

ПРВИ КОЛОКВИЈУМ

1. Potrebno je odrediti temperaturu u tački na rastojanju 24 mm od površine ploče debljine 80 mm, posle 6 min zagrevanja u peći zagrejanoj na temperaturu $t_c=1100\text{ }^\circ\text{C}$. Početna temperatura komada je $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Poznate karakteristike materijala i koeficijent prenosa toplote:

- Koef. prenosa toplote: $\alpha = 350\text{ [W/m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$
- Toplotna provodljivost: $\lambda = 29\text{ [W/m}^\circ\text{C]}$
- Specifična toplota: $c = 540\text{ [J/kg}^\circ\text{C]}$
- Zapreminska masa: $\rho = 7800\text{ [kg/m}^3\text{]}$

$$t_{ok} = 1100\text{ }^\circ\text{C}; t_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}; \alpha = 350\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}; \lambda = 29\text{ W/m}^\circ\text{C}; c = 540\text{ J/kg}^\circ\text{C} \quad \rho = 7800\text{ kg/m}^3$$

Karakteristična dimenzija komada $X=40\text{ mm}=0,04\text{ m}$

Rastojanje tacke od jezgra $x=40-24=16\text{ mm}=0.016\text{ m}$

$$\text{Odnos } \frac{x}{X} = \frac{0.016}{0.04} = 0.4$$

$$B_i = \frac{\alpha}{\lambda} X = \frac{350}{29} 0.04 = 0.48 \quad \frac{1}{B_i} = \frac{1}{0.48} = 2.08$$

Temperaturu jezgra mozemo odrediti iz:

$$\theta_j = \frac{t_j - t_{ok}}{t_0 - t_{ok}} \Rightarrow t_j = \theta_j(t_0 - t_{ok}) + t_{ok}$$

$$F_o = \frac{\lambda \tau}{c \rho X^2} = \frac{29 * (6 * 60)}{540 * 7800 * 0.04^2} = 1.54$$

Iz dijagrama 2 usvajamo $\theta_j = 0.55$ pomocu F_o i $\frac{1}{B_i}$

$$t_j = 0.55(20 - 1100) + 1100 = 506\text{ }^\circ\text{C}$$

Temperaturu tacke odredjujemo na osnovu formule:

$$\theta_t = \frac{t_t - t_{ok}}{t_j - t_{ok}} \Rightarrow t_t = \theta_t(t_j - t_{ok}) + t_{ok}$$

Iz dijagrama 5 usvajamo $\theta_t = 0.95$ pomocu $\frac{x}{X}$ i $\frac{1}{B_i}$

$$t_t = 0.95(405 - 720) + 720 = 535.7\text{ }^\circ\text{C}$$

2. Радни предмет се израђује од угљеничног челика са 0.6 %C. Производња је серијска, комад се добија ливењем, а затим обрађује резањем. Највећа димензија комада је 50 mm.

- Прописати поступак термичке обраде ако у погон долазе одливени комади, још необрађени резањем. На крају комад треба да има равномерну структуру по целом пресеку.
- Нацртати график термичке обраде са свим детаљима.

Normalizacija

Има за циљ поправљање структуре, тј. добијање структуре пругастог перлита. Врши се загревање у аустенитну област (за подеутектоидне челике) или у прелазну област (за надеутектоидне челике), довољно дуго задржавање на одговарајућој температури и хлађење довољно брзо да настане перлитна структура.

Normalizaciono žarenje koristi se u sledećim slučajevima:

- **Livenje čeličnih odlivaka** - pri livenju čelika u kalupe od peska nastaje tzv. Vidmanštetenova struktura (loše mehaničke osobine i posebno mala žilavost) pa su ovakvi sirovi odlivci neupotrebljivi. U okviru procesa normalizacije hlađenje se odvija na vazduhu što kod složenih odlivaka izaziva toplotne napone. Da bi se ti naponi uklonili kombinuje se proces normalizacije i stabilizacionog žarenja. Zagrevanje prostih komada može se vršiti brzo (komadi se stavljaju u toplu peć), dok se složeniji komadi se stavljaju u hladnu peć.

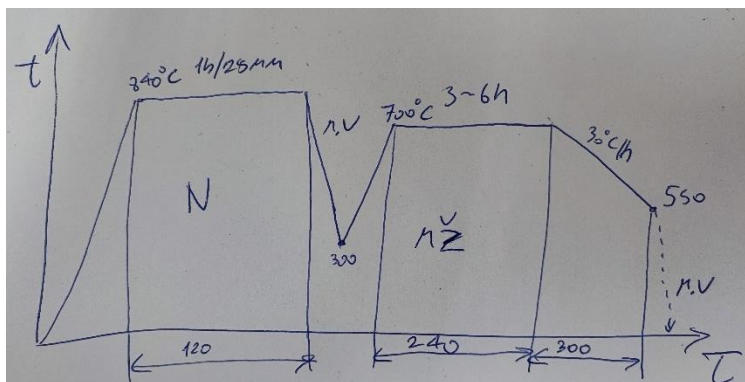
Meko žarenje

Има за циљ повећање обрадивости резањем и пластичним деформисањем код челика са уделом угљеника већим од 0.6 %C. Овим видом жарења структура пругастог перлита или нека слична преводи се у структуру зрнатог перлита.

Код челика са великим садржајем C (изнад 0.6%) врши се омекшавање ради лакше обраде великим брзинама резања. Структура зрнатог цементита у основној феритној маси код меко жарених челика одликује се најмањом тврдоћом и чврстоћом, па је повољна за обраду пластичном деформацијом.

Из табеле 4, температура меког жарења челика C60(приближан челик са 0.6%C) је у распону 680-710°C; а температура нормализације је 820-860°C.

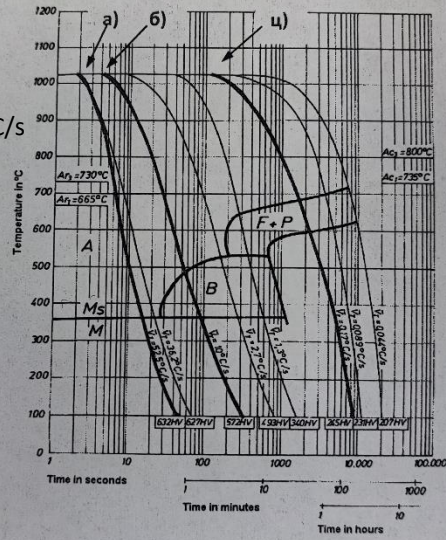
Термичке обраде се увек врше редоследом од топлије ка хладнијим, поред тога, равномерна структура пругастог перлита добијена нормализацијом лакше коагулисати у лоптасти перлит током меког жарења.



3. За челик EN 42CrMo4 (Č4732) одредити које структуре настају за различите услове хлађења. Којом брзином је потребно вршити хлађење да би се добила тврдоћа од око 500 HV?

- a) martenzit
- b) beinit i martenzit
- c) ferit i perlit

potrebna brzina: 2.7°C/s



ДРУГИ КОЛОКВИЈУМ

4. Динамички напрегнуто вратило димензија $\phi 40 \times 500$ mm треба да има савојну динамичку чврстоћу 450 MPa на растојању 2 mm испод површине. Хлађење се врши у мирном уљу са средњим кретањем комада. Крупноћа зрна је 7 према ASTM-у. Вратило је израђено од челика EN 41Cr4 (Џ 4131).

- Проверити да ли изабрани челик одговара захтевима;
- Уколико челик задовољава, прописати термичку обраду и нацртати графикон термичке обраде.

ХЕМИЈСКИ САСТАВ						
Ознака	%C	%Si	%Mn	%P	%Cr	%Mo
41Cr4	0.41	0.25	0.75	0.025	1.05	

A

Провера да ли челик има довољно угљеника.

$$\%C_{min} = (0.00083\sigma_D + 0.1667)^2 = (0.00083 * 450 + 0.1667)^2 = 0.29$$

Celik ima dovoljno ugljenika

Провера тврдоће челика након каљења

$$H_p = \frac{\sigma_D - 200}{10} = \frac{450 - 200}{10} = 25 HRC$$

$$H_k = 35 + 0.5H_p = 35 + 0.5 * 25 = 47.5 HRC$$

$$H_k = 95\sqrt{C} - 0.00276J_{50}^2 * \sqrt{C} + 20Cr + 38Mo + 14Mn + 5.5Ni + 6.1Si + 39V + 96P - 0.81K - 12.28\sqrt{J_{50}} + 0.898J_{50} - 13$$

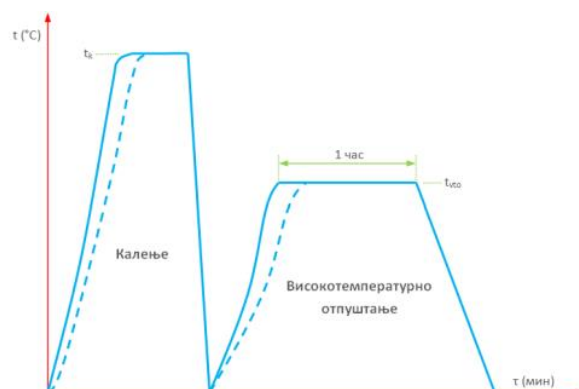
из дијаграма 27, $H=0.5$, $\phi 40$ mm, однос $r/R=18/20=0.9$

$$J_{50} \approx 8 \text{ mm}$$

Након уврштавања свих вредности у формулу добија се:

$$H_{k_{41Cr4}} = 50 HRC \quad \text{-челик испуњава захтевану тврдоћу}$$

Odabrana termicka obrada je poboljšavanje. Preporučene temperature (tabela 12) su kaljenje u ulju 830-860°C i otpustanje 540-680°C



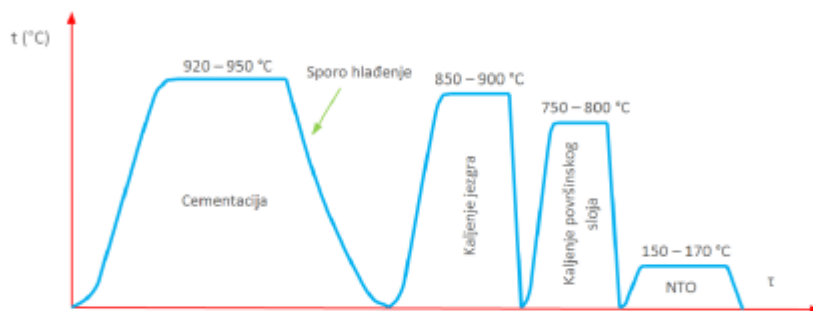
5. Осовина израђена од челика DIN 15CrMo5 (Č 4720) изложена је дејству промењивог оптерећења, па се захтева висока динамичка издржљивост. Поред тога потребно је да осовина буде отпорна на хабање.

- Прописати поступак и нацртати график термичке обраде;
- Одредити до које дубине се може извршити цементација у пећи за гасну цементацију ако је потенцијал атмосфере $c_A = 1.25\%C$, неопходан садржај угљеника у површинском слоју $0.95\%C$, коефицијент дифузије $D = 5 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ и коефицијент адсорпције $\beta = 10^{-5} \text{ cm/s}$.

Iz vezbe 10:

a) Za najstrožije osobine jezgra (koje se zahtevaju zbog dinamičkog opterećenja) i dovoljnu optornost na habanje:

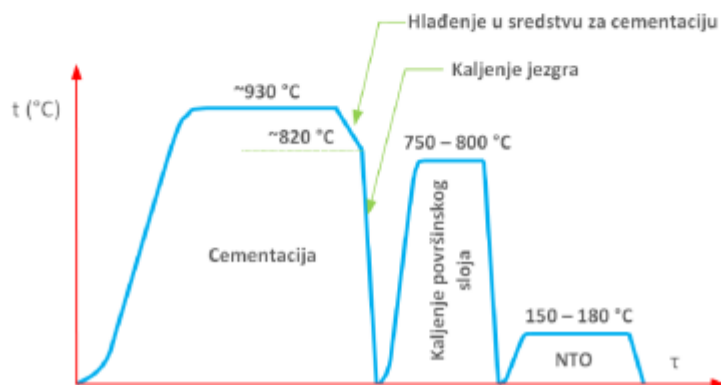
- delovi se posle cementacije hlade na mirnom vazduhu ili u sanducima za pakovanje kod cementacije čvrstim sredstvom;
- vrši se kaljenje jezgra, odnosno kaljenje sa prave temperature za kaljenje jezgra koje ima za cilj profinjavanje strukture jezgra i eventualno uklanjanje cementitne mreže u cementiranom sloju;
- zatim se vrši kaljenje površinskog sloja pri čemu će jezgro opet biti kaljeno ali nepotpuno jer je temperatura kaljenja neka temperatura iz prelazne oblasti $A_1 - A_3$.



Slika 2: Grafikon T.O. sporo hlađenih komada posle cementacije sa dvostrukim kaljenjem

b) Druga varijanta prvog procesa - direktno kaljenje jezgra sa temperature cementacije (za nešto manje komade):

- moguće je samo ako se tok naugljeničavanja može strogo kontrolisati;
- pored racionalnosti ovom postupku se pripisuje i smanjena količina zaostalog austenita.



Slika 3: Dvostruko kaljenje posle cementacije, pri čemu je prvo kaljenje sa temperature cementacije

$$B) \frac{C_A - C_P}{\frac{D}{\beta}} = \frac{C_P - 0.35}{DC}$$

Из ове формуле можемо да изразимо дубину DC

$$DC = \frac{\frac{D}{\beta}}{C_A - C_P} * C_P - 0.35 = 0.1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Конечно можемо израчунати потребан потенцијал атмосфере C_A

$$C_A = \frac{0.5 - 0.35}{0.1} * \frac{3 * 10^{-7}}{1 * 10^{-5}} + 0.5 = 0.545\%C$$