

PROIZVODNJA I ZAVARLJIVOST REBRASTOG BETONSKOG ČELIKA

MANUFACTURING AND WELDABILITY OF RIBBED CONCRETE STEEL

Željko BILIĆ¹, Nedjeljko MIŠINA², Marijo ORŠULIĆ³

Ključne riječi: rebrasti betonski čelik, zavarljivost, mehanička svojstva

Key words: ribbed concrete steel, weldability, mechanical properties

Sažetak: U radu su dana saznanja o dobivanju, toplinskoj obradi i načinu zavarivanja rebrastog betonskog čelika. Izneseni su rezultati ispitivanja tvrdoće, granice tečenja i rastezne čvrstoće zavarenih spojeva dobivenih zavarivanjem elektrootpornim sučeljenim postupkom zavarivanja. Metalografskim pregledom zavarenih spojeva utvrđen je utjecaj unešene topline prilikom zavarivanja na strukturne promjene u zoni utjecaja topline.

Abstract: The conclusions regarding ribbed concrete steel obtaining procedure, thermal handling and welding technology methods are given through this expertise. The hardness testing results, yield points and tensile strength parameters of welded joints obtained from resistance butt – welding technology procedure are brought out as well. The influence of the heat introduced during welding procedure on structural changes in heat affected zone, is established by metalographical analysis of welded joints.

¹PIS d.o.o. – Split

²FESB – Split, R. Boškovića bb., 21 000 Split

³Pomorski fakultet – Split

1. UVOD

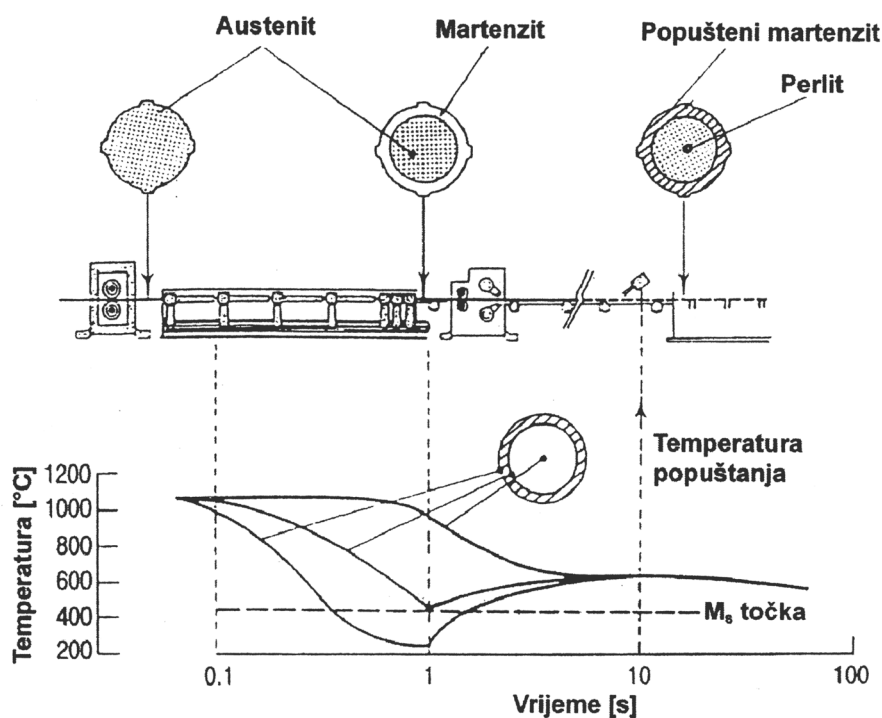
1.1. Proizvodnja rebrastog betonskog čelika

Proizvodnja rebrastog betonskog čelika u «Željezari – Split» odvija se u tri faze. Prva faza je u čeličari, a započinje u elektrolučnoj peći u kojoj se tali staro željezo nepoznatog kemijskog sastava. Nakon izlaza iz peći, dobivenoj talini se određuje kemijski sastav te u lončarskoj peći vrši njegova korekcija. Talina željenog kemijskog sastava prolazi kroz napravu za kontinuirano lijevanje. Iz nje izlaze gredice dimenzija 125 x 125 x 6000 mm, koje se nakon toga u skladištu ohlade na temperaturu okoline.

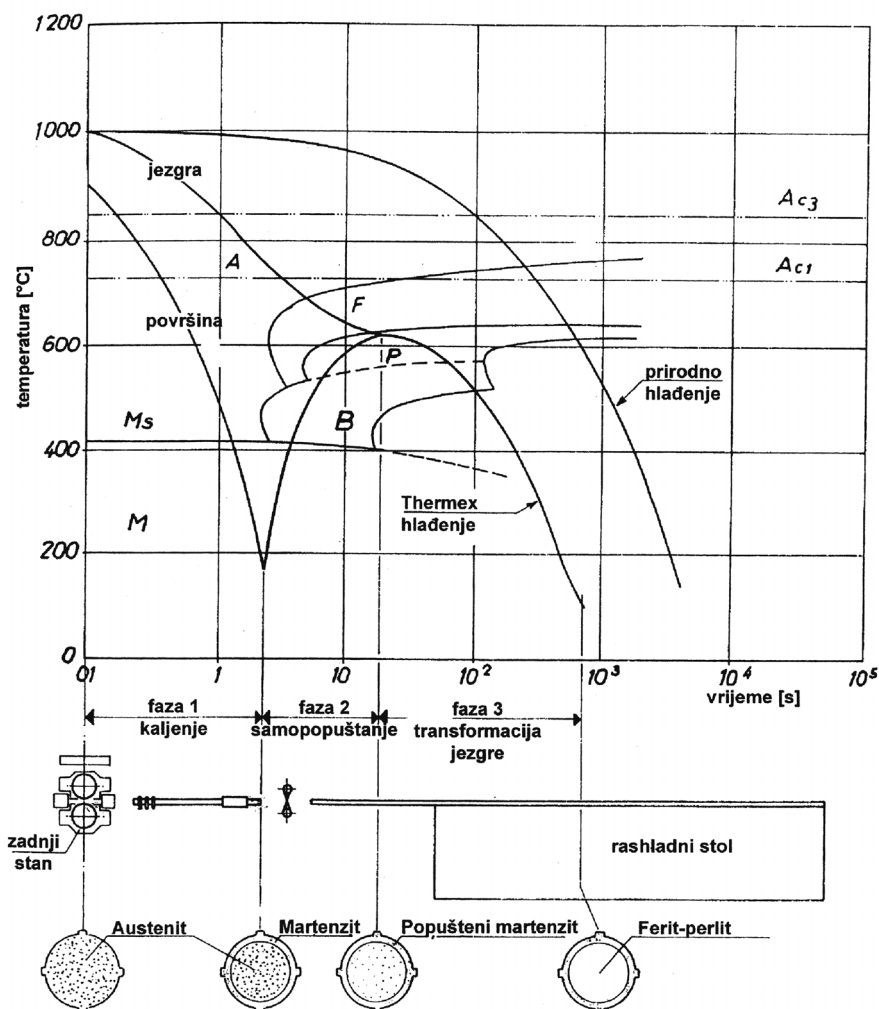
Druga faza odvija se u valjaonici. U potisnoj peći gredice se zagrijevaju u dvjema komorama. U prvoj komori gredice se za dva sata zagriju do temperature od 1000 °C, a u drugoj, za pola sata, do maksimalne temperature od 1250 °C. Tako pripremljene gredice prolaze kroz valjaoničke stanove sve dotle dok se ne dobije određena dimenzija šipke.

Treća faza je toplinska obrada šipki, slike 1 i 2. Šipke iz zadnjeg valjaoničkog stana izlaze s temperaturom od 950 do 1000 °C te takve ulaze u uređaj za kaljenje, gdje se u kontaktu s vodom zakale do određene dubine.

Napuštajući područje intenzivnog hlađenja, šipke su izložene zraku te je martenzit, formiran tijekom kaljenja, izložen samopopuštanju. Nakon toplinske obrade, razdjelne škare odsijecaju šipke na određenu dužinu. Odlaganjem na rashladni stol, proces dobivanja šipki je završen.



Slika 1. Shema procesa toplinske obrade /1/



Slika 2. TTT dijagram čelične šipke /2/

1.2. Mehanička svojstva čeličnih šipki

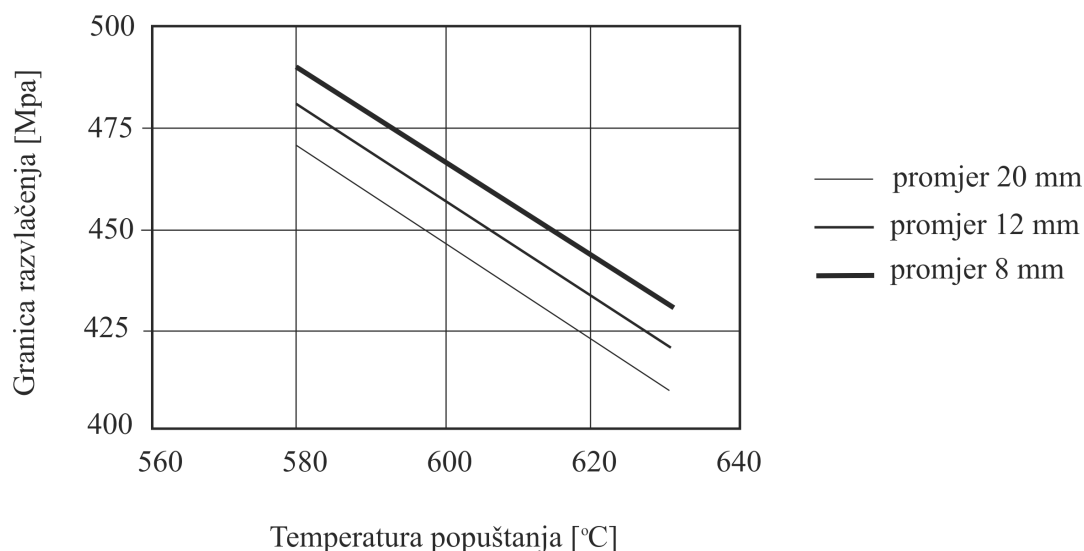
Mehanička svojstva čeličnih šipki ovise o kemijskom sastavu i o provedenoj toplinskoj obradi. Najveći utjecaj na kvalitet čelika dobivenog toplinskom obradom imaju ugljik i mangan, a ponekad i silicij /3/. «Željezara – Split» proizvodi rebraste čelične šipke od čelika BSt500S prema DIN 488 – 84. Prema tome standardu, minimalna vrijednost granice tečenja za čelik BSt500S iznosi 500 MPa. Maseni udio ugljika iznosi 0,1 do 0,24%, a mangana od 0,5 do 1,1% /4/.

Najvažniji činioci toplinske obrade su temperatura popuštanja T_p i postotak martenzita p_M . Postavljena je i matematička relacija između granice tečenja šipke, temperature popuštanja i postotka martenzita /3/.

$$R_p = \frac{p_M}{100} (1191 - 1,344 \cdot T_p) - 0,406 \cdot T_p + 590 \text{ [MPa]}$$

Odnos $R_p - T_p$ je jedinstven za dane promjere i ulazne temperature. To je vrlo važan zaključak, jer se tako kontroliranje cjelokupnog procesa reducira na kontrolu veličine temperature popuštanja, parametar koji se lako mjeri radijacijskim pirometrom na ulazu u rashladni stol.

Slika 3. prikazuje ovisnost granice tečenja šipke o temperaturi popuštanja za neke različite promjere i ulazne temperature od 950 do 1050 °C.



Slika 3. Utjecaj temperature popuštanja na granicu tečenja /3/

2. EKSPERIMENTALNI RAD

2.1. Osnovni materijal

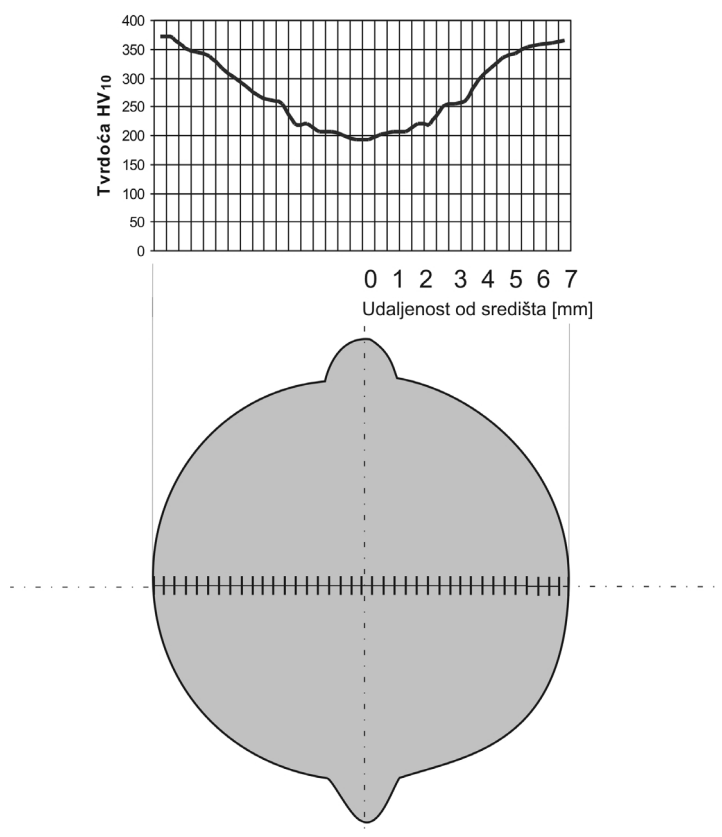
Pokusi su izvedeni na toplinski obrađenim rebrastim čeličnim šipkama promjera 14 mm oznake BSt500S. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava i kemijskog sastava dani su u Tablicama 1. i 2., a rezultati ispitivanja tvrdoće prikazani su na Slici 4.

Materijal	Kemijski sastav								
BSt500S	C	Si	Mn	S	P	Cu	Cr	Mo	Al
	0,195	0,303	0,872	0,018	0,010	0,182	0,132	0,018	0,006

Tablica 1. Rezultati ispitivanja kemijskog sastava šipke promjera 14 mm

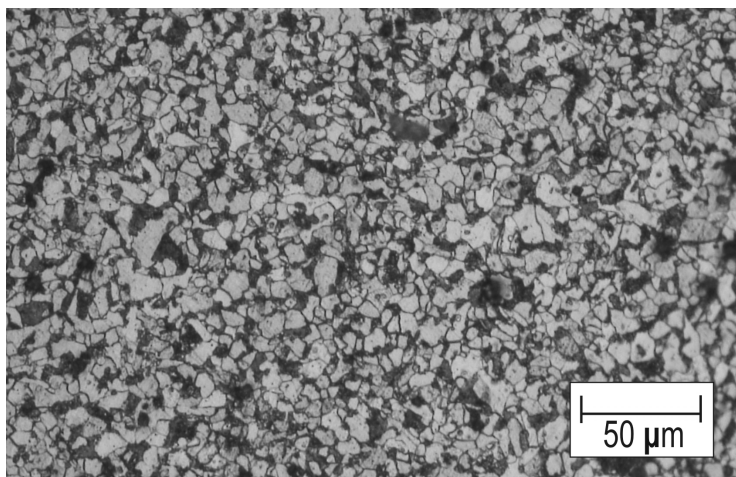
Materijal	Granica tečenja (N/mm ²)	Rastezna čvrstoća (N/mm ²)	Istezljivost (%)
BSt500S	518	632	21,5

Tablica 2. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava šipke promjera 14 mm

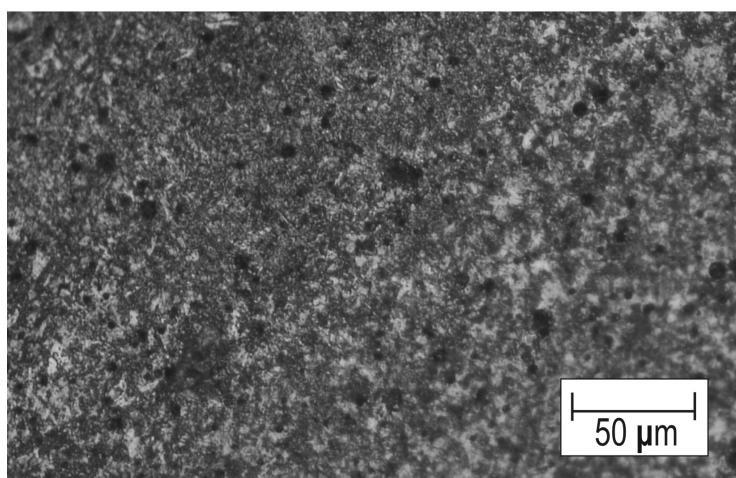


Slika 4. Raspodjela tvrdoće po poprečnom presjeku čelične šipke promjera 14 mm

Nakon brušenja i poliranja, uzorak od iste šipke na kojem je izmjerena tvrdoća je nagrižen s nitalom (3% HNO₃), Mikrostruktura je promatrana na metalografskom mikroskopu OPTON Axioscop, Slike 5 i 6.



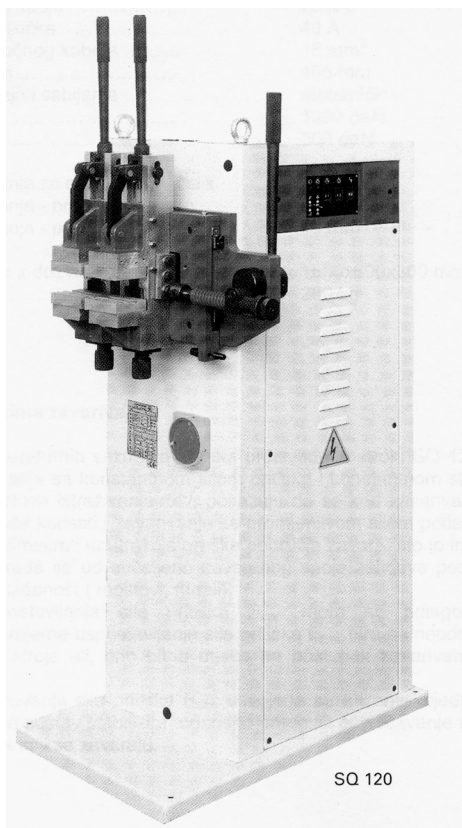
Slika 5. Mikrostruktura jezgre šipke



Slika 6. Mikrostruktura ruba šipke

2.2. Zavarivanje šipki

Zavarivanje šipki je izvedeno sučeljenim elektrootpornim postupkom zavarivanja iskrenjem na stroju SQ 120 maksimalne snage 93 kVA, Slika 7.



Slika 7. Stroj za sučeljeno elektrootporno zavarivanje SQ 120

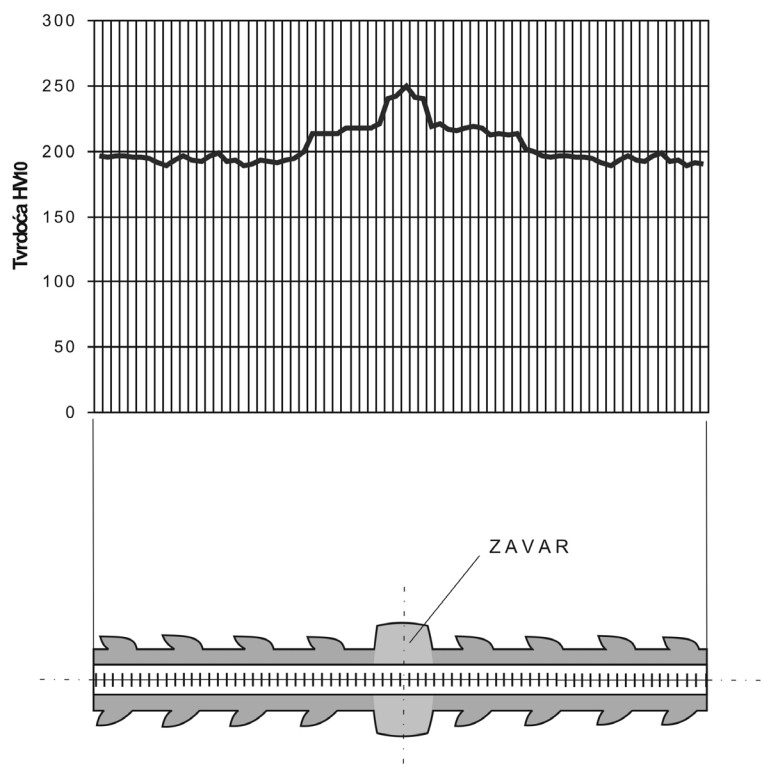
Varirani parametri zavarivanja su bili jakost struje, vrijeme i sila pritiska. Na osnovu preliminarne ispitivanja, dobiveni su rezultati prikazani u Tablici 3.

Šipka broj	Varirani parametri			Granica tečenja (N/mm ²)	Rastezna čvrstoća (N/mm ²)
	I zav. (kA)	F zav. (dAN)	t zav. (sek)		
1	23	150	3	417	630
2	28	150	3	449	641
3	23	180	3	/	390
4	28	180	3	/	476
5	28	150	4	445	596
6	28	180	3,5	477	667

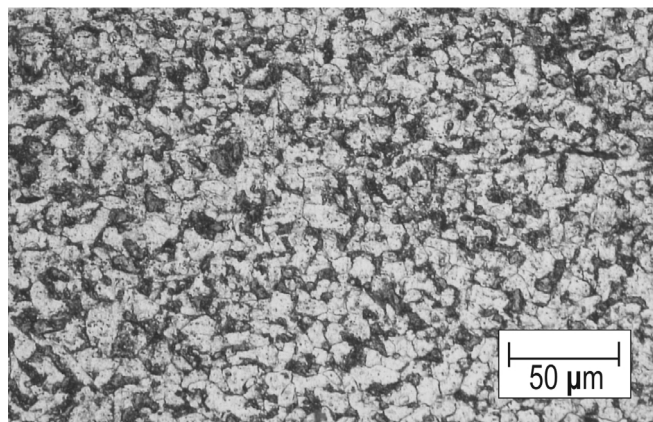
Tablica 3. Rezultati ispitivanja zavarenih šipki

2.3. Ispitivanje tvrdoće i metalografska analiza

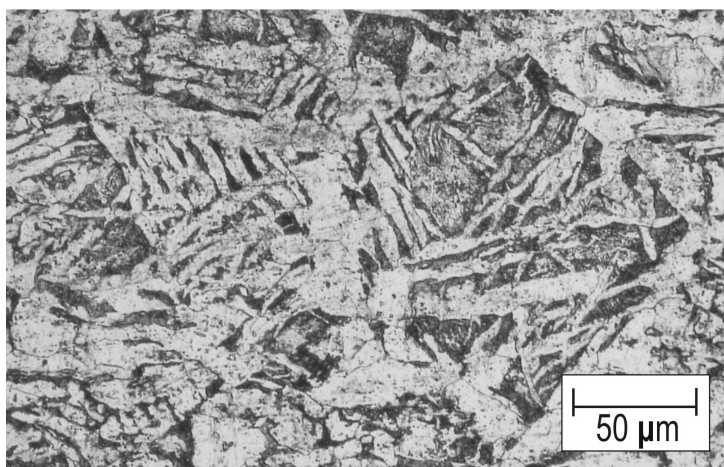
Od zavarenog spoja šipke, koja je zavarena istim parametrima kao i šipka br. 6 (Tablica 3.), uzet je uzorak i na njemu izmjerena tvrdoća po uzdužnom presjeku te je analizirana mikrostruktura, Slike 8 → 11.



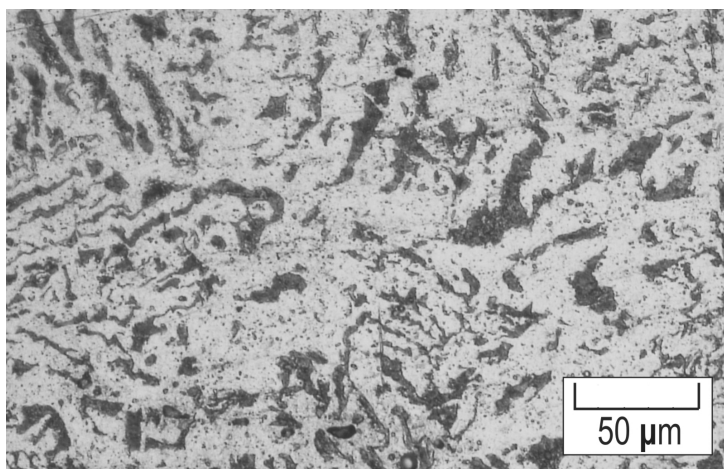
Slika 8. Promjena tvrdoće po presjeku zavarenog spoja mjerena 2 mm ispod površine šipke



Slika 9. Mikrostruktura osnovnog materijala šipke 2 mm ispod površine



Slika 10. Mikrostruktura zone utjecaja topline na dubini 2 mm ispod površine



Slika 11. Mikrostruktura zavara



3. ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih ispitivanja može se zaključiti slijedeće:

- Površinskom toplinskom obradom kaljenja moguće je postići zadovoljavajuća mehanička svojstva rebrastih čeličnih šipki. Pri tome je potrebno vršiti kontinuiranu kontrolu temperature samopopuštanja, a protok vode podesiti promjeru šipke.
- Zbog složene mikrostrukture osnovnog materijala šipki, unosu topline prilikom zavarivanja treba posvetiti punu pažnju. Na to upućuju i dobiveni rezultati preliminarne ispitivanja zavarenih spojeva. Zbog toga će se u daljnjim istraživanjima nastojati iznaći optimalni parametri zavarivanja, koristeći metode matematičkog planiranja eksperimenta.

4. LITERATURA

1. Thermal treatment in - line for high yield strenght steel, Geteco SRL, Italy
2. Termex on – line bar treatment technology, POMINI FARREL S.P.A., Italy
3. GETECO – Služba razvoja: instrukciona knjiga TOŠ.
4. [http: // www.pittini.de/BSt 500S.htm](http://www.pittini.de/BSt_500S.htm).