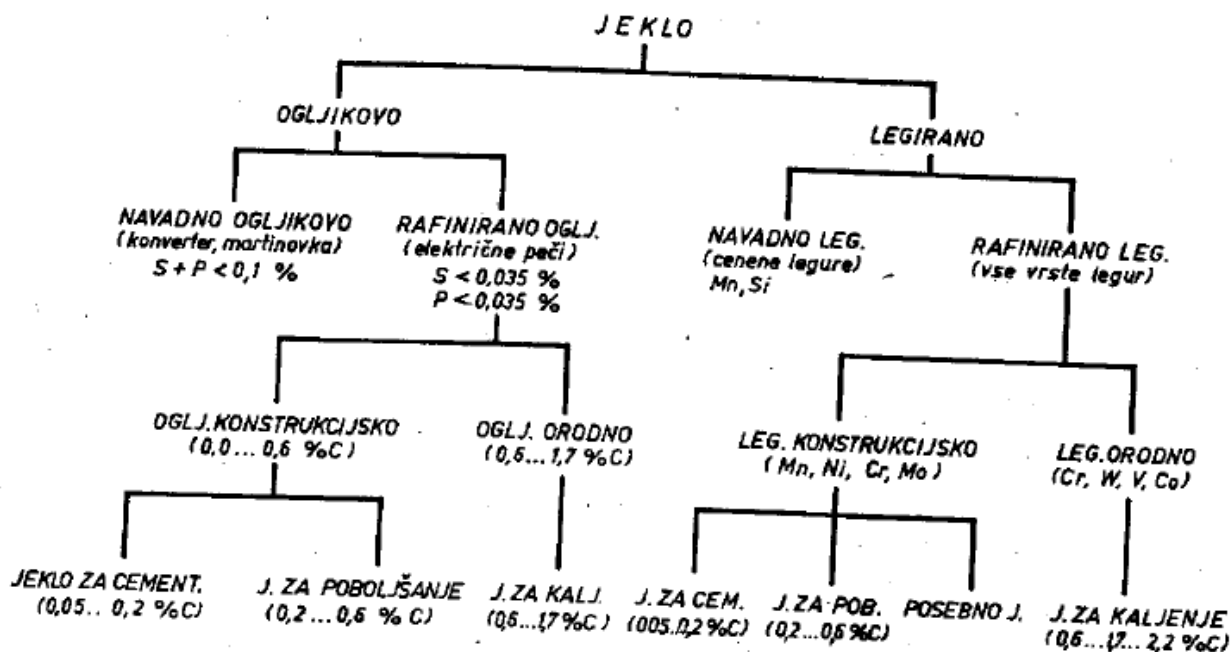
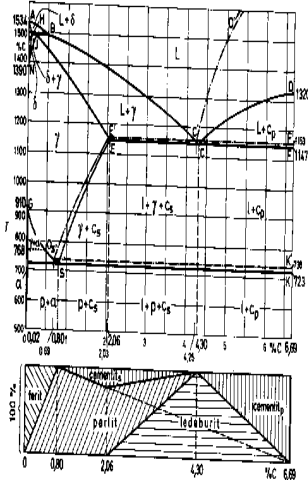


4.1.1.1 Slike: jekla, topl. Obdelava



Sl.3.18 Shema razvrstitev jekel

Izveščeno: metastabilni sistem Fe - Fe₃C (železo-cementit)
 Črtnako: stabilni sistem Fe - C (železo-grafit)



L - talina, γ - avstenit, α - ferit, δ in ϵ , - primarni in sekundarni cementit, l - ledeburit, p - perlit

V žilnina železa in ogljika se v odvisnosti od kemične sestave in temperature pojavljajo naslednje faze kot samostojne mikrostrukturne sestavine:

- ferit (α): trdna raztopina ogljika v Fe- α
- δ -ferit (δ): trdna raztopina ogljika v Fe- δ
- avstenit (γ): trdna raztopina ogljika v Fe- γ
- cementit (Fe₃C): spojina železa in ogljika, železov karbid
- grafit (C): grafit je modifikacija ogljika.

Mehanske lastnosti mikrostrukturnih sestavin v žilnina Fe-C (srednje vrednosti pri temp. 20 °C)

Sestavina	Trdnost (N/mm ²)	Trdnost HV	Razteznost (%)
ferit	250 ... 300	90	35
cementit, ledeburit	-	850	-
perlit	700 ... 900	220	10
grafit	20	-	-

* pri tej temperaturi avstenit v žilnina Fe-C ni obstojen

Ferit in cementit sta prosta (kot samostojni mikrostrukturni sestavini) ali pa vezana v dvofazni mikrostrukturni sestavini - perlit. Prosti cementit nosi oznake primarni, sekundarni in terciarni, glede na to, iz katere faze je nastal pri ohlajanju (primarni iz taline nad eutektičnih groditev; sekundarni iz avstenita pri jeklih, katerih sestava je med točkama S in E v metastabilnem faznem diagramu; terciarni pa iz ferita, katerega sestava je med točkama P in Q v metastabilnem faznem diagramu).

Poleg enofaznih so še dvofazne mikrostrukturne sestavine: ledeburit (karbidni eutektik, ki sestoji iz avstenita in cementita pri 4,3% C in 1147 °C); perlit (eutektoid, ki sestoji iz ferita in cementita - pri pribl. 0,8% C).

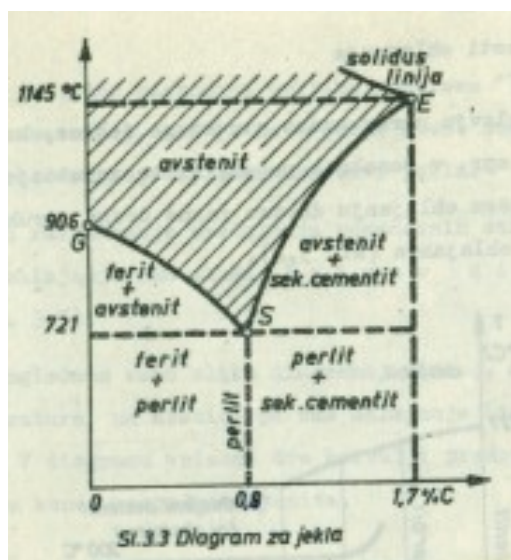
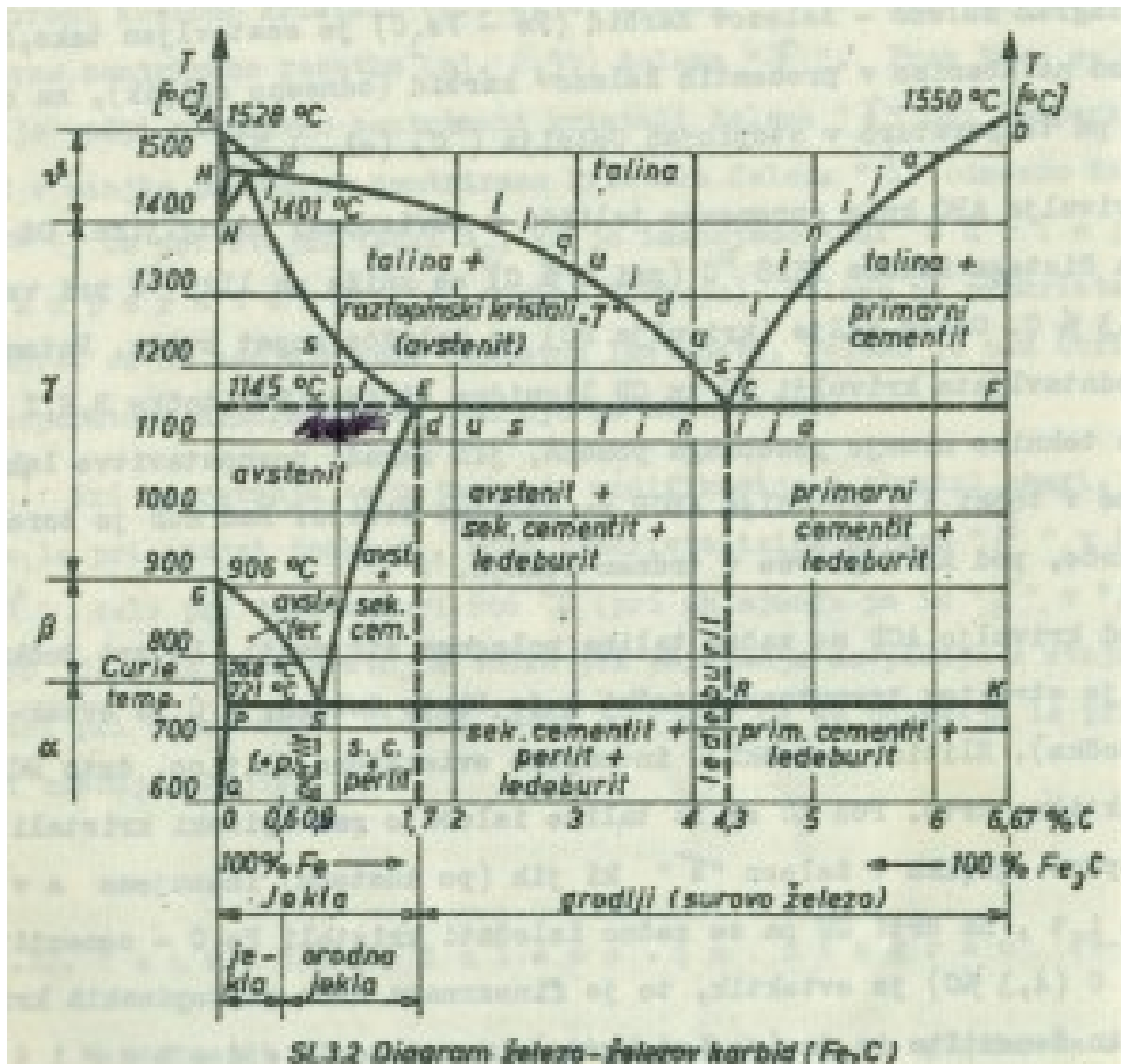
V jeklih in litinah, ki imajo poleg ogljika še druge legirne elemente, se poleg zgoraj navedenih faz oz. mikrostrukturnih sestavin pojavljajo še nove. Poleg ogljika so v trdnih raztopinah ferita, avstenita in δ -ferita raztopljeni še drugi legirni elementi; poleg cementita (Fe₃C) se v teh jeklih pojavlja cementit, v katerem so poleg železa še drugi kovinski elementi, npr. (Fe, Cr, C), pojavljajo se tudi karbidni legirnih elementov, npr. Cr₇C₃, Mo₂C, VC ipd.; intermetalne spojine (npr. faza σ), nitridi, karbonitridi in. Dodatek legirnih elementov bistveno spremeni mikrostrukturno in fazno sestavo žilnin, zato fazni diagram železo-ogljik pri takih žilninah ni uporaben za ugotavljanje sestavin in temperatur faznih prehodov. V teh primerih si pomagamo s t.i. politermimi in izotermnimi prerezi v večkomponentnih faznih diagramih. Čim večje je število zlitinskih elementov, bolj so sistemi zapleteni in nepregledni. Brez večje napake se lahko fazni diagram Fe-C uporabi pri jeklih, ki imajo do približno 0,5% Si in 0,8% Mn.

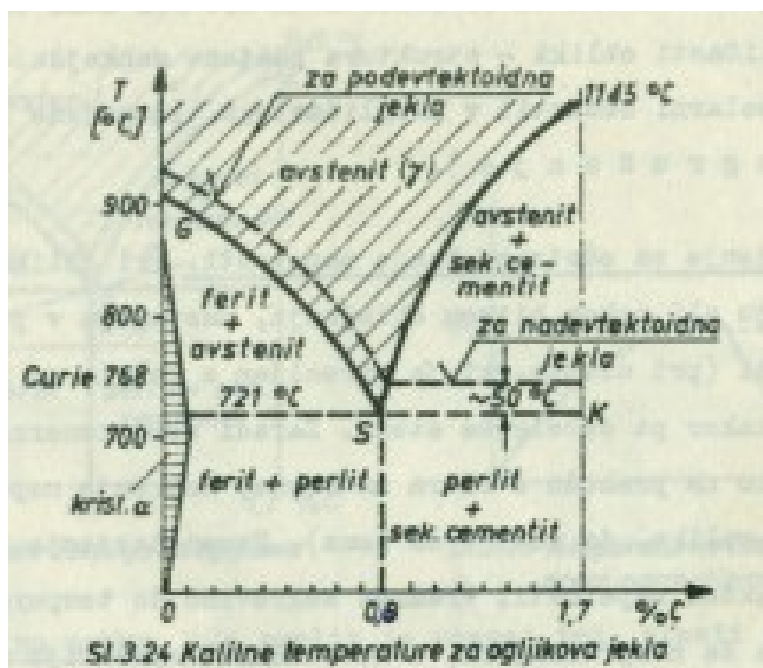
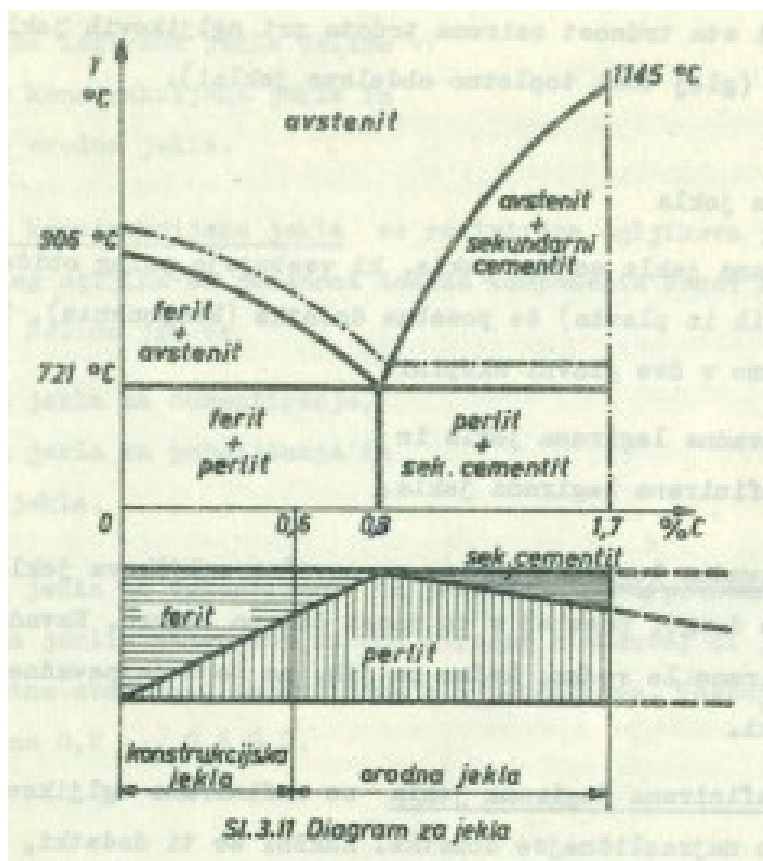
Legirni elementi v jeklih in železovih žilninah

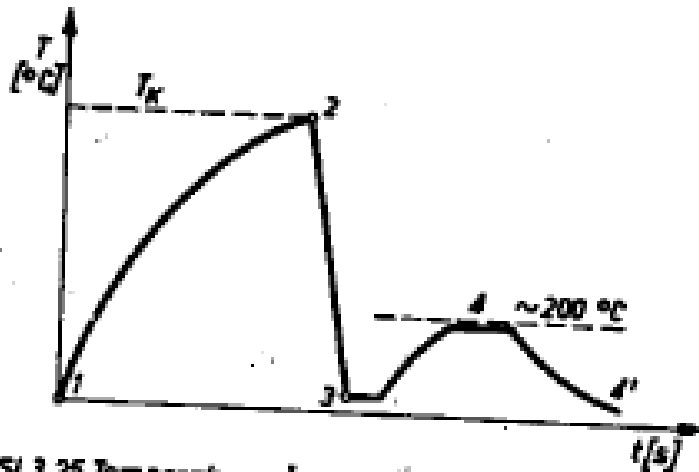
Ogljikova jekla so zaradi svoje kemične sestave cenena in razmeroma preprosta za toplotne obdelave. Imajo pa nekatere pomanjkljivosti, zaradi katerih je njihova uporaba omejena: majhna prekaljivost, popušča neobstoječnosti, manjše mehanske lastnosti pri povišanih in visokih temperaturah, neodpornost proti oksidaciji in koroziji. Te pomanjkljivosti se lahko odpravijo z legirnimi elementi.

Kje so legirni elementi v mikrostrukturnih sestavinah jekel in kako vplivajo na lastnosti jekla?

- a) tvorijo trdne raztopine: ferit, δ -ferit, avstenit,
- b) tvorijo skupaj z železovi ali samostojno spojine: karbide, karbonitride, nitride, sulfide in.
- c) tvorijo intermetalne spojine (npr. σ -fazo v sistemu FeCr ...),
- d) vplivajo na temperature faznih transformacij,
- e) vplivajo na tožnost C v γ in α ,
- f) vplivajo na kinetiko transformacij avstenita kakor tudi na kinetiko raztapljanja karbidov ipd. v avstenitu,
- g) vplivajo na kinetiko popuščenja - izboljšujejo popuščno obstojnost.



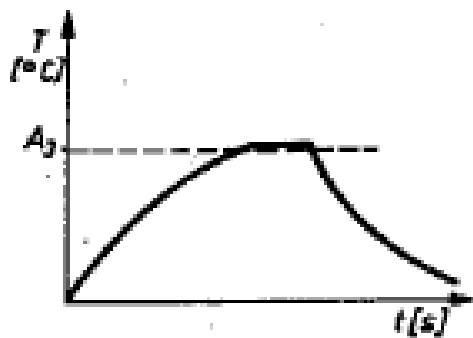




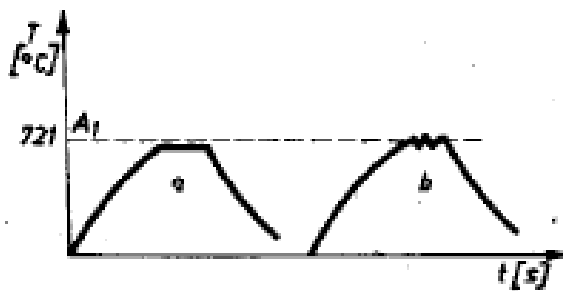
Sl.3.25 Temperaturno časovni diagram kaljenja in popuščanja

pri točki 1. ferit (+ perlit ali sek. cementit)
 pri točki 2. avstenit
 pri točki 3. martenzit in
 pri točki 4. martenzit s zmanjšanimi napetostmi.

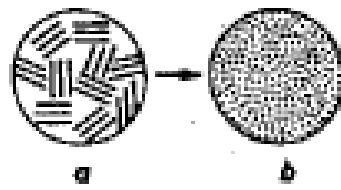
ogljikova jekla	$T_k = 770 \dots 920 \text{ } ^\circ\text{C}$
legirana jekla	$T_k = 800 \dots 1100 \text{ } ^\circ\text{C}$
hitrorezna jekla	$T_k = 1200 \dots 1300 \text{ } ^\circ\text{C}$



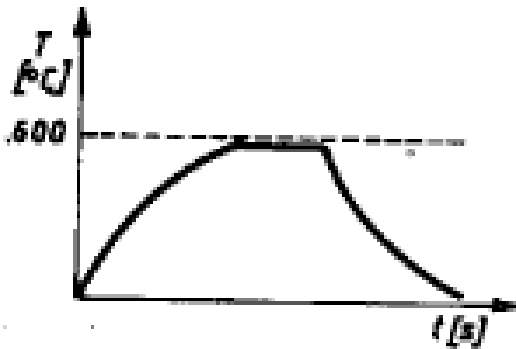
Sl.3.20 Temperaturno časovni diagram normaliziranja



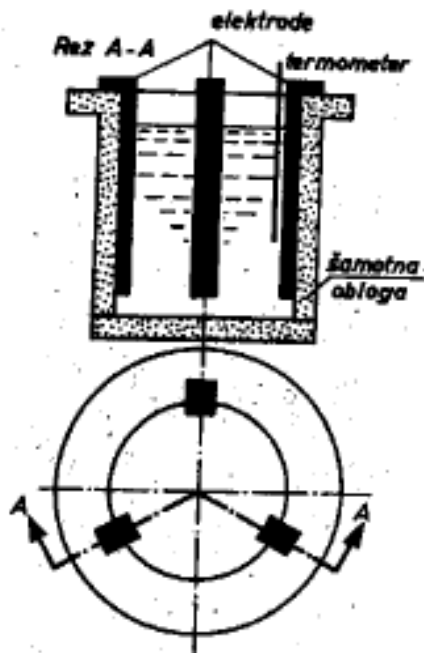
SI.3.21 Temperaturno časovni diagram žarjenja na mehko



SI.3.22 Koagulacija



SI.3.23 Temperaturno časovni diagram žarjenja za odstranitev napetosti



SI.3.30 Kotel ki jo ogrevamo z elektriko

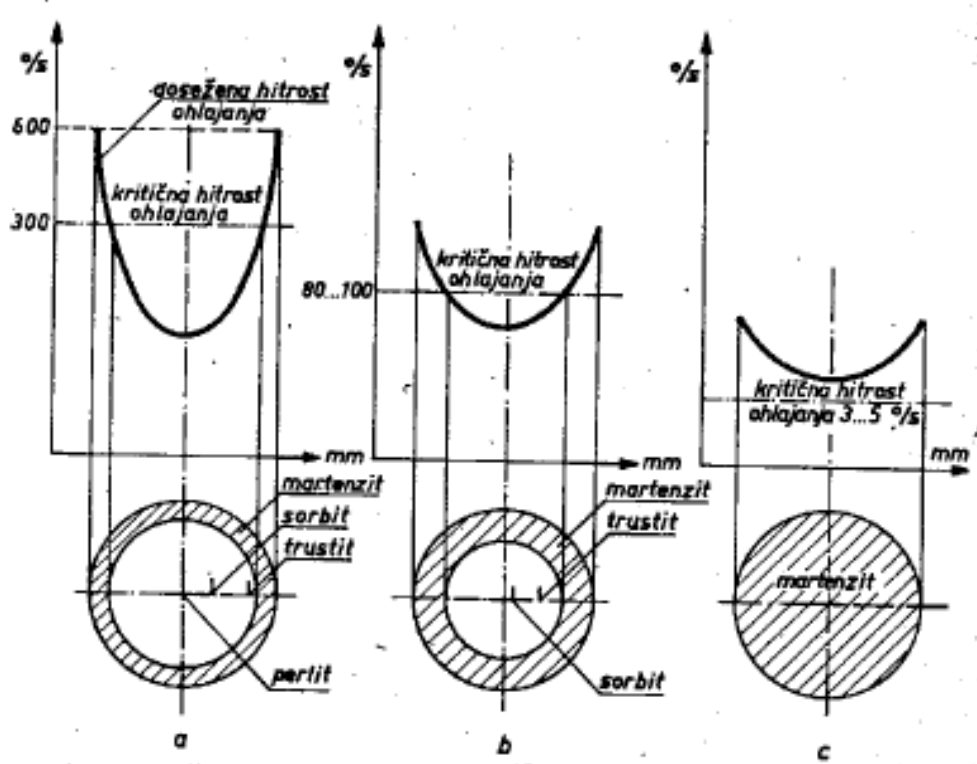
Pri posameznih temperaturah uporabljamo termoelemente iz različnih kovin:

- do 400 °C Cu - konstantan
- do 800 °C Fe - konstantan
- do 1000 °C Ni - Ni Cr
- do 1500 °C Pt - Pt Rh

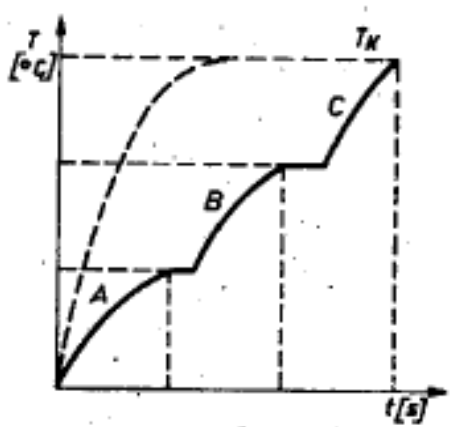
Razen termoelementov uporabljamo za merjenje temperature še optične piroetre.

vrsta jekla	kritična hitrost hlajenja	hladilno sredstvo
Ogljikova jekla (nelegirana) in malo legirana jekla	300 °/s	voda
srednje legirana jekla	80 ... 100 °/s	olja
močno legirana in hitrotesna jekla	3 ... 5 °/s	zrak

Sl.3.31 Debelina martenzitne plošči za različne vrste jekel in različne hitrosti ohlajanja

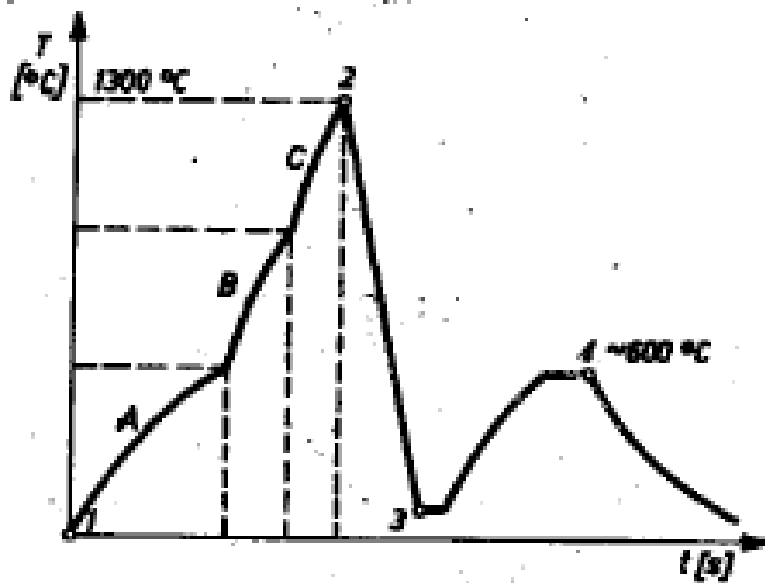


a = ogljikova jekla - hlajena v vodi, b = srednje legirana jekla - hlajena v olju, c = močno legirana jekla - hlajena na zraku

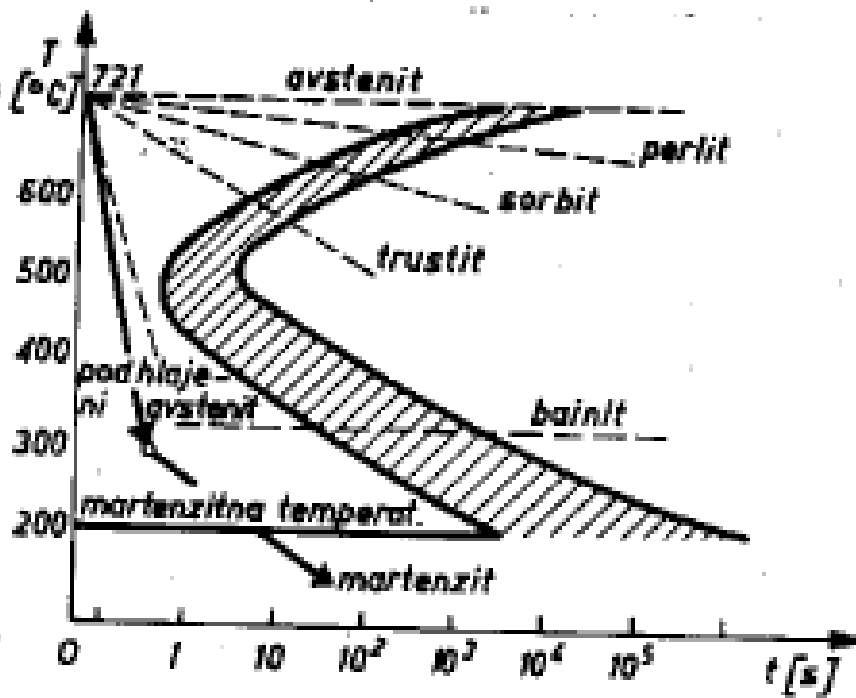


Sl.3.35 Temperaturno - časovni diagram pri postopnem segrevanju

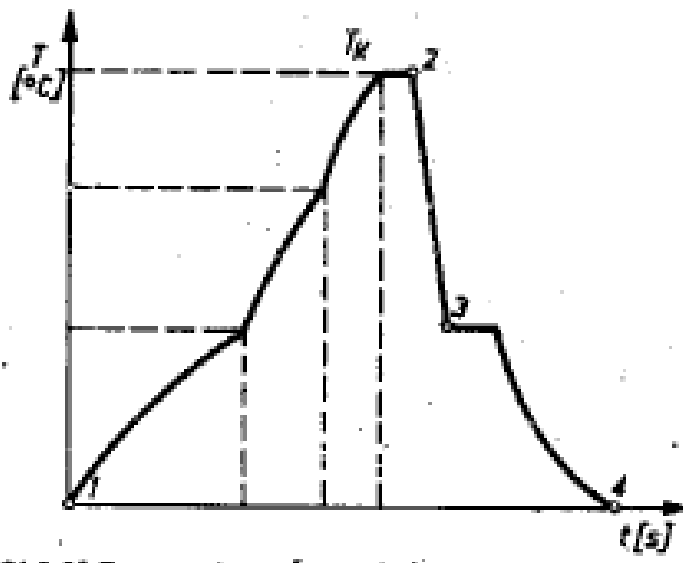
- A navadna peč ... počasno segrevanje
- B solna kopel ... hitrejšje segrevanje
- C solna kopel ... najhitrejšje segrevanje



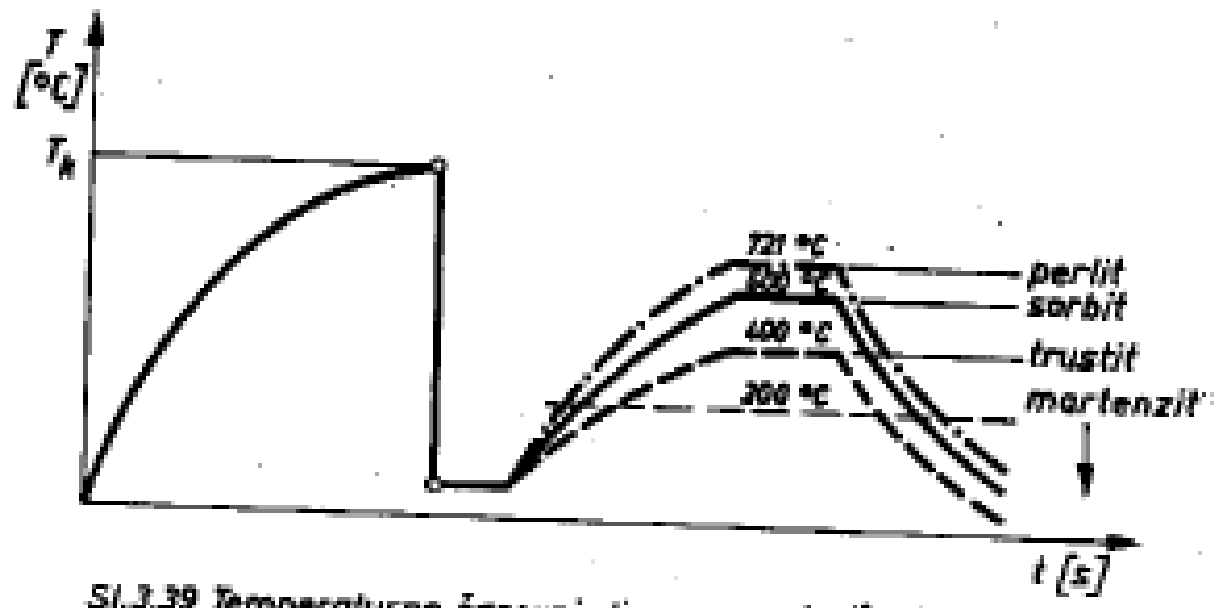
Sl. 3.36 Diagram koljenja hitroveznega jekla



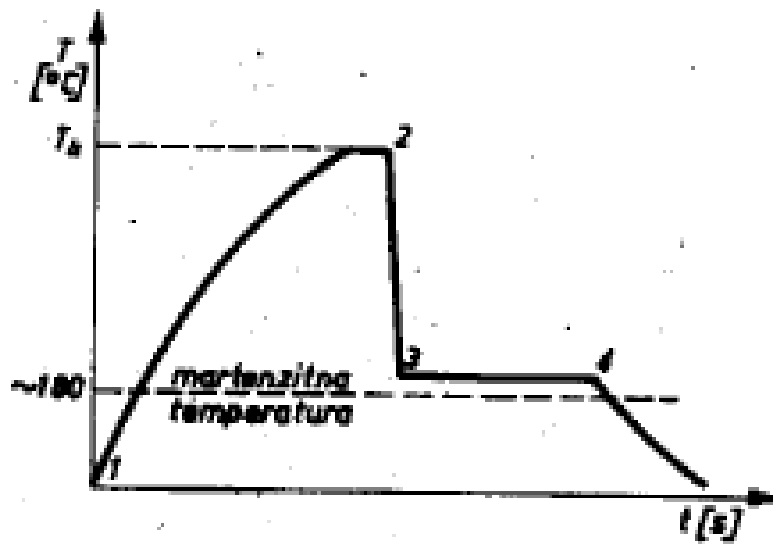
Sl.3.37 Bainov diagram



Sl.3.38 Temperaturno časovni diagram termalnega kaljenja

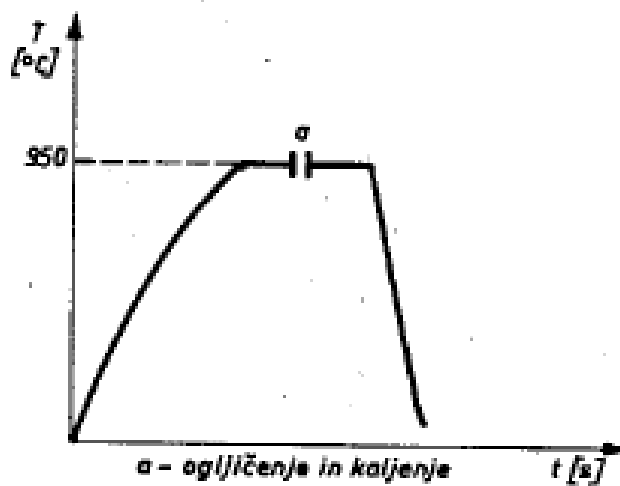


Sl.3.39 Temperaturno časovni diagram poboljšanja



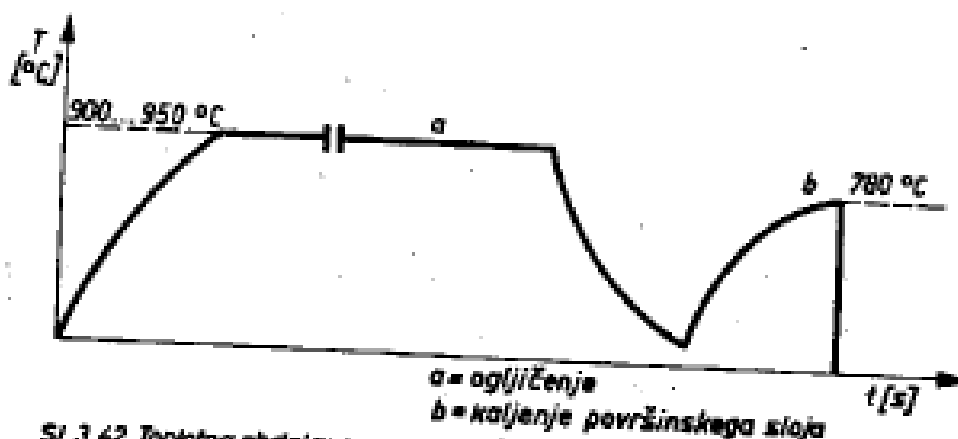
Sl. 3.40 Bainitno pobožanje

1. perlit
2. avstenit
3. podhlajeni avstenit
4. bainit



a - ogličenje in kaljenje

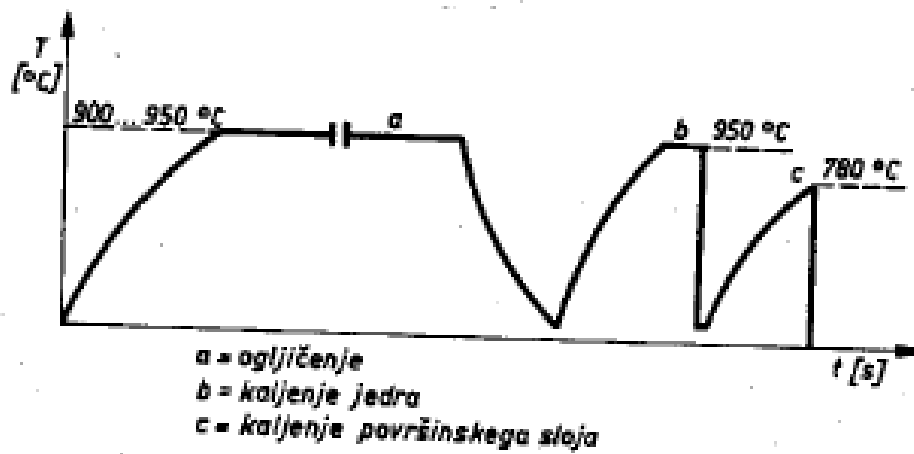
Sl. 3.41 Enostavna toplotna obdelava po cementiranju



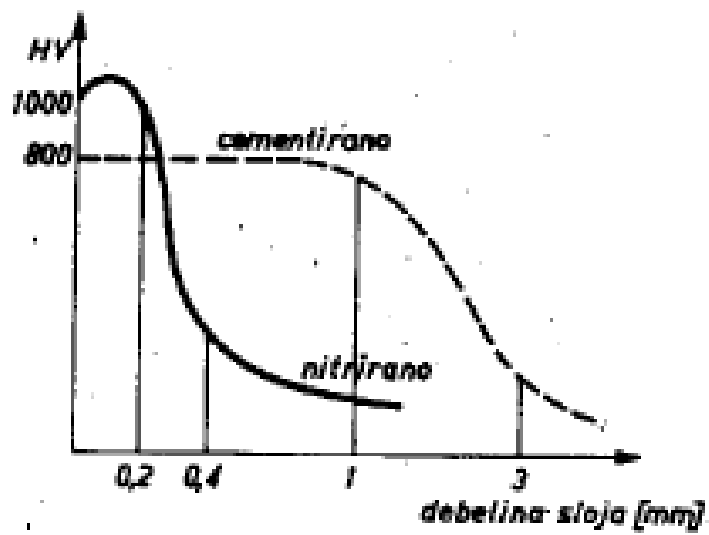
a = ogličenje

b = kaljenje površinskega sloja

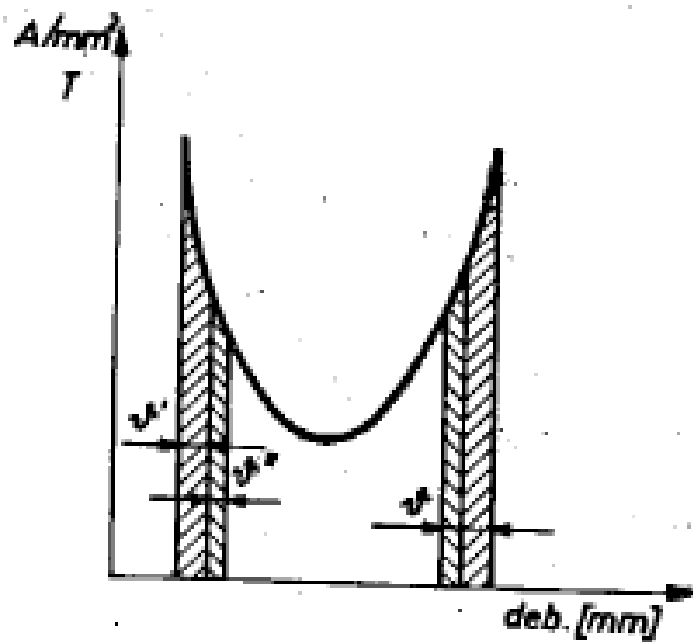
Sl. 3.42 Toplotna obdelava po cementiranju z enojnim kaljenjem



Sl.3.43 Toplotna obdelava po cementiranju z dvojnimi kaljenjem

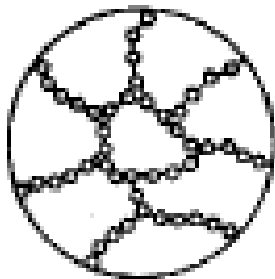


Sl.3.44 Trdota in debelina nitiranega in cementiranega sloja



Sl.3.51 Debelina zakaljene plasti

$$v' = \frac{50}{\sqrt{t}} \text{ [mm]} \quad v'' = \sqrt{t} \text{ [mm]} \quad v = v' + v'' \text{ [mm]}$$



Sl.3.53 Poenostavljena predstava strukture zline line Al-Cu po staranju