

Potrebno napajanje ulitkov iz nodularne litine

Feeding Requirement of Ductile Cast Iron

V. Uršič, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, Ljubljana,*

M. Tonkovič-Prijanovič, R. Jud, *BELT Črnomelj, Črnomelj*

V letu 1990 smo v okviru raziskave za Belt Črnomelj preučevali nekatere vzroke in posledice močnega krčenja in širjenja nodularne litine med strjevanjem¹.

V nadaljevanju nas je zanimal vpliv trajanja napajanja med strjevanjem. Če se povezuje med napajalnikom in ulitkom zaradi napačno dimenzioniranega vratu prehitro prekine, je prekinjen dotok taline v ulitek, ko se ta še strjuje. Zato ostane napajalnik neizkoriščen, v ulitku pa se pojavijo tipične livarske napake. Potreben obseg napajanja smo ugotavljali pri ulivanju poiskusnih ulitkov iz nelegirane in legirane nodularne litine².

Ključne besede: napajanje, napajalnik, vrat napajalnika, forma, krčenje, nelegirana in legirana nodularna litina

Two years ago we had studied several causes and the consequences of contraction and dilatation of ductile iron during its solidification. We found out that crystallization depends on chemical composition of melt. On the other hand it is very clear that rigid moulds should be used, to avoid the sinking of their walls during casting and solidification.

We continued our work and studied the influence of various feeding times on the soundness of the castings. We used feeder-neck samples, proposed by R. Hummer from ÖGI Leoben in Austria. Four cubes and their feeders had the same modulus — $M_c = 0.75$ cm, while modulus of feeder necks — M_{fn} increased from 0.175 to 0.500 cm so that the ratio M_{fn}/M_c increased from 0.25 to 0.66. If the feeder's neck is correctly dimensioned the feeding melt can reach the casting, otherwise it solidifies too early in the neck and in casting occur microporosity and/or shrinkage. The samples were cast of unalloyed and alloyed melts. The sand mixtures for moulds were bentonite, water glass and furan resin bonded.

Feeding requirement is much greater in case of an alloyed melt than in that of an unalloyed one. Therefore the ratio M_{fn}/M_c should also be greater to avoid the premature solidification of the melt in feeder's neck and to avoid cast defects.

Key words: Feeding, Feeder, Feeder's Neck, Mould, Shrinkage, unalloyed and alloyed ductile iron.

1 Uvod

V okviru raziskave za Belt Črnomelj smo preučevali nekatere vzroke in posledice močnega krčenja in širjenja nodularne litine med strjevanjem. Če ulitek ni ustrezno napajan, se lahko pojavijo različne tipične napake: mikroporoznost, lunke in posedanje. Ugotovili smo, da je potek strjevanja odvisen od kemijske sestave taline in da moramo ulivati v dovolj trdno in togo formo, da se ta v fazi evtektičnega strjevanja, ko pride do širjenja litine zaradi grafitizacije, ne podaja in s tem zagotavlja, da je napajalni tok usmerjen v kritične dele ulitka¹.

V nadaljevanju nas je zanimal vpliv trajanja napajanja med strjevanjem. Če se povezuje med napajalnikom in ulitkom zaradi napačno dimenzioniranega vratu prehitro prekine, je prekinjen dotok taline v ulitek, ko se ta še strjuje. Zato ostane napajalnik neizkoriščen, v ulitku pa se pojavijo zgoraj omenjene napake. Napajalnik mora zanesljivo učinkovati predvsem v tistem obdobju strjevanja, ko iz taline rastejo primarni dendriti in je krčenje najbolj intenzivno. Ko se začne evtektično strjevanje — skupna rast dendritov in grafitnih nodulov — pa širjenje zaradi izločanja

grafita delno kompenzira krčenje zaradi rasti dendritov in takrat napajanje ni več neobhodno potrebno².

Potreben obseg napajanja smo ugotavljali pri ulivanju poiskusnih ulitkov iz nelegirane in legirane nodularne litine.

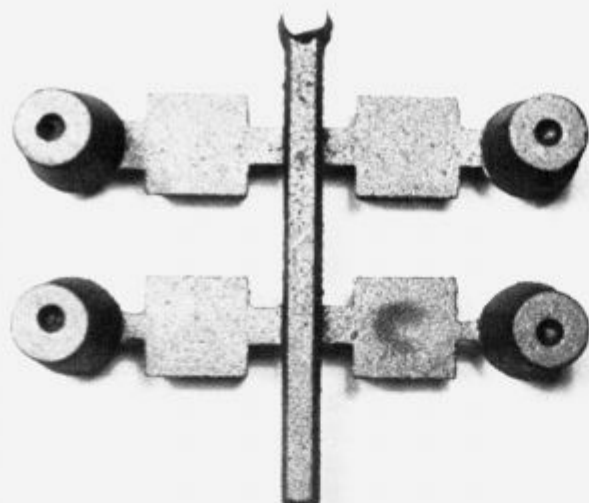
2 Potek raziskave in rezultati

2.1 Poizkusni ulitki

Raziskovalci te problematike uporabljajo — ulivajo — različne vrste preizkušancev, med drugim ti. T-probe³.

Iz ÖGI Leoben smo dobili načrt za poizkusne ulitke, s pomočjo katerih lahko ugotavljamo potrebni prerez vratu napajalnika pri različnih metalurško-tehnoloških pogojih⁴. Gre za komplet štirih enakih kock in štirih pripadajočih enakih cilindričnih napajalnikov (slika 1). Moduli kock in napajalnikov so v vseh štirih primerih 0.75 cm. Spreminjajo pa se izmere vratov napajalnikov, tako da so njihovi moduli:

0.175 — 0.250 — 0.375 — 0.500 cm.



Slika 1. Komplet štirih poizkusnih ulitkov.

Figure 1. Set of four cast samples.

Razmerja: modul vratu napajalnika/modul ulitka so torej:

$$M_{vn1}/M_{ul} = 0.25$$

$$M_{vn2}/M_{ul} = 0.33$$

$$M_{vn3}/M_{ul} = 0.50$$

$$M_{vn4}/M_{ul} = 0.66$$

Forme so bile izdelane iz peščenih mešanic, v katerih so bili kot vezivo bentonit, vodno steklo in furanska smola. V tem vrstnem redu je naraščala trdnost in togost uporabljenih form.

2.2 Kemijska sestava poizkusnih ulitkov

Najprej smo ulili poizkusne ulitke iz taline s kemijsko sestavo, ki jo v livarni naročnika običajno uporabljajo za težje ulitke (litina 1 v tabeli 1), nato pa še iz legirane taline (litina 2 v isti tabeli).

2.3 Preiskava poizkusnih ulitkov

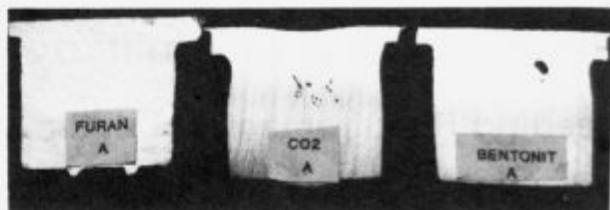
Poizkusne ulitke — kocke — in pripadajoče napajalnike smo razrezali in naredili makroskopski pregled.

Črke na posameznih vzorcih pomenijo:

- A prerez vratu napajalnika je 7×7 mm, $M_{vn1}/M_{ul} = 0.25$,
- B prerez vratu napajalnika je 10×10 mm, $M_{vn2}/M_{ul} = 0.33$,
- C prerez vratu napajalnika je 15×15 mm, $M_{vn3}/M_{ul} = 0.50$,
- D prerez vratu napajalnika je 20×20 mm, $M_{vn4}/M_{ul} = 0.66$,

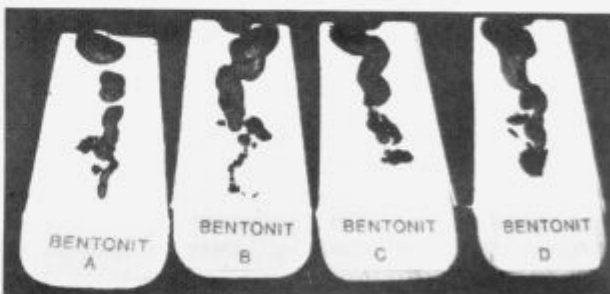
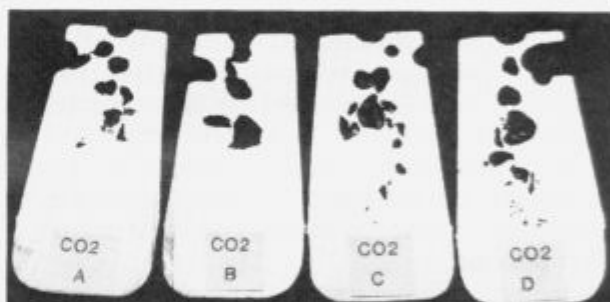
a) Nelegirana nodularna litina

Ulitki uliti v furanske forme so bili zdravi ne glede na razmerje: M_{vn}/M_{ul} , (slika 2). Potreba po napajanju je bila zaradi trdne forme majhna, vrat napajalnika pa je zagotavljal potreben dotok sveže taline v kritičnem obdobju strjevanja ulitkov (slika 3).



Slika 2. Prerezi treh poizkusnih ulitkov, ulitih v različne pešcene

forme; razmerje $M_{vn}/M_{ul} = 0.25$, nelegirana nodularna litina. Figure 2. Sections of three samples, cast in different sand moulds; ratio $M_{fn}/M_c = 0.25$, unalloyed ductile cast iron.



Slika 3. Prerezi napajalnikov poizkusnih ulitkov, ulitih v različne pešcene forme; razmerje M_v/M_{ul} narašča od A k D, nelegirana nodularna litina.

Figure 3. Feeder's sections of samples cast in different sand moulds; ratio M_{fn}/M_c increases from A towards D, unalloyed ductile cast iron.

Ulitki uliti v CO₂-forme so bili zdravi, ko je bilo gornje razmerje 0.33, 0.50 in 0.66. Le v primeru, ko je bilo razmerje 0.25, se je v ulitku pojavila mikroporoznost in je bilo opazno posedanje ulitka v večjem obsegu. Potreba po napajanju je bila nekoliko večja, kot v predhodnem primeru, napajalniki pa so bili tudi boljše izkoriščeni.

Tabela 1. Kemijska sestava litin za poizkusne ulitke (mas.%)

Litina	C	Si	Mn	P	Mg	Ni	Cu	Mo
1	3.74	2.50	0.36	0.01	0.037	0.16	0.27	-
2	3.63	2.71	0.08	0.01	0.045	1.46	0.58	0.10

Ulitki uliti v bentonitne-forme so bili zdravi, ko je bilo gornje razmerje 0.33, 0.50 in 0.66. V primeru, ko je bilo razmerje 0.25, pa se je v ulitku pojavil večji zaprt lunker in bilo je opazno posedanje ulitka. Potreba po napajanju je bila velika. Iz napajalnikov je prešla večja količina taline v ulitke, vendar pa se je v primeru, ko je bilo gornje razmerje najmanjše — 0.25, vrat še prej strdil, kot pri enakem ulitku, ulitem v CO₂-formo in napajalnik ni mogel učinkovati ves potreben čas.

b) Legirana nodularna litina

V predhodni raziskavi¹, ko smo ugotavljali obseg krčenja in širjenja taline med strjevanjem, smo spoznali, da je legirana nodularna litina še posebej močno nagnjena k volumskim spremembam med strjevanjem. Za zagotovitev zdravih ulitkov moramo zato poskrbeti za izdatno napajanje v času, ko iz taline kristalizirajo primarni dendriti austenita in je krčenje najbolj izrazito.

Zanimalo nas je, kako bo na strjevanje poizkusnih ulitkov vplival dodatek niklja, molibdena in bakra (tabela 1-litina 2). Kombinacijo teh treh elementov uporabljamo, kadar želimo npr. izdelovati bainitno nodularno litino.

Poizkusne ulitke smo sedaj ulivali le v forme iz peščenih mešanic, vezanih z bentonitom, oz. s furansko smolo.

Čeprav je furanska forma precej bolj trdna, kot bentonitna in se med strjevanjem zato manj podaja pod vplivom tlaka zaradi ekspanzije litine, pa v primeru legirane nodularne litine pri najmanjšem razmerju M_v/M_{ul} — 0.25 — ulitek ni bil zdrav. V njegovi notranjosti smo odkrili manjše lunke in mikroporoznost, na površini pa posedanje. Napajalniki so bili dobro izkoriščeni, vendar pa tisti z najtanjšim vratom ni mogel povsem opraviti svoje naloge (slika 4).

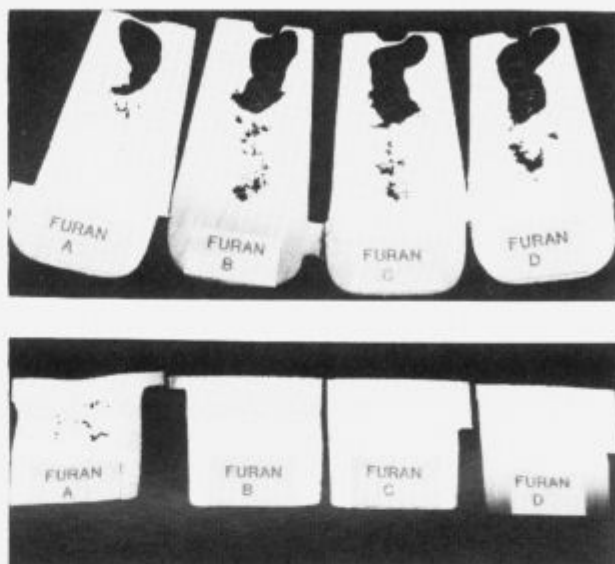
Med ulitki ulitimi v bentonitno formo je bil zdrav le tisti, ki je bil z napajalnikom spojen z najdebelejšim vratom. V preostalih treh smo našli večje lunke in mikroporoznost (slika 5). Tanjši vratovi so se mnogo prej strdili, kot je zadoščalo za uspešno napajanje. Zato so bili napajalniki skoraj povsem neizkoriščeni in v njih smo opazili le mikroporoznost oz. manjši lunke.

c) Iz litine, kateri je bila dodana le manjša količina bakra (litina 1 iz tabele 1) smo skupaj s poizkusnimi ulitki, ulili v forme iz bentonitnega peska tudi ulitke iz redne proizvodnje — vztrajnike z maso okoli 40 kg¹, ki smo jih pregledali z radiografijo (X-žarki). S to neporušno metodo smo ugotavljali lego in velikost napak — mikroporoznost in notranji lunke v odvisnosti od lege napajalnika in hladilnih teles.

3 Zaključek

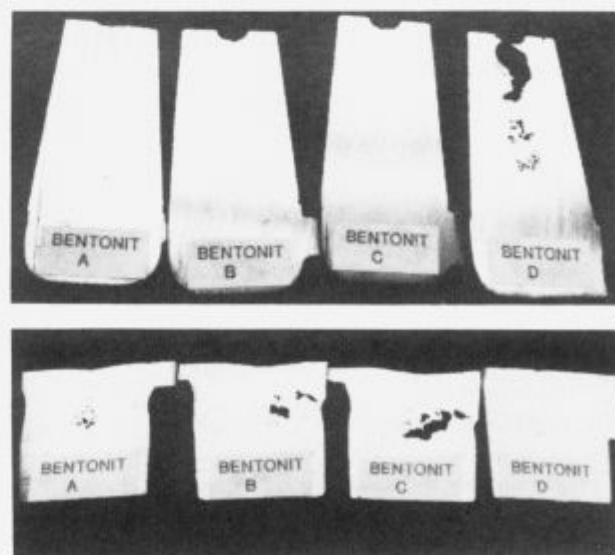
Nadaljevali smo s preiskavami, katerih cilj je ugotoviti, kako pri nodularni litini, za katero je značilna specifična morfologija strjevanja, zagotoviti tako zanesljivo napajanje, da bodo ulitki v tem pogledu zdravi.

Napajanje — dotok taline iz napajalnika v ulitek skozi vrat, ki ju povezuje — mora trajati vse do eutektičnega strjevanja, ko začne litina po začetnem močnem krčenju zaradi rasti primarnih dendritov naraščati, ko se prične izločanje kroglastega grafitu.



Slika 4. Prezezi poizkusnih ulitkov in pripadajočih napajalnikov, ulitih v furanske peščene forme; razmerje M_v/M_{ul} narašča od A k D; legirana nodularna litina.

Figure 4. Sections of cast samples and their feeders, cast in furan resin bonded moulds; ratio M_{fn}/M_c increases from A towards D; alloyed ductile cast iron.



Slika 5. Prezezi poizkusnih ulitkov in pripadajočih napajalnikov, ulitih v bentonitne peščene forme; razmerje M_v/M_{ul} narašča od A k D; legirana nodularna litina.

Figure 5. Sections of cast samples and their feeders, cast in bentonite bonded moulds; ratio M_{fn}/M_c increases from A towards D; alloyed ductile cast iron.

4 Literatura

- ¹ V. Uršič, M. Tonkovič-Prijanovič, R. Jud: Volumske spremembe med strjevanjem nodularne litine; Kovine, zlitine, tehnologije, 26, 1-2, 1992, 244-249
- ² V. Uršič, M. Tonkovič-Prijanovič, R. Jud: Ugotavljanje nagnjenosti nodularne litine h krčenju in pojavu luntranja — 2. del, Poročila IMT v Ljubljani, 91-051
- ³ F.J. Bradley, C.A. Fung: Thermal Analysis for Shrinkage Prediction in commercial ductile Iron Castings, Can. Met. Q. 30, 1991, 4, 251-260
- ⁴ R. Hummer: Relationship between Cooling and Dilatation Curves of Ductile — Iron Melts and their Shrinkage Tendency, Cast Metals, 1, 1988, 2