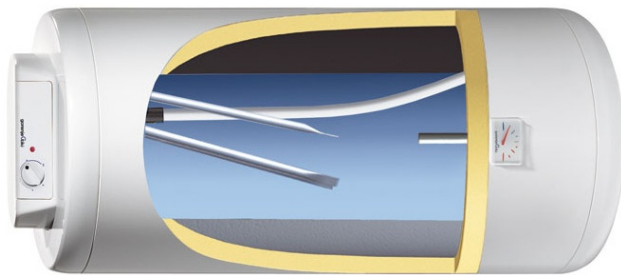
Aluminijske u cink anode na brodu

Kod elektrokemijske zaštite metalne konstrukcije metal se nastoji održavati u tzv. pasivnom stanju.

**Pasivno stanje** – je stanje u kojem se nastoji smanjiti razlika potencijala između osnovnog materijala i agresivnog medija dodavanjem anoda.

Anodna zaštita se primjenjuje na čelicima, nehrđajući čelicima, aluminiju i aluminijevim legurama, kromu i njegovim legurama, titanu i legurama te svom metalima kod kojih je struja pasivacije (umrtvljenja) mala.

Za snižavanje elektropotencijala osnovnog metala koriste se elektrode (anode) od magnezija, aluminija ili cinka (Mg, Al, Zn). Anode su protektori.



Magnezijeva anoda za dodatnu zaštitu od korozije kotla.

**Imuno stanje** je stanje u kojem se osnovni metal neke konstrukcije želi zaštititi polarizacijom na negativni potencijal – katodna zaštita. Na cijeloj metalnoj konstrukciji odvija se neškodljiva elektrokemijska reakcija koja sprječava koroziju metala.

Najveća primjena je kod čeličnih konstrukcija koje su zaštićene premazom i nalaze se u umjereno agresivnom mediju.

Zaštita se provodi:

- katodama od magnetija, cinka ili aluminija
- izvorom istismjerne struje gdje je metalna konstrukcija katoda, a grafitna elektroda anoda
- kombinirano

### 7.4 PITANJA 7

26. Što je trošenje materijala ?
27. Kako okolina utječe na materijal ?
28. Objasniti mehaničko trošenje materijala !
29. Objasniti trošenje materijala zbog zračenja !
30. Objasniti kemijsko trošenje !
31. Objasniti elektrokemijsko trošenje materijala !
32. Što je korozija ?
33. Koji su faktori nastajanja korozije ?
34. Kako se korozija dijeli ?
35. Kako se korozije dijeli prema načinu djelovanja ?
36. Objasniti opću koroziju !
37. Objasniti lokalnu koroziju !
38. Objasniti selektivnu koroziju !
39. Objasniti međukristalnu koroziju !
40. Kako se korozija dijeli prema agresivnom mediju ?
41. Kako se korozija dijeli prema mehanizmu djelovanja ?
42. Objasniti kemijsku koroziju !
43. Objasniti elektrokemijsku koroziju !
44. Čime se zaštićuje od korozije ?
45. Što su zaštitne prevlake i premazi ?
46. Što su metalne prevlake ?
47. Kako se dijele galvanske metalne prevlake ?
48. Kako se nanose na osnovni metal ?
49. Što je galvanizacija metala ?
50. Što je zaštita metala vrućim uranjanjem u talinu ?
51. Što su anorganske nemetalne prevlake ?
52. Što je bruniranje ?
53. Što je eloksiranje ?
54. Što su organske nemetalne prevlake ?
55. Kako se dijele organske nemetalne prevlake ?
56. Koje su prednosti organske nemetalne prevlake ?
57. Što uključuje izrada sustava zaštite premazom ?
58. Što uključuje projektna dokumentacija sustava zaštite?
59. Kako se obavlja kontrola kvalitete sustava zaštite ?
60. Što su inhibitori ?
61. Kako inhibitori štite metalnu konstrukciju ?
62. Objasniti elektrokemijsku zaštitu od korozije ?
63. Kako se metala štiti anodnom zaštitom ?
64. Kako se metala štiti katodnom zaštitom ?
65. Od čega se najčešće izrađuju elektrode za zaštitu metala ?