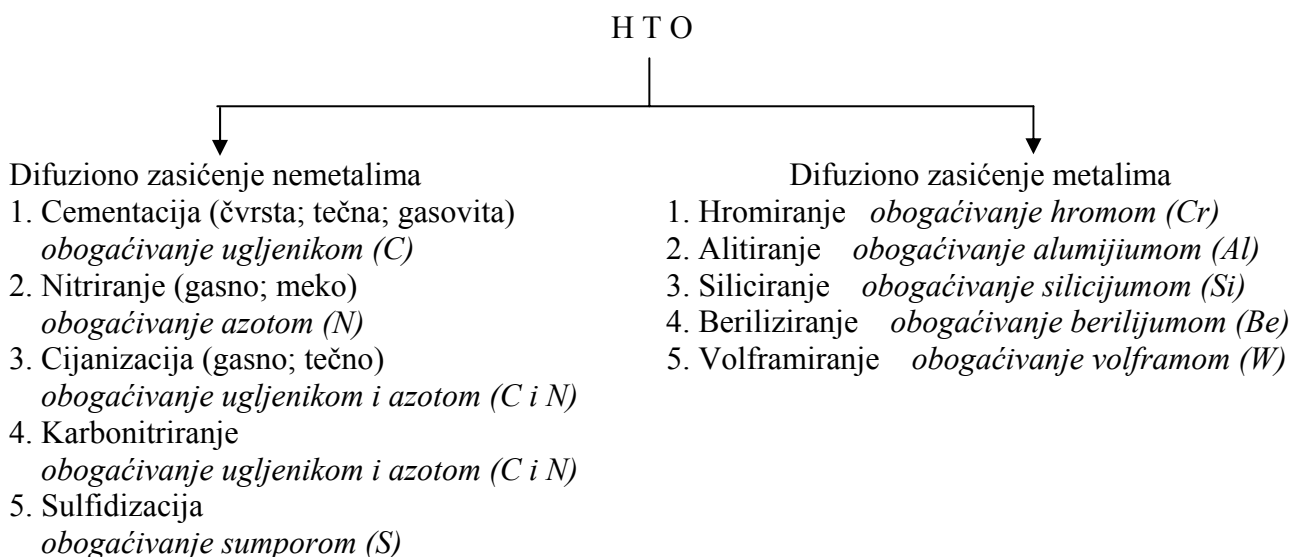


HEMIJSKO TERMIČKA OBRADA (TERMO HEMIJSKA OBRADA) (dopuna *handout-a* za II nedelju II ciklusa predavanja)

Termohemijskom obradom čelika naziva se termička obrada koja se izvodi kao kombinacija termičkog i hemijskog dejstva sa ciljem da se izmeni sastav, struktura i svojstva površinskog sloja. Ovom termičkom obradom nastaju pored strukturnih promena i promene hemijskog sastava površinskog sloja putem apsorpcije i difuzije elemenata (C, N, Al, Si, Cr, B, ...).

Termohemijske obrade se izvode zagrevanjem delova do temperatura u čvrstoj, tečnoj ili gasovitoj sredini, pri čemu dolazi do obogaćivanja površinskog sloja elementima kao C, N, Al, Si, Cr B i dr. putem difuzije njihovih atoma iz spoljne sredine. Proces termohemijske obrade sastoji se od: obrazovanja aktivnih atoma elemenata u blizini površine ili neposredno na površini metala; dodira atoma difundujućih elemenata s površinom i njihovo rastvaranje u rešetki železa (apsorpcija); difuzije apsorbovanih atoma elemenata u dubinu metala.

U zavisnosti od elemenata koji difunduju u površinski sloj, razlikujemo više procesa termohemijskih obrada, a to su: cementacija – obogaćivanje ugljenikom; nitriranje – obogaćivanje azotom; karbonitriranje – obogaćivanje ugljenikom i azotom; cijaniziranje – obogaćivanje ugljenikom i azotom; kromiranje – obogaćivanje hromom; siliciranje – obogaćivanje silicijumom; alitiranje – obogaćivanje aluminijumom; boriranje – obogaćivanje borom;

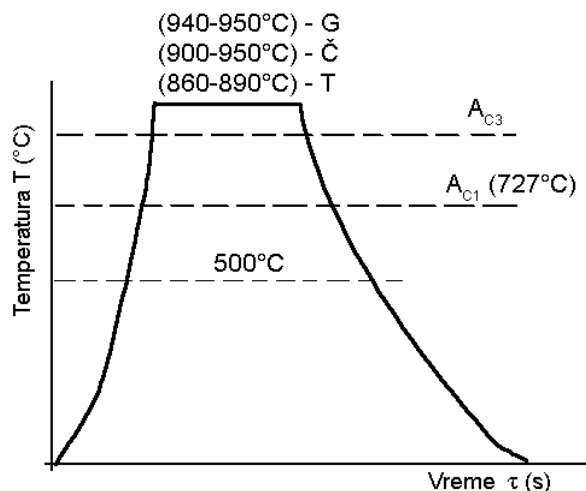


THO – se uvek izvodi na povišenoj temperaturi jer je proces difuzije brži. THO se postiže:

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

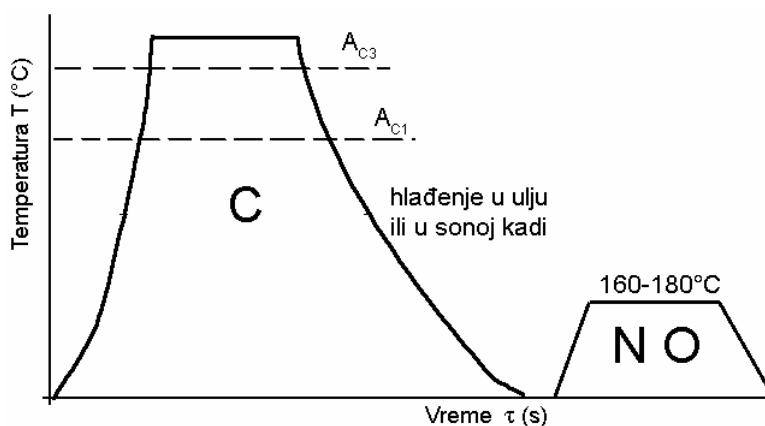
Cementacija

Cementacija je termohemijski proces u kojem se površinski slojevi čelika obogaćuju ugljenikom. Konačna svojstva cementirani delovi dobijaju tek posle kaljenja i niskog otpuštanja. Cilj cementacije je da se dobije visoka tvrdoća površinskog sloja (55-65 HRC), a time i visoka otpornost na habanje. Cementaciji se podvrgavaju niskougljenični čelici sa sadržajem do 0,2% C i legirani čelici sa 0,08–0,2% C. U procesu cementacije delovi se zagrevaju u sredini bogatoj ugljenikom i sposobnoj da na temperaturi cementacije oslobode ugljenik u atomskom stanju. Cementacija se obavlja na temperaturama iznad tačke A_{C3} , odnosno 930–950°C, kada austenit može da rastvori najveći procenat ugljenika (do 2% C), sl. 1.



Slika 1. Dijagram režima termohemijske obrade cementacije u raznim sredinama.

Ako su u pitanju neodgovorni delovi onda se posle cementacije obavlja nisko otpuštanje radi uklanjanja unutrašnjih napona (sl. 2).

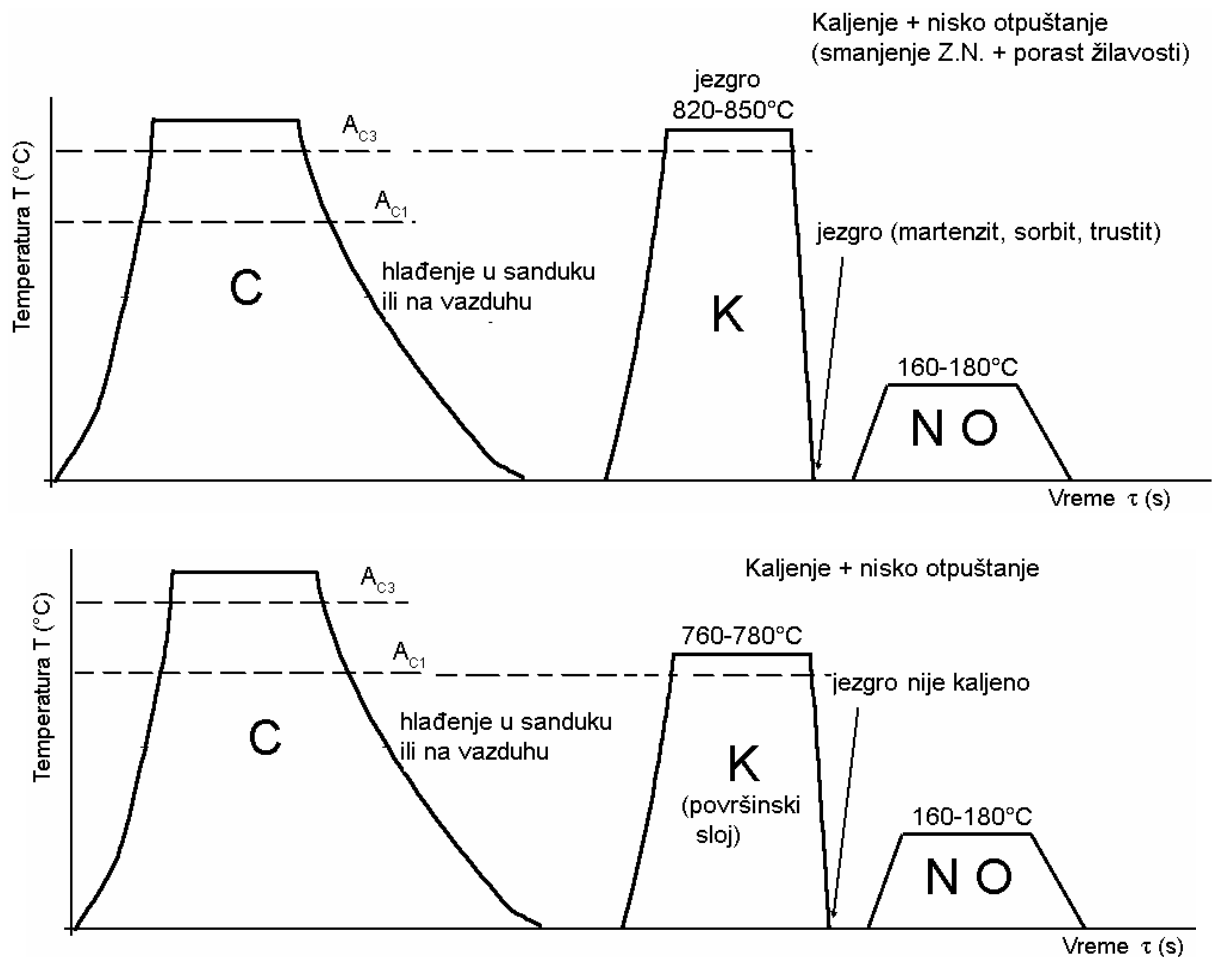


Slika 2. Dijagram režima cementacije sa niskim otpuštanjem.

Kod visoko odgovornih delova se posle cementacije obavlja kaljenje i otpuštanje.

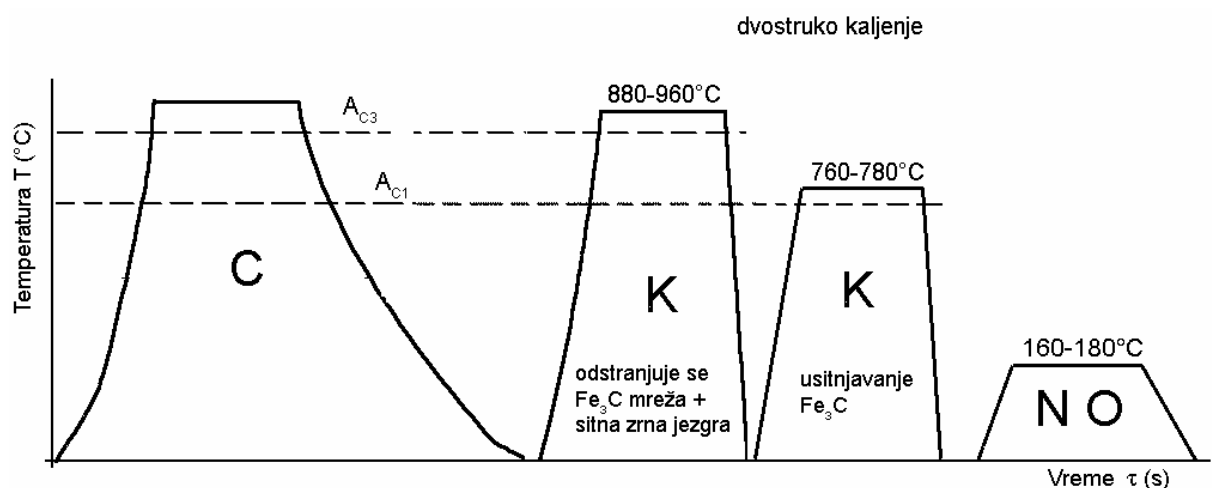
Kaljenjem iznad temperature A_1 je preniska temperatura za podeutektoidne čelike, pa se zove nepotpuno kaljenje, a s druge strane temperature iznad A_3 su previsoke temperature za nadeutektoidne čelike (forsiran je rast zrna).

Ako noseću ulogu u konstrukciji ima njena površina, onda temperatura kaljenja odgovara temperaturi kaljenja nadeutektoidnih čelika, a ako je značajno jezgro materijala konstrukcije, temperatura kaljenja odgovara podeutektoidnim čelicima, sl. 3.



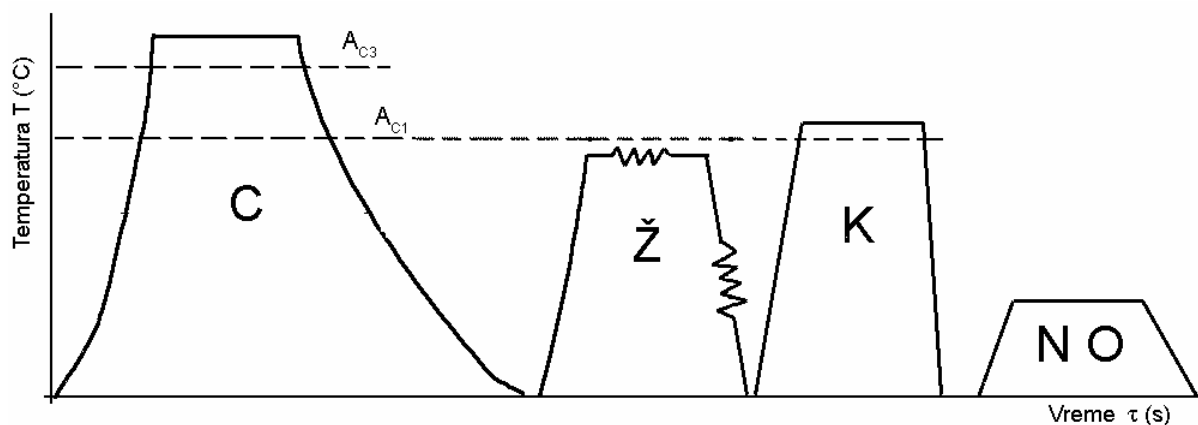
Slika 3. Režimi cementacije sa kaljenjem, i to potpunim (gore) ili nepotpunim (dole).

Ako su potrebne dobre osobine i jezgra i površine materijala u konstrukciji, cementacija se izvodi sa dvostrukim kaljenjem ili sa žarenjem uz nisko otpuštanje, sl. 4. Ovim se postiže maksimalna tvrdoća površinskog sloja + maksimalna žilavost jezgra. Nedostaci su: složena obrada, povećanje deformacija, oksidacija i razugljenisanje.



Slika 4. Dvostruko kaljenje posle cementacije.

Takođe, može se primeniti i žarenje sa kaljenjem posle cementacije, sl. 5.

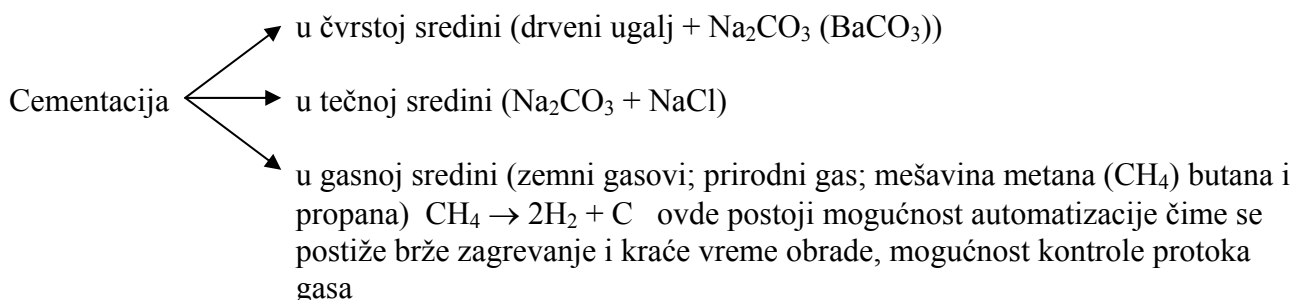


Slika 5. Žarenje i kaljenje posle cementacije.

Dubina cementiranog sloja zavisi od: vremena i temperature, a u manjoj meri i od hemijskog sastava, kao i od aktivnosti sredstva za cementaciju. Dubina cementiranog sloja može biti od 0,5–1,5 mm, izuzetno i do 10 mm. Sadržaj ugljenika u cementiranom sloju je od 0,9–1% C. Delovi koji se podvrgavaju procesu cementacije moraju se pripremiti. Priprema obuhvata čišćenje i odmašćivanje površina, kao i zaštitu površina koje se ne cementiraju. Površine koje se ne cementiraju prevlače se bakrom, niklom ili premazima na bazi mešavine azbesta, gline, talka i tečnog stakla.

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)

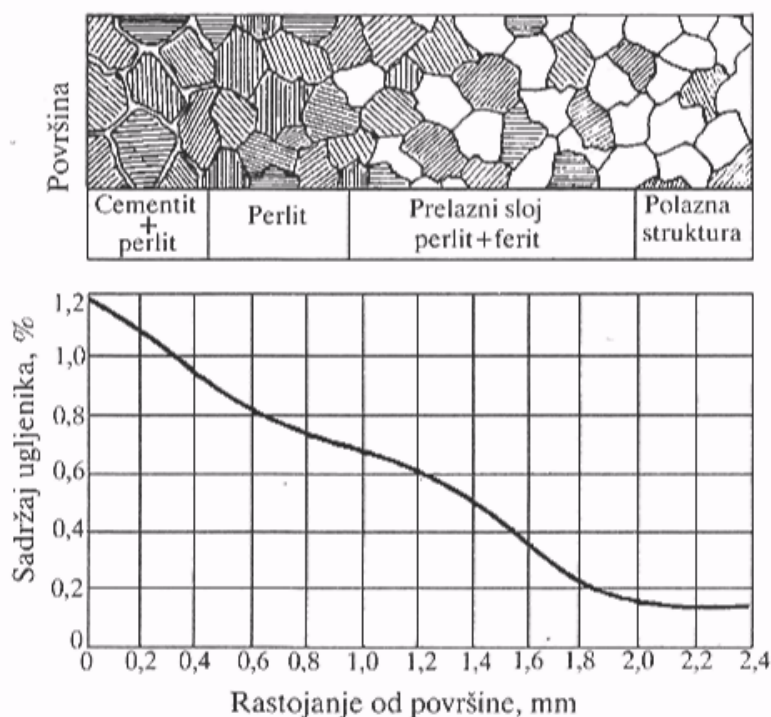


Cementacija gasovitoj sredini. Ovaj proces se ostvaruje zagrevanjem u gasovitoj sredini koja je sposobna da na temperaturi procesa oslobodi atome ugljenika. Delovi se zagrevaju u specijalnim pećima sa stalnim protokom gasa bogatog ugljenikom (prirodni gas, koji se sastoji skoro potpuno iz metana CH₄ i mešavine butana i propana, koji se specijalno priprema). Atomi ugljenika, potrebni za cementaciju, obrazuju se razlaganjem ugljovodonika i ugljendioksida koji se nalaze u gasovitoj sredini: CH₄ → 2H₂ + C. Ovako dobijeni atomi ugljenika difunduju u površinski sloj i rastvaraju se u austenitu povećavajući sadržaj rastvorenog ugljenika (0,8–1% C). Željena koncentracija ugljenika u površinskom sloju može se postići automatskim regulisanjem sastava gasa.

Cementacija u gasovitoj sredini ima niz prednosti: delovi se brže zagrevaju, pa je vreme procesa znatno smanjeno; jednostavno i lako regulisanje protoka gasa u peći; mogućnost potpune automatizacije celokupnog procesa.

Mikrostruktura cementiranog sloja. Kod cementiranih delova sadržaj ugljenika se smanjuje od površine prema jezgru, a u skladu sa takvom izmenom hemijskog sastava formira se i mikrostruktura. Na donjoj slici prikazana je šematski mikrostruktura cementiranog sloja niskougljeničnog čelika posle sporog hlađenja sa temperature cementacije. Površinska zona ima nadeutektoidnu strukturu (perlit + cementit); zatim sledi zona sa eutektoidnom strukturom (perlit) i prelazna zona sa podeutektoidnom strukturom (ferit + perlit). Sa udaljavanjem od površine u

prelaznoj zoni manje je perlita a više ferita. Za dubinu cementiranog sloja obično se uzima nadeutektoidna, eutektoidna i polovina prelazne zone.



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

Termička obrada cementiranih delova. Posle cementacije delovi, idući od površine ka jezgru, imaju nehomogeni sastav, strukturu i svojstva. Površinski slojevi imaju perlitno cementitnu strukturu, dok je jezgro feritne strukture. Termičkom obradom cementiranih delova može se smanjiti veličina metalnih zrna, koja se u procesu cementacije zbog visokih temperatura i dužine zagrevanja znatno povećavaju; postiže se visoka tvrdoća površinskog sloja i dobra mehanička svojstva jezgra; uklanja se cementitna mreža u površinskom sloju koja se može pojaviti zbog veće količine ugljenika. Proces termičke obrade posle cementacije bira se u zavisnosti od hemijskog sastava i odnosa između tvrdoće površinskog sloja i žilavosti jezgra.

Za dobijanje sitnozrne strukture površinskog sloja i jezgra, maksimalne žilavosti jezgra i maksimalne tvrdoće površinskog sloja, posle cementacije, primenjuje se dvostruko kaljenje: (1) delovi se zagrevaju do temperature 880–900°C (nešto iznad tačke A_{C3} , temperatura zagrevanja jezgra) i kale, ovim se dobija sitnozrna struktura jezgra i odstranjuje se cementitna mreža u površinskom sloju; (2) ponovo zagrevanje do temperature 760–780°C (optimalna temperatura za nadeutektoidne čelike – površinski sloj) i kale, ovim se postiže usitnjavanje strukture cementiranog sloja i dobijanje njegove maksimalne tvrdoće. Nedostatak dvostrukog kaljenja je složeniji proces obrade, povećanje deformacija, naročito kod delova složenog oblika i mogućnost pojave oksidacije i razugljenisanja.

Delovi posle cementacije najčešće se jednostruko kale i to: (1) delovi se ponovo zagrevaju do temperature nešto iznad tačke A_{C3} , 820–850°C (temperatura koja odgovara zagrevanju jezgra) i kale, tako da jezgro dobija jednu od kaljenih struktura (martenzit, trustit, sorbit); (2) delovi se zagrevaju do temperatura iznad tačke A_{C1} , 760–780°C (temperatura koja odgovara zagrevanju površinskog sloja) i kale, tako da površinski sloj dobija maksimalnu tvrdoću dok jezgro ostaje nepotpuno okaljeno.

Posle cementacije u gasovitoj sredini delovi se vade iz peći za cementaciju, sporo hlade do temperature od 840–860°C (iznad tačke A_{C3}), a odmah zatim potapaju u sredstvo za hlađenje. Prethodno hlađenje doprinosi smanjenju deformacija delova i povećanju površinske tvrdoće zbog smanjenja količine zaostalog austenita. U ovom procesu termičke obrade metalno zrno u

površinskom sloju i jezgru ostaje nepromenjeno, pa prema tome ovaj postupak neposrednog kaljenja se primenjuje samo u slučaju kada su delovi izrađeni od sitnozrnih čelika.

Posle kaljenja cementiranih delova, u svim slučajevima, primenjuje se nisko otpuštanje na temperaturi od 160–180°C sa ciljem smanjenja zaostalih napona i povećanja žilavosti.

Nitriranje

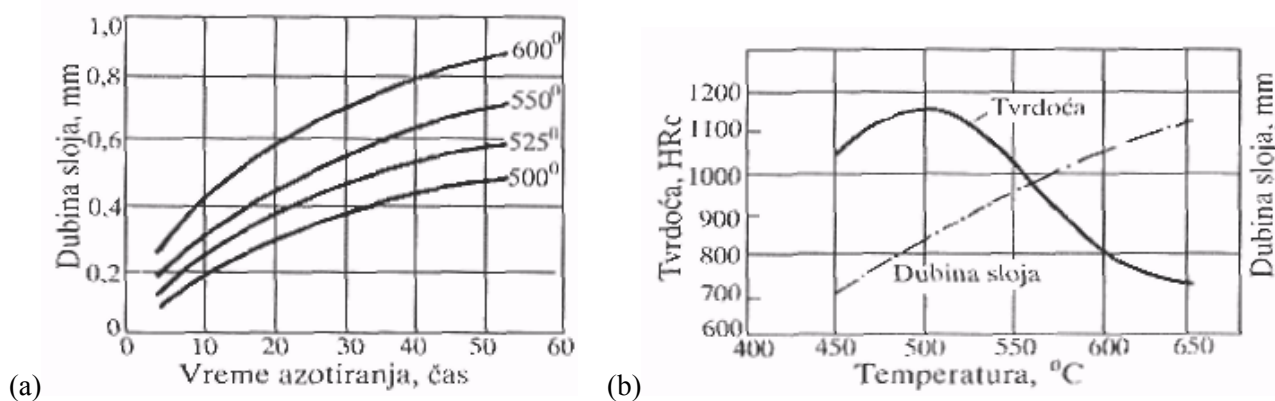
Nitriranje je termohemijski proces u kojem se u površinski sloj čelika difuzijom obogaćuje atomima azota, u cilju povećanja tvrdoće, otpornosti na habanje – koja se zadržava do radne temperature od oko 500°C, zatim otpornosti na koroziju kao i povećanje dinamičke čvrstoće. U tom cilju čelici se zagrevaju u sredini sposobnoj da na temperaturi nitriranja 500–520°C oslobode atome azota koji difuzijom ulaze u površinski sloj metala i gde se manji deo (0,015%) rastvaraju u rešetki α -Fe, a većim delom grade sa železom i drugim elementima (Al, Cr, Mo, V i dr.) tvrde i sitnozrne nitride (FeN, Fe₄N, AlN, CrN, Cr₂N, MoN, Mo₂N, V₂N i dr.).

Nitriranju se podvrgavaju srednjeugljenični konstrukcioni čelici (sa 0,2–0,4% C) i legirani čelici sa 1,2–2% legirajućih elemenata. Za razliku od cementacije, nitriranje je završna termička obrada (posle kaljenja i otpuštanja) i mnogo je sporiji proces od cementacije.

U zavisnosti od agregatnog stanja sredstva za nitriranje razlikuje se: nitriranje u gasovitoj sredini (NH₃), nitriranje u tečnoj sredini (tenifer proces – naziv postupka dobijen od početnih slogova tri latinske reči: tenax–tvrdo, nitrogenium–azot i ferrum–železo), i jonsko nitriranje.

Nitriranje u gasovitoj sredini. Delovi pripremljeni za nitriranje zagrevaju se na temperaturu od 500–520°C u specijalnim pećima u koje se za vreme trajanja procesa neprekidno uvodi amonijak NH₃. Na povišenoj temperaturi ~200°C amonijak se razlaže oslobađajući aktivne atome azota po reakciji: $2\text{NH}_3 \rightarrow 3\text{H}_2 + 2\text{N}$. Slobodni atomi azota difunduju u površinski sloj čelika. Dubina difuzije atoma azota povećava se sa temperaturom i vremenom trajanja procesa.

Povećavanjem temperature procesa raste dubina difuzije azota, (sl. 7a), ali opada tvrdoća nitriranog sloja, (sl. 7b). Proces nitriranja traje oko 24–60 časova. U cilju smanjenja vremena trajanja procesa, nitriranje se izvodi u dva stupnja. Prvi stupanj na temperaturi 500–520°C u trajanju 10–15 časova i ima za cilj dobijanje visoke tvrdoće 1200 HV.



Slika 7. (a) Uticaj temperature i vremena trajanja procesa na dubinu nitriranog sloja.

(b) Uticaj temperature na dubinu i tvrdoću nitriranog sloja.

Drugi stupanj je zagrevanje na 550–600°C u trajanju 10–20 časova sa ciljem povećavanja dubine bez smanjenja tvrdoće u površinskom sloju formirane u prvom stupnju. Dubina nitriranog sloja je najčešće u granicama 0,3–0,6 mm.

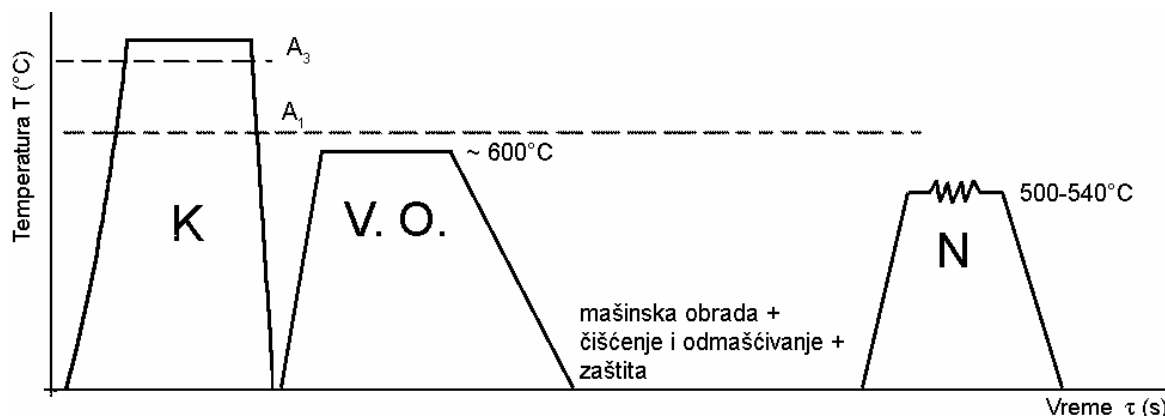
Posle nitriranja nije potrebna nikakva naknadna termička obrada. Nitrirane površine su čiste i nije potrebna dodatna mašinska obrada. Nitriranje ima primenu kod delova komplikovanog oblika zbog izbegavanja deformacija.

Nitriranje u tečnoj sredini (tenifer proces). Delovi pripremljeni za nitriranje potapaju se u kade sa rastopljenim solima cijana (85% soli (40% KCN i 60% $NaCN$) + 15% Na_2CO_3) kroz koje se propušta suv vazduh. Temperatura procesa 560–580°C u trajanju od 1–3 časa. U toku procesa oslobođeni atomi azota difunduju u površinski sloj čelika obrazujući na površini dela karbonitridni sloj $Fe_2(C,N)$ dubine 7–15 μm , a ispod njega sloj čvrstog rastvora azota u α -Fe. Ukupna dubina nitriranog sloja dobijena ovim postupkom iznosi 0,15–0,5 mm. Tvrdoća nitriranog sloja kod ugljeničnih čelika dostiže vrednost 300–350 HV, a kod legiranih čelika 600–1100 HV. Nitriranjem u tečnoj sredini ne dolazi do promena dimenzija delova, kao ni do pojave deformacija. Pored ovog načina nitriranja u industriji se koriste i drugi patentirani postupci nitriranja u tečnoj sredini.

Jonsko nitriranje. Ovaj postupak nitriranja ima najširu primenu i daje najbolja svojstva površinskog sloja. Postupak se ostvaruje u komori sa razređnim gasom koji sadrži azot (NH_3 , N_2) kada je deo, koji se nitrira, priključen na negativnu elektrodu – katodu, a anoda je zid komore uređaja za jonsko nitriranje. Između katode i anode uspostavlja se tinjajuće pražnjenje. Pozitivni joni gasa bombarduju površinu katode i zagrevaju je do potrebnih temperatura. Proces jonskog nitriranja obavlja se u tri faze: u prvoj fazi u trajanju od 50–60 min, pri niskom pritisku 0,1–0,5 mbara i naponu od 1100–1400 V u atmosferi vodonika obavlja se proces čišćenja površine dela od oksidnog sloja raspršivanjem; druga faza – glavni deo postupka počinje povećavanjem pritiska u komori na 1–13 mbara i zagrevanjem dela do potrebne temperature nitriranja 470–580°C u odgovarajućoj smeši gasova. U toku ove faze u površinski sloj difunduju atomi azota. Difuzioni sloj predstavlja čvrsti rastvor azota u α -Fe i nitrida koje azot gradi sa prisutnim elementima (Al, Cr, Mo, V); treća faza postupka jonskog nitriranja je hlađenje delova koje se obavlja u vakuumu. Celokupan proces jonskog nitriranja traje 1–24 č. Posle jonskog nitriranja površine delova su čiste i nije potrebna nikakva naknadna obrada.

Jonskim nitriranjem mogu se obrađivati čelici i livena gvožđa. Nelegirani čelici i livena gvožđa imaju relativno malu tvrdoću difuzionog sloja 350–550 $HV_{0,3}$, dok visoko legirani čelici za nitriranje, alatni i nerđajući čelici postižu tvrdoću od 1000 $HV_{0,3}$.

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 čelika difuzijom obogaćuje atomima ugljenika i azota istovremeno. Osnovni cilj ove obrade je povećanje površinske tvrdoće 55–65 HRC i otpornosti na habanje.

Temperatura procesa je 850–860°C i traje oko 2–10 časova. Izvodi se u gasovitoj sredini koja se sastoji iz gasa koji sadrži ugljenik i amonijak. Posle sledi kaljenje i nisko otpuštanje. Pri optimalnim uslovima procesa struktura karbonitriranog sloja sastoji se iz sitnih kristala martenzita i male količine sitnih pravilno raspoređenih karbonitrida i oko 25–30% zaostalog austenita. Dubina karbonitriranog sloja je 0,2–0,8 mm, ali ne veća od 1 mm, jer pri većim dubinama obrazuje se sloj sa defektima i smanjenim mehaničkim svojstvima.

Karbonitriranje se primenjuje kod delova složenog oblika koji su skloni savijanju. Proces ima izvesne prednosti nad cementacijom zbog nižih temperatura.

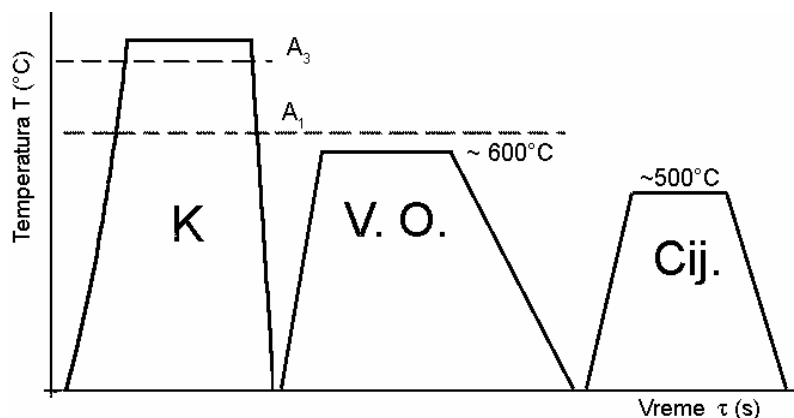
Cijaniziranje

Cijaniziranje je kobinovani proces THO – cementacije i nitriranja, tj. obogaćivanja površinskog sloja čelika atomima ugljenika i azota istovremeno. Ovoj obradi se podvrgavaju čelici sa 0,2–0,4% C. Proces se obavlja na temperaturi 820–900°C u rastopljenim solima koje sadrže grupu 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. Režim ove obrade zajedno sa poboljšanjem je prikazan na donjoj slici.



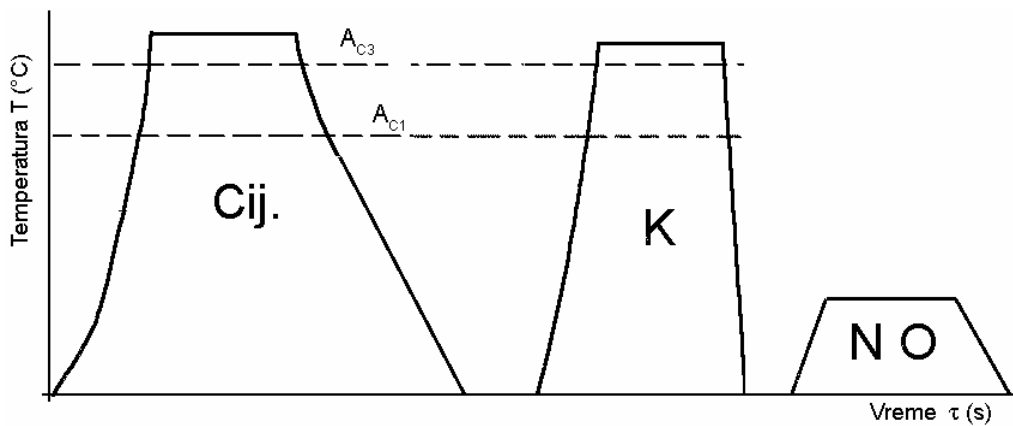
Slika 9. Režim termičke obrade poboljšanja sa cijaniziranjem.

Srednjetemperaturno cijaniziranje. Delovi se zagrevaju na temperaturu 820–860°C u rastopljenim solima NaCN u trajanju 30–90 minuta. Dubina sloja iznosi 0,15–0,35 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). Tvrdoća sloja je 58–62 HRC. Ovako dobijeni sloj ima bolja svojstva u poređenju sa cementiranim slojem.

Visokotemperaturno cijaniziranje. Delovi se zagrevaju na 930–950°C u rastopljenim solima (8%NaCN + 82%BaCl₂ + 10%NaCl) u trajanju procesa od 1,5–6 časova. Dubina cijaniziranog sloja je 0,5–2 mm. Cijanizirani sloj sadrži 0,8–1,2% C i 0,2–0,3% N. Posle procesa visokotemperaturnog

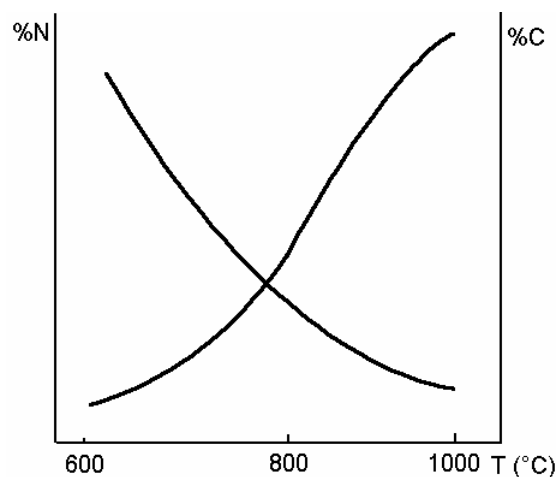
cijaniziranja delovi se hlade na vazduhu. Naknadno se zagrevaju do temperature kaljenja, hlade i nisko otpuštaju.

Nedostatak procesa cijaniziranja je visoka cena procesa, kao i opasnost trovanja cijanovim solima.



Slika 10. Režim THO cijaniziranja sa kaljenjem i otpuštanjem.

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 rasvorljivosti azota (N) i ugljenika (C) sa temperaturom.

Difuziona metalizacija

Boriranje

Boriranje je proces termohemijske obrade u kojem se površinski sloj čelika obogaćuje borom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Boriranjem se postiže vrlo visoka tvrdoća, visoka otpornost na habanje i visoka otpornost na koroziju.

Boriranje se izvodi elektrolizom rastopljene soli bora $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, na temperaturi $930\text{--}950^\circ\text{C}$ pri čemu je deo koji se borira katoda. Trajanje procesa je 2–6 časova. Razlaganjem soli bora obrazuju se atomi bora koji difunduju u površinski sloj obrađivanog dela. Proces boriranja se može obaviti i bez elektrolize potapanjem u kade sa rastvorenim solima $\text{NaCl} + \text{BaCl}_2$ sa dodatkom 20%fero–bora ili 10%B₄C. Dobri rezultati dobijaju se i boriranjem u gasnoj sredini dibora B_2H_6 i vodonika, na temperaturi $850\text{--}900^\circ\text{C}$. Struktura boriranog sloja na površini dela sastoji se od borida FeB, a niži slojevi od borida Fe_2B . Dubina sloja je 0,1–0,2 mm. Borirani sloj ima vrlo visoku tvrdoću 1800–2000 HV.

Alitiranje

Alitiranje je termohemijski proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja niskougličnih čelika i livenog gvožđa (sivog liva) aluminijumom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Cilj alitiranja je povećanje otpornosti na oksidaciju na povišenim temperaturama od 850–900°C (oko deset puta veća u poređenju sa Cr–Ni čelicima). Takođe, alitirani sloj ima dobru otpornost na koroziju u morskoj vodi. Ovo se objašnjava stvaranjem tankog sloja Al_2O_3 koji pokriva površinu, pa štiti od oksidacije, od dejstva gasova koji sadrže S i od dejstva kiselina. Postupak alitiranja se izvodi u čvrstoj ili tečnoj sredini.

Alitiranjem u čvrstoj sredini delovi se u čeličnim kutijama zatrpaju smešom praha (49%Fe–Al + 49% Al_2O_3 + 2% NH_4Cl) i žare na temperaturi 950–1050°C u trajanju 3–12 časova. U ovom postupku oslobađaju se atomi aluminijuma koji difunduju u površinski sloj i povećavaju koncentraciju aluminijuma do ~30–40%. Struktura alitiranog sloja je čvrst rastvor aluminijuma u α -Fe. Stvaraju se i hemijska jedinjenja Fe_3Al ili Fe_3Al_5 + FeAl_3 . Dubina alitiranog sloja je 0,4–0,5 mm. Tvrdoća sloja je 400–500 HV. Otpornost prema habanju je velika, a sloj je i krt.

Siliciranje

Siliciranje je termohemijski proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja srednjeugličnih čelika silicijumom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Cilj procesa siliciranja čelika je dobijanje visoke otpornosti na koroziju (u morskoj vodi, azotnoj, sumpornoj i sonoj kiselini) i povećanje otpornosti prema oksidaciji do 700°C, i uz relativno malo povećanje otpornosti prema habanju. Obično se obavlja na delovima uređaja u hemijskoj industriji i proizvodnji nafte. Siliciranje se izvodi obično u gasovitoj sredini razlaganjem para SiCl_4 na 950–1050°C u trajanju 2–5 časova. Struktura siliciranog sloja je čvrst rastvor silicijuma u α -Fe. Dubina sloja iznosi 0,3–1 mm, a tvrdoća 200–300 HV.

Hromiranje

Hromiranje je termohemijski proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja niskougličnih i alatnih čelika hromom zagrevanjem u odgovarajućoj sredini. Ovaj proces obezbeđuje površinskom sloju čelika visoku tvrdoću, otpornost na habanje, toplotnu postojanost i otpornost na koroziju u sredinama kao što je morska voda ili azotna kiselina, tj. u baznim i kiselim sredinama, otpornost prema oksidaciji.

Hromiranje se izvodi u čvrstoj, gasovitoj ili u tečnoj sredini. Hromiranjem u čvrstoj sredini delovi se zagrevaju u smeši praškova (50% fero–hroma + 49% Al_2O_3 + 1% NH_4Cl); u gasovitoj sredini delovi se zagrevaju u atmosferi CrCl_2 ; u tečnoj sredini delovi se zagrevaju u rastopljenim solima (BaCl_2 + NaCl + 10–15% CrCl_2). Temperatura procesa hromiranja je 1000–1050°C u trajanju od nekoliko časova.

Struktura hromiranog sloja sastoji se iz karbida hroma $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$ ili $(\text{Cr,Fe})_{23}\text{C}_6$ i sloja ispod njega sa visokim sadržajem ugljenika (0,8% C). Tvrdoća hromiranog sloja kod niskougličnih čelika je 250–300 HV, a kod srednje i visokolegiranih čelika je 1200–1300 HV. Dubina hromiranog sloja iznosi 0,15–0,2 mm.