

Mašinski materijali

Predavanje broj 9

Livena gvožđa

- Legure gvožđa za livenje- Livena gvožđa
- sivi liv,
- nodularni liv
- temperovano liveno gvožđe
- belo liveno gvožđe
- čelični liv,
- konstrukcioni čelični livovi

Livena gvožđa

- Liveno gvožđe dobija se livenjem sirovog gvožđa i starog gvožđa.
- Količina ugljenika (C) iznosi 2,5...3,5%.
- Liveno gvožđe sadrži, osim ugljenika, još i manje količine drugih primesa: Si, Mn, P i S.
- Legure za livenje su pogodne zbog niske temperature topljenja.

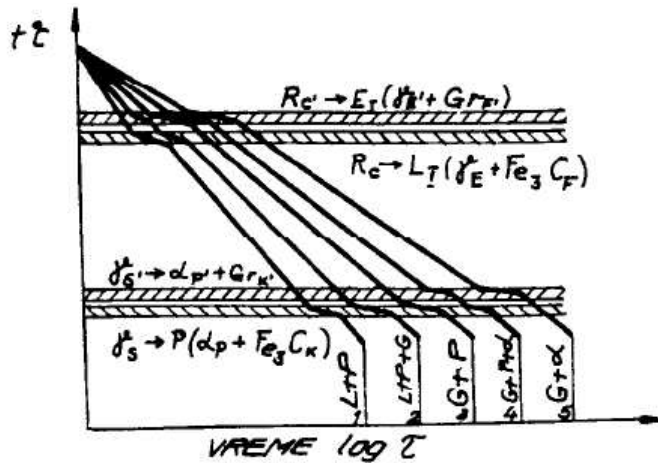
Livena gvožđa

- Prednosti livenog gvožđa:
 - malo skupljanje za vreme hlađenja,
 - širok opseg čvrstoće i tvrdoće,
 - Lako se obrađuju rezanjem,
 - Dobra otpornost na habanje (abraziju) i koroziju.
 - Ograničenja:
 - Relativno niska vrednost udarne žilavosti i mala plastičnost.
-
- Primena
 - Široka industrijska primena livenih gvožđa pripisuje se niskoj ceni i dobrim mehaničkim svojstvima.

Livena gvožđa

- U zavisnosti od oblika ugljenika razlikuju se:
- Belo liveno gvožđe, (struktura belog livenog gvožđa je perlit, cementiti i ledeburit).
- Sivo liveno gvožđe kod kojeg je celokupni ugljenik vezan u jedinjenju cementitu (Fe_3C)
- Oblik grafita je lamelarni,
- Nodularni liv je takođe sivi liv ali je grafit izdvojen u obliku nodula (kuglica).
- Temper liveno gvožđe kod kojeg je ugljenik izdvojen u obliku temper grafita.

Zavisnost strukture gvožđa od brzine hladjenja



UTICAJ LEGIRAJUĆIH ELEMENATA

ELEMENTI KOJI PODSTIČU IZDVAJANJE GRAFITA:

Si, Ni, C, Cu, Al ...

ELEMENTI KOJI PODSTIČU IZDVAJANJE CEMENTITA:

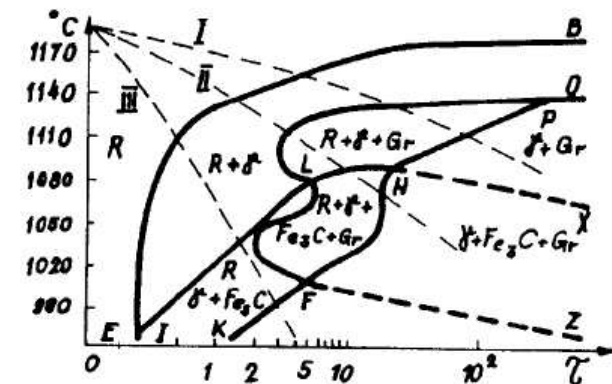
Mn, Cr, W, S ...

Legenda: α – ferit, γ – austenit, P – perlit, G – grafit,
R – rastop, L – ledeburit,

TRI OSNOVNE VRSTE GVOŽĐA



DIJAGRAM KRISTALIZACIJE GVOŽĐA (4,2% C)



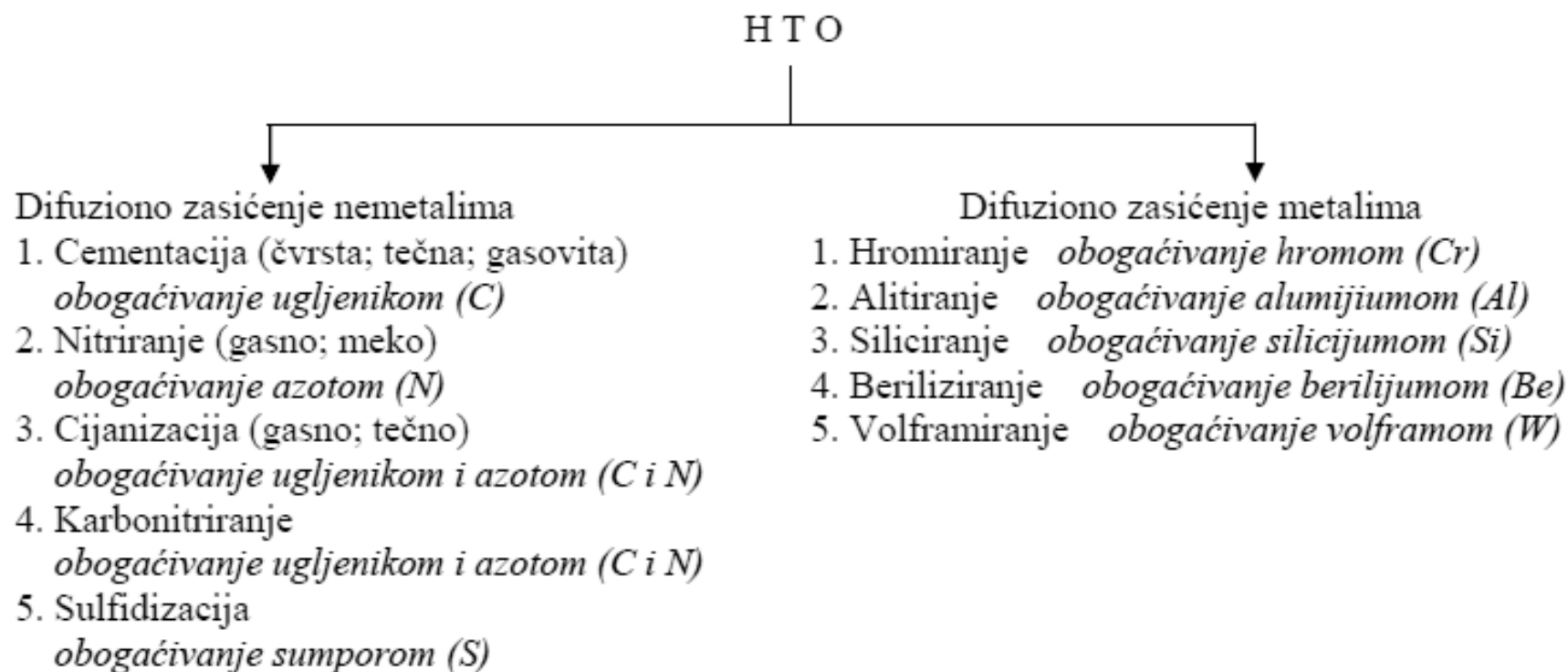
Termohemijska obrada (THO)

- U zavisnosti od elemenata koji obrazuju površinski sloj, razlikujemo više procesa termohemijskih obrada:
- Cementacija- obogaćivanje ugljenikom
- Nitriranje-obogaćivanje azotom
- Karbonitriranje-obogaćivanje ugljenikom i azotom
- Hromiranje- obogaćivanje hromom
- Siliciranje-obogaćivanje silicijumom
- Alitriranje-obogaćivanje aluminijumom
- Boriranje- obogaćivanje borom.

Termohemijska obrada (THO)

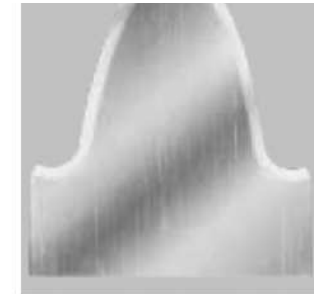
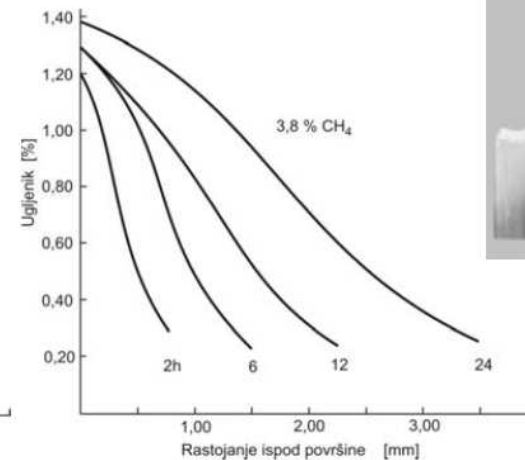
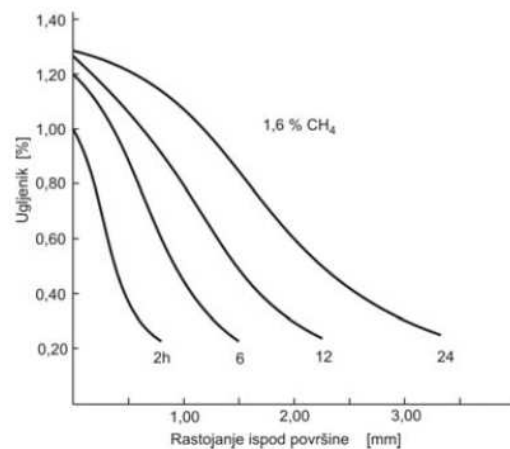
THO – se uvek izvodi na povišenoj temperaturi jer je proces difuzije brži. THO se postiže:

- a) povećanje tvrdoće u površinskom sloju,
- b) povećanje otpornosti prema habanju,
- c) povećanje otpornosti prema oksidaciji na povišenoj temperaturi,
- d) povećanje otpornosti prema koroziji.



Cementacija

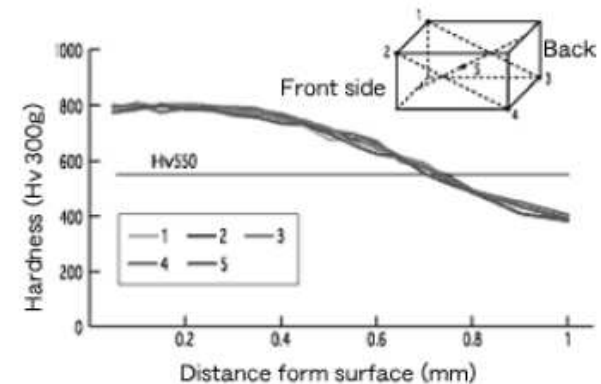
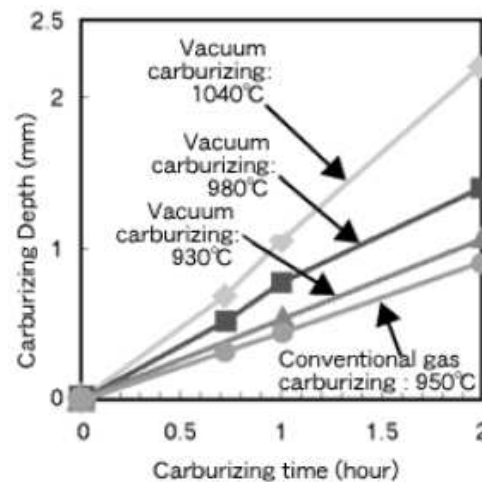
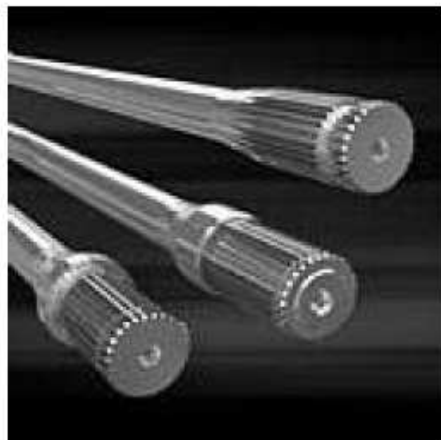
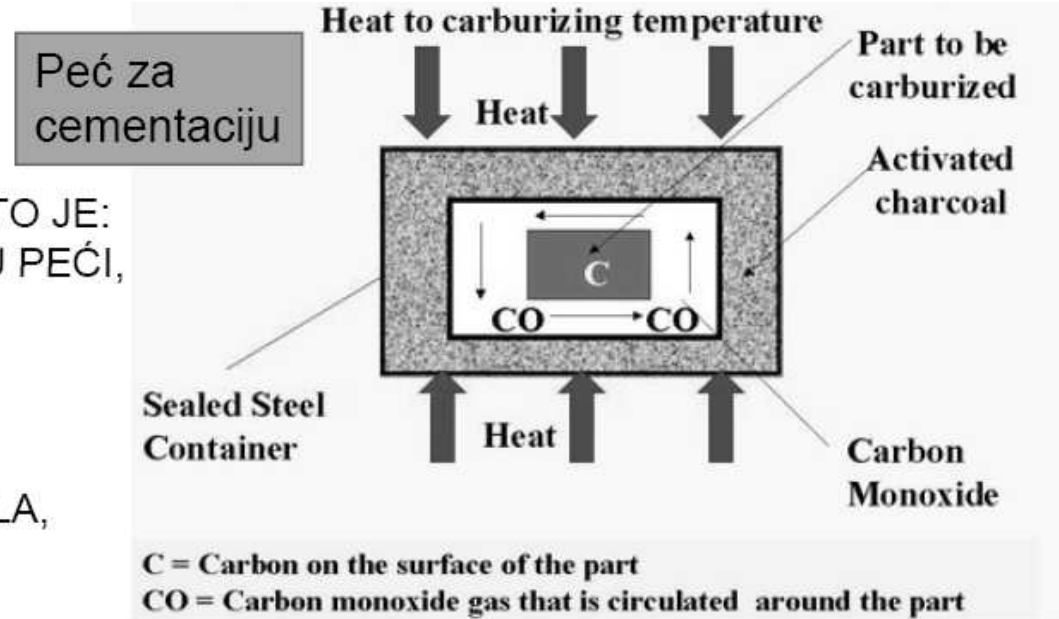
- Cementacija se najčešće izvodi na nisko ugljeničnim čelicima (0,1-0,25%C) na visokoj temperaturi (850-950°C) čelik se zadržava izvesno vreme u sredini bogatoj ugljenikom. Atomi ugljenika difunduju u površinski sloj do zasićenja.
- Nakon toga, veoma brzo hladjenje u vodi- kaljenje.
- Rezultat kaljenja u vodi i ulju stvara se veoma tvrd tanak sloj na površini- povećava se otpornost na habanje.



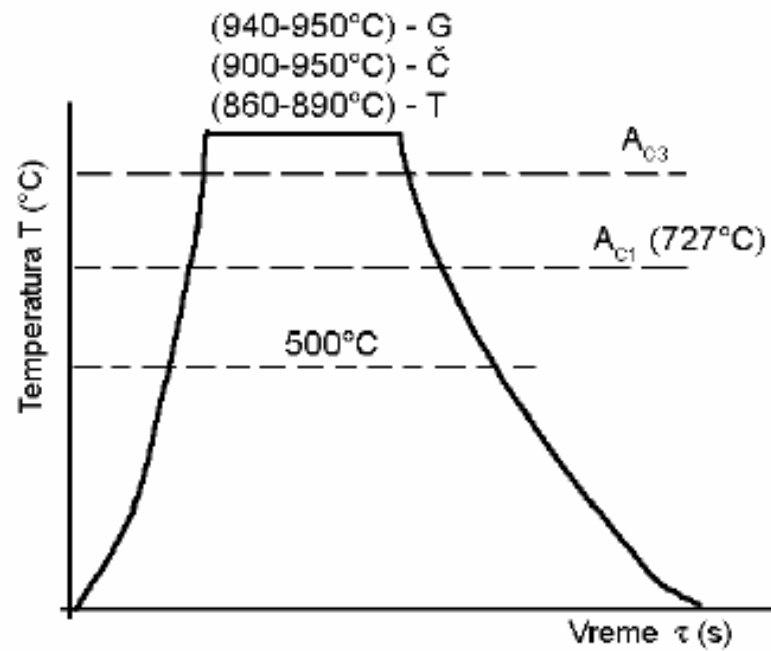
CEMENTACIJA

- EFEKT CEMENTACIJE JE IZRAŽENIJI ŠTO JE:
- VEĆA KONCENTRACIJA UGLJENIKA U PEĆI,
 - DUŽE VREME BORAVKA U PEĆI,
 - VIŠA TEMPERATURA U PEĆI I
 - NIŽI PRITISAK U PEĆI.

PRIMENA: ZUPČANICI, RUKAVCI VRATILA, ALATI ZA OBLIKOVANJE I SL.



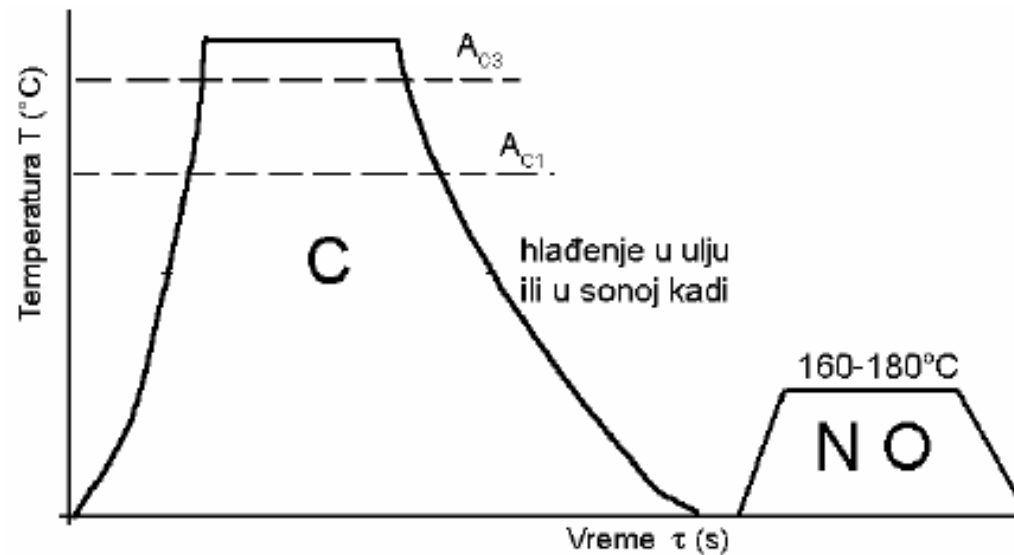
Cementacija



Slika Dijagram režima termičke obrade cementacije u raznim sredinama

Dijagram režima termičke obrade sa niskim otpuštanjem

U slučaju neodgovornih delova , posle cementacije obavlja se nisko otpuštanje radi uklanjanja unutrašnjih napona.



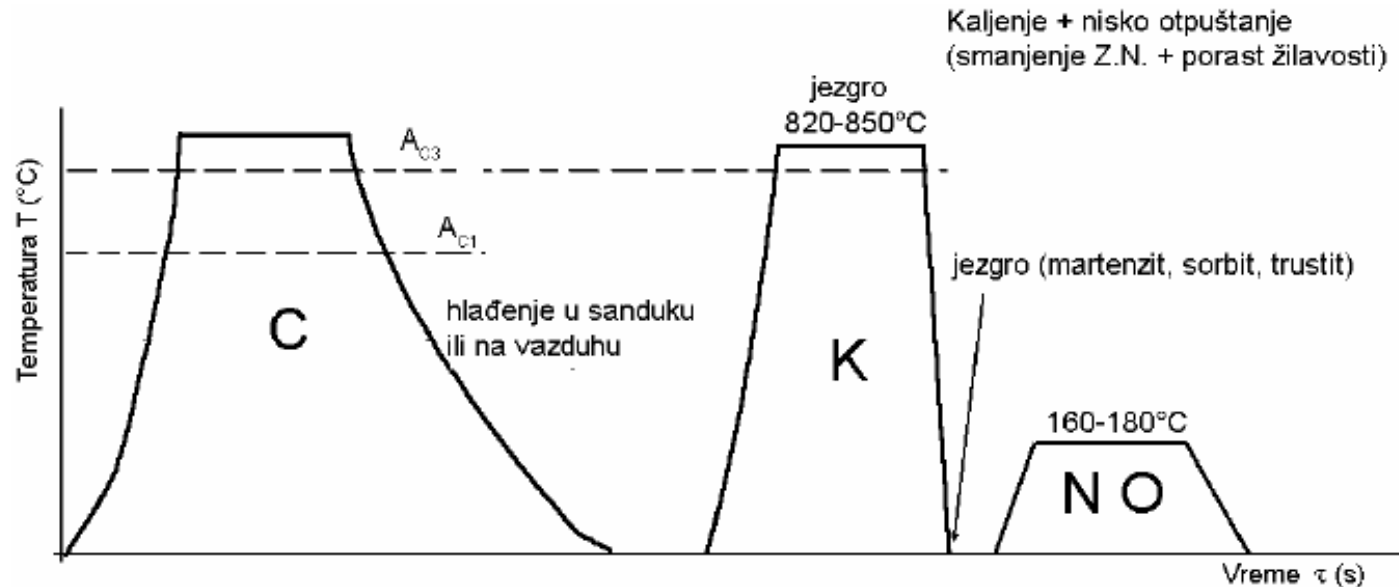
Slika 2. Dijagram režima cementacije sa niskim otpuštanjem.

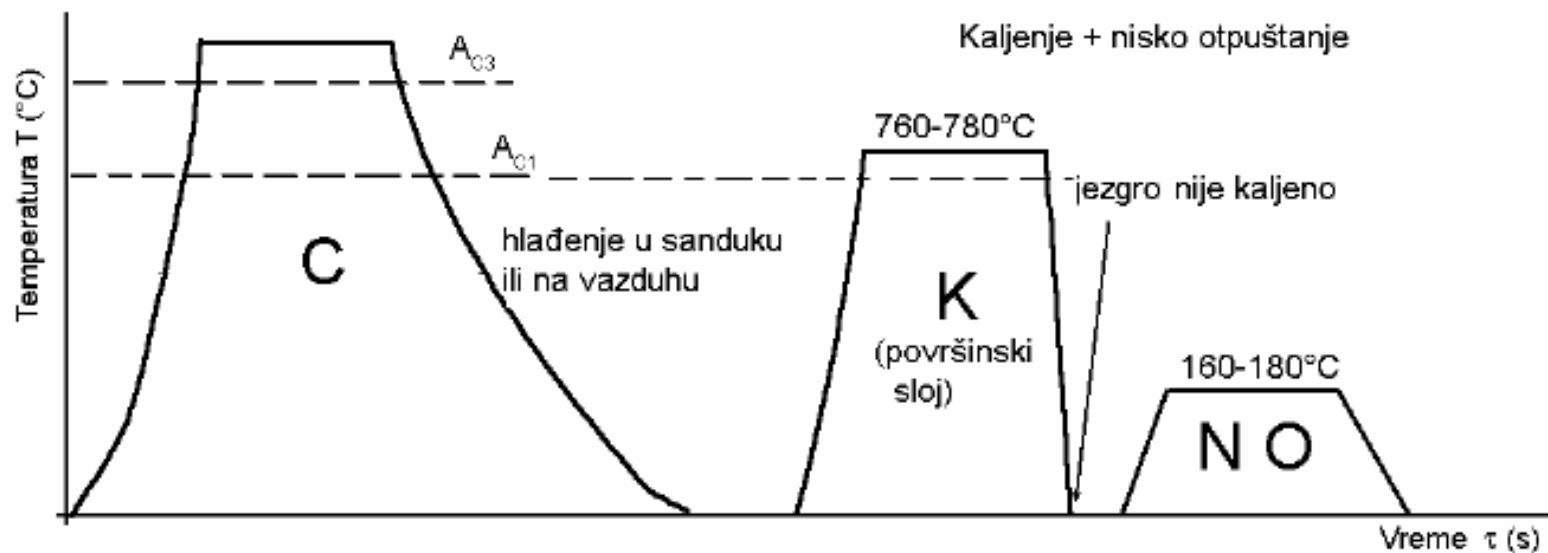
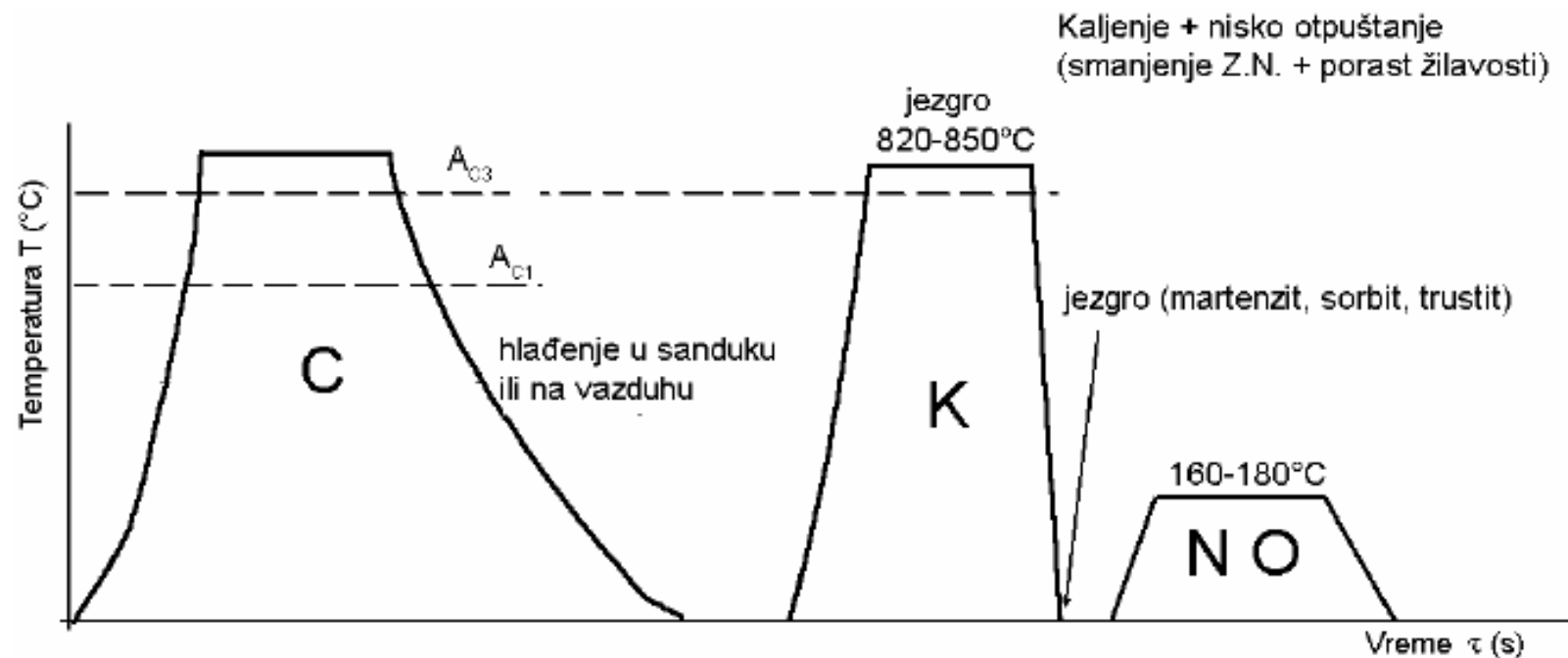
Režimi cementacije sa kaljenjem

Kod visoko odgovornih delova posle cementacije obavlja se

kaljenje i otpuštanje.

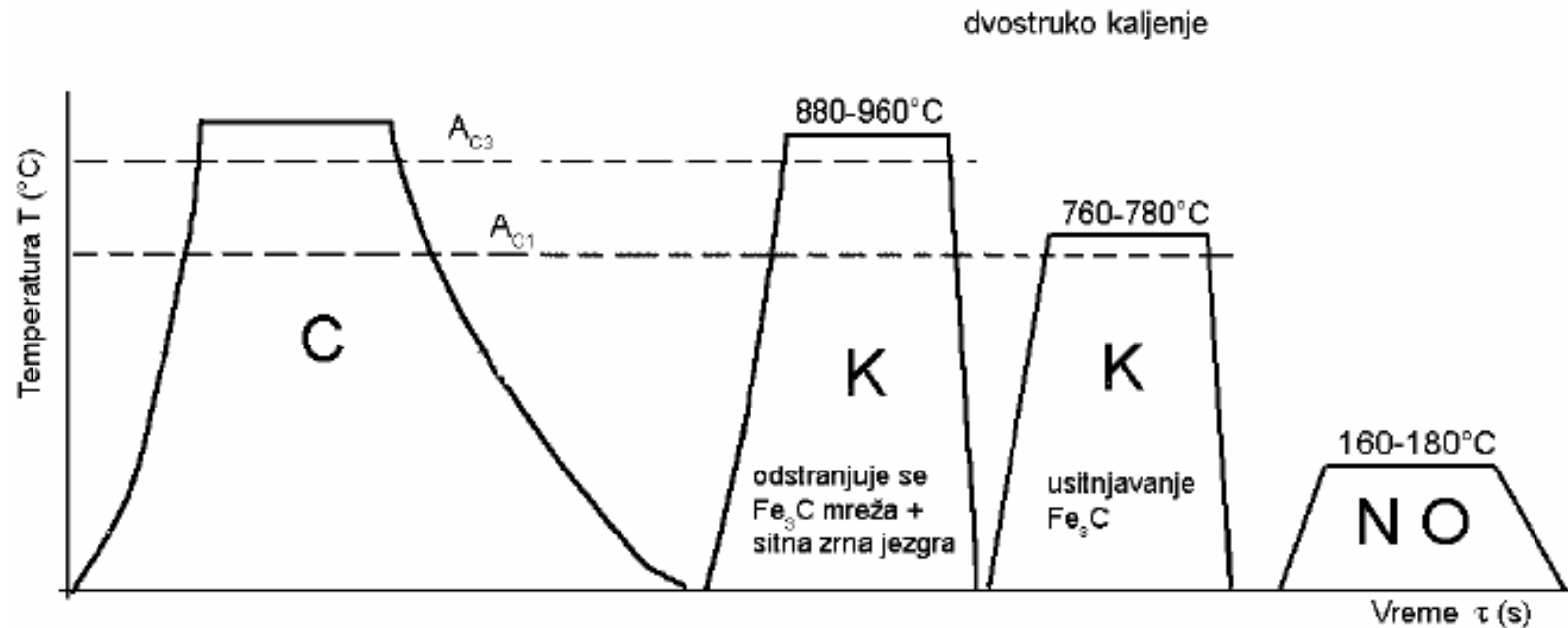
Ako noseću ulogu u konstrukciji ima njena površina, onda je temperatura kaljenja odgovara temperaturi kaljenja nadeutektoidnih čelika, a ako je značajno jezgro materijala konstrukcije, temperatura kaljenja odgovara podeutektoidnim čelicima.





Slika 3. Režimi cementacije sa kaljenjem, i to potpunim (gore) ili nepotpunim (dole).

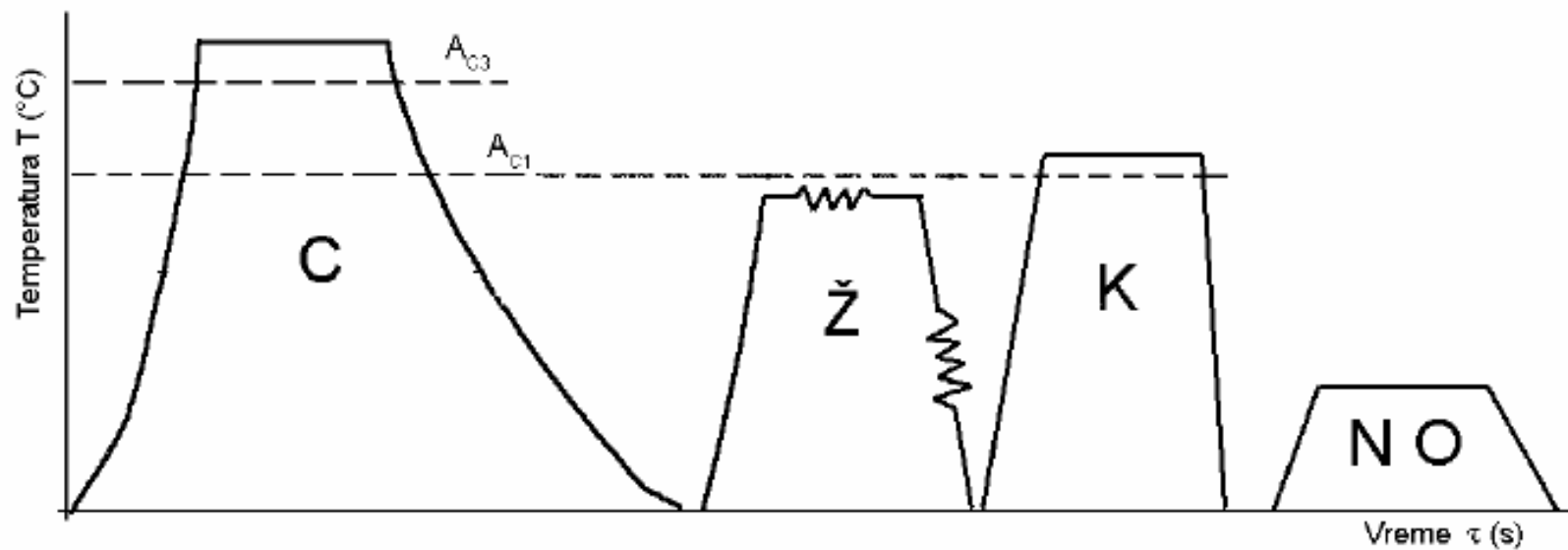
Dvostruko kaljenje posle cementacije



C-cementacija; K-kaljenje, NO-nisko otpuštanje

Ako je cilj da se postignu dobre osobine i jezgra i površine materijala u konstrukciji, cementacija se izvodi sa dvostrukim kaljenjem ili sa žarenjem uz nisko otpuštanje. Rezultat: maksimalna tvrdoća površinskog sloja+maksimalna žilavost jezgra. Nedostaci su: Složena obrada,Povećanje deformacija, oksidacija i razugljenisanje.

Žarenje i kaljenje posle cementacije

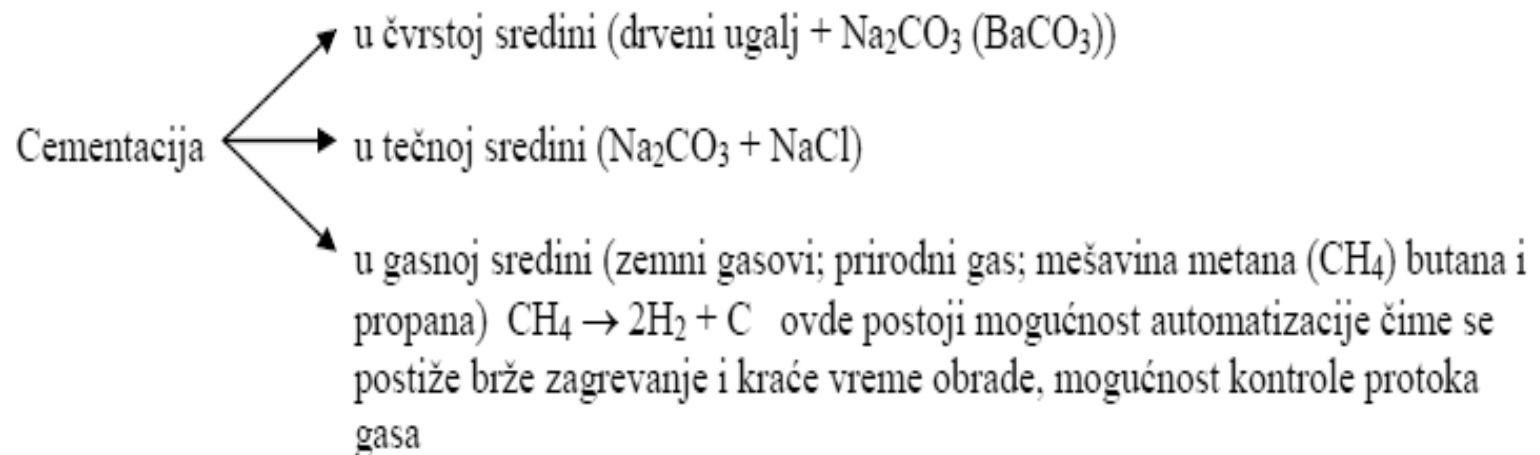


Slika 5. Žarenje i kaljenje posle cementacije.

Cementacija

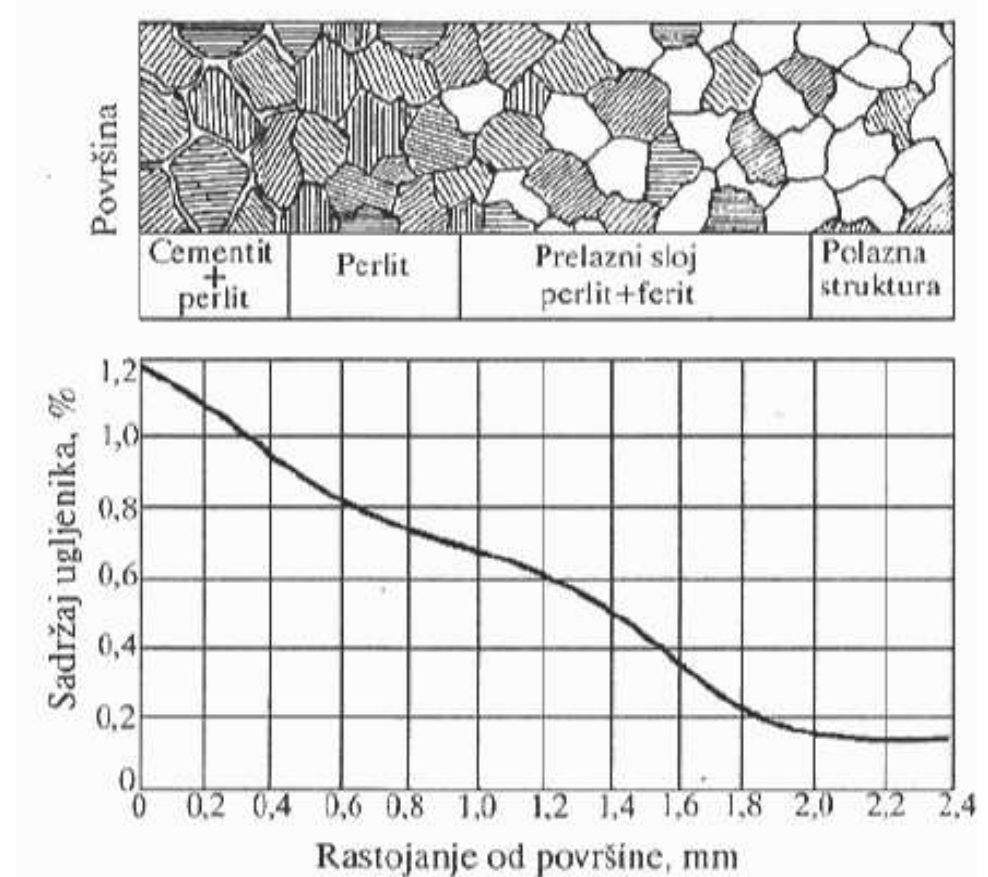
Pre cementacije treba:

- 1) očistiti i odmastiti površinu,
- 2) naneti prevlake na one delove površine gde nije potrebna cementacija (na primer, nanošenjem Cu, galvanizacijom, ili Ni, ili specijalnim premazima)



Mikrostruktura cementiranog sloja

Mikrostruktura cementiranog sloja
Nisko ugljeničnog čelika posle sporog
Hladjenja sa T cementacije



Slika 6. Zavisnost % C i strukture od rastojanja od površine.

Termička obrada cementiranih delova

- Posle cementacije delovi idući od površine prema jezgru imaju:
- Nehomogeni sastav, strukturu i svojstva.
- Površinski slojevi imaju perlitno cementitnu strukturu dok je jezgro feritne strukture.
- Proces termičke obrade posle cementacije bira se u zavisnosti od:
 - (1) Hemijskog sastava i
 - (2) odnosa izmedju tvrdoće površinskog sloja i žilavosti jezgra.

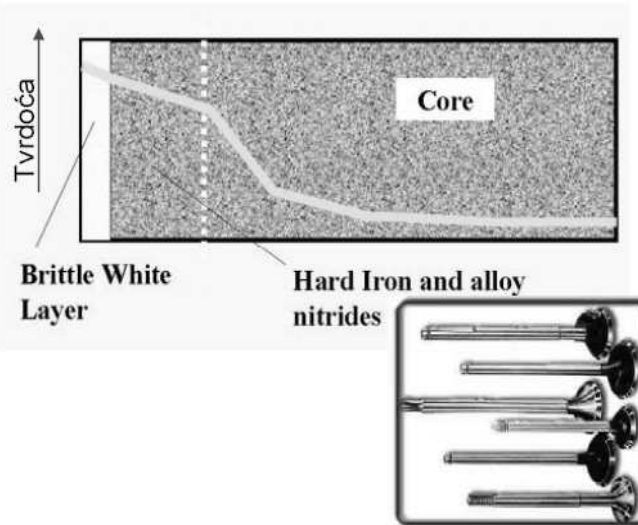
Termička obrada cementiranih delova

- Za dobijanje sitnozrne strukture površinskog sloja i jezgra, maksimalne žilavosti jezgra i maksimalne tvrdoće površinskog sloja, posle cementacije, primenjuje se:
 - (1) **dvostruko kaljenje** delovi se zagrevaju do T: 880-900°C, kale, ovim se dobija sitnozrna struktura jezgra i odstranjuje cementitna mreža u površinskom sloju,
 - (2) ponovno zagrevanje do T: 760-780 ° C i kaljenje, ovim se postiže usitnjavanje strukture cementiranog sloja i dobijanje njegove maksimalne tvrdoće.

Nitriranje

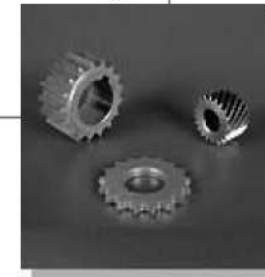
OBAVLJA SE NA TEMPERATURI 480 – 750 °C U ATMOSFERI AMONIJAKA.
PRIMENJUJE SE NA UGLJENIČNE (0,3 – 0,5 % C) I LEGIRANE ČELICE (Al, Cr, Mo i dr.).
AZOT DIFUNDUJE U POVRŠINSKI SLOJ STVARAJUĆI TVRDE NITRIDE.
DOBRA OTPORNOST NA HABANJE NA POVIŠENIM TEMPERATURAMA.
POSLE NITRIRANJA NE OBAVLJA SE TERMIČKA OBRADA (PRE NITRIRANJA – KALENJE I OTPUŠTANJE).

PRIMENA: CILINDRI MOTORA I PUMPI, VENTILI I SEDIŠTA VENTILA, KALUPI ZA LIVENJE POD PRITISKOM, ALATI ZA OBLIKOVANJE.



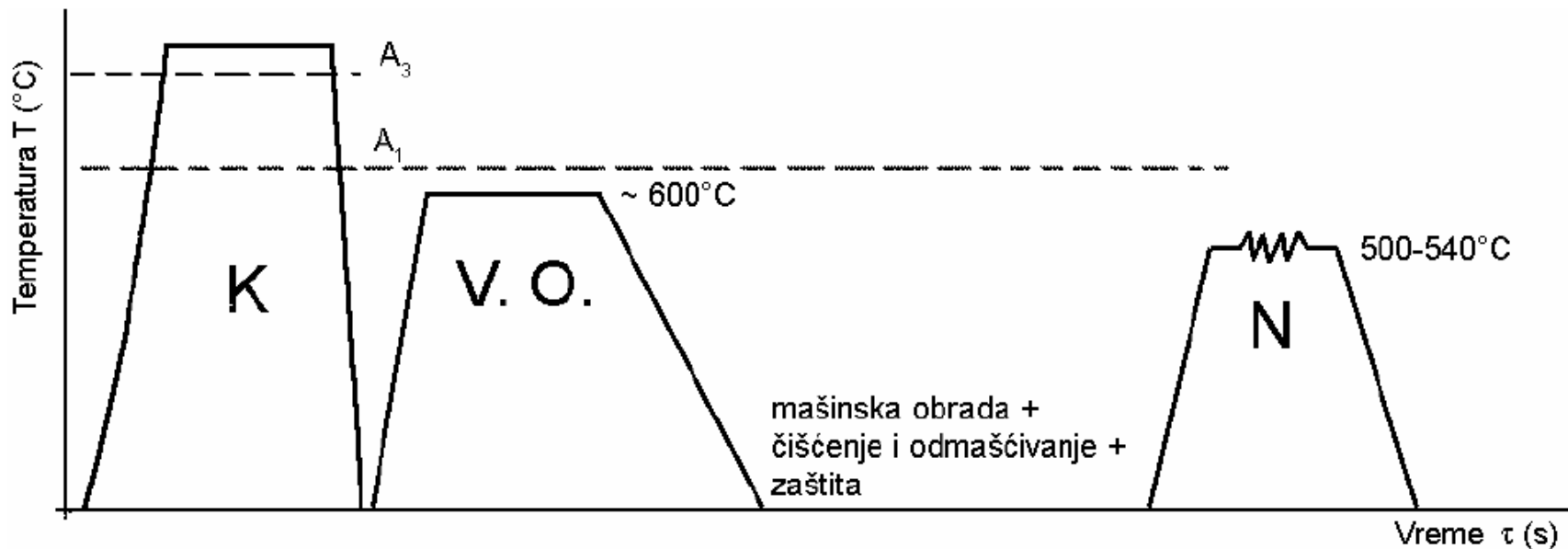
KARBONITRIRANJE

KOMBINACIJA CEMENTACIJE I
NITRIRANJA PRI 850 - 870°C.
ZAJEDNO SE IZVODE U GASNOJ
ATMOSFERI (ZEMNI GAS I AMONIJAK)
ZAMENA ZA NITRIRANJE.
POSLE SE KALI I OTPUŠTA.



Priprema delova

Priprema delova. Delovi se obrađuju na tačnu meru, a postupkom termičke obrade – poboljšanjem, dovode se na željenu strukturu i mehanička svojstva koja najbolje odgovaraju uslovima eksploatacije. Pre procesa nitriranja delovi se čiste i odmašćuju, a površine koje se ne žele nitrirati pokrivaju tankim slojem kalaja. Primer režima ove termičke obrade sa prethodnim poboljšanjem dat je na sl. 8.



Slika 8. Režim termičke obrada poboljšanja i nitriranja.

Karbonitriranje

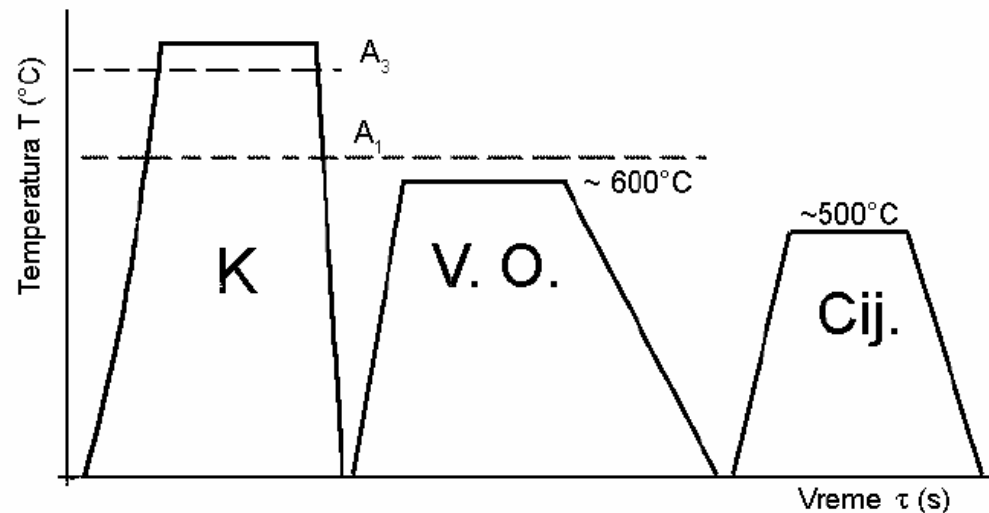
- Karbonitriranje je proces u kome se površinski sloj obogaćuje atomima ugljenika i azota istovremeno.
- Osnovni cilj –povećanje površinske tvrdoće 55-65 HRC i otpornosti na habanje.
- Temperatura procesa je 850-860°C i traje oko 2-10časova.
- Izvodi se u gasovitoj sredini koja se sastoji iz gasa koji sadrži ugljenik i amonijak. Nakon toga sledi KALJENJE I NISKO OTPUŠTANJE.
- Struktura karbonitriranog sloja sastoji se iz sitnih kristala martenzita i male količine sitnih pravilno rasporedjenih karbonitrida i oko 25-30% zaostalog austenita.
- Dubina karbonitriranog sloja je 0,2-0,8mm, ali ne veća od 1mm, jer pri većim dubinama obrazuje se sloj sa defektima i smanjenim mehaničkim svojstvima.
- Primena:
- Kod delova složenog oblika koji su skloni savijanju. Proces ima izvesne prednosti nad cementacijom zbog nižih temperatura.

Cijaniziranje

- Cijaniziranje je kombinovani proces THO- cementacije +nitriranja tj. obogaćivanje površinskog sloja čelika atomima ugljenika i azota istovremeno.
- Čelici sa 0,2-0,4%C se podvrgavaju ovoj obradi.
- Proces se izvodi na T 820-900°C u rastopljenim solima koje sadrže grupe CN.
- U zavisnosti od temperature na kojoj se proces obavlja razlikuje se:
 - Niskotemperaturno
 - Srednjetemperaturno i
 - Visokotemperaturno cijaniziranje

Niskotemperaturno cijaniziranje

- Delovi se zagrevaju na temperaturu oko 560 °C u rastopljenim solima NaCN. Dominantan je uticaj azota (N).
- Primenjuje se kod brzoreznih čelika.
- Površina je vrlo tvrda i otporna na habanje.



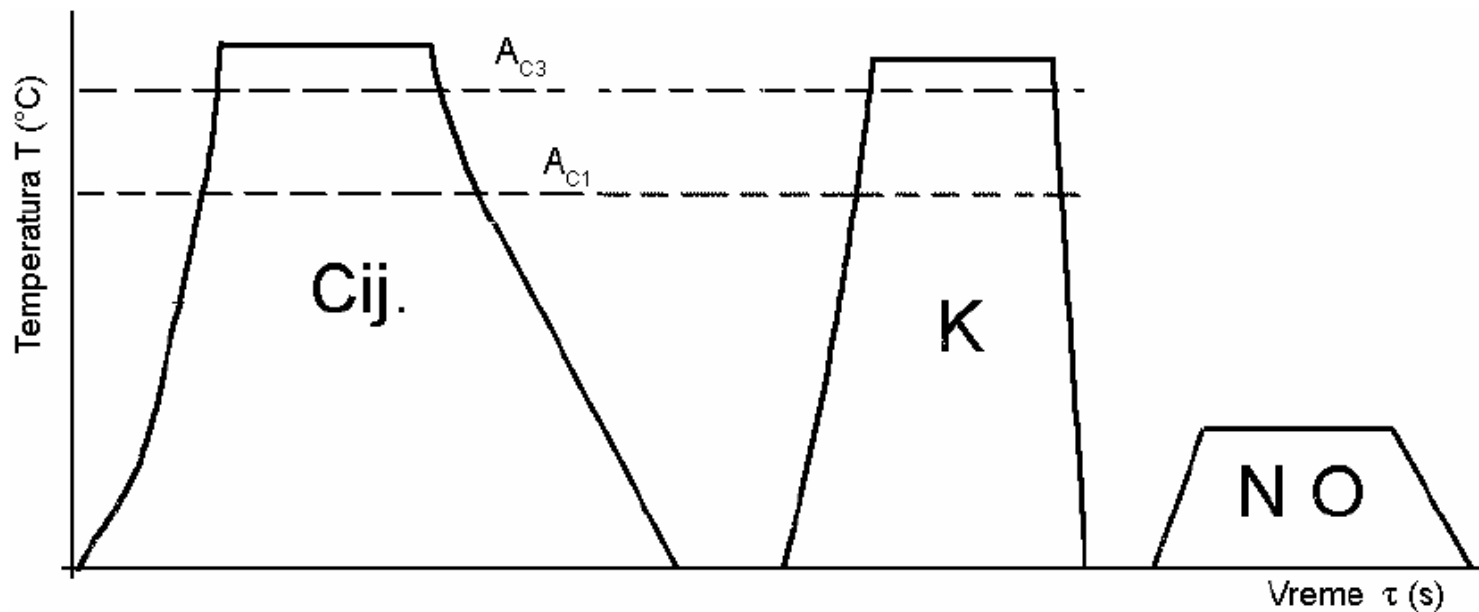
Slika 9. Režim termičke obrade poboljšanja sa cijaniziranjem.

Srednjetemperaturno cijaniziranje

- Delovi se zagrevaju na temperaturu 820-860°C u rastopljenim solima NaCN u trajanju 30-90min.
- Dubina sloja iznosi 0,15-03,35 mm.
- Cijanizirani sloj sadrži oko 0,7%C i 0,8-1,2%N.
- Neposredno posle cijaniziranja delovi se podvrgavaju kaljenju i niskom otpuštanju (160-180°C).
- Tvrdća sloja je 58-62 HRC.

Visokotemperaturno cijaniziranje

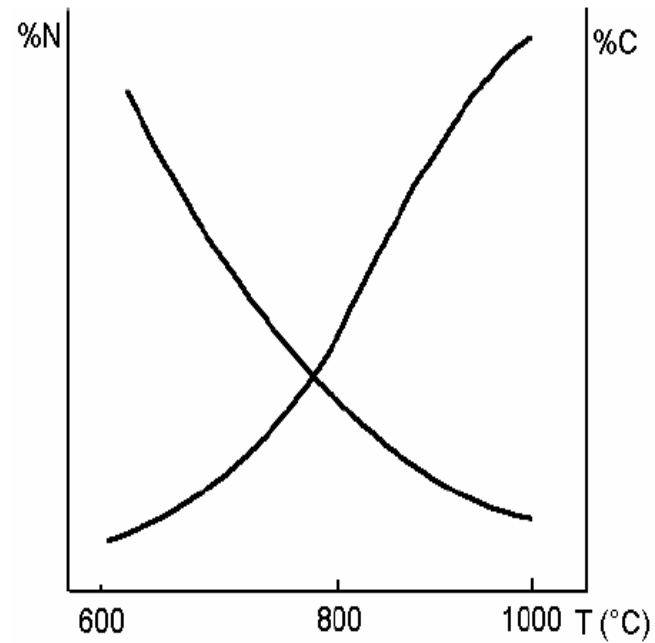
- Delovi se zagrevaju na 930-950°C u rastopljenim solima
- (8%NaCN+82%BaCl₂+10%NaCl) u trajanju procesa od 1,5-6h.
- Dubina cijaniziranog sloja je 0,5-2mm.



Slika 10. Režim THO cijaniziranja sa kaljenjem i otpuštanjem.

ZAVISNOST RASTVORLJIVOSTI AZOTA I UGLJENIKA SA TEMPERATUROM

Rastvorljivost azota i ugljenika u površinskom sloju čelika zavisi u velikoj meri od primenjene temperature, kao što je prikazano na donjoj slici.



Slika 11. Zavisnost rastvorljivosti azota (N) i ugljenika (C) sa temperaturom.

Difuziona metalizacija

- **Boriranje** -proces THO u kojem se površinski sloj čelika obogaćuje borom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Boriranjem postiže se vrlo visoka tvrdoća, visoka otpornost na habanje i visoka otpornost na koroziju. Borirani sloj ima visoku tvrdoću 1800-2000HV.
- **Alitiranje**-proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja niskougleničnog čelika i livenog gvožđa(sivog liva) Al zagrevanjem u odgovarajućoj sredini.
- **Siliciranje**
- **Hromiranje**

Difuziona metalizacija

- Siliciranje-proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja srednje ugljeničnih čelika silicijumom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini.
- Cilj procesa je dobijanje čelika visoke otpornosti na koroziju (u morskoj vodi, azotnoj kiselini, sumpornoj i sonoj) i povećanje otpornosti prema oksidaciji do 700C, uz relativno povećanje otpornosti prema habanju.
- Hromiranje-proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja nisko ugljeničnih i alatnih čelika hromom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Ovaj proces obezbedjuje površinskom sloju čelika visoku tvrdoću, otpornost na habanje, toplotnu postojanost i otpornost na koroziju u morskoj vodi raznim kiselinama kao i otpornost prema oksidaciji.