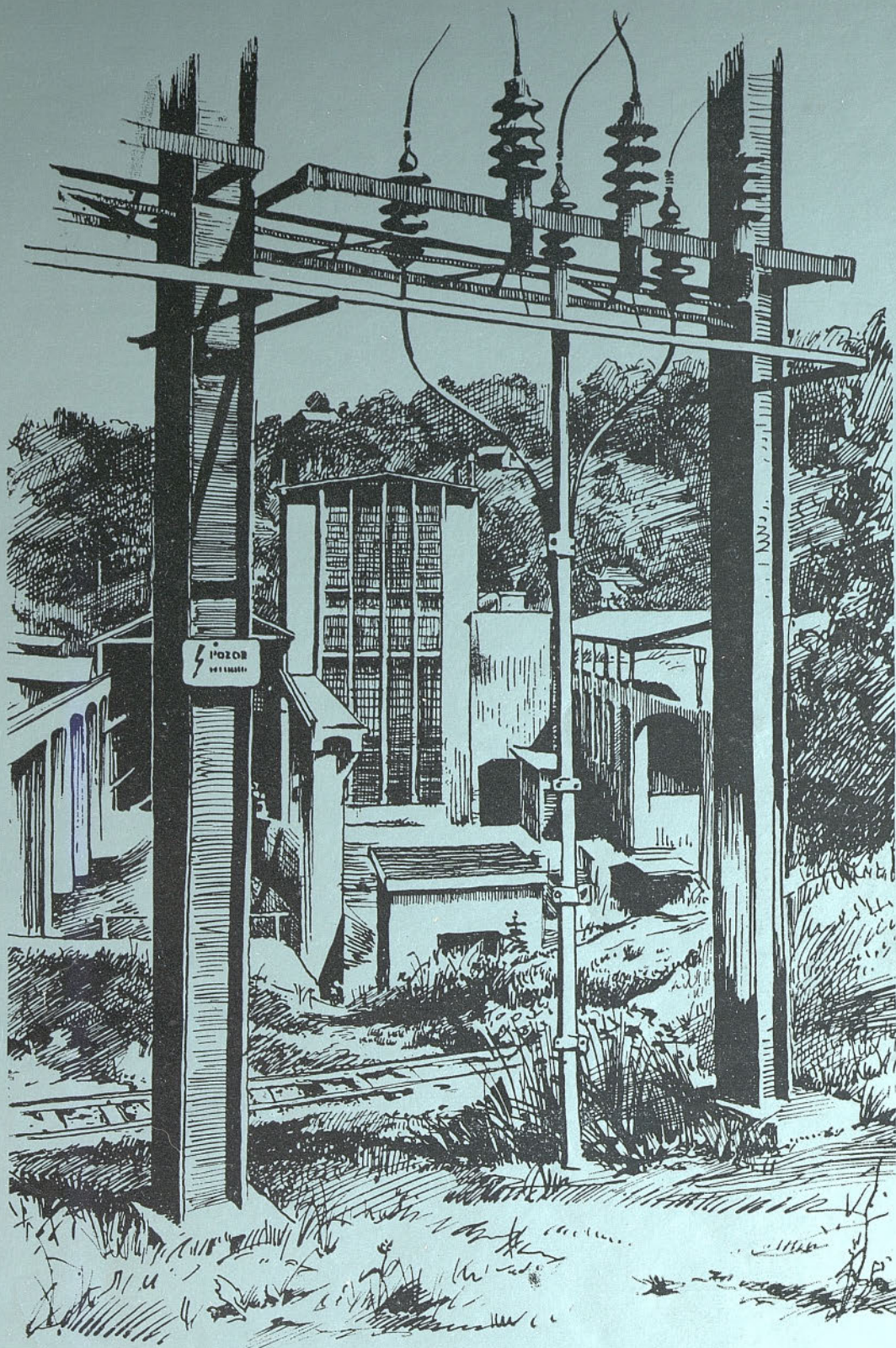




LETO 1

ŠTEV. 1

ŠTORSKI ŽELEZAR

TEHNIČNA PRILOGA

Uredniški odbor:

Odgovorni urednik Janez Barbarič, dipl. ing. met.
Peter Knez, dipl. ing. met.
Vlado Maganja, met. tehn.
Zoran Tratnik, dipl. ing. met.
Jože Urbančič, dipl. ing. met.

Že dalj časa je bilo v našem podjetju predvsem med tehničnim kadrom čutiti potrebo po lastnem strokovnem glasilu. Poskus, da bi to željo realizirali, je bil Informator, kot sestavni del Štorskkega železarja. Zaradi omejenega prostora, ki ga je časopis nudil Informatorju, ni bilo mogoče v primerni obliki priobčevati daljših strokovnih člankov, razen tega tudi strokovni članki niso bili zanimivi za vse člane kolektiva in so nesmotrno jemali prostor ostalim prispevkom.

Na pobudo uprave podjetja je prevzelo pokroviteljstvo nad Tehnično prilogo Društvo inženirjev in tehnikov in mu dalo današnjo obliko in smoter.

Namen revije je, da bi seznanjala naš tehnični kader z novostmi in napredkom proizvodnje, objavljala bo rezultate lastnih in važnejših tujih raziskav s področja dela Železarne Štore. Revija naj bi služila za afirmacijo našega podjetja in strokovnjakov, obenem bi bila tudi posrednik uspehov in dosežkov med nami in našimi odjemalci.

Pretežno bomo objavljali originalne strokovne članke, deloma pa tudi izvilleke iz tuje literature, ki so zanimivi za našo dejavnost.

Uredniški odbor vabi k sodelovanju vse člane kolektiva, saj so izkušnje, ki jih je pri svojem delu dosegel marsikateri, pri nas še premalo poznane, vendar pa za podjetje in našo stroko dragocene in bi bilo škoda, da gredo v pozabo.

Zavedamo se, da je tiskanje take revije zelo drago in bo precej bremenilo podjetje, ki je sredi rekonstrukcije, zato se zahvaljujemo vsem, predvsem pa samoupravnim organom, ki so kljub vsemu razumeli potrebo po tovrstnem glasilu in omogočili njegov nastanek.

Uredniški odbor

VSEBINA :

Zoran TRATNIK:

Osnovna razdelitev trdote in uporaba nodularnih valjev 3

Vlado MAGANJA:

Določitev stvarne lastne cene ulitkom 11

Alojz ŠTURBEJ:

O napakah pri določanju oligoelementov 13

Branko MLAČ:

Izdelava nodularne litine z domačim grodljem 15

Matija ŽUMER:

O organizaciji proizvodnje valjev I. 17

Metalografski laboratorij Železarne Štore:

Varjenje sive in nodularne litine 19

Zoran TRATNIK:

Nodularna litina — lastnosti in obdelava 22

Novosti strokovne knjižnice 32

Osnovna razdelitev trdote in uporaba nodularnih valjev

Nodularna litina je pokazala v zadnjih letih vrsto izrednih lastnosti in se uveljavila kot zelo dober in sodoben material za valjarniške valje. Posebno cenjena lastnost nodularne litine je njena odpornost proti obrabi hkrati z visoko trdnostjo, ki ne zaostaja mnogo za sličnimi materiali iz jekla.

TRDOTE IN STRUKTURA NODULARNIH VALJEV

Pri odpornosti valjarniških valjev proti obrabi površine in kalibrov igra najvažnejšo vlogo trdota nodularnih valjev. Trdoto valjev določa predvsem njihova struktura:

- a) količina in oblika grafita
- b) količina prostega cementita (slika št. 1 in 2.)
- c) značaj osnovne strukture

Količina grafita in količina cementita si delujeta nasprotno: čim več je grafita, tem manj je cementita in obratno. Grafit trdoto znižuje, cementit jo zvišuje, vendar je vpliv grafita na znižanje trdote pri nodularni litini manjši kot vpliv cementita na zvišanje trdote. Vpliv lističastega grafita na znižanje trdote je mnogo večji kot vpliv nodularnega grafita.

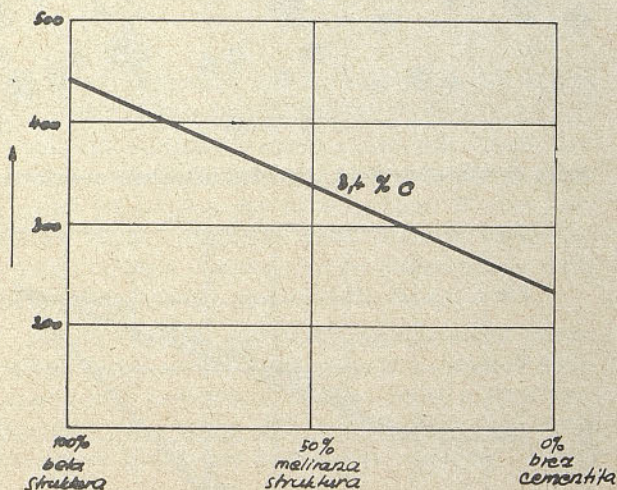
Delna neuspešnost nodularne litine (pojav manjše količine enakomerno razdeljenega lističastega grafita) bistveno ne škoduje valju, če je količina in razporeditev lističastega grafita takšna, da na prelomu valja ni opaziti sivih mest.

Siva mesta v prelomu oziroma sploh siv prelom pomeni neuspešno litino z lističastim grafitom, ki močno zniža trdoto in tudi odpornost valjev proti

obrabli. Siv prelom oziroma lističast grafit ne štejemo več za nodularno litino, valje imamo že za slabe. Na sliki št. 3 so prikazane tri vrste litine:

- a) uspela nodularna litina
- b) delno uspela nodularna litina
- c) neuspela nodularna litina

Na trdoto valjev vpliva tudi značaj osnovne strukture oziroma značaj strukture primarnih kristalov: količina ferita, prelita, bainita in martenzita. Avstenit srečamo pri teh valjih redko in še ta se pri valjanju



Slika 1: Diagram trdote za litino s 3,4 % C v odvisnosti od belo strjene strukture

a)

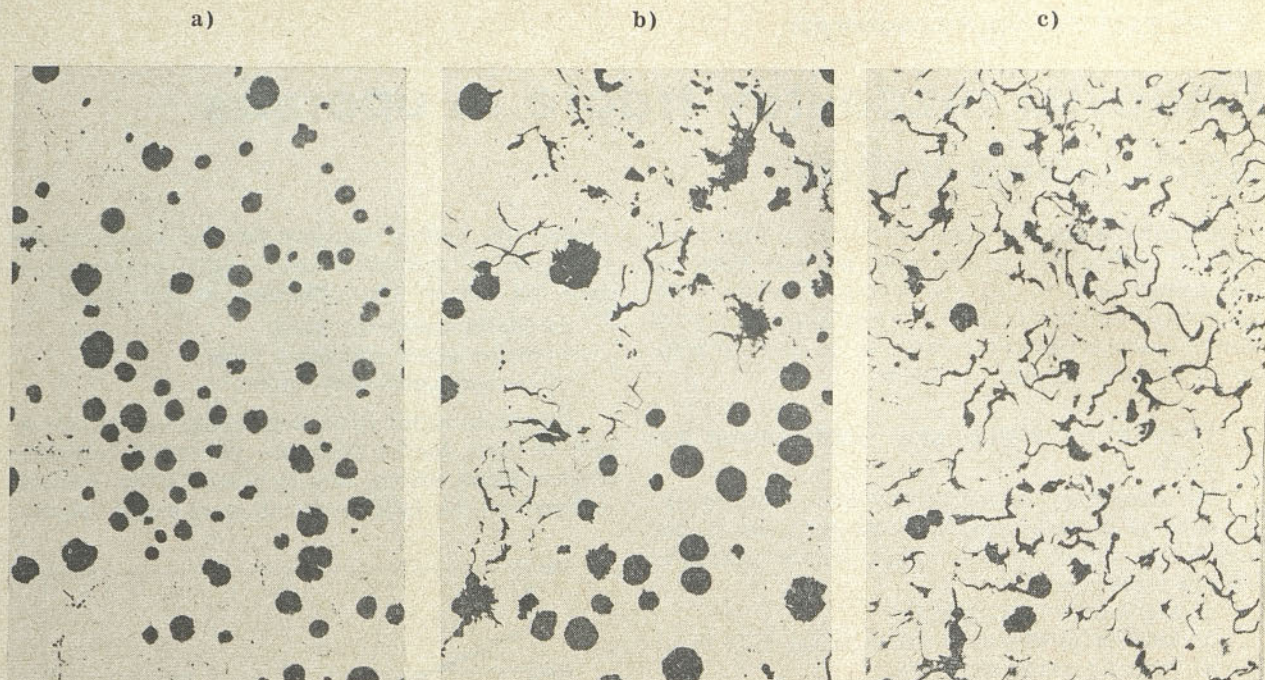
b)

c)

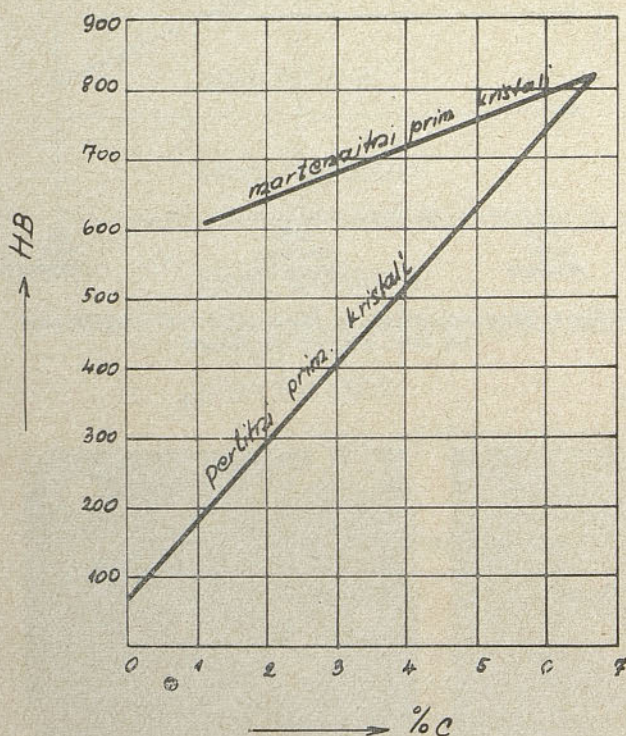


Slika št. 2: Metalografski posnetki strukture valjev:

- a) bele strukture
- b) melirane nodularne strukture
- c) strukture brez cementita



Slika 3: Metalografski posnetki uspelosti nodularne litine



Slika 4: Diagram naraščanja trdote v odvisnosti od količine cementita, oziroma % C

spremeni v martenzitet. Cementit prav tako štejemo v osnovno strukturo, vendar smo ga obravnavali z grafitom.

Vpliv količine cementita (% C) in značaj strukture primarnih kristalov vidimo z diagrama na sliki št. 4.

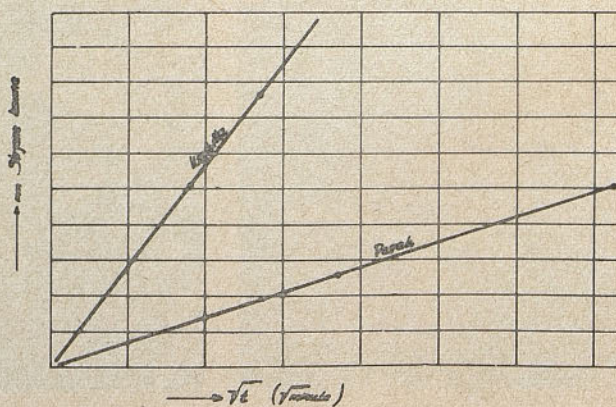
Cementit ima višjo trdoto kot martenzitet, zato je vpliv cementita na trdoto pomembnejši. Ker dosežemo povišanje trdote primarnih kristalov z legiranjem (Ni!), je povišanje trdote s pomočjo večje koli-

čine cementita tudi cenejše, vendar zvišuje krhkost valjev in povečuje nagnjenost k pokanju, zato je izkoriščanje cementita omejeno in ne smemo prekoračiti določene količine. Cementit prav tako znižuje količino grafita v strukturi, grafit pa je nujno potreben za posebne lastnosti, ki jih ima zaradi grafita siva in nodularna litina. Dodatno povišanje trdote dosežemo zato s tršo osnovno strukturo oziroma tršo strukturo primarnih kristalov. Vpliv cementita in osnovne strukture (primarnih kristalov) se superponirata in dobimo trdote tudi nad 500 HB.

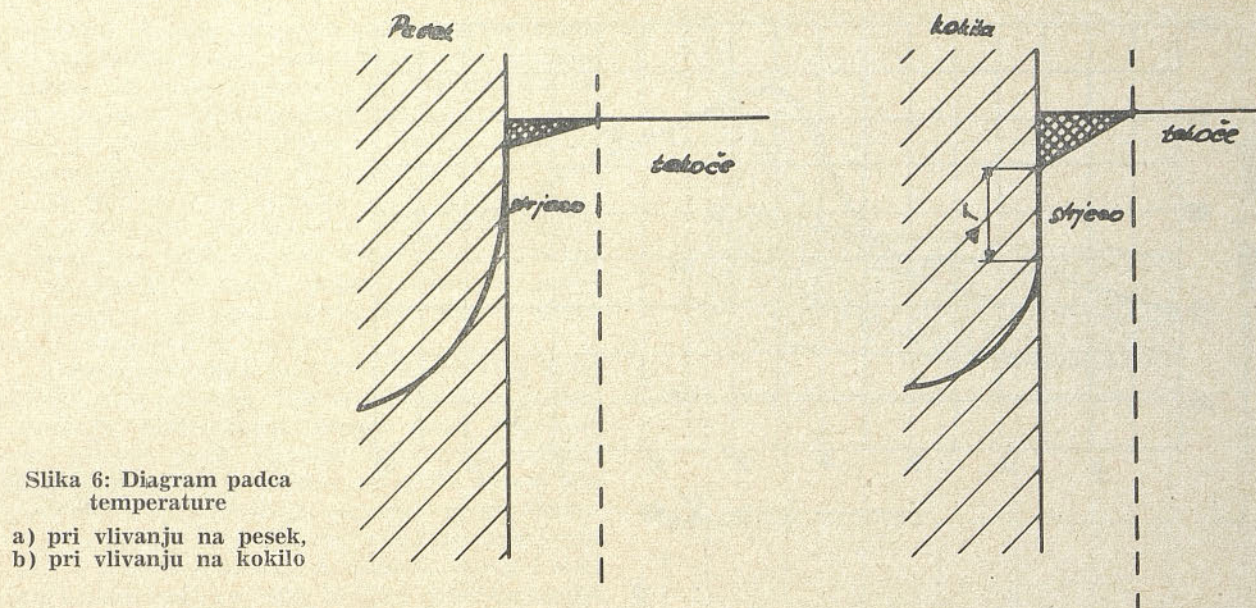
Posebne lastnosti sive in nodularne litine, ki jih litini imata zaradi grafita, so: odpornost proti »toplotnim udarom«, znižanje modula elastičnosti, zvišanje dušilnosti, »mazanje« pri drsenju itd.

Količino cementita v tehnologiji proizvodnje valjev reguliramo s podhlajevanjem litine; čim večja je podhladitev, tem bolj se litina strdi belo, več ima prostega cementita. Podhladitev litine pa dosežemo na dva načina:

- a) s hitrostjo ohlajevanja: vlivanje na golo kokilo, na premaz, na peščeno oblogo (slike št. 5



Slika 5: Diagram hitrosti strjevanja v odvisnosti od časa ($\sqrt{t}$) za vlivanje na kokilo in za vlivanje na pesek



Slika 6: Diagram padca temperature

- a) pri vlivanju na pesek,
b) pri vlivanju na kokilo

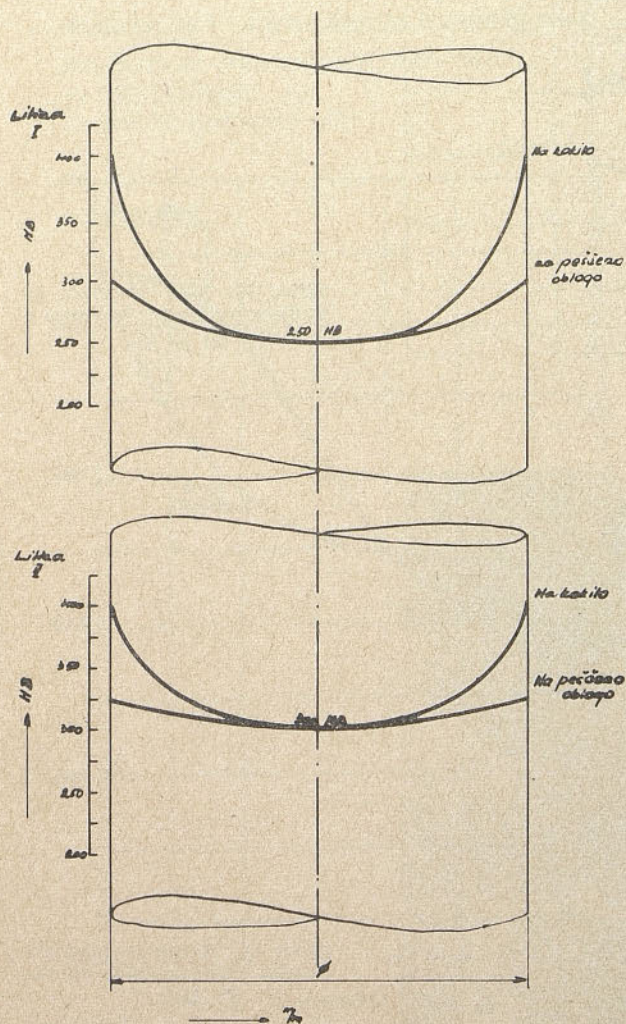
in 6). Pri ohlajanju igra bistveno vlogo tudi velikost, predvsem premer valjev (slika št. 7).

- b) s primerno kemično sestavo oziroma legiranjem. Najvažnejši element, ki vpliva na podhlajenje oziroma na sivo strjevanje, je Si; pri nodularni litini še Mg in modificiranje litine

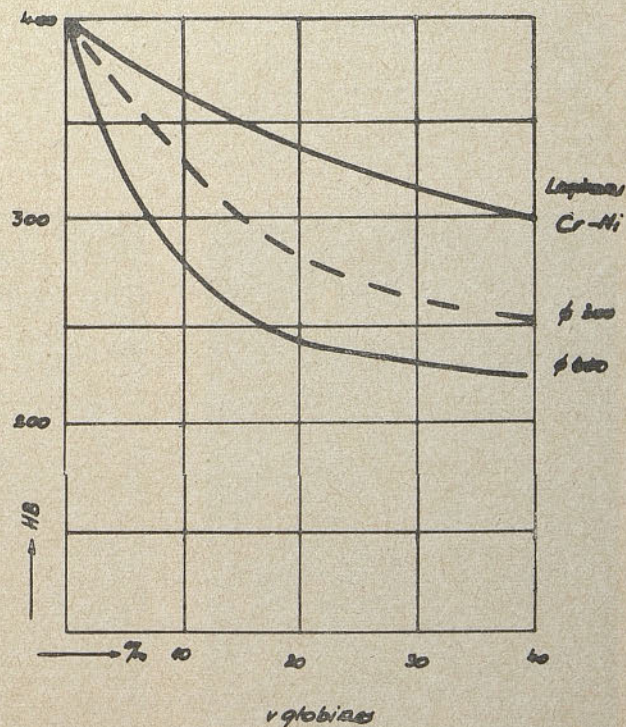
pred vlivanjem. Od legirnih elementov imata močan vpliv na podhladitev Cr in Mo.

Če smo podhladitev izzvali s hitrejšim ohlajanjem (vlivanje na golo kokilo), je površinska trdota višja in padec trdote proti globini valja hiter. Če smo podhladitev izzvali z značajem taline (nizek Si, legiranje), je padec trdote v vsakem primeru počasnejši in vpliv hitrosti ohlajanja je manjši (slika št. 8).

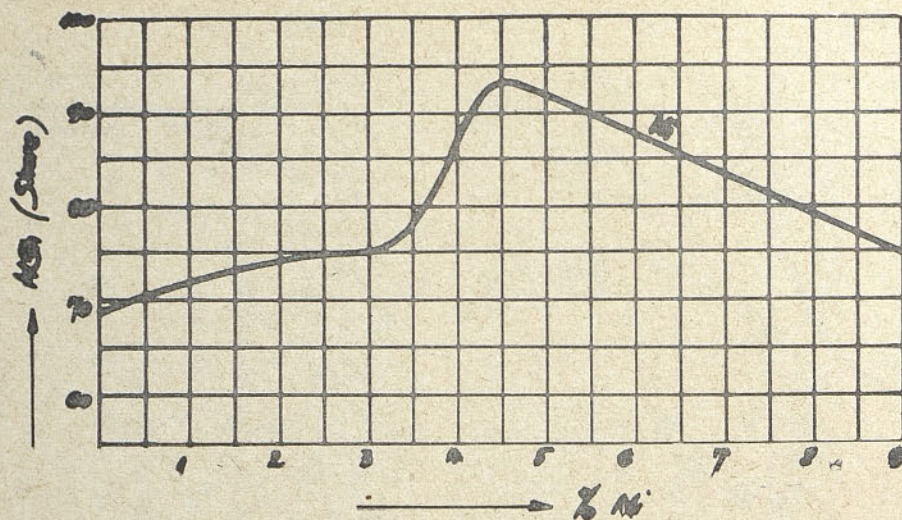
Na sliki št. 7 so prikazani diagrami padca trdote v trupu valjev za dve vrsti litine: I — litina z nižjo sposobnostjo podhladitve in II — litina z višjo sposobnostjo podhladitve. Potek trdot nam kaže vpliv vlivanja na golo kokilo in na kokilo s peščeno oblogo.



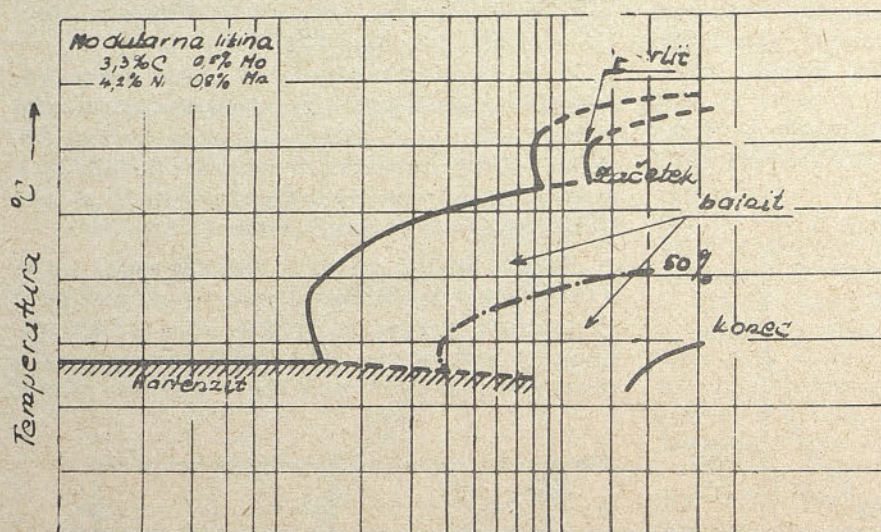
Slika 7: Diagram padca trdote v trupu valja za dve različni vrsti litine pri vlivanju na kokilo in na peščeno oblogo



Slika 8: Diagram padca trdote v trupu valja za legirano in nelegirano nodularno litino. Pri nelegirani nodularni litini sta dva diagrama: za valj ϕ 300 mm in za valj ϕ 600 mm



Slika 9: Vpliv količine Ni na trdoto bele plasti



Slika 10: TTT diagram za nodularno litino, legirano z Ni in Mo



Slika 11: Metalografska posnetka trdih nodularnih valjev

- a) s perlitnimi primarnimi kristali in
- b) z acikularnimi primarnimi kristali

Značaj osnovne strukture (— primarnih kristalov) reguliramo z legiranjem in z naknadno termično obdelavo. Na značaj strukture primarnih kristalov sorazmerno malo vpliva ohlajanje valjev v kokili. Glavni legirni elementi, ki vplivajo na osnovno strukturo in primarne kristale, so: Ni, Mo in Mn.

Na sliki št. 9 je prikazan vpliv količine Ni na trdoto bele plasti. Na sliki št. 10 vidimo TTT-diagram za nodularno litino, legirano s 4,2 % Ni in 0,8 % Mo.

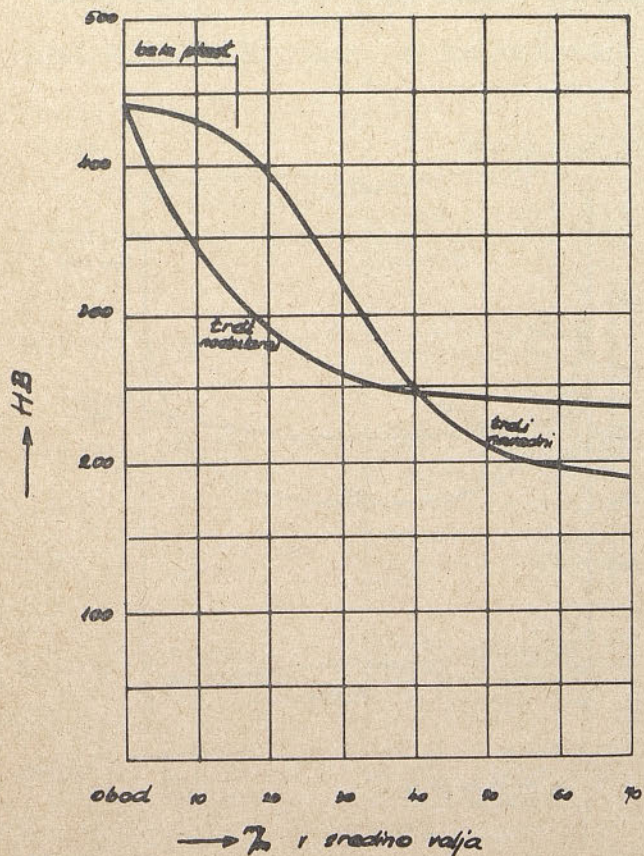
Na sliki št. 11 vidimo razliko osnovne strukture navadnega in legiranega nodularnega valja (z »igličasto« — »acikularno« strukturo).

Z zvišanjem trdote pade žilavost materiala in odpornost proti udarcem. Trša nodularna litina je sicer odpornejša proti obrabi, vendar njena odpornost proti zlomu pade. Posebno velja to za zvišanje trdote na račun večje količine cementita. Seveda ima lahko valjni material večjo odpornost proti zlomu, če to trdoto povzroči trša (bainitna) osnovna struktura (— primarnih kristalov), nasproti valjem s sicer nižjo trdoto, vendar z večjo količino prostega cementita. Za žilavo in proti udarcem in zlomu odporno strukturo štejemo perlitno-feritno oziroma perlitno, s krogličastim grafitom. Odpornost proti zlomu se zmanjša pri trustitno-martenzitni osnovi in krogličasto grafitni strukturi. Zniža se prav tako pri cementitno-martenzitni strukturi in krogličastem grafitu.

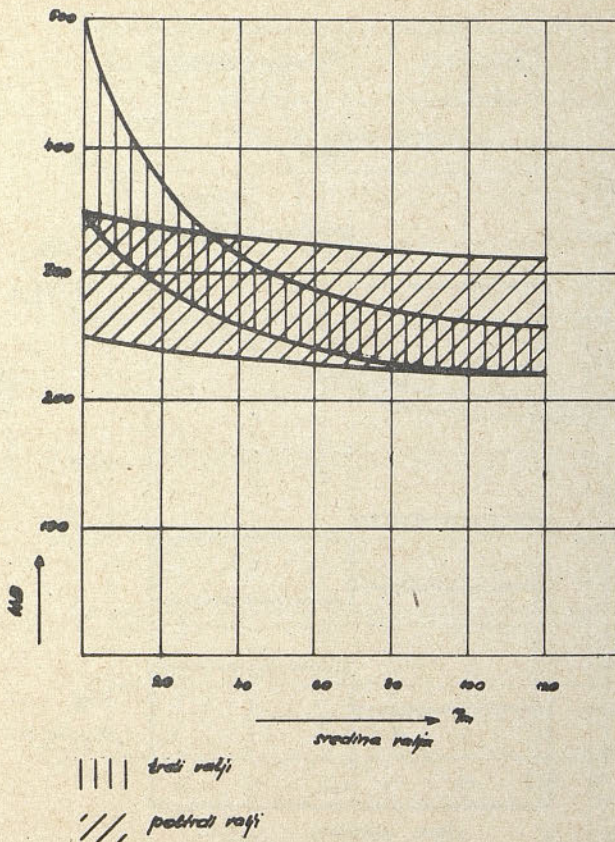
RAZDELITEV NODULARNIH VALJEV:

Razlikujemo dva tipa nodularnih valjev:

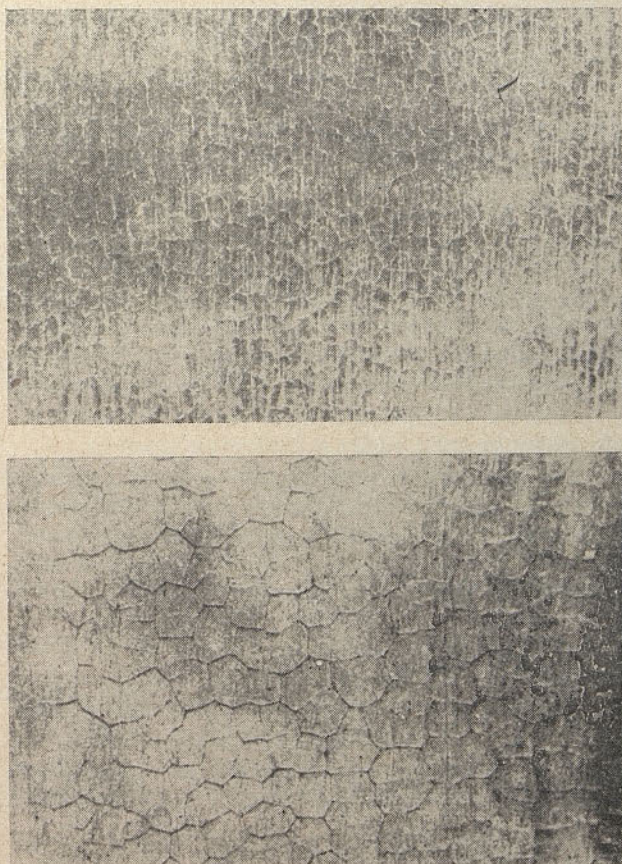
- trdi nodularni valji
- poltrdi nodularni valji



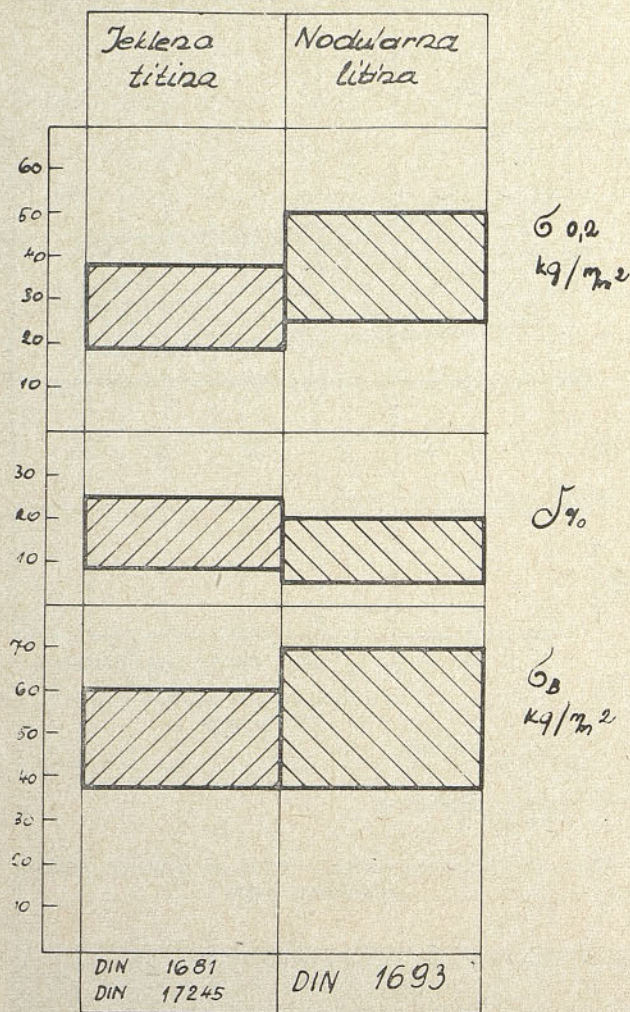
Slika 12: Diagrama padcev trdote v trupu valja za nodularne valje in za valje z lističastim grafitom



Slika 13: Diagram padcev trdot za trde in poltrde nodularne valje



Slika 14: Fotografska posnetka razpokane površine pri valju iz grafitne jeklene litine in pri valju iz legirane jeklene litine



Slika 15: Diagram območja trdnosti (in trdote) in raztezka za jekleno in nodularno litino

Trdi valji imajo na površini visoko trdoto, ki sorazmerno hitro pada proti sredini valja; sredina trdih nodularnih valjev je mehka in žilava. Čeprav se po poteku trdot lahko približno določi trda plast, menimo, da nodularni valji nimajo izrazito bele plasti. Tudi prehod na mehkejšo, žilavo jedro je počasnejši kot pri navadnih trdih valjih z lističastim grafitom.

Slika št. 12 prikazuje potek trdot trdih nodularnih valjev in trdih valjev z lističastim grafitom.

Poltrdi nodularni valji imajo nižjo površinsko trdoto, ki pa le polagoma pada proti sredini valja. (Podobno kot pri poltrdih valjih iz litine z lističastim grafitom.) Sredina poltrdih valjev je le nekoliko mehkejša od njihove delovne površine, v večini primerov imajo nekoliko tršo strukturo jedra kot je pri trdih nodularnih valjih. Razliko med trdimi in poltrdimi nodularnimi valji vidimo iz slike št. 13.

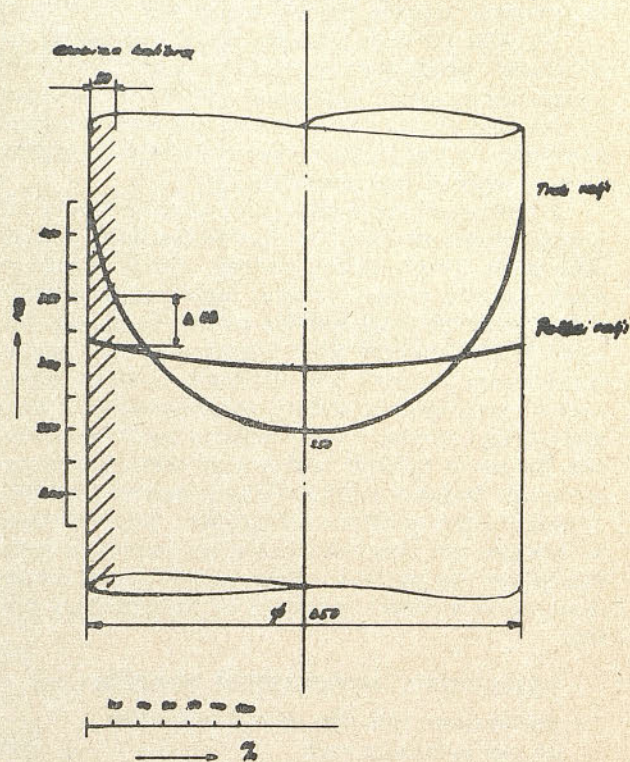
Območje poltrdih valjev lahko sega zelo visoko, posebnost pri visokolegiranih nodularnih valjih.

Uporabnost nodularnih valjev na posameznih progah oziroma ogrodjih določata dva činitelja:

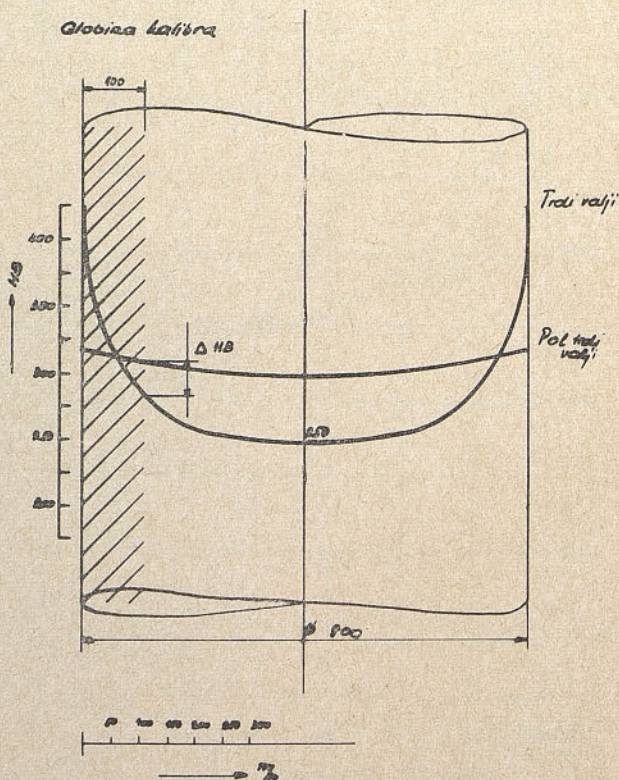
- pritiski v ogrodju
- globine kalibrov

Pri ogrodjih z visokimi pritiski in globokimi kalibri nam trdoto valjev omejuje nagnjenost valjev k zlomu. Perlitna in perlitno-feritna (ali litina z zgor-

njim bainitom) ima visoke mehanske lastnosti in visoko žilavost (220 HB, trdnost (40–50 kg/mm²). Na takšnih profilnih ogrodjih uporabljajo še vedno jeklene valje, vendar jih danes že uspešno zamenjujejo z nodularnimi. Jekleni valji imajo nekoliko višjo žila-



Slika 16: Diagram padca trdote — primer plitvih kalibrov



Slika 17: Diagram padca trdote — primer globokih kalibrov

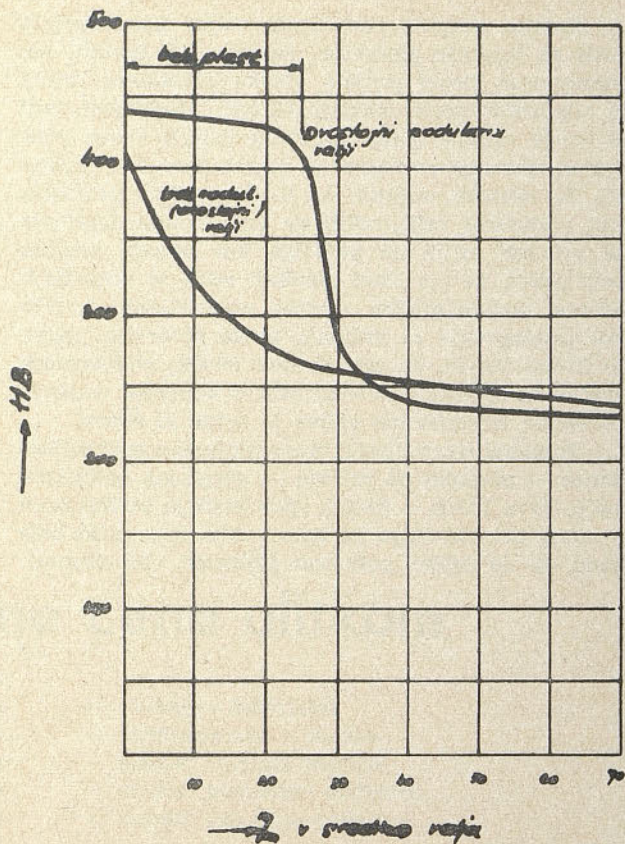
vost in druge mehanske lastnosti, vendar so nodularni valji nekoliko trši, razen tega pa grafit ugodno vpliva na obrabo. Tako imamo že vrsto primerov, da so bili nodularni valji boljši od jeklenih in da je bila njihova uporaba upravičena kljub nekoliko višji ceni.

Na sliki št. 14 vidimo vpliv grafita na kvaliteto površine (oziroma obrabo) valja, na sliki št. 15 je diagram območja trdot za jeklene in nodularne valje iste vrste.

Ogrodja z manjšimi in srednjimi pritiski in globokimi kalibri imajo poltrde nodularne valje srednjih trdot. Trdota valjev je omejena z nevarnostjo zlomov ali krušenja kalibrov. Trdote se gibljejo do 330 HB na račun prostega cementita in do 400 HB na račun cementita in bainita. Nodularni valji višjih trdot (posebno na račun cementita) imajo že pri vli-vanju močne notranje napetosti in so nagnjeni k po-kanju. Nodularni valji slabše prevajajo toploto in jih moramo intenzivno hladiti.

Pri valjih s plitvimi kalibri so površinske trdote višje, na teh ogrojdih lahko uporabljamo trde nodularne valje. Trdota valjev hitro pada in imajo sredino žilavo. To so navadno valji manjših dimenzij.

Na slikah št. 16 in 17 je prikazana uporabnost valjev glede na globino kalibrov. V prvem primeru — slika št. 16 — (plitvi kalibri) smo v globini kalibra pri trdih nodularnih valjih pridobili na trdoti, medtem ko smo v drugem primeru — slika št. 17 — (globoki kalibri) v globini kalibra pridobili pri pol-trdih nodularnih valjih.



Slika 18: Diagram padca trdote za trde nodularne valje in za dvoslojne nodularne valje

VRSTE NODULARNIH VALJEV, KI JIH PROIZVAJA ŽELEZARNA STORE:

Oznaka	Naziv	Struktura	Trdota površine HB	Bela plast mm	Hlajenje	Uporaba
KGR-N-PT	specialni poltrdi	perlitna z nodul. grafitom; z ali brez prostega cementita	220—360	nima	močno	na predprogah, namesto jeklenih valjev
KGR-N-T	specialni trdi	perlitno-cementitna z nodul. grafitom	340—440	nima	močno	za drobne profile, za valjanje gredic na univer. progah
KGR-L-PT	specialni poltrdi legirani	acikularna z nodul. grafitom; z ali brez prostega cementita	275—400	nima	močno	isto kot pri »KGR-N-PT«, z večjo odpornostjo proti obrabi in zlomom
KGR-L-T	specialni trdi legirani	acikularna s prostim cementitom in nodul. grafitom	400—450	nima	močno	isto kot pri »KGR-N-T«, z večjo odpornostjo proti obrabi in zlomom
KGR-PL	specialni za pločevino	perlitno cementitna na površini; sredina nodul. grafit in perlit	380—480	nima	močno	za valjanje pločevine na trio ogrojdih
KGR-PL-D	specialni za pločevino dvoslojni	trda plast perlitno cementitna; sredina nodul. grafit in perlit-ferit	380—480	10—30	nima	za valjanje pločevine brez hlajenja
KGR-K	specialni kaljeni	nodularni grafit in martenzit	450—650	nima	nima	reducirni valji za oblikovanje šivnih cevi

Zadnjo skupino nodularnih valjev predstavljajo valji za valjanje pločevine. Zahteve teh ogradij so: sorazmerno visoki pritiski, visoke površinske trdote in odpornost proti luščenju (L. trio). Nehlajeni valji za vroče valjane tanke pločevine morajo razen omejenih lastnosti prenašati še visoke termične napetosti. Za zahteve valjanja na L. triu dobro ustrezajo trdi nodularni valji, odliti na golo kokilo. Luščenje se pri teh valjih ne pojavlja, ker nimajo izrazite bele plasti. Že pri sami površini valja se pojavljajo drobne nodule grafita. Čeprav uporabljamo L. trio kot predogrodje za valjanje tanke pločevine, menijo livarji valjev, da zelo drobni izločki nodularnega grafita ne morejo škodovati niti na končnem valjanju pločevine. Sredina teh valjev je trdna in žilava.

Za nehlaženo valjanje vroče pločevine uporabljajo danes — posebno na vzhodu — dvoslojne nodularne valje. Prva litina, z visoko sposobnostjo podhlajanja — tvori pri odlivanju na golo kokilo čisto trdo belo plast, ki jo lahko poljubno izbiramo (10—30 mm).

Le pri teh valjih je bela plast izrazita in jo lahko merimo. Sredino valja odlivamo iz druge, mehkejše litine. Potek trdot in razlike med zadnjima vrstama valjev so razvidne iz diagrama na sliki št. 18.

Uporaba nodularnih valjev se danes širi tudi na moderne valjarniške proge:

- za valjanje širokih trakov («HOT STRIP MILL») uporabljajo deloma visokolegirane trde nodularne valje,
- za vmesna («INTERMEDIATE STANDS»), včasih tudi končna ogrodja,
- na reducirnem ogrodju za oblikovanje cevi uporabljajo kaljene nodularne valje s površinskimi trdotami okrog 600 HB,
- za podporne valje na kvarto ogroddjih, za hladno valjanje aluminija, bakra itd., tam, kjer so delovni valji zelo trdi in pride do izraza tudi obraba podpornih valjev.

VLADO MAGANJA:

Določitev stvarne lastne cene ulitkom

Točno predračunsko določanje stvarne lastne cene ulitku zahteva urejen sistem evidentiranja stroškov. Za naše razmere je to še posebej zahtevno, ker je proizvodnja pestra ne samo po vrstah ulitkov, po teži, kvaliteti in stopnji kompliciranosti, smo pa tudi nosilec stroškov, ki nastajajo izven obrata.

Iz podatkov finančno knjigovodske službe je mogoče videti zaključke za določeno poslovno obdobje, lahko ugotovimo materialno-finančne rezultate podjetja, enote ali vrste proizvoda v splošnem ne pa za posamezna naročila ali celo vrsto ulitkov. Iz teh pregledov lahko ugotovimo le splošne vzroke za uspeh ali neuspeh poslovanja. Taki pregledi imajo namen, da dobimo splošno sliko, kar pa je za livarno odločno premalo. Popolnoma nas lahko taki pregledi zadovoljijo pri unificirani proizvodnji ali pa livarno, ki proizvaja le nekaj vrst ulitkov. Naša livarna ima na programu skozi vse leto več kot tisoč vrst različnih ulitkov.

Določanje cene na osnovi povprečnih rezultatov za določeno obdobje pomeni, imeti pretirane izgube in dobičke pri posameznih naročilih. Iz takih knjigovodskih prikazov ni mogoče detajlno razbrati tehničnega napredka in njegovega vpliva na znižanje proizvodnih stroškov.

Tu ugotovitve so bile podlaga, da smo pričeli s predračunavanjem posameznih ulitkov po sistemu tako, da smo uporabili splošne finančno-knjigovodske podatke. V predračunu so upoštevani tile stroški:

- vložek in stroški pretaljevanja
- energija
- pomožni materiali
- izdelavne plače
- obratovna režija
- fiksni stroški
- stroški obdelave

Stroške smo delili v dve skupini in jih imenovali direktne in indirektno. Direktne stroški so tisti, ki jih lahko vnaprej določimo za vsak posamezen ulitek, in sicer:

- vložek — izkoristek
- izdelavne ure — norma
- stroški izdelave modela
- stroški mehanske obdelave
- stroški termične obdelave

Indirektni stroški so tisti, katerih višino določimo iz splošnih finančno knjigovodskih podatkov, proizvede pa bremenimo v odvisnosti od števila izdelavnih ur ali fizične teže.

Naš dnevni proizvodni program zajema ulitke težke od enega kilograma pa tudi več kot pet ton surove teže. Med razlogi, ki govore v prid individualnim predračunom, je tudi poslovni red, saj moramo kupcu na njegovo zahtevo predložiti predračun stroškov.

Danes občutijo livarne sive litine močno zaostritev konkurence, proizvodni riziko se glede na vse večje kvalitetne zahteve večja. Podlaga za uspešno izdelavo predkalkulacij so tehnične norme in na osnovi teh bomo lažje ugotavljali in določali zmogljivosti. Zaključeno naročilo mora vsebovati razen predračunskih vrednosti tudi realizirane.

V našem primeru smo vzeli za osnovno merilo storilnost, tj. fond formarskih produktivnih ur. Z naraščanjem norma ur raste proizvodnja. Odklone v produktivnosti v negativnem smislu, ki bi eventualno nastali, lahko vidimo ob zaključku vsakega meseca. Evidenca sortimenta po teži in mesečni zaključki omogočajo popravek osnovne vrednosti indirektnih stroškov.

Spodnja tabela prikazuje delitev stroškov po odvisnosti:

Stroški proporc. izd. uram	Stroški proporc. fiz. teži
— izdelavne plače	— amortiz. osn. sredstev
— pomožni material	— zavarovanje
— energija	— obresti na obr. sredstva
— popravila	— upr. prod. režija
— invest. vzdrževanje	— obresti na osn. sredstva
	— obratovna režija

Zanimivo je vedeti, kakšen je delež stroškov v strukturi kalkulacije. V naslednji tabeli je primer za strojno litino s 75% izkoristkom, za dobo enega leta.

Strošek	Vrsta stroška	%
Vložek + stroški taljenja —		
— odgor + povratni material	direktni	38,3
ferolegure	direktni	3,4
pomožni material	indirektni	7,5
obdelava	direktni	5,5
energija	indirektni	3,8
plače	direktni	12,5
obratovna režija	direkt-indirekt.	15,4
Upravno prod. režija,		
obr. obr. sredstev,		
investic. vzdrževanje,		
amortizacija itd.	indirektni	13,6
Lastna cena		100

Pregled v zgornji tabeli nam praktično ne pove mnogo, ker je udeležba po pozicijah niže vložka zelo različna pri posameznih ulitkih, zlasti na direktnih stroških.

Kakšen je porast cene glede na procent izkoristka, za kvaliteto SL 18, na podlagi povprečnih izračunov za dobo enega leta, prikazuje tabela:

Izkoristek %	Indeks porasta cene
talina	100
90	105
80	112
70	122
60	136
50	153
40	180
30	223
20	310

Iz gornjih pregledov lahko ugotovimo, da je zelo zmotno mišljenje, da glavni del izgub v livarni izhaja iz slabih izkoristkov, visokih cen vložka in stroškov taljenja, temveč je največje zlo izmeček. Če primerjamo izgube zaradi direktnega izmečka s tistimi zaradi slabega izkoristka, ugotavljamo, da znašajo te približno 70 % stvarne lastne cene, medtem ko pa s slabo tehnologijo dosežemo npr. le 50% namesto 80% izkoristek, s tem izgubimo 15 % od vrednosti stvarne lastne cene. To seveda ne pomeni, da gre podcenjevati pripravo tehnologije za dosego čim boljšega izkoristka, kajti tudi slaba tehnološka priprava je lahko kaj pogosto vzrok za izmeček.

Tehnološka disciplina lahko največ pripomore k preprečitvi in zmanjšanju izmečka. Najpogostnejši vzroki za izmeček so slabo izdelane forme, nepravilna izbira peska, slaba priprava peska, nizka temperatura taline, nepravilne dimenzije modelov itd.

Za predračun stroškov moramo določiti sledeče:

- izkoristek
- porabo tekočega železa (upoštevajoč izkoristek z oz. na ulivni sistem in izmeček)
- stroške, ki so proporcionalni formarskim uram
- stroške, ki so proporcionalni fizični teži
- stroške mehanske obdelave
- število norma ur za izdelavo forme
- stroške za izdelavo modelov
- stroške za termično obdelavo

V naslednjih dveh predračunih je primer izračunavanja brez direktnih stroškov razen vložka, z namenom prikazati odvisnost lastne cene od storilnosti.

I. Primer:

Korito za žlindro, hematitna litina, brez mehanske obdelave, kosovna teža 3455 kg, izkoristek 80 %, čas izdelave 116 ur.

Vložek	62 din/kg
stroški proporc. fizič. teži	32 din/kg
stroški proporc. izdel. uram	65 din/kg
(116 × 1950)	
3455	
stvarna lastna cena	159 din/kg

II. Primer:

Rešetnice, siva litina, kosovna teža 4,5 kg, izkoristek 80 %, izdelavni čas 0,28 ure.

Vložek	62 din/kg
stroški proporc. fizič. teži	32 din/kg
stroški proporc. izdel. uram	121 din/kg
(0,28 × 1950)	
4,5	
stvarna lastna cena	215 din/kg

Iz primerov vidimo, da je višina lastne cene v močni odvisnosti od stroškov, ki nastajajo proporcionalno izdelavnim uram. V prvem primeru imamo storilnost cca 30 kg/uro v drugem komaj 16 kg/uro, zato so stroški po kg in tej odvisnosti znatno višji.

Taki izračuni nam dajo zelo otipljiva merila, ker gre za direktno odvisnost od storilnosti. Praktični izračun lahko poenostavimo tako, da napravimo cenik izražen s storilnostjo v kg/uro in dinarjih.

Taka metoda predračunavanja lahko pogosto dikтира tehnologijo, ko je treba prvotno zamišljeni način tehnologije menjati in poiskati druge bolj ustrezne rešitve, ker nam računi takoj pokažejo, da pri prvotni tehnologiji izračunane cene naročnik ne bo plačal. Tak način dela prinaša tudi kvalitetne spremembe, predvsem študij tehnologije, ki sčasoma lahko postane stalna oblika dela. Pripravljena tehnologija formanja zmanjšuje izgube z izmečkom in brez dvoma je, da je ceneje trošiti čas za temeljito tehnološko pripravo in predračune, kot pa izgubljati dragocene ure neposredno v proizvodnji.

Izračunavanje elementov v predračunu je tehnično delo, ki ga lahko opravijo le tehnologi, normirci. Ta metoda kalkuliranja ima določene pomanjkljivosti oz. potrebno je, da spremljamo vse ostale indirektno stroške in jih občasno po potrebi popravljamo. Spremljati moramo:

- periodične rezultate glede na predpisane normative
- normiranje storitev
- odstopanje predvidenih cen surovin in materiala od dejanskih
- fond direktno produktivnih ur in število zaposlenih

Obračun stroškov se mora izvršiti po razpisanih nalogih, tako nam je možno, da lahko odčitamo na izvršenih nalogih predračunske od dejanskih stroškov. Finančno knjigovodska služba pa mora v takem primeru prikazovati periodične rezultate po stvarnih, ne pa po planskih cenah.

Danes je v strokovni literaturi že precej napisane o metodah kalkuliranja, vendar so te metode zelo različne. Nekateri se poslužujejo povprečnih stroškov na utežno enoto za določeno periodo, kar je manj točno, drugi z delitvijo na razne stopnje kompliciranosti ali zopet na utežne grupe, stroškovne koeficiente obračunske tone, delitve po agregatih, delovnih fazah, skratka kar je bolj dostopno in primerno.

ALOJZ ŠTURBEJ, dipl. inž. kemije:

○ napakah pri določanju oligoelementov

V našem laboratoriju že nekaj časa zasledujemo količino oligoelementov v surovem železu in nekaterih livarskih izdelkih. Oligoelementi so vsi tisti, ki pridejo v surovo železo proti naši volji med proizvodnjo, pri kasnejši predelavi pa imajo večje ali manjše učinke. Njihova količina je relativno majhna glede na druge elemente, toda absolutno vzeto, je precej velika.

Ker je vsebnost teh elementov v surovem železu zelo nizka, zahteva njihova določitev več posebnih pogojev. Te pogoje moramo upoštevati, če hočemo da bodo rezultati imeli kakšno praktično vrednost. S sedanjo metodiko dela ne smemo pričakovati velike natančnosti in zato skušamo v laboratoriju razviti primernejše metode, ki bi dale bolj realen podatek o količini teh elementov.

Najnovejša dela na področju določanja sledov elementov so po svetu sprožila predvsem vprašanje točnosti analiz. To vprašanje je upravičeno, saj se ti elementi v razmeroma čistem materialu gibljejo med stotinko in deset tisočinko procenta. Tudi z najbolj občutljivimi in dognanimi metodami moramo pri teh koncentracijah računati z $\pm 10\%$ napake. Za določanje sledov elementov se nikjer v svetu ne uporabljajo klasične gravimetrične in volumetrične metode, kajti verjeti rezultatom, dobljenim po tej poti, bi bilo preveč optimistično. Da je to res, bom navedel nekaj pogojev, ki nam lahko dajo popolnoma napačne rezultate.

V našem laboratoriju uporabljamo v glavnem kemikalije »Riedel-De Haen« in »Merck«. To so trenutno najboljše in najčistejše kemikalije na evropskem tržišču. Toda že kratek pogled na analizo nečistoč v reagentih nam pove, da za analizo sledov elementov niso primerne. Že same kemikalije vsebujejo elemente, ki jih določamo. Za primer navajam analizo maksimalnih onečiščenj v reagentu:

Netopno v amonijaku	0,0009 %
Kloridi	0,0005 %
Nitrati	0,0008 %
Fosfati	0,001 %
Težke kovine (Pb)	0,0008 %
Železo	0,0005 %
Aluminij	0,001 %
Kalcij	0,0025 %
Magnezij	0,0004 %
Arsen	0,00005 %

Če računamo, da med analizo porabimo več kot 50 g najrazličnejših kemikalij, potem vidimo, da nam reagenti sami prinesejo v analizo večjo količino nekega elementa, kot ga je dejansko v vzorcu. Naj navedem primer pri določanju svinca: pri analizi se porabi 230 g HCl, 18 g H₂SO₄, 7 g HNO₃. Atesti na reagenčnih steklenicah nam povedo, da vsebuje:

HCl 0,0005 % Pb
H₂SO₄ 0,0005 % Pb
HNO₃ 0,0005 % Pb.

Če to preračunamo na količino reagentov, ki se v analizi porabijo, vidimo, da med analizo pridobimo 0,001247 g Pb, kar nam da preračunano na 2 g zatehtanega vzorca 0,062 g Pb. Pri takšnem dotoku Pb v analizo je nemogoče pri tako majhnih količinah podati realen rezultat.

Takšne primere bi lahko navedel za vse oligoelemente. Hočem poudariti le to, da z gravimetrično metodo ne moremo priti do realnega rezultata, ob uporabi takšnih reagentov, ki so nam na razpolago. Čistost reagentov je najvažnejši faktor. Reagenti se kupijo v različni čistosti, kar se primerno kaže tudi pri ceni reagentov. Mi moramo rabiti kar se da čiste reagente in za mnoge namene bi jih bilo potrebno še dodatno očistiti pred uporabo. Na Zahodu imajo posebne reagente za določanje sledov elementov kot npr. »PbF« (Pb free). Mimo tega pa imajo reagente, ki ustrezajo po stopnji čistosti našim, npr. Anal. R, G. P. R. 5 g »Anal. R« ali podobnega reagenta vsebuje 10 do 30 mikrogramov Pb, kar ustreza 0,0002–0,0006 % Pb. Za določitev Pb nad 0,002 % se »Anal. R« lahko rabi, za vsebnost Pb pod 0,002 % pa moramo imeti reagent, ki ima manj kot 0,5 mikrogramov Pb. Takšen reagent je »PbF«, ki vsebuje

2.10–7 % Pb. Vidimo, da je razlika v čistosti med našimi reagenti in »Anal. R« ter »PbF« ogromna. S temi reagenti bi imela tudi klasična analiza smisel. Sicer je pa zelo težko primerjati čistost posameznih reagentov, ker variira od pošiljke do pošiljke, vrh tega pa tudi atesti, ki podajajo čistost reagenta, niso popolni. Npr. steklenica »Anal. R« solitrne kisline vsebuje več kot 0,0002 % Al, toda druga steklenica istega reagenta vsebuje 0,000005 % Al. Nekatere steklenice »G. P. R.« reagenta pa so boljše kot »Anal. R«, čeprav velja »G. P. R.« za manj čisto kemikalijo. Nekateri elementi pa pridejo v reagente šele v samih steklenicah iz stekla. Količina teh elementov na atestu ni dana, a je kljub temu pomembna za analizo oligoelementov.

Ker je cena analize odvisna od čistosti reagentov, navajam nekaj podatkov za primerjavo:

Določitev	Vrsta reagenta	Povprečna cena
obratne analize		
Si — H ₂ SO ₄	G. P. R.	1
Si — HClO ₄	"	12,5
P — fotometr.	"	4
Mn — fotometr.	"	1,3
Ni — volumetr.	"	3,0
Ni — fotometr.	"	2,5
Cr — volumetr.	"	2,0
Pb — Molibdaty	"	3,0
Al — fluorid	"	17,0

Določitev	Vrsta reagenta	Povprečna cena
analize sledov elem.		
Pb 0,0005 %	Anal. R	58,3
Pb 0,0005 %	PbF	100,0
Al 0,001 %	Anal. R	74,0
Al 0,001 %	PbF	104,0
Sb 0,001 %	Anal. R	16,0
Co 0,001 %	Anal. R	24,0
Co 0,001 %	Anal. R	46,0

Osnova za ceno je pri Si = 1.

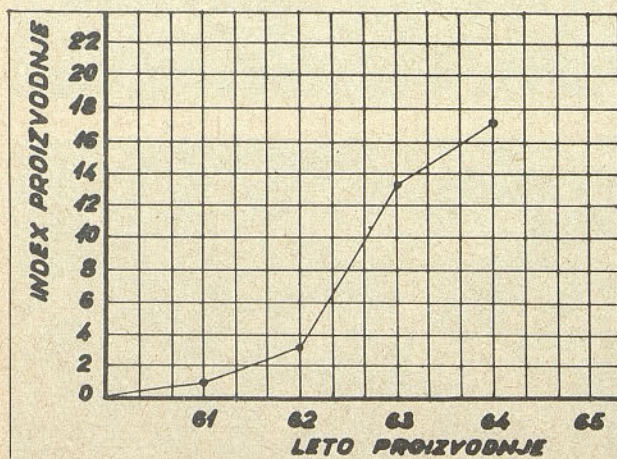
Analiza oligoelementov odnosno sledov elementov pri sedanji izbiri reagentov in s klasičnimi metodami torej ne bo dala dovolj točnih rezultatov. Rešitev je morda v izdelavi metod, kjer bi lahko kompenzirali dotok elementov iz reagentov. Mislim, da bi se zelo dobro obnesle fotometrične metode, kjer se da vzporedno napraviti slepe probe iz samih reagentov. Nekaj takšnih metod je v literaturi že objavljenih, npr. za določanje Sb, Al, Bi, Pb, Co. Za ostale elemente pa jih bo potrebno še izdelati.

Analiza sledov elementov zahteva mnogo bolj rafinirano analitsko tehniko. To je težko opisati, kajti to se lahko samo vidi, in sicer pri demonstraciji v laboratoriju. Sploh sem mnenja, da se takšne analize ne da napraviti v obratnih laboratorijih z običajnimi reagenti in aparati. Končno merjenje naj bi se izvršilo vedno instrumentalno z zelo občutljivimi instrumenti, kajti občutljivost mnogih metod zavisi od občutljivosti instrumentov. Zato je potrebno uporabljati zelo fine instrumente, kot so: spektrofotometer, plamenski spektrofotometer, spektrograf in polarograf.

Izdelava nodularne litine z domačim grodljem

V zadnjih letih se je v evropskih in izvenevropskih državah močno razvila proizvodnja nodularne litine, ki zadovoljivo zamenjuje temper in jeklolitino v nekaterih panogah industrije, zlasti v motorni in strojni industriji. To je v bistvu siva litina s krogličastim grafitom. S tem, da dobi litina krogličast grafit, se menjajo tudi njene mehanske lastnosti. Zrušilna trdnost materiala se v tem primeru poveša na 55 do 65 kg/mm², raztezek pa na 5 do 10 %. Metode za doseg omenjenih rezultatov so znane in publicirane v strokovni literaturi.

Leta 1961 smo pričeli tudi pri nas v program litja postopoma uvajati nodularno litino. Prvi začetki izdelave odlitkov iz omenjene litine so bili borni, ker je bilo potrebno razvijati tehnologijo formanja vzporedno z nenehnim in neenakomernim dotokom naročil za razne vrste odlitkov, to je lažjih, težjih in takih z različno konfiguracijo in debelino sten. Proizvodnja nodularne litine je pri nas v stalnem porastu, kar najbolje prikazuje diagram.



Za omenjeno proizvodnjo smo v glavnem uporabljali specialne grodlje s sledečo oznako: TH F1, TH 55 D 1, in TH 55 S 1. Razlika med posameznimi grodlji je bila le v kemijski analizi, in sicer samo pri C in Si. Ker je proizvodnja nodularne litine vezana na omenjene surovine, smo za primer prekinutve redne dobave, izvedli že v lanskem letu nekoliko poizkusov s specialnim grodljem, produktom našega elektroplavža. Od petih poizkusov ni bil nobeden uspešen, vsi rezultati so bili negativni. Pri enem od teh poizkusov je bil uporabljen domači specialni grodelj številka 9408 s takole kemijsko analizo:

C = 3,92, Si = 1,92, Mn = 0,24 %, P = 0,054 %, S = 0,0035 %. Za vložek smo uporabili visoko procenten FeSi in specialni grodelj v razmerju 1 : 99. Temperatura taline pred obdelavo je bila 1430° C. Obdelava je potekala ob enakih pogojih kakor obdelava taline iz že navedenih specialnih grodljev. Končen rezultat je bil pretežno lamelarni grafit v perlitno-feritni osnovi. Nodulacija grafita je bolj uspela pri tanjših presekih, kakor pri debelejših, to je najbolje vidno iz tabele štev. 1, kjer so mehanske lastnosti na tanjših presekih neprimerno boljše kakor na debelejših.

Tabela 1

Proba št.	Deb. sten mm	Natez. trd. kg/mm ²	Raztezek %	HB trdota
1	5	45.7	1,7	210
2	10	47.7	1,6	207
3	15	39.0	1,9	201
4	25	29.9	2,0	197
5	50	24.1	2,0	170

Pri nadaljnjih poizkusih smo uporabili grodelj, izdelan v letošnji kampanji po remontu elektroplavža. Prisotnost oligo elementov je bila zreducirana na minimum oz. na mejo, pri kateri ne morejo več škodljivo vplivati na nodulacijo grafita v litini. Že prvo poizkusno taljenje v kupolkah je pokazalo zelo dobre rezultate, ki se lahko v vsakem primeru primerjajo z rezultati dobljenimi z grodlji TH 55 D 1, TH 55 F 1 in TH 55 S 1. Poizkusni grodelj smo talili v kupolki štev. 2 po rednem taljenju. Za preizkus je bil uporabljen grodelj štev. 28 s tole kemično analizo:

C = 4,16 %, Si = 1,66 %, Mn = 0,25 %, S = 0,0011 %.

Zlomnina v tem primeru ni bila uporabljena, morali smo pa zaradi večjega dodatka vmesnega koksa talino razžveplati že v peči z dodatkom 0,5 % Na₂CO₃. Temperatura taline 1390° C ni bila najboljša, toda še vedne zadovoljiva za obdelavo z elektronom in litje v forme. Za poizkus je bila uporabljena 3 tonska ponovca s pokrovom in priključki za dodajanje elektrona. Izdelanega je bilo 3 tone koncentrata za 5 ton nodularne litine. Na sliki št. 1 je metalografski posnetek 1. tehnološke probe po modificiranju taline z elektronom. V prelomu je viden ledeburit in primarni cementit. Litina je bila nadevtektične sestave.

Talino modificirano s 75% FeSi smo odlili v pripravljene y probe, ki ustrezajo našim standardom. Enako kakor pri prvem neuspelem preizkusu so bile tudi v tem primeru pripravljene probe z debelino sten od 5 do 50 mm. Mehanski rezultati posameznih prob ustrezajo osnovni strukturi, obliki grafita in količini cementita. Na metalografskih posnetkih prob z debelino stene od 5 do 15 mm je osnovna struktura pretežno perlitna, s prostim cementitom, le



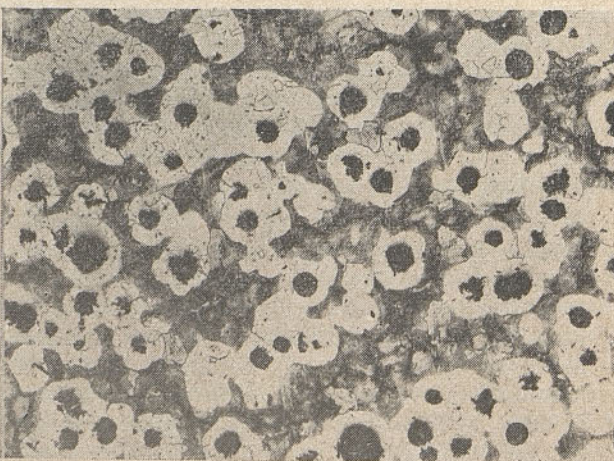
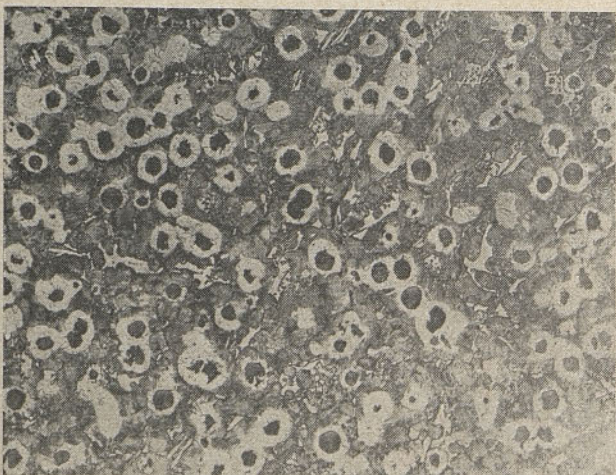
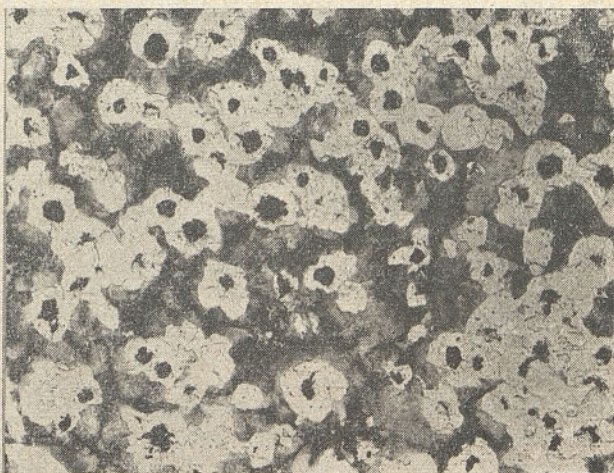
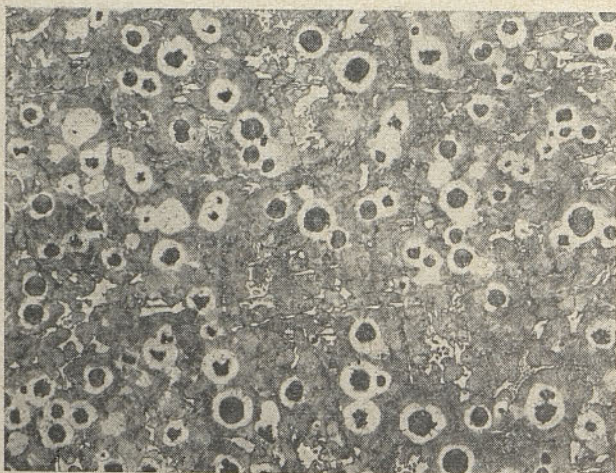
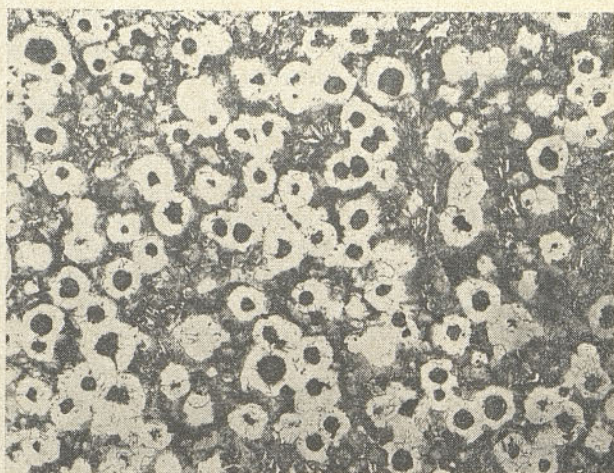
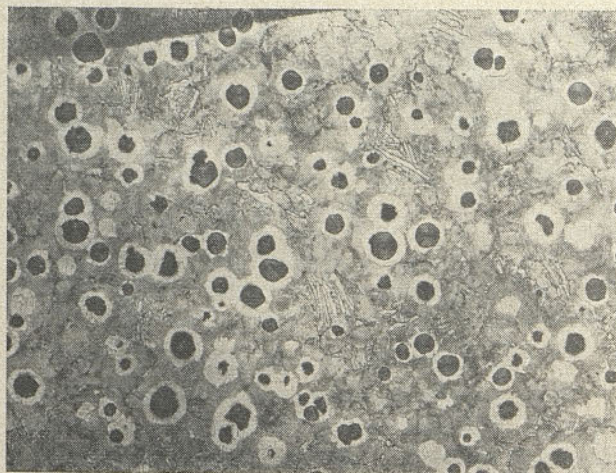
Slika št. 1

okoli nodul je nekoliko ferita. Temu primerna je tudi nižja zrušilna trdnost in plastičnost materiala. Metalografski posnetki prob z debelino stene 20 do 50 mm pa kažejo feritno-perlitno osnovno strukturo brez prostega cementita. Zrušilna trdnost teh je neprimer-
no višja in presega 60 kg/mm², kar je za naše pogoje zadovoljivo. Zaradi pretežno feritne osnove je bil material zelo plastičen, saj je raztezek presegal 15 %.

Na metalografskih posnetkih (slike št. 2 do 7) je vidna struktura nodularne litine, izdelane z domačim grodljem. V tabeli šte. 2 so dane mehanske lastnosti za primerjavo.

Tabela 2

Proba št.	Deb. sten mm	Natez. trd. kg/mm ²	Raztezek %	HB trdota
1	5	48,4	1,0	272
2	10	51,3	1,0	260
3	15	60,0	2,5	215
4	20	60,2	16,6	211
5	25	59,7	10,0	207
6	30	52,3	16,6	195
7	50	57,0	8,3	195



Slike št. 2 — 7

MATIJA ŽUMER dipl. inž. met.

O organizaciji proizvodnje valjev I

Med svojo prakso pri ameriški firmi Blaw-Knox Company, sem se razen svojega študija tehnologije izdelave litoželeznih in jeklenih valjev, zanimal tudi za organizacijo tovrstne proizvodnje. Želel bi opozoriti, da gospodarjenje v kapitalističnih pogojih narekuje svojstveno obliko povezave prodajalec-kupec. Vendar pa je organizacija same operative za našo mlado livarno valjev, ki v primerjavi z drugimi ameriškimi in evropskimi livarnami valjev nima take tradicije, lahko v marsičem poučna in posnemanja vredna, seveda v taki obliki, ki bo ustrezala našim pogojem.

Proizvodnja valjev ima nekaj specifičnosti, ki so oblikovale posebne organizacijske oblike. Proizvodnja jekla je doživela in še doživlja izreden vzpon prav zaradi tega, ker je bilo postopke možno v precejšnji meri avtomatizirati, ker tam nastopa manj sprememb, ki jih moramo regulirati. Pri proizvodnji jekla namreč

- v prvi fazi, to je v jeklarski peči ali konvertorju reguliramo le kemično sestavo jekla;
- v drugi fazi, to je pri valjanju, jeklo le preoblikujemo tako, da dobi ustrezno obliko.

Na ta način dobimo valjano jeklo, ki je šele polizdelek, ki ga nadalje preoblikujemo, termično obdelamo, korozijsko zaščitimo itd.

Tudi v livarski proizvodnji je razvoj privedel do serijskih postopkov in mehaniziranega dela.

Posebnost proizvodnje valjev (tu mislim predvsem litoželezne) je v tem, da v eni sami operaciji pridemo od surovin do končnega izdelka. Pri tem pa nastopa cel niz spremenljivk oziroma faktorjev, ki je od njih odvisna kvaliteta izdelka, pa jih doslej ni bilo mogoče kompleksno zajeti tako, da bi bilo mogoče postopek poenostaviti. O tem precej razmišljajo na Zahodu, kajti tam igra važno vlogo cena delovne sile, vendar za zdaj pri proizvodnji valjev ni na vidiku kakšna bolj radikalna rešitev. V novejšem času postaja zanimivo predvsem taljenje v indukcijskih pečeh, ki zagotavljajo bolj zanesljivo metalurško delo, precizno legiranje in ustrezno pregrevanje taline.

Ne smemo prezreti tudi dejstva, da večina livarn valjev izdeluje cel niz kvalitet, od katerih vsaka zahteva drug tehnološki postopek. Asortiment valjev je tudi dimenzijsko širok, tako da delajo livarne valjev tudi 50 kg težke kolute na eni in do 50 ton težke podporne valje na drugi strani. Pri takem asortimentu o kakšni serijski proizvodnji ne more biti govora, še posebno ne v evropskih pogojih (v ZDA se je sicer prav v zadnjem času Hyde Park Foundry & Machine Co. specializirala samo za proizvodnjo valjev za valjanje širokih trakov na kontinuirnih progah in so valji, izdelek te tovarne, v letu 1963 v več valjarnah dosegli rekordne rezultate; taka specializacija je za zdaj možna le v pogojih, kakršni so v ZDA). Širok asortiment zahteva tekoče vsklajevanje taljenja po kvalitetah in teži v talilnih agregatih, istočasno pa tudi izdelave form, priprave kokil itd. Razen tega pa je potrebno upoštevati še želje oziroma potrebe naročnikov in temu ustrezno planirati proizvodnjo.

Taki pogoji dela narekujejo izrazito delitev dela v sami operativi. Po eni strani to poveča storilnost, kajti v tem primeru se delavci, predelavci in mojstri zadržujejo na manjšem prostoru, po drugi pa pozitivno vpliva na kvaliteto, saj je število delovnih operacij, ki jih opravi posameznik tako manjše in vsakdo svoje delo bolje obvlada ter je bolj zanesljiv. Predelavec ali mojster nadzoruje potek dela (medfazni kontrolor) registrira vse podatke (podatki za statistično kontrolo in evidenco) ter časovno razporeja izdelavo npr. forme (vključen je v obratno pripravo dela).

Pri obravnavi značilnosti proizvodnje valjev moramo upoštevati še nekaj. Poizkusil bi namreč analizirati: kaj proizvodnja valjev v bistvu predstavlja. Je

namreč neke vrste vzdrževanje valjarn. Slično kot moramo nože, ki jih rabimo za struženje jekla nabrusiti, da lahko z njimi ekonomično nadaljujemo struženje, moramo tudi valj, ki ga je valjar na površini izrabil za nekaj milimetrov, livarji valjev spet obnoviti. Valjar je izkoristil le nekaj procentov teže valjev! V livarni valjev pa je treba valje le pretaliti, jih metalurško predelati in nadoknaditi obrabo, ki je nastala pri valjanju. Valjarju je valj služil le kot orodje in naloga livarjev valjev je, da se ukvarjajo s tem orodjem. Tudi pri nas moramo valjarju večkrat svetovati, kako naj s tem orodjem postopa, kadar pride v zadrego in je v takem primeru možno dvoje:

- valj kvalitetno ni ustrezal
- pogoji valjanja oziroma postopanje z valjem ni ustrezno.

Seveda so valjarji tudi metalurgi, ki imajo svojo predstavo o kvaliteti valjev, toda njihova naloga je predvsem skrbeti za obratovanje s čim manj zastojev oziroma za čim večjo tonažo na progi ter, da so valjani izdelki v kvalitetnih mejah. Takoj, ko pa valjarju odpove orodje — valj pa je jasno, da valj kvalitetno ni ustrezal pogojem valjanja. Valj, ki se zlomi ali odkruši, povzroči zastoj na valjarniški progi. To pa je vedno sporna točka med valjarji in livarji valjev. Kot v vzhodnih, so tudi v zahodnih državah to problematiko rešili tako, da morajo proizvajalci valjev skrbeti za to, da valji ustrezajo določenim pogojem valjanja, pa tudi svetovati valjarjem, kako naj z valji postopajo. To vključevanje livarn valjev v obratovanje valjarn je na Zahodu organizacijsko morda drugačno kot na Vzhodu, vendar je vloga metalurgov, ki se ukvarjajo s proizvodnjo valjev, povsod ista. V primeru defekta valjev se valjar takoj obrne na proizvajalca valjev z zahtevo, da ga oskrbi z valjem, ki bo boljši, ali ki bo bolj ustrezal pogojem valjanja.

V SZ to problematiko rešujejo inštituti, ki angažirajo valjarje in livarje valjev, razen tega pa tudi livarne same z raziskavami in študijem obratovanja prog in s serijami poskusnih valjev skušajo najti boljše rešitve. Tudi v ZDA rešuje splošne probleme, ki zadevajo kvaliteto valjev, institut R. M. I. (Roll Manufacturers Institute), ki za posamezne naloge angažira livarske in valjarniške strokovnjake, pa tudi univerze, po drugi plati pa se morajo livarne valjev same boriti v ostri konkurenci za uveljavitev na tržišču, ker valjarje zanima le proizvodnja s čim manj zastojev in to celo manj, kot pa cena valjev.

(Nadaljevanje)

Metalografski laboratorij
ZELEZARNA ŠTORE

Varjenje sive in nodularne litine

UVOD

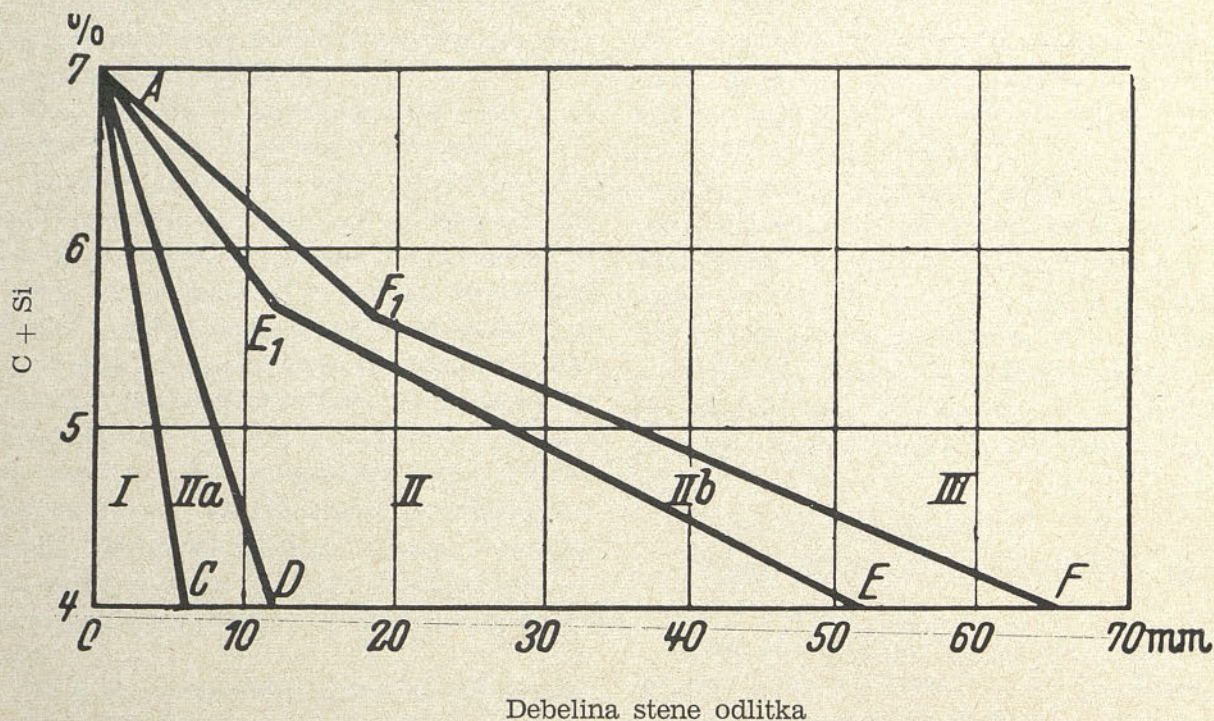
Pri varjenju sive in nodularne litine imamo metalurške pojave, ki se bistveno razlikujejo od pojavov varjenja jekla. Osnovna razlika in težava pri varjenju litine je visoka vsebnost C, ki pri raztaljevanju lahko tvori karbide (cementit) ali pa grafit. Če bi hoteli doseči, da zvarni spoj in zvar ustrezata osnovnemu materialu, bi moral zvar imeti isto strukturo — z grafitom — kot jo ima osnovni material. To pa pri varjenju litine do sedaj ni bilo mogoče doseči ali pa le pri nekaterih redkih postopkih.

Grafitizacija litine zavisi od dveh glavnih vplivov:

- vpliv kemijske sestave
- vpliv hitrosti ohlajanja.

Vpliv kemijske sestave na grafitizacijo je znan, na sivo strjevanje pozitivno vplivajo: C, Si, Ni, Cu, negativno vplivajo: Mn, S, Mg. Če izrazimo vpliv posameznih elementov po reaktivnih faktorjih, dobimo razpredelnico:

Kem. element	rel. faktor	Kem. element	rel. faktor
C	+ 1	Cr	— 3
Si	+ 2	Mn	— 0,2
Ni	+ 1	Mg	— 5
		S	— 2



Slika št. 1: Greiner-Klingensteinov diagram strukture sive litine

OPOMBA: vpliv C smo vzeli kot 1 (globina bele plasti se na primer na valjih poviša pri 0,5 % nižjem C za 15 mm, podobno vplivajo drugi omenjeni elementi, pomnoženi seveda s faktorjem iz razpredelnice).

Vpliv hitrosti ohlajanja na sivo-belo strjevanje je indirektno prikazna na klasičnem diagramu: (sl. št. 1)

Na diagramu vidimo vpliv debeline stene in kemijske sestave na strjevanje litine. Področje I — belo strjena litina, področje II in III — sivo strjena litina, med področjem I in II je melirano strjena litina. Upoštevati moramo tudi, da velja omenjeni diagram za hlajenje v pesku.

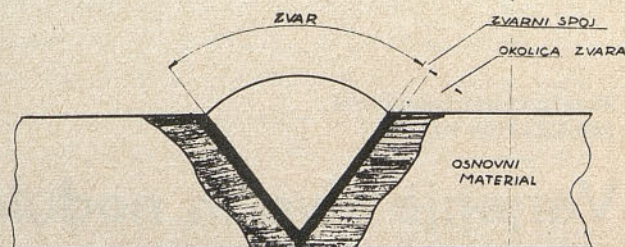
Pri varjenju litine na grafitizacijo zvara ne moremo veliko vplivati s pomočjo kemijske sestave. C se giblje pri osnovnem in dodajnem materialu od približno 2,8 % do približno 3,8 %, Si lahko zvišamo pri dodajnem materialu do 3,5 %, drugi elementi vplivajo v glavnem negativno in jih v večjih količinah pri varjenju nimamo. Hlajenje oziroma strjevanje raztaljene litine je pri varjenju zelo hitro in ga lahko primerjamo le s strjevanjem litine na kokili. Zaradi malih količin raztaljene kovine je strjevanje pri varjenju še mnogo hitrejšo.

Že po grobi oceni navedenih vplivov lahko presodimo, da bomo pri varjenju litine prešli v področje belega in meliranega strjevanja. Nodularna litina bo zaradi vpliva Mg bolj nagnjena k belemu strjevanju kot navadna siva litina.

Razen vpliva na belol-sivo strjevanje moramo omeniti še vpliv legirnih elementov na osnovno strukturo oziroma na strukturo primarnih kristalov. Pri navadni sestavi litine nastane pri varjenju perlit v osnovni strukturi in v primarnih kristalih. Pri večji količini legirnih elementov se značaj osnovne strukture spremeni. Velik vpliv ima Ni, saj dobilo že pri litini s

4 % Ni čisto martenzitno strukturo pri zelo počasnem ohlajanju (nekaj ur). Pri varjenju so razmere še veliko slabše zaradi hitrejšega ohlajevanja. Razen Ni vpliva na osnovno strukturo še Mn, vendar ga ne srečujemo v večjih količinah, medtem ko je Ni zelo važen element pri dodajanju materiala — elektrodah. Za litino pogosto uporabljamo elektrode na bazi Cu. Baker tvori z železom trdno raztopino in ne tvori karbidov — slične lastnosti ima tudi Ni.

Za boljše razumevanje procesov, ki nastanejo pri varjenju litine, bomo razdelili zvar na tri področja (slika št. 2).



Slika št. 2: Slika zvara in področij, ki so važna pri varjenju

OKOLICA ZVARA V OSNOVNEM MATERIALU

Osnovna struktura se zaradi visoke temperature v bližini zvara spremeni v avstenit, ki pri ohlajanju tvori strukture od martenzita do perlita. Okolica zvara je lahko škodljiva pri legiranem osnovnem materialu, ki se lahko pri ohlajanju zakali. Poseben pojav predstavlja okolica zvara pri feritni nodularni litini, kjer nastane krajši ali daljši pas perlitne strukture, ki se po nekaterih lastnostih bistveno razlikuje od ostalega materiala. S primerno termično obdelavo lahko okolico zvara popravimo v stanje, ki ga želimo.

Zvarni spoj je pri varjenju litine najbolj kritično mesto zvara. V večini primerov se tvori tanjša ali debelejša plast bele litine, ki je trda in krhka. Debelina te plasti zavisi:

— Od načina varjenja. Pri avtogenem varjenju segrejemo osnovni material na zvaru nad 800°C in ga natalimo. Pri tem nastane dolg zvarni spoj, ki ima navadno melirano strukturo. Pri obločnem varjenju je debelina zvarnega spoja odvisna od pregretja osnovnega materiala. Pri nizkih temperaturah je zvarni spoj zelo kratek in iz bele litine. Le v primeru, da predgrejemo osnovni material do rdečega, npr. na 900°C , je zvarni spoj pri elektroobločnem varjenju podoben zvarnemu spoju avtogenega varjenja.

— Od sestave dodajnega materiala (elektrod). Glavne vrste dodajnega materiala pri varjenju litine so:

- elektrode iz sive in nodularne litine
- jeklene elektrode
- elektrode na bazi Ni, oziroma čisti Ni
- elektrode na bazi Cu.

Siva in nodularna litina tvorita na zvarnem spoju z osnovnim materialom beli ali melirani spojni sloj. Pri elektroobločnem varjenju je zvarni spoj bela litina in skoraj popolnoma enak materialu v zvaru. Beli zvarni spoj lahko s termično obdelavo popravimo — posebno pri nodularni litini.

Elektrode iz mehkega jekla povzročajo zvarni spoj, ki je sorazmerno širok in prehaja od bele litine (na strani osnovnega materiala) s cca 3,5 % C čez belo litino z nižjim % C do jekla z vse nižjo vsebnostjo C. Takšna struktura nastane zaradi nataljevanja osnovnega materiala in mešanja z jeklom ter dobimo na mestu zvarnega spoja prehod s padajočo vsebnostjo C. Ves C je vezan v cementit in takšno strukturo ne moremo popraviti s termično obdelavo.

Elektrode na bazi Ni povzročajo v zvarnem spoju legiranje z nataljenim osnovnim materialom. Pri ohla-

janju dobimo tanek sloj martenzitne (trde in krhke) strukture. Ta martenziti sloj lahko s termično obdelavo popravimo. Včasih dobimo zaradi nataljevanja osnovnega materiala tanek zvarni spoj iz bele litine.

Elektrode na bazi Cu tvorijo le kratek zvarni spoj — škodljiv v toliko, kolikor smo natalili osnovnega materiala. Cu deluje kot grafitizator in zvarnemu spoju ne škoduje.

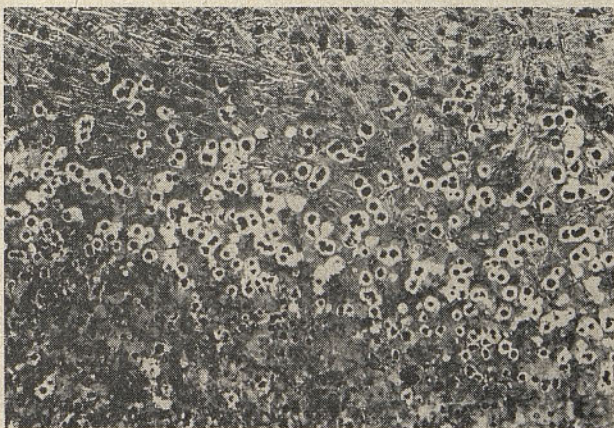
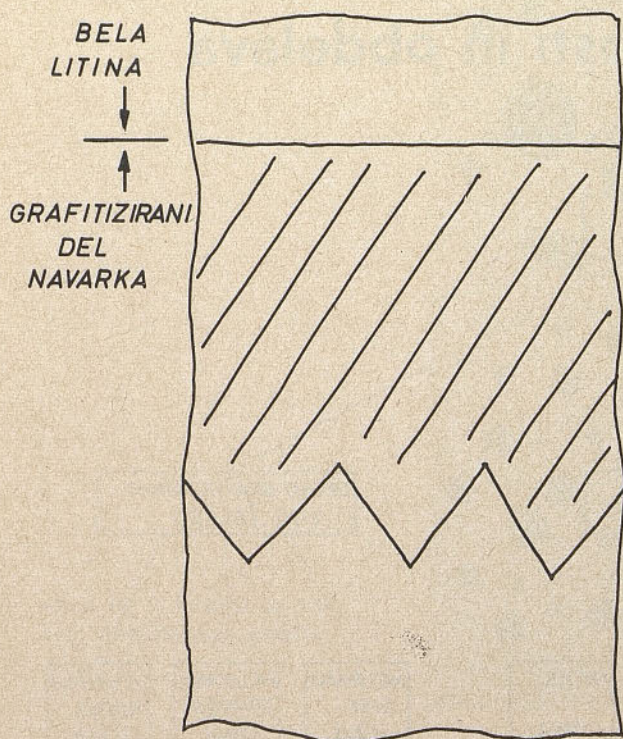
— Od tališča dodajnega materiala. Če je tališče dodajnega materiala višje od osnovnega materiala (npr. jeklene elektrode) se bo natalila večja količina osnovnega materiala in bo zvarni spoj debelejši. Pri sličnem ali enakem tališču bo zvarni spoj odvisen od načina varjenja ali od predgrevanja osnovnega materiala. Najugodnejše za zvarni spoj je nižje tališče dodajnega materiala (npr. Cu). Od pazljivosti pri varjenju je odvisna globina zvarnega spoja, ki lahko pri pravilnem varjenju z elektrodami na bazi Cu popolnoma izgine.

Zvar. Struktura samega zvara zavisi predvsem od vrste dodajnega materiala (elektrod) in od pogojev (načina) varjenja.

Pri dodajnem materialu, ki je iz sive litine, bomo dobili pri obločnem varjenju melirano, pri avtogenem varjenju pa sivo strukturo. Pri nodularnih elektrodah dobimo pri obločnem varjenju belo in pri avtogenem varjenju melirano strukturo. Če varimo pri nodularni litini z navarki, vpliva nov navarek na grafitizacijo že strjenega zvarka (slika št. 3). Zvari z elektrodami iz sive in nodularne litine so na splošno nehomogeni.

Pri varjenju z elektrodami iz sive litine so zvari bolj sivi kot pri nodularni litini, vendar je razdelitev grafit vedno neugodna — prevladuje dendritsko razporejeni grafit. Prosti cementit, ki je nastal pri varjenju z elektrodami iz sive litine z naknadno termično obdelavo težko odpravimo.

Pri varjenju z elektrodami iz nodularne litine je zvar močno meliran oziroma popolnoma bel, vendar



Slika št. 3: Risba navarkov in metalografski posnetek grafitiziranega navarka

je grafitizacija z naknadno termično obdelavo enostavna: 3—5 urno žarjenje na 920°C .

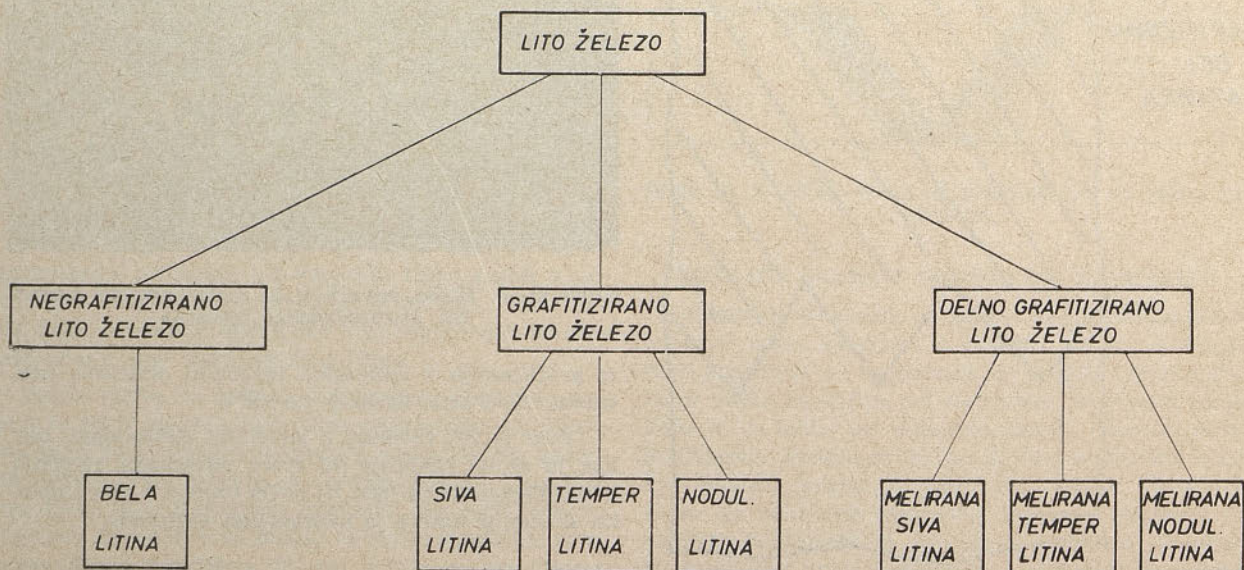
Zvar je pri varjenju z jeklenimi elektrodami mehak in se ne razlikuje od zvara navadnega varjenja jekla. Elektrode na bazi Ni in Cu tvorijo v zvaru mehko zlitino, iz katere je napravljena elektroda.

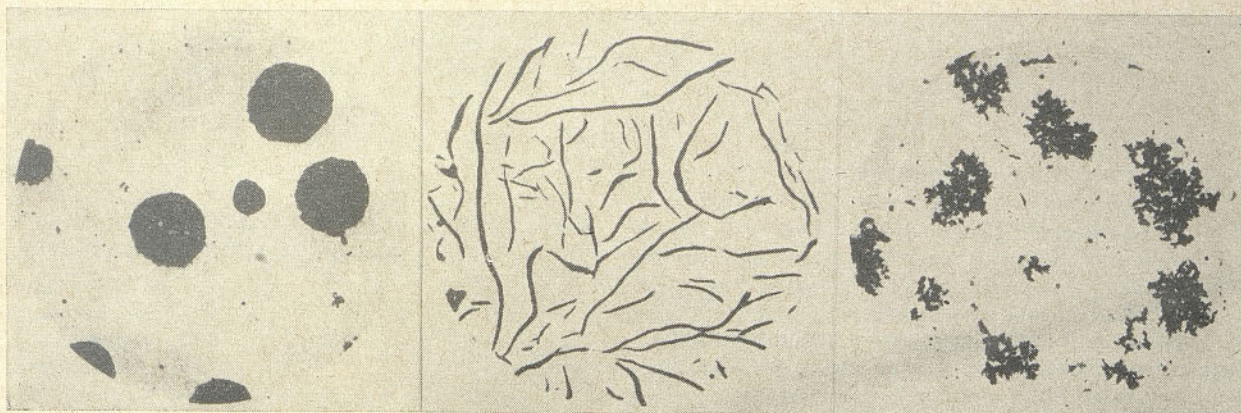
(Nadaljevanje)

Z. TRATNIK, dipl. inž. metalurgije

Nodularna litina – lastnosti in obdelava

OSNOVNA RAZDELITEV LITINE



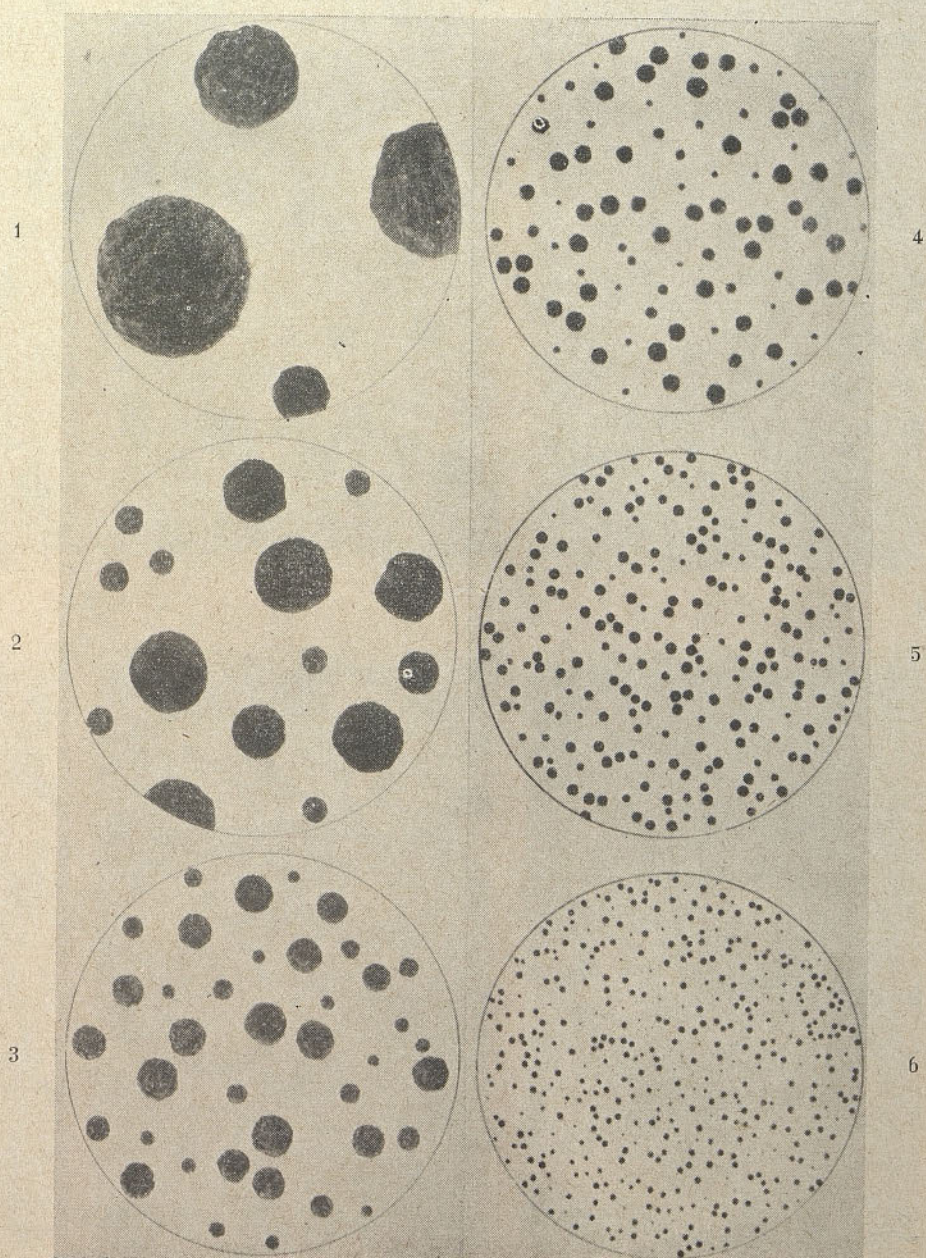


Slika št. 1: Osnovni trije tipi grafita: Krogličasti, lističasti in temperni grafit

STRUKTURE NODULARNE LITINE

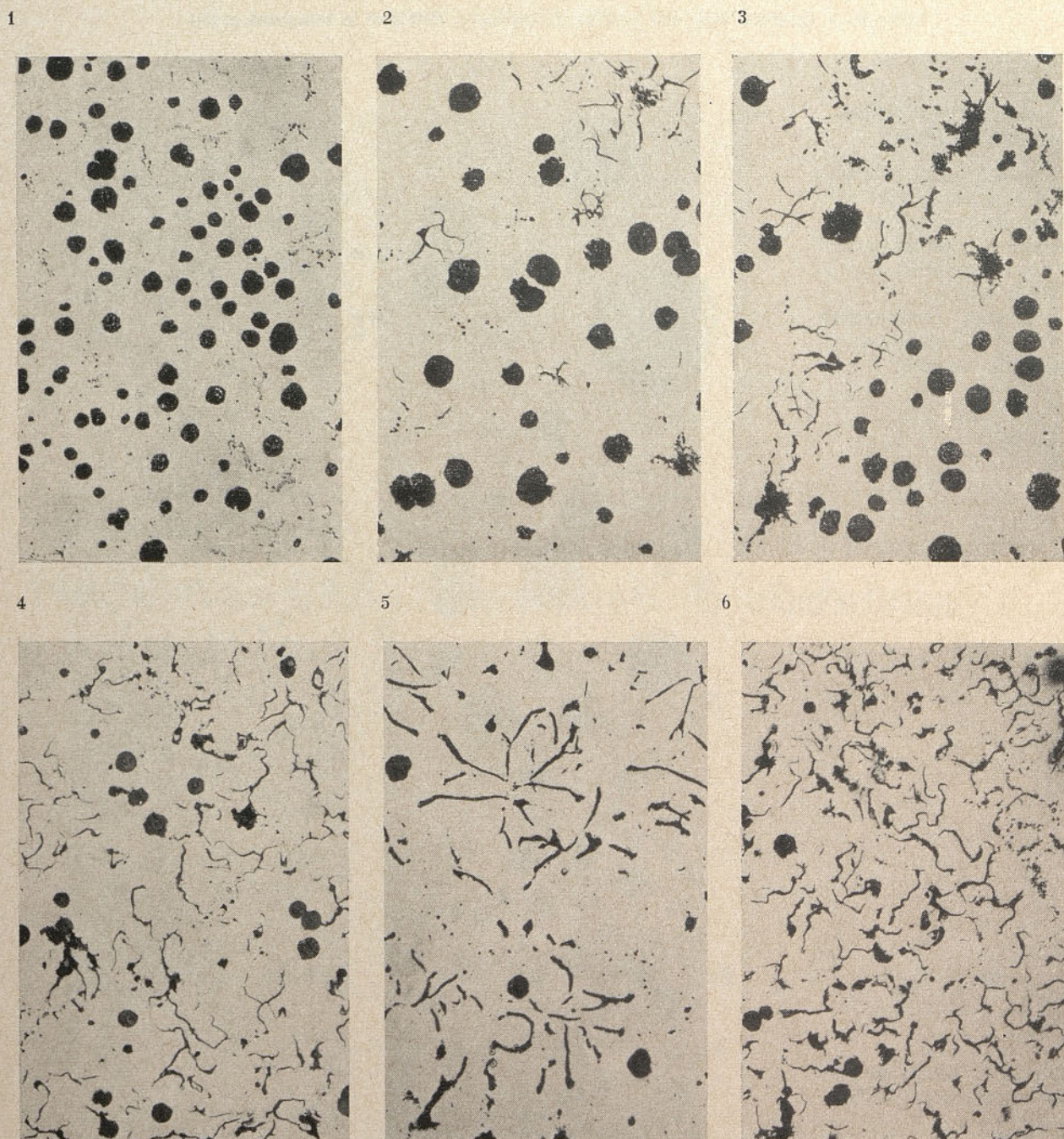
Grafit. Pri nodularni litini je grafit okrogle oblike, za razliko od sive litine, kjer je v obliki lističev in od temper litine, kjer je v obliki zrn.

Velikost nodularnega grafita ocenjujemo po primerjalnih tabelah:



Slika št. 2: Tabela za velikost nodularnega grafita

Uspelost nodularne litine, to je količino krogličastega oziroma lističastega grafita ocenjujemo po naslednjih tabelah (ŽŠ):



Slika št. 3: Tabele za obliko grafita — uspelosti nodularne litine

OSNOVNA STRUKTURA:

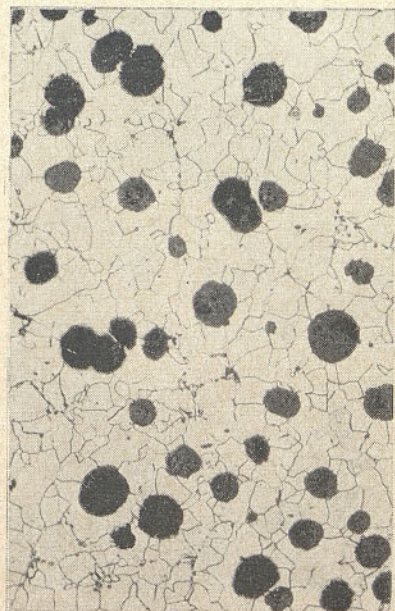
Osnovna struktura nodularne litine je lahko sestavljena iz naslednjih komponent:

ferita
perlita
cementita
martenzita
popuščane strukture (trustit, sorbit, bainit)

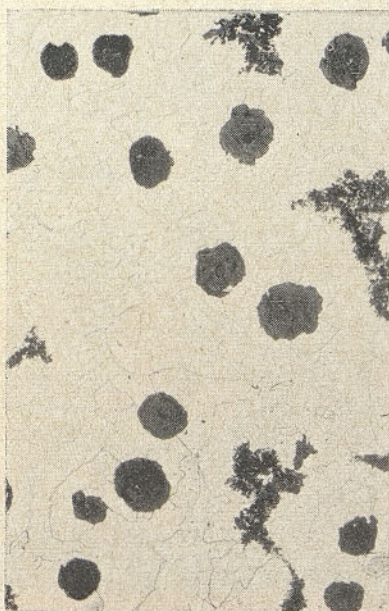
Ferit je najmehkejša struktura nizke trdnosti in trdote, a visoke plastičnosti in žilavosti.

Perlit struktura s cca 0,8% vezanega C. Ima sorazmerno visoko trdnost in trdoto in primerno nižjo plastičnost in žilavost. Med tema dvema strukturama ima lahko nodularna litina tudi feritno perlitno strukturo z različnim % ferita. Značaj osnovne strukture z ozirom na perlit in ferit ocenjujemo po šestih primerjalnih tablicah:

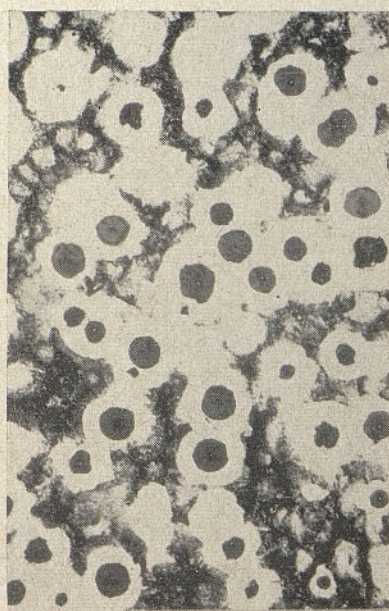
1



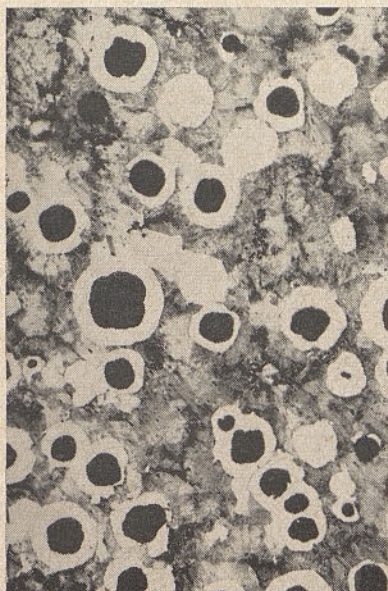
2



3



4



5



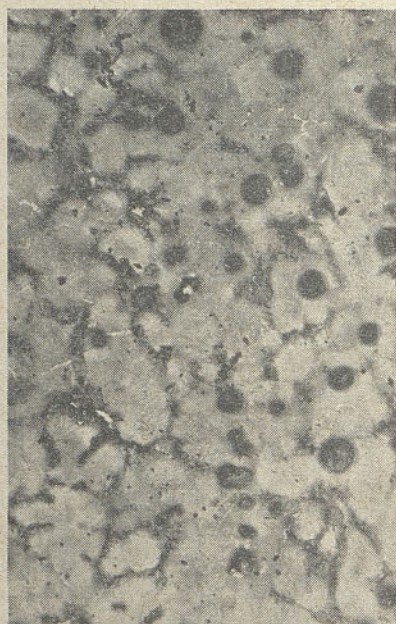
6



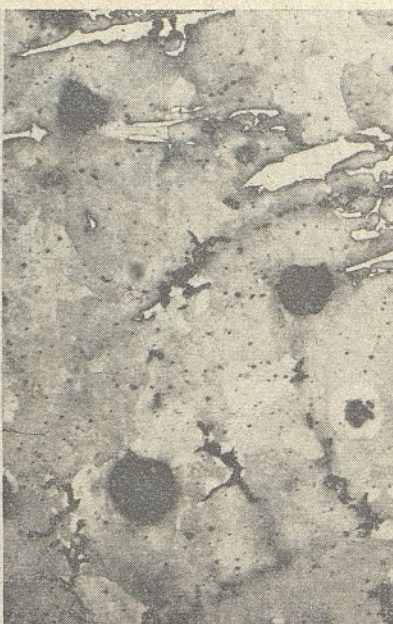
Slika št. 4: Tabele količine ferita, oz. perlita v osnovni strukturi nodul. litine

Nodularna litina pogosto vsebuje še večje ali manjše količine prostega cementita to je melirana (trda in poltrda) nodularna litina. Količino bele strukture v nodularni litini ocenjujemo prav tako po posebnih primerjalnih tablicah:

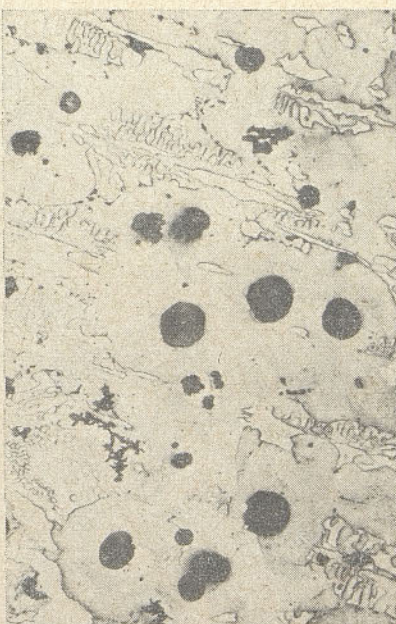
1



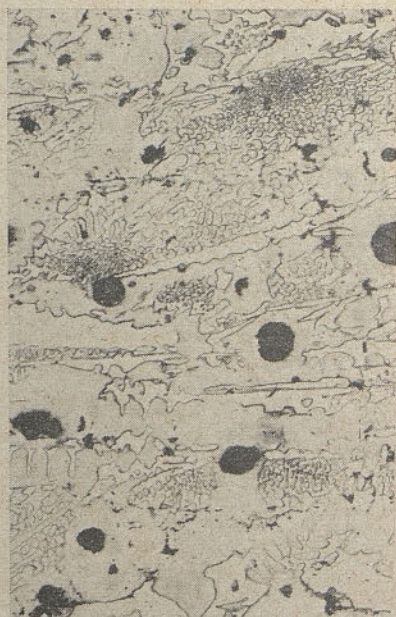
2



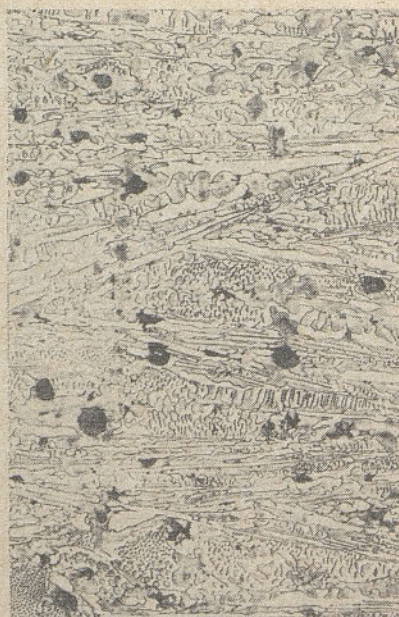
3



4



5



6

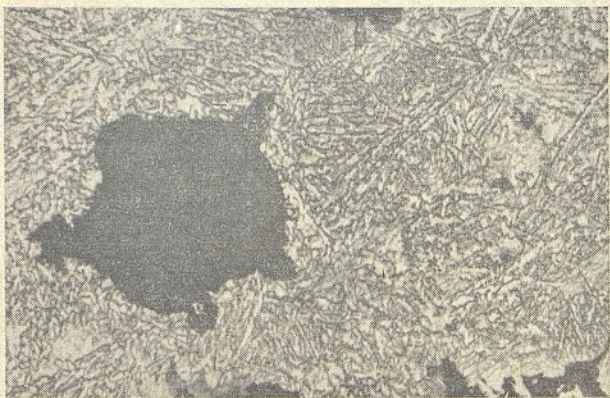


Slika št. 5: Tablice za količino cementita, oziroma količino bele strukture v nodularni litini

Martenzit je struktura visoke trdnosti in zelo visoke trdote, vendar nima žilavosti in je krhka.

Trustit in sorbit imata višjo trdnost, boljše plastične lastnosti in boljšo žilavost od martenzita. Nastaneta pri popuščanju martenzita.

Bainit ima višjo trdnost od perlitne litine, vendar nižjo od martenzita. Nastane pri izotermičnem kaljenju. Martenzit, trustit, sorbit in bainit dobimo v strukturi s pomočjo termične obdelave ali z legiranjem in ohlajanjem v formah.



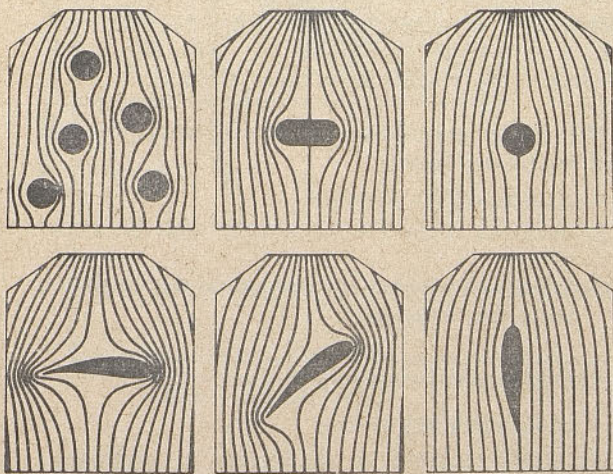
Slika št. 7: Bainitna osnovna struktura s krogličastim grafitom

VPLIVI NA MEHANSKE LASTNOSTI NODULARNE LITINE

Prvi in osnovni vpliv na mehanske lastnosti nodularne litine ima oblika grafita. Lističasti grafit vpliva na potek napetosti kot zareza, dočim ima krogličasti grafit mnogo ugodnejšo obliko in manjši vpliv.

Pri obdelavi litine z Mg se pojavi krogličasti grafit skokovito, kar kaže tudi oster skok mehanskih lastnosti pri določeni količini Mg v litini.

Mnogo manjši vpliv od oblike grafita kaže na mehanske lastnosti količina grafita. Na sliki št. 10 je prikazan modul elastičnosti E v odvisnosti od količine lističastega in okroglega grafita.



Slika št. 8: Potek napetostnih silnic pri različni obliki in razporeditvi zareze (grafita)

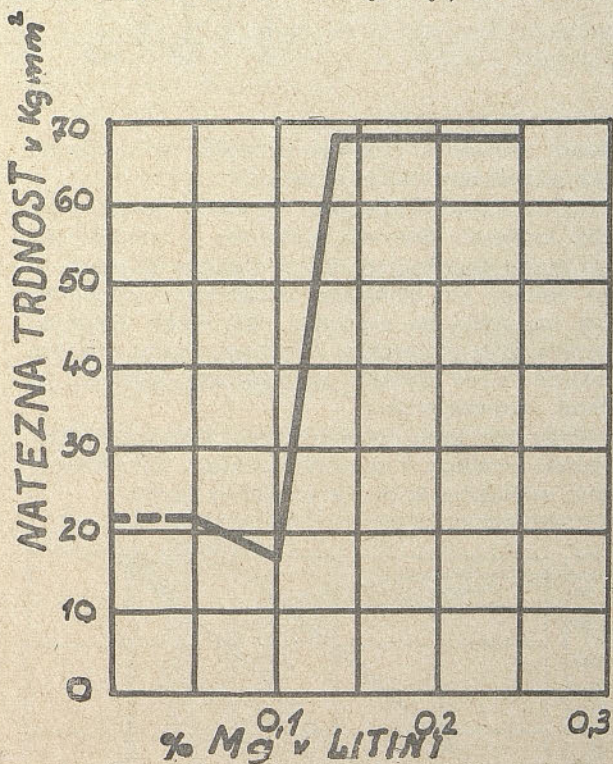
Zaradi ugodne okrogle oblike grafita vpliva na mehanske lastnosti nodularne litine bistveno tudi osnovna struktura. Na naslednjih diagramih vidimo vpliv količine ferita, oz. perlita na raztezek nodularne litine.

Vpliv debeline stene na mehanske lastnosti je pri nodularni litini majhen za razliko od sive litine, kjer velikost lističastega grafita v debelih stenah bistveno znižuje trdnost materiala. Na diagramu (slika št. 12) vidimo odstopanje trdnosti nodularne in sive litine med sredino in robom 150 mm debele stene.

Kljub temu imamo pri nodularni litini za različne stene standardizirane različne debeline poskusnih odlitkov in trgalnih palic, katerih vrednosti natezne trdnosti morajo odgovarjati zahtevam standardov. Standardi pa ne upoštevajo razlik v mehanskih lastnostih zaradi različnih debelin sten odlitkov.

Vpliv kemične sestave na strukturo in mehanske lastnosti:

Si: vpliva na belosivo strjevanje, na trdnost



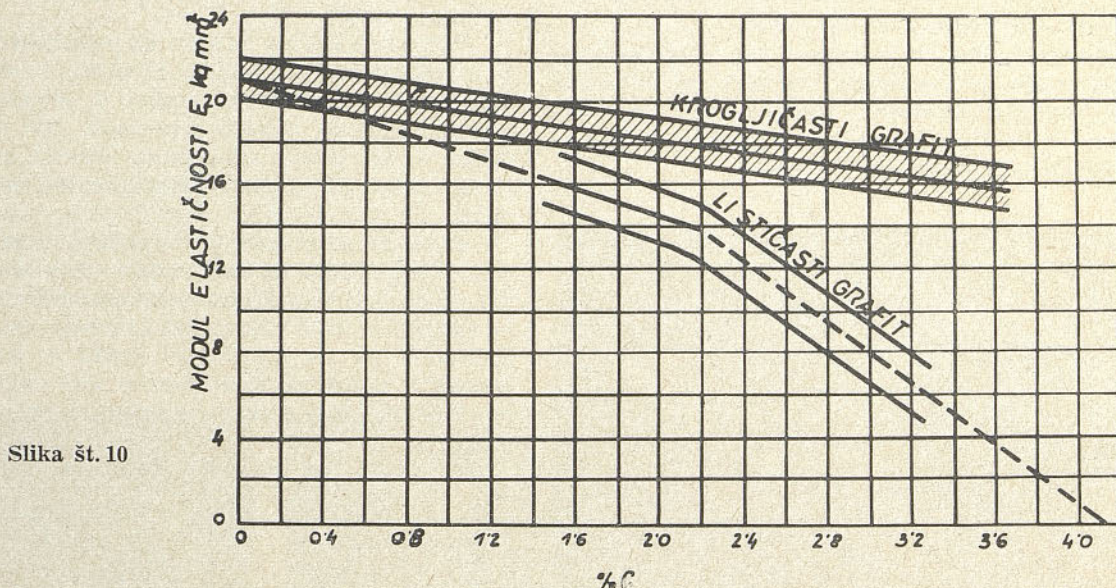
Slika št. 9: Vpliv oblike grafita — izražen s količino Mg v litini — na natezno trdnost litine

osnovne strukture. Višji % Si onemogoča izločevanje cementita, kar ugodno vpliva na mehanske lastnosti lite strukture. Si prav tako povzroča feritno osnovno strukturo, tako dobimo pri višjem % Si že brez termične obdelave feritno strukturo (če odgovarja ostala kemična sestava), višji % Si pa olajšuje termično obdelavo: razpad cementita in feritizacijo. Z ozirom na sestavo osnovne strukture se odgovarjajoče spreminjajo tudi mehanske lastnosti. Si vpliva na mehanske lastnosti ferita, do 4% se mehanske lastnosti izboljšajo (zviša se trdnost pri sorazmerno dobrem raztezu) nad 4% pa se mehanske lastnosti poslabšajo in litina postane vse bolj krhka.

Mn: zvišuje trdnost nodularne litine, vendar ga v količini nad 0,8% redkokdaj srečamo.

P: povzroča izločevanje fosfidnega eutektika. Zaradi te sestavine se močno poveča krhkost in zmanjša odpornost litine proti udarcem. Vpliv P na

Mo: vpliva podobno kot Ni na osnovno strukturo, pri strjevanju vpliva pozitivno na belo strjevanje. Navadno ga srečamo v kombinaciji z Ni.

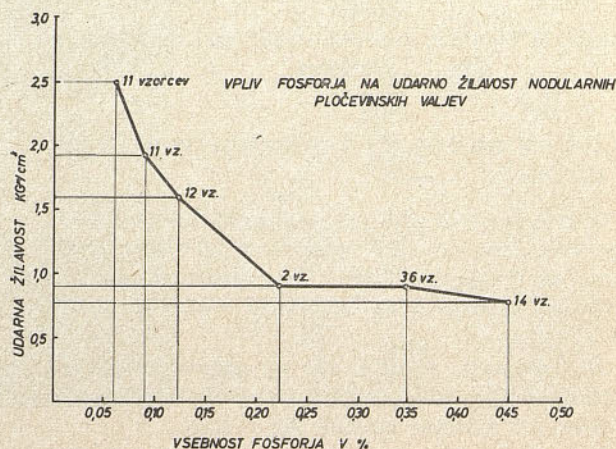


Slika št. 10

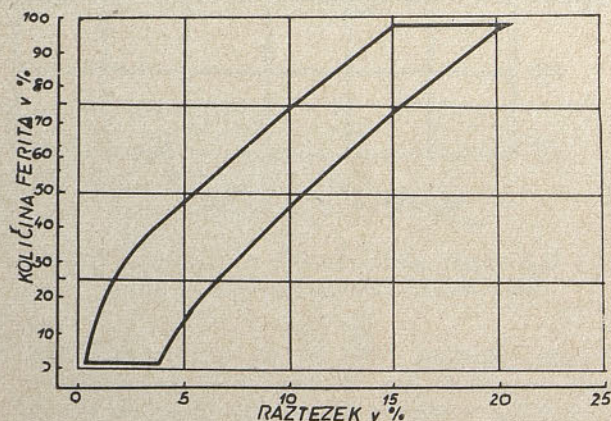
žilavost nodularne litine je prikazan na diagramu št. 13 pri nodularni litini za valje.

Ni: zelo ugodno vpliva na mehanske lastnosti pri nižjih količinah. Osnovna struktura — perlitna postaja vedno finejša, nad 3% je bainitna in pri 4 do 4,5% dobimo pri navadnem ohlajanju v formi oziroma na zraku že martenzit. Pri večjih količinah povzroča Ni že avstenitsko strukturo. Značaj osnovne strukture vpliva direktno na mehanske lastnosti: na trdnost, raztezek, trdoto.

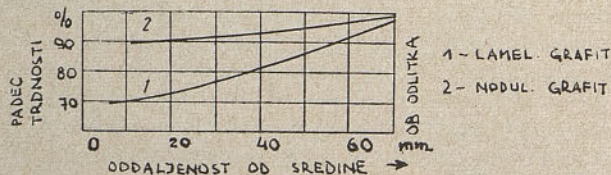
Vpliv Cr: krom povzroča belo strjevanje litine in prosti cementit v osnovni strukturi. Zato zvišuje trdoto nodularne litine. Cr stabilizira perlit.



Slika št. 13:



Slika št. 11: Vpliv količine ferita na raztezek nodularne litine



Slika št. 12 Diagram padca trdnosti litine (v %) proti sredini stene ulitka

TERMIČNA OBDELAVA NODULARNE LITINE

Terminčna obdelava nodularne litine se močno razlikuje od termične obdelave jekla zaradi prisotnosti C v obliki grafita. Poleg tega ima litina, obdelana z Mg visoko sposobnost difuzije C.

Na osnovi spremembe strukture razlikujemo tri vrste termične obdelave:

1. grafitizacijsko žarjenje
2. termična obelava s spremembo osnovne strukture
3. žarjenje brez spremembe strukture (odprava notranjih napetosti).

1. Grafitizacijsko žarjenje.

V nodularni litini imamo:

a) prosti cementit, ki ga dobimo pri strjevanju litine ali pri varjenju in

b) vezani (perlitni) cementit, ki nastane pri ohlajanju na teoretični temperaturi 720° C, ko se iz trdne

raztopine avstenita tvorijo lamele cementita v osnovni masi ferita.

Žarjenje za razpad prostega cementita. Prosti cementit razpada na avstenit in grafit; čim višja je temperatura, tem hitreje poteka razpad. Na hitrost razpada vpliva kemična sestava:

Si olajša razpad cementita

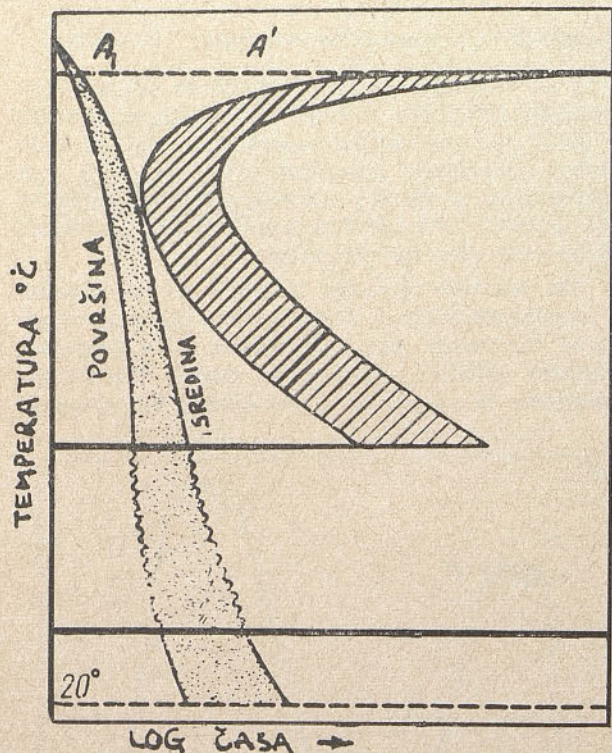
Cr, Mn zavirata ali popolnoma preprečita razpad cementita.

Za normalno kemično sestavo: n.pr. 2 do 3% Si, cca 0,4% Mn, pod 0,1% Cr, je zadovoljivo žarjenje na 900 — 950°C 2 do 5 ur. Pri spremembi kemične sestave se čas razpada skrajša ali podaljša.

Feritizacijsko žarjenje. Vezani (perlitni) cementit razpada pod temperaturo 720°C, čim višja (čim bližja 720°C) je temperatura žarjenja, tem hitrejši je razpad, pod 600°C je razpad perlitnega cementita že neznan. Nekateri elementi, kot n.pr. Si močno povečajo hitrost razpada, medtem ko Cr, Mn, Ni preprečujejo in tudi popolnoma preprečijo razpad cementita. V tem primeru dobimo lahko z žarjenjem tudi zrnati perlit.

Pri normalni kemični sestavi (2 — 3% Si, pod 0,4% Mn) dobimo že pri ohlajanju v peščenih formah pod 50% perlita v strukturi. Pri odlitkih z nad 3% Si dobimo več ali manj čisto feritno osnovno strukturo.

Žarjenje na ferit — normalne kemične sestave — poteka na temperaturi 680 — 720°C v času 3 — 5 ur.



KALJENJE NA MARTENZIT

2. Termična obdelava s spremembo osnovne strukture.

Že grafitizacijsko žarjenje, posebno feritizacija, povzroči spremembo osnovne strukture, posebno spremembo osnovne strukture pa dosežemo z normalizacijo in kaljenjem.

Normalizacija (perlitizacija). Ne smemo jo zamenjati z normalizacijo jekla, ki je popolnoma nekaj drugega. Normalizacija nodularne litine je hitro ohlajanje (na zraku) odlitkov preko temperature 600 — 720°C, torej skozi področje razpada perlitnega cementita. Avstenitizacija odlitkov naj bo pri višjih temperaturah, da je raztapljanje C v avstenitu uspešnejše in trdote oziroma trdnost po normalizaciji višja.

Odlitke žarimo 1 — 2 uri na 920 — 950°C in jih nato ohlajamo na zraku.

Kaljenje. Kaljenje je sličen postopek kot pri jeklu s perlitno strukturo. Razlikujemo dve vrsti kaljenja:

- kaljenje na martenzit, ki mu sledi popuščanje
- kotermično kaljenje, s katerim dosežemo bainitno osnovno strukturo.

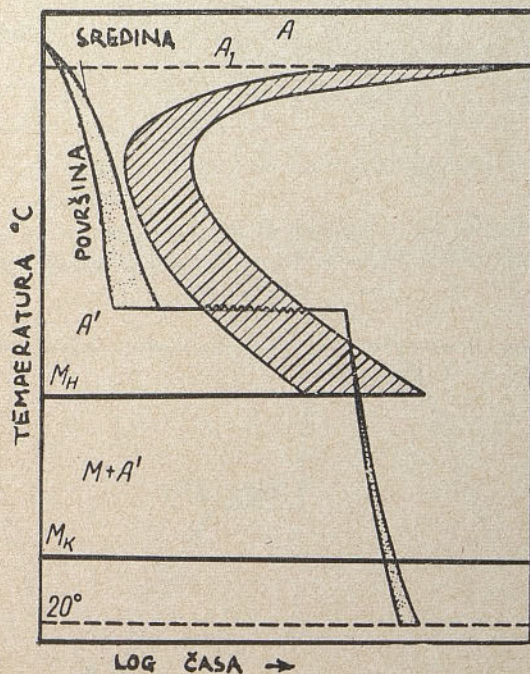
Kaljenje na martenzit poteka v olju (redkeje v vodi), izotermično kaljenje pa v solnih kopelih.

Za kaljenje zagrejemo odlitke na temperaturo 880 — 900°C v času do 1 ure in jih kalimo v hladnih sredstvih.

Kaljenje olajšajo predvsem elementi: Ni, in Mo; Cr se veže v glavnem na karbide.

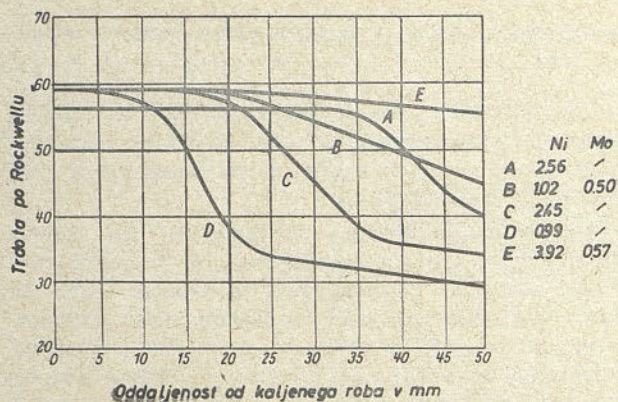
Vpliv Ni in Mo vidimo na diagramu št. 15. Ni in Mo močno zvišujeta prekaljivost odlitkov in znižujeta kritično hitrost kaljenja.

Poseben značaj Mo vidimo iz diagramov kaljenja (slike št. 16).

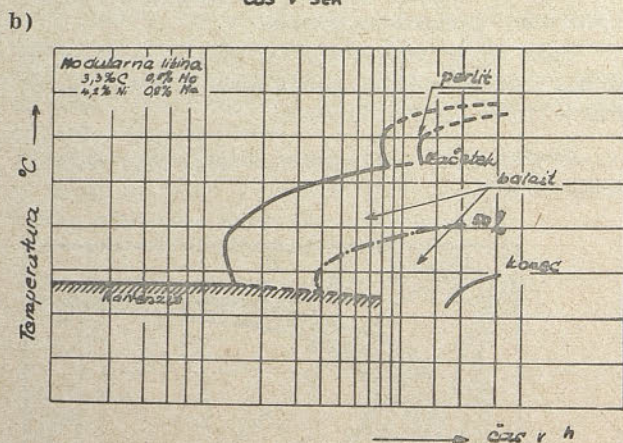
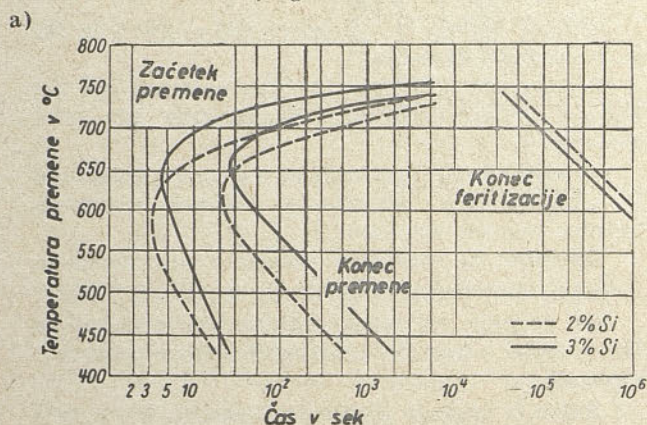


IZOTERMIČNO KALJENJE - NA BAINIT

Slika št. 14: Krivulje ohlajanja: a) pri navadnem in b) pri izotermičnem kaljenju

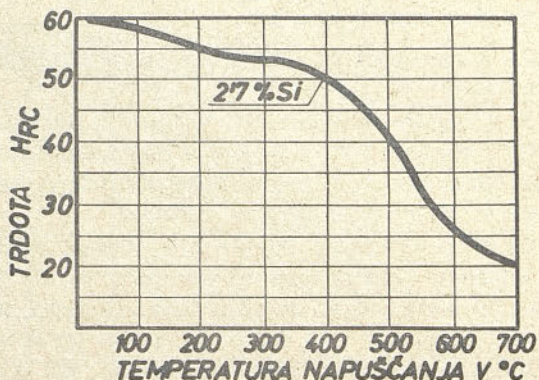


Slika št. 15: Krivulje kaljivosti po Jominy poskusu za litino, legirano z Ni in Mo.



Slika št. 16: S krivulje in TTT diagram a) za nelegirano nodul. litino in b) za nodularno litino, legirano z Ni in Mo.

PADEC TRDOTE V ODVISNOST OD TEMPERATURE NAPUŠČANJA



Slika št. 17:

Prva slika a) prikazuje S-krivuljo kaljenja pri navadni kemični sestavi nodularne litine,

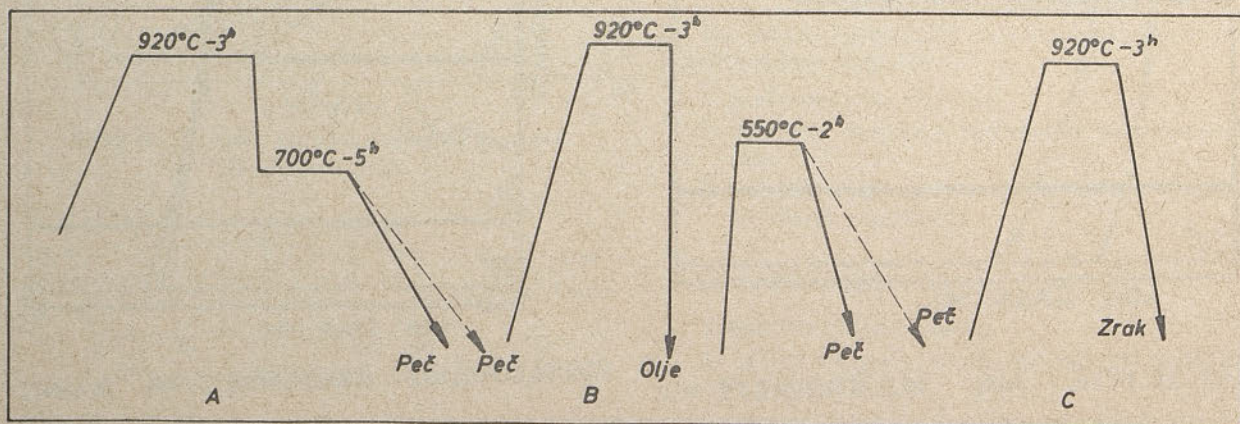
druga b) prikazuje TTT diagram nodularne litine, legirane z Ni in Mo. Mo povzroča bainitno osnovno strukturo.

Popuščamo pri temperaturah od 300 — 600°C, odvisno od trdnosti in trdnosti, ki jo želimo doseči. Nad 600°C ne smemo popuščati, ker nad to temperaturo začne že grafitizacija. Na diagramu (slika št. 17) vidimo padec trdnosti v odvisnosti od temperature popuščanja.

3. Žarjenje brez spremembe strukture.

V to skupino štejemo »žarjenje za odpravljanje notranjih napetosti«. Odlitke žarimo do temperature 550°C, ker pri višjih temperaturah nastopa sprememba strukture (grafitizacija). Segrevanje in ohlajanje naj se giblje s hitrostjo cca 50°/h, zadrževanje na 550°C — 2 uri z dodatkom 1 ure na vsakih 25 mm večje debeline sten odlitkov.

Vsi postopki termične obdelave so reverzibilni, to pomeni, da lahko iz ferita dobimo perlit in obratno, iz martenzita ferit in obratno — s primerno termično obdelavo. Izjema je razpad primarnega cementita, ki poteka le v eni smeri: če želimo iz



Slika št. 18: Diagram kombinirane termične obdelave

grafitizirane litine dobiti primarni cementit, moramo litino raztaliti (kar se dogaja n. pr. pri varjenju).

Osnovne opisane postopke pa v tehnologiji termične obdelave navadno kombiniramo, na primer (glej sliko št. 18!):

A) odpravljanje primarnega cementita in feritizacija nodularne litine

B) odpravljanje primarnega cementita in kaljenje

C) odpravljanje primarnega cementita in normalizacija.

Vsem opisanim kombinacijam lahko pridružimo na koncu še žarjenje za odpravo notranjih napetosti.

POVRŠINSKO KALJENJE

S površinskim pregretjem nad 900°C in hitrim ohlajanjem z vodo ali oljem površinsko zakalimo na martenzit. Sredina odlitka ostane ista kakor pred kaljenjem, lahko je feritna, perlitna, itd. Segreva-

nje površine je lahko plamensko (n. pr. z acetilenskim plamenom) ali induktivno (električno). Čas segrevanja je kratek: do 1 min. pri plamenskem segrevanju in nekaj sekund pri indukcijskem kaljenju. Globina zakaljenega sloja je — 1 do 2 mm, trdote cca 55 Rc. Cementacija nima pomena, saj je v litini prebitek C (grafit!), ki se pri segrevanju raztaplja v avstenitu in omogoča kaljenje kljub feritni sredini odlitka. Zato moramo pri feritni nodularni litini čas zadrževanja na kalilni temperaturi malo podaljšati, da dobimo zaželeno trdoto.

KEMIJSKO-TERMIČNA OBDELAVA

Nodularno litino lahko uspešno nitriramo v amonijaku (45 % pri 650°C) ali v solnih kopelih za nitriranje.

Pri 3-urnem nitriranju dobimo n. pr. 0,35 mm debel nitriran sloj, ki daje trdote 450 — 900 HB.

Kratek pregled postopkov termične obdelave:

	žarjenje, ohlajanje, čas	Sprememba strukture	Sprememba lastnosti
1. Odpravljanje prostega cementita	$920 - 950^{\circ}\text{C}$ 2 — 5 ur	razpad prostega cementita	izboljšanje meh. obdelave z rezanjem zviša se raztezek in žilavost
2. Feritizacija	$680 - 720^{\circ}\text{C}$ 3 — 5 ur ohl. v peči	razpad perlitnega cementita feritizacija	izboljšanje meh., obdelave z rezanjem, visoko se zviša raztezek in žilavost, trdnost in trdota padeta
3. Normalizacija	$900 - 950^{\circ}\text{C}$ 2 uri ohl. na zraku	perlitizacija	poslabšanje meh. obdelave z rezanjem žilavost in raztezek padeta, zviša se trdnost in trdota
4. Kaljenje	$880 - 900^{\circ}\text{C}$ 2 uri ohl. v olju	dobimo martenzit ali bainit	poslabšanje meh. obdelave z rezanjem, žilavost in raztezek padeta, visoko se zviša trdota in trdnost
5. Popuščanje	$300 - 600^{\circ}\text{C}$ 1 — 2 uri ohl. na zraku	dobimo trustit, sorbit	izboljšanje meh. obdelave z rezanjem, žilavost in raztezek narasteta, trdnost in trdota padeta
6. Odpravljanje notranje napetosti	cca 550°C 2 uri ohl. v peči	brez spremembe	brez bistvene spremembe

Novosti strokovne tehnične knjižnice

(Od 5. III. do 25. V. 1964)

- DRUCKER P. F.: Praksa rukovođenja. 2. izd. »Privreda«, Zgb. 1961.
- VISTRICKA Z.: Sheme spajanja u elektrotehnici. Tehn. knjiga, Zgb. 1963.
- SLOVENSKI ELEKTROTEHNIŠKI SLOVAR. Skupina 16. Zašč. releji, 1963.
- SPLOŠNI TEHNIŠKI SLOVAR II. del. P—Ž, Ljubljana 1964.
- JURANČIČ J.: Srbohrvatsko-slovenski slovar, 1955. DZS Ljublj.
- RISTIĆ S. & SIMIĆ Ž. & POPOVIĆ V.: Enciklopedijski englesko srpskohrvatski rečnik, Beograd 1963.
- UNAPREDJENJE PROIZVODNJE, Ekonom. tehn. centar. Zgb.
- SINKOVIĆ J. i LAVRIČ T.: Razvoj metoda identifikacije nemetalnih uključaka u jugosl. čelicima, Ljubljana 1963.
- BIHREV I. D.: STROJITELJSTVO ZAVODOV černoj metalurgiji, Moskva 1963.
- ZAIKOV S. T., LIFŠIČ S. I.: Viplavka stali v kislorodnih konvertorah, Kiev 1963.
- GELLER J. A.: Sovremenie splavi i ih termičeskaja obrabotka, Moskva 1958.
- MASLENIKOV F. I.: Laboratornij praktikum po metallovedeniju, Moskva 1963.
- LAVORKO P. K.: Oksidnie pokritja metallov, Moskva 1963.
- MASLENKOV A. M.: Teploobmen pri litje vižimanjem, Moskva 1963.
- GUROVIĆ A. K.: Ultrazvokovaja defektoskopija, Gosudarstvenoe izd. Kiev 1963.
- ZBORNIK radova JUREMA 1964. Mjerenje, regulacija i automacija. Referati. Prva knjiga, Zgb. 1964.
- CHALMERS B.: Physical metallurgy, USA. 1962.
- KLJOČNEV N. I.: Visokopročnij čugun s šarovidnim grafitom, Moskva 1963.
- IVANOV V. I.: Vozvrat i rekristalizacija v metallah pri bistrom nagreve, Moskva 1964.
- NARODNOHOZJAJSTVENIE modeli, Moskva 1963.
- FILIPOV S. I.: Eksperimentalnije raboti po teorii metallurgičeskijh processov, Moskva 1964.
- LAHTIN M.: Metallovedenije i termičeskaja obrabotka, Moskva 1964.
- MAYNARD H. B.: Industrial engineering handbook, New York 1963.
- POJARKOV A. M.: Proizvodstvo stali, Harkov 1962.
- TEORIJA FEROMAGNETIZMA. Sbornik statei. prevod s anglickogo, Moskva 1963.
- RAZVITIE NERAZRUŠČAJUŠČIH metodov kontrolya, Moskva 1963.
- KUROČKIN P. D.: Čugun domennoj plavki kak litejniy material, Moskva 1963.
- RAZVITIJE ČERNOJ METALLURGIJI ukrajinskoj SSR, Kiev 1963.
- JUS katalog jugosl. standarda 1964, Beograd 1964.
- KURUKLIS G. L.: Elektroličeskaja očistka stalnih čugunih detalej, Moskva 1963.
- TARABAN S. G.: Ohrana truda pri obsluživani gazonih ustanovok, Moskva 1963.
- HAEDER W.: Von Pfund und Zoll zu Kilogramm und Kilopond, Berlin 1963.
- WUSTATOVSKI Z.: Grundlagen des Walzens, Leipzig 1963.
- TAYLOR A.: X — Ray metallography, Pittsburgh 1961.
- SCHUMANN H.: Metallographie, Leipzig 1962.
- SAMSONOV G. V.: Tverdie soedinenja tugoplavkijh metallov, Moskva 1957.
- THE PHYSICAL CHEMISTRY OF STEELMAKING, New York 1956.
- KALIBRACIJA valjaka u profilnim valjaonicama, Beograd 1963.
- SCHLESINGER G.: Prüfbuch für Werkzeugmaschinen, 1962.
- EKSPLOATACIJA i oštrenje reznog alata u proizvodnji, Novi Sad 1964. I. del i II. del.
- Konstrukcija, tehnologija i proizvodnja zupčanika, Beograd 1961.
- KRSTIĆ M.: Gromobranske instalacije, Beograd 1963.
- TABLICE ZA METALCE, Beograd 1963.
- IZRADA REZNOG ALATA IZ TVRDOG METALA (specijalizacija u NR Poljskoj 1961).
- SCHWEISSGERECHTES KONSTRUIREN, Düsseldorf 1962.
- ŠIROLA B. S.: Priručnik za armirani beton, Zagreb 1961.