

Segregiranje posameznih elementov v konti odlitkih visokoogljčnega jekla

Segregation of Some Elements in Continious Casting High Carbon Steels

D. Pihura¹, Metalurški fakultet Zenica
M. Jotanović, Željezara Zenica

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-11-22

Z začetno proizvodnjo visokougličnih, kontinuirano odlitih konvertorskih jekla za žice se zvišala produktivnost jeklarne. Kvaliteta takega jekla je zadovoljavajoče dobra. Nije bilo izmečka zaradi zunanjih ali pa notranjih napak. Segregiranje posameznih elementov je v dovoljenih mejah, kljub dokaj velikemu preseku slitka.

Ključne besede: kontinuirano litje, segregiranje elementov

A development of new high carbon converter continuously cast steel grades for wire rods enlarge available products. A quality characteristics of such steel is rather good. There is no rejected material because of surface or inner defects. Segregation of elements is in a lowable limits in spite of rather large section of mould.

Key words: continuous casting, segregation of elements

1 Uvod

Osvajanje proizvodnje visokougličnog konvertorskog čelika za žice, livenog na kontilivu, proširilo je proizvodni program. To je zahtijevalo i utvrđivanje kvalitetskih karakteristika. Provjera kvaliteta proizvedenog čelika je pokazala da je srazmjerno uslovima dobar i nema povećanja procenta odbačenog čelika zbog površinskih ili unutrašnjih grešaka. Segregiranje elemenata je, usprkos velikom presjeku kristalizatora kontiliva u dozvoljenim granicama.

2 Karakteristike procesa proizvodnje

Tečni čelik za kontiliv se dobija iz konvertora kapaciteta 130 tona. Prosječna težina taline je 120 t sa sadržajima ugljika 0,30-0,80%, koji se postiže naugličavanjem taline sa prosječno 0.10%, do propisanog sadržaja dodatkom potrebne količine sredstva za naugličavanje u kazan. Prije ljevanja sve taline su propuhane plinom. Kontinuirano ljevanje je realizovano na kontilivu vertikalnog tipa sa četiri žile sa presjekom kristalizatora 270*340 mm i ravnim stranama. Prosječna brzina ljevanja je 0,65 m/min. Prosječne temperature tečnog čelika, po fazama, su slijedeće: u livnom kazanu je 1570°C, a u medjukazanu 1530°C. U medjukazanu kapaciteta 12 t su instalirani izljevnicu sa priječnikom izljevnog otvora od 35 mm.

Prvi put primjenjena navedena tehnologija u tako integralnom procesu proizvodnje čelika zahtjeva i provjeru kvaliteta^{1,2}. Zato je u ovom radu prikazano segregiranje pojedinih elemenata. Kvalitet kontinuirano livenih blumova je prilično dobar sa minimalnim pojavama površin-

skih grješaka, tako da je manje od 5% svih kontrolisanih kontiblumova čišćeno.

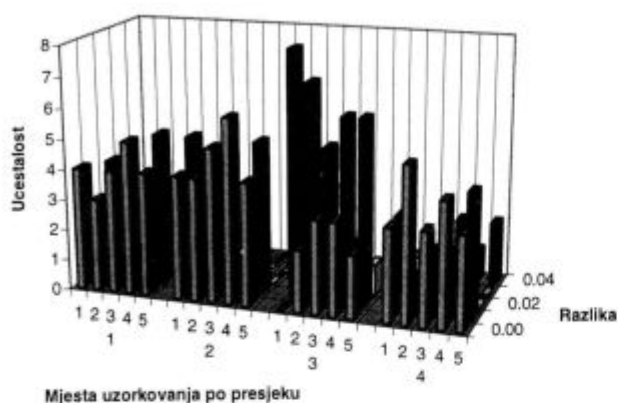
Sve taline su klasificirane u grupe sa sadržajima ugljika: 0,39-0,39, 0,40-0,49, 0,50-0,59 i 0,60-0,69% ugljika. Sadržaj mangana je u granicama 0,40-0,60%, a sumpora ispod 0,028%. Hemijska analiza je kontrolisana uzimanjem uzoraka za hemijsku analizu-kanalskih proba tri puta u toku livenja na kontilivu i to nakon odlivanja 25, 50 i 75% od ukupne količine taline. Rezultati hemijskih analiza uzoraka u pogledu sadržaja ugljika i mangana su prikazani na slikama 1 i 2. Izračunate vrijednosti devijacije ukazuju da najveći broj odstupanja i najveće odstupanje odnosno neravnomjernost u sadržaju pojedinih elemenata se uočava u odnosu na sadržaj u srednjoj kanalskoj analizi kod ugljika, a zatim kod sumpora, mangana, aluminija i fosfora, a najmanje kod silicija. Zbog toga je i najveća pažnja posvećena neravnomjernosti sadržaja ugljika.

3 Segregiranje

Visokouglični čelik za žicu za patentiranje ima specifičan hemijski sastav, te pored visokog sadržaja ugljika sadrži i mangan u količini 0,30-0,80%. Usprkos tome se uspijeva naugličavanjem dobiti propisani i dosta ujednačen sadržaj ugljika u čeliku u kazanu, posebno poslije propuhivanja tečnog čelika u kazanu. Isti rezultati su dobijeni i za različite količine sredstva za naugličavanje, čijim dodatkom je postignuto povećanje sadržaja ugljika u granicama od 0,30 do 0,75% za kontiblumove dužine do 10 m. Prosječno u talini ima oko 20 kontiodlivaka ili kontiblumova, po pet na svakoj od četiri žile. Segregiranje pojedinih elemenata, posebno ugljika je ispitivano s jedne strane uzduž svake pojedine žile, a s druge strane na popriječnim presjecima kako pojedine žile na tri mjesta, tj. na vrhu, u sredini i na peti, tako i na

¹ Derviš PIHURA
Metalurški fakultet Zenica
72000 Zenica, Bosna i Hercegovina

Učestalost razlike sadržaja ugljika presjeka i po žili



Slika 1: Pogostost razlik u vsebnosti ugljika na povprečnem presjeku kontiodlivka (številke 1-5) in po višini posamezne veje (1-4)

Figure 1: Frequency of differences of carbon concentration on the section of CC blooms (1-5) as well as along each strand (1-4)

presjecima pojedinih kontiblumova pri glavi, peti i povremeno i sredini. Na svakom presjeku je uzduž obje dijagonale uzimano po pet ili više uzoraka za analizu elemenata. Analizirani presjeci su pokazali da je prosječan sadržaj ugljika za pojedine reprezentativne vrste visokougledjeničnih čelika sa sadržajem ugljika od 0,50-0,59 i 0,60-0,69% u vrlo uskim granicama u svakom od pet kontiblumova uzduž žile pri glavi, sredini i peti svakog kontibluma uz niske vrijednosti standardne devijacije.

4 Rezultati

Rezultati ukupnog broja analiza iz kontiodlivaka posmatrani po vrstama čelika su prezentirani u tabeli 1.

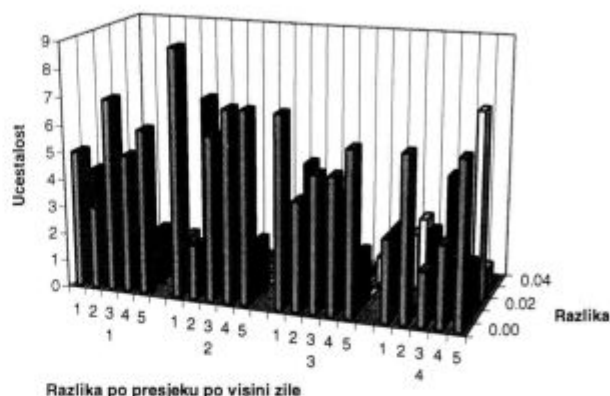
Ispitivanja su vršena za navedene vrste čelika i po istom postupku čiji su zbirni rezultati prikazani u tabeli 2.

Uzorkovanje i analiza popriječnih presjeka pojedinih žila na sadržaje pojedinih elemenata u glavi žile, sredini i peti, uzoraka uzetih uzduž dijagonale obuhvataju oko pedest tačaka. Površina uzorkovanja u svakoj tački je 0,2% ukupne površine presjeka. Na isti način su uzeti uzorci iz kontiblumova dvadeset opitnih talina i analiziran je sadržaj ugljika. Također, je analiziran i sadržaj ugljika u koturu žice (na početku i kraju kotura). Sadržaj ugljika u uzetim uzorcima iz kontiblumova i žice je pokazivao malo odstupanje u odnosu na sadržaj u srednjoj kanalskoj analizi (tabela 2).

Tabela 1: Pregled segregiranja ugljika po presjeku kontiodlivka za različite sadržaje u čeliku

Vrsta čelika	Sadržaj ugljika u srednjoj kanalskoj analizi (%)	Odstupanje u sadržaju ugljika u uzorku prema sadržaju u srednjoj kanalskoj probi (%)					Ukupan broj uzoraka
		±0.00	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04	
1	0.33	10	19	33	16	8	86
2	0.55	55	35	45	1	-	137
3	0.65	19	22	21	16	6	84
4	0.75	15	24	1	-	-	40

Učestalost razlike sadržaja mangana po visini žile



Slika 2: Pogostost razlik u vsebnosti mangana na povprečnem presjeku kontiodlivka (številke 1-5) in po višini posamezne veje (1-4)

Figure 1: Frequency of differences of mangan concentration on the section of CC blooms (1-5) as well as along each strand (1-4)

Tabela 2: Pregled segregiranja ugljika po presjeku kontiodlivka za sve kontiodlivke

Kretanje sadržaja ugljika u srednjoj kanalskoj probi (%)	Odstupanje u sadržaju ugljika u uzorku prema sadržaju u srednjoj kanalskoj probi (%)					Ukupan broj uzoraka
	±0.00	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04	
0.33 - 0.76	380	556	443	227	85	1691

Sadržaj ugljika za pojedine reprezentativne grupe čelika, kao što su one sa sadržajima 0,50-0,59 i 0,60-0,69% ugljika, su u vrlo uskim granicama uzduž svake dijagonale presjeka kao što se vidi iz table 3.

Raspodjela ugljika u analiziranim presjecima kontiblumova žila često pokazuje da je sadržaj ugljika niži u sredini ili na jednom ili oba ruba, a postiže najviše vrijednosti između ruba i sredine, tj. na polovini rastojanja. Usprkos visokom sadržaju ugljika, ne uočava se znatnije segregiranje ugljika, na što posebno može da utječe i nizak sadržaj mangana. Istovremeno i znatan pad temperature tečnog čelika u kazanu, tokom obrade, reda veličine 2,8°C/min., a kod dodatnog uvođenja žice punjene sa CaSi i 5,7°C/min., prouzrokovao je da se visokougledjenični čelik lije sa minimalnim pregrijanjem. Zbog toga, uspjeh u kontroli temperature tečnog čelika očigledno predstavlja uspjeh i u svodjenju segregiranja ugljika na minimum.

Tabela 3: Pregled segregiranja ugljika po presjeku kontiodlivka za različite sadržaje u čeliku

Odstupanje u sadržaju ugljika u odnosu na sadržaj u srednjoj kanalskoj analizi po dijagonalama popriječnog presjeka (%)	Odstupanje u sadržaju ugljika u uzorku prema sadržaju u srednjoj kanalskoj probi (%)				
	±0.00	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04
Sredina popriječnog presjeka	11	13	13	8	8
Trećina dužine između sredine i kraja presjeka	28	48	74	50	28
Dvije trećine dužine između sredine i kraja presjeka	46	67	55	48	18
Ukupno:	85	128	142	106	54

Prosječan sadržaj ugljika pri glavi, sredini i peti žile u poredjenju sa prosječnim sadržajem ugljika u tečnom čeliku u kazanu, kada se uzorci čelika uzimaju za analizu, pošto se odlije 25, 50 i 75% mase taline, pokazuje male razlike, koje se kreću u granicama grješke hemijske analize elemenata (tabela 4).

Istovremeno je po sredini uzdužnog i poprijječnog presijeka kontiblumova od ruba prema sredini analiziran sadržaj ugljika i mangana. Uzorkovanje je vršeno na po četiri mjesta, a na svakom mjestu je uzimano po pet proba. I u ovom slučaju se uočavaju mala i neznatna odstupanja sadržaja oba elementa u odnosu na prosječan sadržaj od ruba do sredine presjeka kontibluma.

Tabela 4: Pregled sadržaja ugljika u talini tokom ljevanja iz kazana

Etapla procesa	Sadržaj ugljika (%)	Sadržaj ugljika (%) poslije odljevanja iz kazana određene količine taline (%)		
		25	50	75
kazan	0.50 - 0.59	0.53	0.53	0.53
žila		0.54	0.55	0.54
kazan	0.60 - 0.69	0.67	0.68	0.67
žila		0.66	0.66	0.66

Postojanost srednjeg sastava čelika po presjeku kontiblumova odražava se kao rezultat preraspodjele relativnih zapremina ispunjenih osama dendrita i međuosnim djelovima. Sadržaj mangana je analiziran u pravcu livenja žile i to pri glavi, sredini i peti žile, kao i po uzdužnim unutarnjim presjecima između ruba i sredine kontibluma u šest nivoa (tabela 5 i 6). Raspodjela mangana pokazuje ujednačenost prosječnog sadržaja od 0,50% pri glavi, sredini i peti žile, sa niskom vrijednošću standardne devijacije ispod 0,01%. Ova raspodjela je dobijena za prosječne sadržaje mangana od 0,51% (tabela 7). Isti red veličine raspodjele je dobijen i za više sadržaje ugljika između 0,60-0,69% i za niže sadržaje ugljika između 0,40-0,49%, te sadržaje 30-0,39%.

Tabela 5: Uporedni pregled sadržaja ugljika u kontidljivku i žici

Mjesto uzorkovanja	Razlika sadržaja ugljika (%)							Ispod Udio (%)
	±0.00	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04	±0.05	Σ	
kontidlivci	360	556	449	117	85	117	1711	1509 88.19
žica	236	374	207	207	24	111	955	820 85.86

Tabela 6: Pregled sadržaja ugljika po dijagonali presjeka kontiblumova

Sadržaj ugljika (%)	Smijer ljevanja	Dijagonala	Sadržaj ugljika u probama uzoraka uzetih s mjesta od ruba prema sredini oznaka probe						
			1	2	3	4	5	6	7
			rub			sredina			rub
0.5-0.59	glava	1	0.53	0.53	0.54	0.53	0.54	0.54	0.53
		2	0.54	0.55	0.53	0.53	0.55	0.55	0.54
	sredina	1	0.52	0.53	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53
		2	0.53	0.53	0.54	0.54	0.53	0.54	0.53
	peta	1	0.52	0.53	0.54	0.52	0.55	0.53	0.53
		2	0.52	0.53	0.53	0.52	0.53	0.53	0.52
0.6-0.69	glava	1	0.67	0.68	0.68	0.67	0.67	0.65	0.67
		2	0.68	0.69	0.67	0.67	0.68	0.68	0.67
	sredina	1	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.65	0.66
		2	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.69	0.68
	peta	1	0.66	0.66	0.66	0.64	0.67	0.67	0.66
		2	0.69	0.69	0.69	0.64	0.67	0.68	0.67

Tabela 7: Pregled sadržaja mangana u poprijječnim i uzdužnim uzorcima

Smijer uzorkovanja žile	Mjesto uzorkovanja	Sadržaj mangana u uzorcima uzetim na različitim dužinama odljevaka (%) od nivoa ljevanja pojedine žile					
		1	2	3	4	5	6
Vrh	rub - 1	0.50	0.51	0.51	0.51	0.52	0.49
	2	0.50	0.51	0.49	0.51	0.50	0.50
	3	0.51	0.50	0.50	0.53	0.49	0.50
	sredina	0.50	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51
Sredina	rub - 1	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.50
	2	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.49
	3	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.52
	sredina	0.49	0.51	0.50	0.50	0.51	0.50
Kraj	rub - 1	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.50
	2	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51
	3	0.48	0.50	0.50	0.51	0.51	0.53
	sredina	0.50	0.51	0.50	0.49	0.51	0.49

5 Zaključak

Dobijena raspodjela ugljika i mangana pokazuje da je moguće dobiti zadovoljavajući nivo segregiranja u u smijeru livenja, kao i u poprijječnom presjeku u postojećim uslovima proizvodnje i livenja^{3,4,5}. Dobijeni rezultati u se podudaraju sa rezultatima drugih istraživača i daju rezultate koje su ovi postigli kod jednostavljanja istog tehnološkog procesa¹.

Rezultati nadalje pokazuju da je ujednačen raspored ugljika u kazanu garancija i ujednačenosti rasporeda ugljika u kontiblumu.

Postojeći uslovi kontiliva sa postojećim režimom livenja u procesu livenja osiguravaju postizanje odgovarajuće homogenosti, a to je optimalna homogenost koja se može postići, posebno u nedostatku primjene postupka elektromagnetnog miješanja. Poboljšavanjem postojećih uslova obrade tečnog čelika u kazanu mogla bi se obezbijediti i optimalna homogenizacija tečnog čelika u hemijskom pogledu u odnosu na postojeće stanje. Potrebno je vršiti i dalje osavremanjavanje procesa homogenizacije, odnosno obrade čelika u kazanu zbog poboljšanja izvatka i cjelokupne homogenosti čelika.

6 Literatura

- ¹ Huttenem, T. et al.: *Scand. J. Metallurgy*, 15, 1988, 288-291
- ² Wolf, M.: Continuous casting of high carbon steel, 10. *Medzinarodni hutnicke konferencie - Plynule*, Trinec, 1989
- ³ Pihura D.: Continuous casting of high carbon converter steel for wire rods, 10. *Medzinarodni hutnicke konferencie - Plynule*, Trinec, 1989
- ⁴ Pihura D. et al.: *Osvajanje proizvodnje visokouglenične žice PŽ kvaliteta u kisikovom konvertoru uz ljevanje na uređju za kontinuirani ljevanje (do PŽ 60)*, Monografija Metalurški institut, Zenica, 1991
- ⁵ Pihura D. et al.: *Unaprijedjenje proizvodnje žice za patentiranje*, Monografija, Metalurški institut, Zenica, 1992