

DK 621.791.052:669.13

Izoblikovanje grafita pri varjenju litega železa

VIKTOR PROSENC

1. Uvod

Siva litina je gradivo, ki je imelo že stoletja nazaj zelo pomembno vlogo v gradnji strojev. Ta se tudi dandanašnji še ni zmanjšala in popolnoma upravičeno je pričakovanje, da jo bo zaradi novejšega razvoja na področju litega železa (npr. sferoidne litine) ohranila še v prihodnje. Zaradi določenih lastnosti litega železa in predvsem sive litine je varjenje teh gradiv vezano na nekatere posebne varilne postopke, ki pa so v varilski praksi že dobro znani. Manj pa so obdelani pogoji kristalizacije ter izoblikovanje grafita pri varjenju sive litine kakor tudi vplivi raznih dejavnikov na te procese.

2. Nekaj splošnih osnov

Pomembne so vse tiste osnove, ki vplivajo na procese pri varjenju sive litine.

2.1. Sestava litega železa

Osnovni vpliv na vse lastnosti in kristalizacijo litega železa ima njegova kemična sestava, ki pa so ji određene sorazmerno široke meje:

	C	Si	Mn	P	S
%	1,5...4,5	0,3...3,5	do 1,30	do 1,00	0,06...1,00

Po prelomu je lahko lito železo v osnovi belo ali sivo. V prvem je ogljik vezan v železovem karbidu, v drugem pa je izločen v obliki grafita. Znano je, da odločujoče vplivajo na obnašanje ogljika v litem železu silicij in mangan ter njuno razmerje v litini. Povrh načina izločanja ogljika je pomembna tudi osnovna struk-

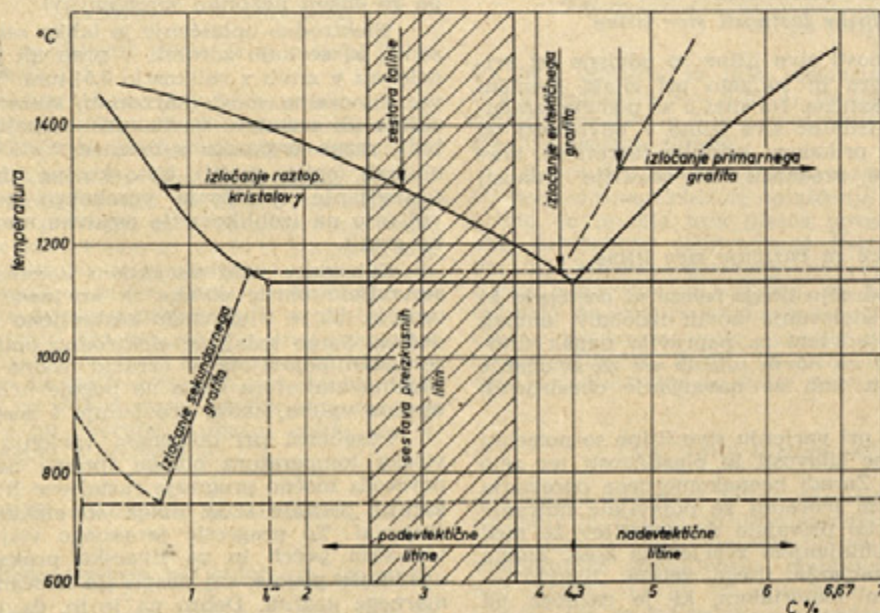
tura železa. Ta je lahko feritna, perlitna ali mešana, predvsem kadar se izloča ogljik v obliki grafita; pri belem litem železu pa se pojavlja tudi ledeburit. Nastajanje omenjenih struktur je povrh sestave odvisno tudi od drugih okoliščin, predvsem od pregretja taline, podhlajenja, hitrosti ohlajanja idr. Ti pogoji so pa precej odvisni od dimenzij ulitkov. Pri varjenju je upravičeno pričakovati, da bodo varilni pogoji tudi vplivali na strukturo litine v varu.

2.2. Kristalizacija litega železa

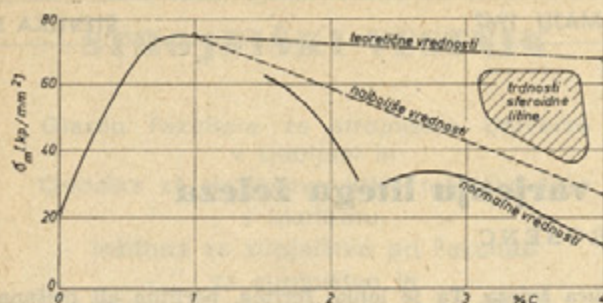
Ugotovljeno je bilo, da je v raztaljenem litem železu ogljik pretežno vezan v cementit (Fe_3C) in ga le manjšo množino že nahajamo v talini v obliki grafita. Ta grafit ostane tudi kasneje v strukturi kot grobi primarni grafit, ki precej slabo vpliva na kvaliteto sive litine.

Razen direktnega nastanka primarnega (grobe) grafita lahko pri evtektični temperaturi nastaja evtektični grafit izločen neposredno iz taline ali posredno z razpadanjem ledeburitnega evtektika, tj. iz cementita. Nadalje se grafit lahko izloča iz avstenita pri nadaljnjem zniževanju temperature. V končni strukturi sive litine bi tako lahko razločevali več vrst lamelarnega grafita, ki je nastal v različnem času in pri različnih temperaturah in je zato tudi po velikosti in razdelitvi po osnovni kovinski matrici zelo različen. Razen lamelarnega grafita se z določenimi pogoji pojavljajo še druge oblike npr. sferoidni grafit, ki nastaja vedno posredno iz prenasitih raztopinskih kristalov.

Način kristalizacije sive litine in kristalizacije grafita je razviden s slike 1. V njej je označeno tudi



Sl. 1. Shema kristalizacije litega železa



Sl. 2. Odvisnost trdnosti sive litine od odstotka ogljika

območje litin, iz katerih so bile ulite palice za varilne poskuse. Na tvorbo kristalnih kali in s tem na kristalizacijo močno vplivajo v litem železu Ca, Mg in Al, ki so lahko kot kovinski dodatki v talini. Ugodno vpliva tudi bazična žilindra (CaCO_3 , MgCO_3 , Al_2O_3), ker učinkujejo delci kot drobne tuje kali, na katerih se pričena kristalizacija.

Močno vplivata na kristalizacijo tudi pregretje taline in temperatura ulivanja. Kot maksimalno temperaturo pregretja omenjajo 1650°C , čas držanja pri tej temperaturi pa naj bi bil kratek.

Ugodno učinkuje prisotnost CO_2 v okolni atmosferi. Hitrost ohlajanja ne sme biti prevelika, kar ugodno vpliva na izoblikovanje perlitne osnovne mase.

2.3. Vpliv legirnih dodatkov

Z raznimi legirnimi dodatki je možno zelo učinkovito vplivati na kristalno strukturo, tako osnovne mase kakor tudi na obliko, velikost in razdelitev grafita. Povrh običajnih spremljevalcev železa in ogljika tj. Mn, Si, P in S, so zelo velikega pomena dodatki Ca, Mg, Al in drugi. Te je možno dodajati v obliki fero zlitin, in sicer v elementarni kovinski obliki ali v obliki karbidov ali drugače. Ti dodatki rabijo za dezoksidacijo, cepljenje ali modifikiranje sivega litega železa. Z njimi je možno doseči izločanje grafita v globularni obliki in s tem povišati trdnost do stopnje trdnosti nelegiranega jekla.

2.4. Mehanske lastnosti sive litine

Mehanske lastnosti sive litine so odvisne od kristalografске strukture in so zato pri enaki kemični sestavi lahko zelo različne. Na sliki 2 so podane izračunane vrednosti za trdnost sive litine v odvisnosti od ogljika. Pri tem so prikazani krivulje teoretične, normalne in najboljše vrednosti ter območje trdnosti sferoidne litine.

2.5. Osnove za varjenje sive litine

Varjenje na področju litega železa ni postopek, ki bi bil v rabi za izdelovanje novih izdelkov, ampak prihaja v poštev predvsem za popravilo napak (lunkerjev, razpok ipd.) na novih ulitkih ali za zvarjanje porušjenih in včasih tudi za navarjanje obrabljenih strojnih delov.

Posebni ukrepi pri varjenju sive litine so potrebni zaradi njene majhne žilavosti in plastičnosti ter zelo majhnega raztezka. Zaradi neenakomernega ogrevanja bi se med varjenjem morebiti že pojavljale notranje napetosti, ki bi lahko privajale do porušitev že med delom ali pa med ohlajanjem zvarjenega kosa. Znana sta dva načina zvarjanja litega železa: hladno — obločno z dodatnim materialom, ki je različen od osnovnega (nikelj, monel, feronikelj), ali toplo obločno oziroma plamensko z dodatnim materialom, ki je enak

osnovnemu tj. s palicami ali elektrodami iz sive litine. Pri prvem načinu mora ostati varjenec med zvarjanjem čim hladnejši, da so toplotni raztezki in z njimi notranje napetosti čim manjše. Po drugem pa je treba varjenec v celoti (ali včasih samo en del) ogreti do enakomerne temperature, pri kateri se notranje napetosti sproti odstranjujejo. Višina ogretja mora seči do okrog 600°C . Da pa se med ohlajanjem ne bi ponovno pojavljale notranje napetosti, je treba ves varjenec ohlajati čim počasneje in enakomerneje.

Pri toplem varjenju sive litine je dodatni material v obliki palic ali elektrod iz sive litine. Pri tem se uporabljajo pri plamenskem varjenju razna talila, ki naj bi raztapljala in žilindrala nastajajoče okside. Pri obločnem toplem varjenju pa se lahko uporabljajo gole lite palice kot elektrode. Iz varilno tehničnih in tudi metalurških razlogov pa so ponavadi palice oplašene. Poskusi, da bi kot elektrodno jedro ne jemali sive litine, ampak mehko jeklo v obliki vlečenih palic in bi talino med varjenjem z učinkovanjem oplaščenja metalurško toliko spremenili, da bi se jeklo spremenilo v sivo litino, niso imeli uspeha. Z oplaščenjem je možno doseči samo manjše legirne učinke kakor npr. odgorek osnovnih elementov, predvsem pa se z njim izboljšujejo pogoji pri varjenju.

Sestava litih elektrodnih palic je normalno prilagojena neki srednji sestavi sive litine. Pomembna je samo sorazmerno velika količina silicija, a nasploh mora biti litina čimbolj kvalitetna (z malo žvepla). Po DIN 2301 naj bi bila sestava takale:

	C	Si	Mn	P	S
%	3,00...3,60	3,00	0,5...0,8	0,6	0,1

Pri tej kemični sestavi je lahko metalografska slika litine zelo različna, zategadelj pa tudi mehanske lastnosti. Zato je zanimivo, kako vpliva na razne faktorje varilski proces sam in koliko je mogoče vplivati na strukturo vara z oplaščenjem na elektrodah.

2.6. Talilniško livarske možnosti pri varjenju

Pri toplem obločnem varjenju sive litine z oplaščenimi elektrodami je treba računati s tehnološkimi pogoji, kakršne neposredno narekuje postopek, deloma pa so pogoji nekoliko spremenljivi.

Elektrodno oplaščenje je lahko sestavljeno iz vseh snovi, ki se dajo zdrobiti v prah ali pa kakorkoli izdelovati v zrnih z velikostjo $0,01\text{ mm}$. Takšne so skoraj vse mineralne snovi (karbonati, silikati idr.), vse fero zlitine ali nekatere medkovinske spojine, umetni karbidi, razne organske substance, čisti ogljik v raznih oblikah (oglj, grafit), čiste kovine idr. Od teh so za sestavljanje oplaščenja posebnega pomena tiste, ki vplivajo na izoblikovanje osnovne mase sive litine in na grafit.

Substance med varjenjem deloma odgorevajo in sestavljajo okrog obloka in kovinske taline zaščitno ozračje, ki je v glavnem sestavljeno iz $\text{CO}_2 + \text{CO}$ ter dušika. Samo tedaj, če elektrodno oplaščenje ni suho, se lahko pojavljata v ozračju vodna para in vodik. Varilna atmosfera sama na pogoje kristalizacije lahko ugodno vpliva, kadar prevladuje v sestavi CO_2 .

Posebnost pri obločnem varjenju je sorazmerno visoka temperatura obloka (precej nad 2000°C), kar povzroča močno pregretje raztaljene litine, ko v obliki kapljic prehaja skozi oblok od elektrode na osnovni material. To pregretje je mnogo višje kakor v metalurških pečeh in za livarsko prakso presega najugodnejše pogoje, saj pospešuje izločanje grobega primarnega grafita. Dobro pa je to, da je čas pregretja zelo kratek in se temperatura v talilni kopeli od visokega pregretja hitro zniža do normalne livne tem-

perature. Pri postopku toplega obločnega varjenja sive litine je treba cel varjenec ali vsaj del, kjer nahajamo zvar, predgreti (zaradi notranjih napetosti) do temno rdečega žara. Posledica predgretja je počasno ohlajanje, kar ugodno vpliva na nastanek perlitne strukture in izoblikovanje grafita ter s tem na mehanske lastnosti sive litine.

Za tvorbo velikega števila kristalnih kali so pri toplem obločnem varjenju pogoji zelo ugodni. Količina žlindre, ki nastaja iz elektrodnega oplasčenja, je sicer majhna, vendar je mešanje s kovinsko talino intenzivno. Nadalje je zelo dobro mešanje taline s plinastimi komponentami. Ugoden je tudi učinek sten varjenca, ki se lahko pojavljajo kot osnova za tvorbo kristalnih kali.

Varilni pogoji so torej deloma neugodni, a deloma tudi ugodni.

3. Eksperimentalno delo za študij izoblikovanja grafita pri varjenju sive litine

Ker se pri varjenju spreminja sestava, predvsem pa struktura dodatnega materiala, bi bilo treba upoštevati, kolikšne so te spremembe. Pri raznih vrstah litnega železa je še zanimivo, koliko se lastnosti litine v dodatnem materialu ohranjajo v varu. Eno izmed važnih vprašanj je, ali dodatni material s sferoidnim grafitom zagotavlja sferoidno strukturo tudi v zvaru, ter kakšne so možnosti za vplivanje na potek kristalizacije taline po varjenju.

3.1. Uporabljeni materiali

Osnova za izdelovanje oplasčenih elektrod je kovinsko jedro, ki je za toplo obločno varjenje sive litine tudi lito železo. Uporabljene okrogle palice s premerom 8 mm in v dolžini 600 mm so imele takole kemično sestavo:

	%	%
C	3,0...3,8	2,6...3,8
Si	2,2...2,6	1,7...2,5
Mn	0,3...0,5	0,7...0,8
P	0,01...0,05	0,06...0,11
S	0,008...0,10	0,09...0,11
Ti	0,04...0,23	0,05...0,06
grafit	sferoiden	lamelaren

Kemična sestava preskusnih palic je v mejah, ki so navedene v poglavju 2.5.

Metalografska struktura je bila različna — deloma z lamelarnim grafitom in deloma s sferoidnim. Osnova pa je bila v vseh primerih perlitno-feritna.

Preskusne elektrode so bile oplasčene z omakanjem ali stiskanjem. Pri tem je možno nanašati na elektrodno jedro za približno 3,5 % njegove mase snovi za oplasčevanje z omakanjem in do 20 % s stiskanjem. Za oplasčenje so bile na voljo naslednje snovi: kalcit, magnezit, kremenjak, jedavec, grafit, ferosilicij, ferotitan, kalcij-silicij, železo v prahu, celit, natrijevo steklo in kalijevo steklo. Od teh so prve štiri predvsem tvorci žlindre, naslednje fero zlitine pa naj bi neposredno vplivale na sestavo vara. Snovi, ki bi imele še močnejši vpliv na izoblikovanje grafita (npr. magnezij, cer) niso bile na uporabo v takšni obliki, da bi jih bilo možno dodati v oplasčenje.

spremeni tudi kemična sestava, prav gotovo pa metalografska struktura. Pri litem železu, tj. sivi ali sferoidni litini je predvsem zanimiv vpliv varjenja na razdelitev in izoblikovanje grafita, predvsem sferoidnega.

Po velikosti je lističasti grafit v palicah za elektrode po tabelah ASTM spadal v razrede 6 do 8. Pri palicah iz sferoidne litine je bil grafit izločen v dobro izoblikovanih kroglicah ali vozlih. Po pretaljevanju golih elektrodnih palic v električnem obloku je bilo zaradi ugotovitve vpliva varilskega postopka samega na strukturo dognano, da je struktura grafita v varu po navadi bolj groba kakor je bila v elektrodni palici. Za to je lahko vzrok počasnejše ohlajanje. Prej izraziti kroglasti grafit v palicah iz sferoidne litine je skoraj popolnoma izginil, pač pa so ostali le slabo izraženi zametki globulov in zelo drobni, enakomerno razdeljeni lističi grafita. Ker se je ogljik izločil pri vlivanju elektrodnih palic v globularni obliki po modifikiranju taline s kovinskim magnezijem, je mogoče sklepati iz tega, da pri varjenju magnezij iz dodatnega materiala odgori in se s tem izgubi njegov vpliv ali vsaj močno zmanjša.

3.2.2. Vpliv oplasčenja

Škodljive vplive varilskega procesa, tj. odgorevanje določenih elementov iz dodatnega materiala, bi bilo možno omiljevati z dodajanjem primernih snovi v oplasčenje elektrod. Pri tem bi se neposredno zmanjšali odgorki elementov, po potrebi pa bi lahko tudi dodajali potrebne snovi v talino.

Za ugotovitev teh možnosti je bilo sestavljeno več različnih tipov oplasčenja, ki naj bi imeli različne vplive. Nekatera so bila sestavljena predvsem iz komponent, ki močno vplivajo na način kristalizacije sive litine (oplasčenje I), in sicer fero zlitine, grafit, železo v prahu in podobno. Druga oplasčenja (sestavljena iz karbonatov in drugo) pa naj bi dajala predvsem več žlindre, ki naj bi ščitila talino (oplasčenje II). Pri tem je bil preskušen tudi vpliv kislosti in bazičnosti nastale žlindre, računsko določene iz sestave oplasčenja (v %) po obrazcu:

$$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2}$$

Po tem obrazcu so bila sestavljena tri oplasčenja: II/a z vrednostjo $B = 0,356$ tj. močno kisló, II/b z vrednostjo $B = 0,91$ in II/c z vrednostjo $B = 1,52$, to je že srednje bazična žlindra.

Povrh drugega je bil preskušen tudi vpliv količine žlindre oziroma debeline oplasčenja na strukturo vara, s tem da je bila teža plašča povečana od 3 do 7 % teže kovinskega elektrodnega jedra na 15 do 20 %. Pri tej debelini oplasčenja naj bi bila količina legiranih elementov že tolikšna, da bi lahko učinkovito vplivala na pogoje kristalizacije. Pri tem je bil preskušen predvsem vpliv takšnih dodatkov, ki imajo izrazit vpliv na grafit, in sicer ferosilicij in ferokalcij ter dodatno še vpliv titana.

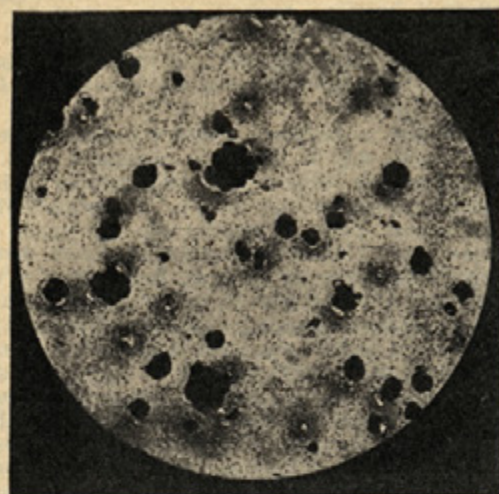
3.2.3. Vpliv hitrosti ohlajanja

Višino pregretja taline narekujejo varilni pogoji, kakršnih ni možno občutno spreminjati. Spreminja se lahko samo hitrost ohlajanja po varjenju. Normalno je temperatura raztaljenega dodatnega materiala tudi nad 2000 °C, ki pa se zelo hitro zniža na 1400 do 1500 °C. Od te temperature navzdol pa je možno pogoje spreminjati z različno višino predgretja ali tudi z ohlajanjem v peči.

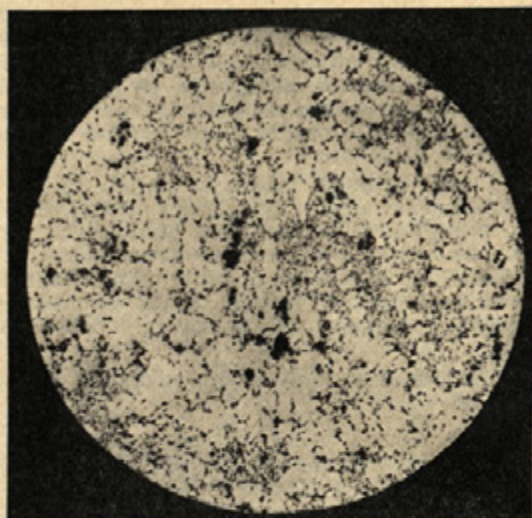
3.2. Vpliv nekaterih dejavnikov na strukturo litine v varu

3.2.1. Vpliv talilnega procesa pri obločnem varjenju

Najpomembnejši vpliv na strukturo vara ima že specifičnost varilskega procesa sama. Dodatni material se med varjenjem popolnoma raztali. Pri tem se lahko



Slika 3



Slika 4



Slika 5



Slika 6

3.2.4. Ocena raznih vplivov na metalografsko strukturo

Pri površnem pregledu strukture varov in razdelitev grafita je bilo možno ugotoviti, da oplasčenje le v zelo omejenem obsegu učinkuje na izoblikovanje osnovne strukture in grafit, predvsem pa ni opaziti izrazitih zakonitosti. Pri dodatku snovi, ki pospešujejo izločanje grafita in predvsem še nastanek sferoidnega grafita, se ohranja pri uporabi sferoidnih palic v čistem varu rahla sferoidna narava grafita, pretežno pa se ogljik izloča v lamelarni obliki. Opazni so pa tudi pri palicah iz sive litine prvi učinki cepljenja s CaSi v tem, da se pojavljajo zametki kroglastega grafita.

Počasnejše ohlajanje neugodno vpliva glede na to, da je grafit bolj grob in neenakomeren. Močnejši vpliv na izločanje globularnega grafita bi mogoče izkazoval dodatek Mg v oplasčenje, kar pa ni bilo preskušeno.

Na priloženih posnetkih so prikazani pri stokratni povečavi primeri strukture lite elektrodne palice s sferoidno strukturo (sl. 3) in normalno »sivo« strukturo (sl. 4). Na sliki 5 je struktura čistega vara, varjenega z elektrodo s sivo strukturo, oplasčeno s plaščem, ki je vseboval dodatek Fe-Si in Fe-Ti , na sliki 6

pa je struktura vara, varjenega z elektrodo iz sferoidne litine, oplasčeno z enakim oplasčenjem.

Vsi preskušanci so bili varjeni v grafitiranih peščenih kalupih, tako da ni bilo nobenega vpliva osnovnega materiala, tj. neke druge sive litine.

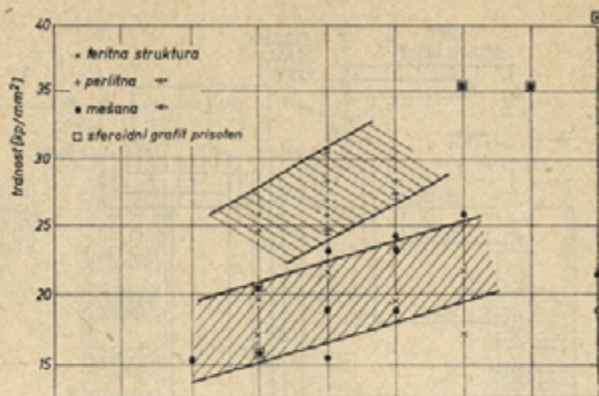
3.2.5. Odvisnost mehanskih lastnosti čistih varov od raznih dejavnikov

Pri pregledu trdnosti čistih varov, varjenih z različno oplasčenimi elektrodnimi palicami, kar je prikazano na grafikonu (slika 7) s hkratnim upoštevanjem velikosti grafita po ASTM in strukture osnovne kovinske mase, je jasno razviden kombiniran vpliv obeh najpomembnejših dejavnikov, to je velikosti in oblike grafita ter strukture osnovne mase. Pri enaki velikosti grafita so trdnosti pri perlitni osnovi za približno 8 kp/mm^2 večje kakor pri feritni ali mešani osnovni matici. Prisotnost sferoidnega grafita v strukturi učinkovito povečuje trdnost materiala, če preostali grafit ni izločen v pregrobnih lamelah. Trdnosti varov s čisto perlitno osnovo so bile med 24 in 31 kp/mm^2 pri srednjih velikostih grafita. Pri tem je bilo ugodnejše opla-

ščenje brez izrazitih legirnih dodatkov, elektrodo jedro pa iz sivih litih palic. Elektrodo jedra iz sferoidne litine so dala predvsem feritno osnovno strukturo — s trdnostmi od 17 do 23 kp/mm² pri približno enaki velikosti grafita. Oplaščenje z večjim dodatkom legirnih elementov ni bilo ugodno, ker je dalo vedno mešano (feritno-perlitno) osnovno strukturo z enakimi trdnostmi kakor feritna osnova.

Z razpoložljivimi sredstvi ni bilo možno doseči čiste sferoidne strukture po varjenju niti ob uporabi sferoidnih elektrodo palic. Potreben bi bil verjetno večji dodatek legirnih elementov ali dodatki z močnejšim učinkovanjem npr. Mg.* Merjenje trdote je pokazalo vrednosti od 170 do 225 HB, vare pa je bilo mogoče obdelovati mehansko v vseh primerih.

* Nekateri novejši viri (G. M. Blanck, Schweissen u. Schneiden 18 (1966) 1 str. 11) navajajo poskuse, pri katerih je ostala struktura v varu popolnoma sferoidna.



Sl. 7. Trdnosti čistih varov

Tabela 1

Elektrodo jedro	Oplaščenje	Spremembe v analizi [%]		
		C	Si	Mn
sive palice	I	do +10	-10 do +15	-45 do -60
sive palice	II	do -20	+ 6 do +34	-20 do -70
sferoidne palice	I	-25 do 40	+ 0 do +33	do -50
sferoidne palice	II	- 4 do 16	-10 do +70	-20 do -50

3.2.6. Spremembe kemične sestave med varjenjem

Pri varjenju prihaja dosledno do določene spremembe v sestavi materiala. Pri obločnem varjenju z oplaščenimi elektrodami je možno učinkovito vplivati na spremembo kemične analize.

Kemične analize čistih zvarov so pokazale spremembe v vsebini posameznih elementov (izražene v odstotkih), kakor so prikazane v tabeli 1.

Iz tabele je razvidno, da nastajajo v kemični sestavi spremembe. Odstotek silicija v glavnem vedno narašča, v nekaterih primerih zelo občutno. Ogljik odgoreva in se v čistem varu odstotek povečuje samo

pri večjih dodatkih ogljika v oplaščenju. Mangan v vseh primerih odgori iz materiala.

4. Sklep

Poskusi so pokazali, da varjenje močno vpliva na strukturo sive litine. Z oplaščenjem je mogoče v določeni meri vplivati na izoblikovanje grafita, vendar ni bilo na izbiro snovi, ki bi bila dovolj močno vplivala na izločanje sferoidnega grafita. Trdnosti čistega vara so bile z normalno sivo litino zelo dobre. Izdelane poskusne elektrode so bile po varilno tehničnih vidikih primerne.

Avtorjev naslov: doc. ing. Viktor Prosenc,
Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani

DK 620.92

Razvoj in nadaljnji možni dosežki pri preobrazbi energije v termoelektrarnah

ALOJZ PRAUNSEIS

(Nadaljevanje in konec)

4. Značilnosti velikih blokovnih enot kaloričnih elektrarn

Izredno naraščanje porabe električne energije nalaga zahtevo po vedno večjih enotah v kaloričnih elektrarnah s čim boljšimi izkoristki. Z večanjem moči blokovnih enot dosegamo hkrati znatno zmanjšanje specifičnih in investicijskih stroškov povrh zmanjšanja specifične porabe pare (pri 200 MW-turbinah dosegamo 2030 kcal/kWh, pri največjih 900 MW-turbinah pa že 1850 kcal/kWh).

Velikost blokovnih enot je odvisna od obremenitve omrežja v konicah. Le-ta znaša ta čas v ZDA 10 000 do 11 000 MW (v določenih omrežjih), kar omogoča vključevanje 900 MW-turbin.

Pri enotah med 1000 do največ 1500 MW nadaljnje zmanjševanje investicijskih stroškov ni več možno, vrhu tega pa se pojavljajo tudi konstrukcijske in transportne težave, tako da je tod za zdaj praktična meja za velikost blokovnih enot.

Prehod pri gradnji elektrarn na večje enote, višje tlake in temperature poteka ponajveč postopoma, kar je pač odvisno od potreb po električni energiji v posameznih deželah. Po določenem obdobju (~10 let) je mogoče preiti — v odvisnosti od potrebe — na večje blokovne enote. Tak način večanja moči blokovnih enot daje določene tehnične in ekonomske prednosti. Tako omogoča optimalne enotne tehnične rešitve, poenotenje kotlovskih armatur (napajalke, ventilatorje, rezervne dele) ter olajšuje enostavnejše