



R. Prokić-Cvetković, A. Milosavljević, O. Popović

UTICAJ KOLIČINE UNETE TOPLOTE NA MODIFIKACIJE FERITA U METALU ŠAVA NISKOUGLJENIČNIH ČELIKA

THE EFFECT OF HEAT INPUT ON THE FERRIT MODIFICATION IN WELD METAL OF LOW-CARBON STEELS

Originalni naučni rad/ Original scientific paper

UDK/UDC: 621.791.051:669.15-194

Rad primljen / Paper received:

Maj 2005.

Ključne reči: Količina unete toplote, mikrostruktura, morfologije ferita, acikularni ferit, metal šava.

Izvod

U ovom radu je prikazano kako količina unete toplote pri zavarivanju utiče na mikrostrukturu metala šava dva toplo valjana mikrolegirana čelika, zavarena elektrolučnim postupkom u zaštiti mešavine gasova (Ar + 5% CO₂ + 0,91% O₂). Posebna pažnja je posvećena morfologiji acikularnog ferita, koja značajno utiče na mehaničke osobine metala šava.

Adresa autora / Author's address:

R. Prokić-Cvetković, A. Milosavljević, O. Popović
Mašinski fakultet, Kraljice Marije 80, Beograd, SCG

Keywords: Heat input, microstructure, ferrite morphology, acicular ferrite, weld metal.

Abstract

This paper describes the influence of welding heat input on the weld metal microstructure of two hot rolled microalloyed steels, welded by electric arc in shielding gases mixture (Ar + 5% CO₂ + 0,91% O₂). Morphology of acicular ferrite, which has a great effect on the weld metal mechanical properties, is also discussed.

UVOD

Količina unete toplote pri zavarivanju savremenih mikrolegiranih čelika u velikoj meri utiče na osobine zavarenog spoja. Mehaničke osobine i udarna žilavost zavarenog spoja zavise prvenstveno od mikrostrukture metala šava i ZUT. Na strukturne promene pri hlađenju metala šava niskougleničnih čelika utiče veliki broj faktora, pa je ovoj problematici posvećeno dosta pažnje u literaturi [1-5].

Zajednički stav velikog broja istraživača je da je acikularni ferit najpoželjniji oblik mikrostrukture u metalu šava niskougleničnih niskolegiranih čelika, zato što povoljno utiče na mehaničke osobine. Obrazovanje mikrostrukture acikularnog ferita je složena pojava i zavisi od velikog broja faktora. Neki od njih su: vrsta, veličina i broj uključaka, vrsta zaštitne atmosfere pri zavarivanju, brzina hlađenja, vrsta dodatnog materijala, uneta količina toplote pri zavarivanju i dr. [6, 7]. Zbog toga je u ovom radu analiziran uticaj količine unete toplote pri zavarivanju na modifikacije ferita u metalu šava, sa posebnim naglaskom na morfologiju acikularnog ferita. Ovaj morfološki oblik ferita je veoma bitan jer značajno utiče na mehaničke osobine metala šava, a naročito na žilavost. Na slici 1 dat je šematski KH dijagram metala šava zavarenog spoja čelika gde je prikazan uticaj količine unete toplote pri zavarivanju, odnosno brzine hlađenja, na pomeranje dijagrama po obe ose, što direktno utiče na pojavu odgovarajućih mikrostrukturnih komponenti [3].

Pri većim brzinama hlađenja, koje odgovaraju manjim količinama unete toplote, (kriva 1), mikrostruktura metala šava se sastoji od proeutektoidnog ferita (PF),

Widmanstatten-ovog ferita (WF) i acikularnog ferita (AF).

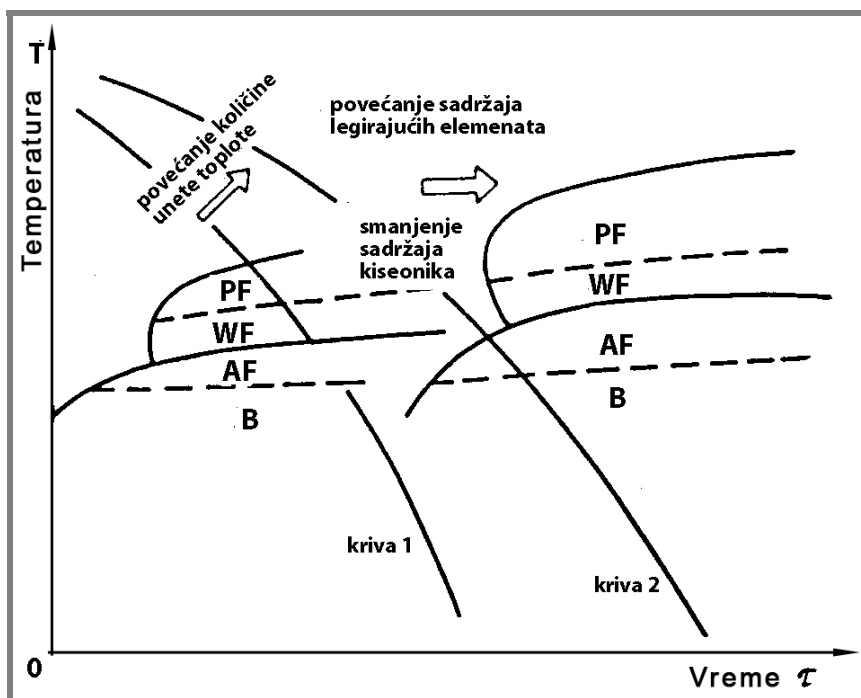
Sa porastom količine unete toplote, odnosno sa smanjenjem brzine hlađenja (kriva 2), javljaju se veći udeli proeutektoidnog (PF) i Widmanstatten-ovog ferita (WF) na račun smanjenja udela acikularnog ferita (AF). Paralelne ploče WF odvojene oblastima zaostalih faza, npr. zaostalim austenitom, u metalurgiji zavarivanja se nazivaju ferit sa sekundarnom fazom (FS) [4].

EKSPERIMENTALNI RAD

Zavarene su toplovaljane trake dva mikrolegirana čelika. Čelik mikrolegiran niobijumom (N) imao je debljinu 11 mm, a čelik mikrolegiran titanom, vanadijumom i niobijumom (T) 7,2 mm. Hemijski sastav i mehaničke osobine čelika korišćenih u ovom radu prikazane su u tabeli 1 i tabeli 2.

Zavarivanje je izvedeno MAG postupkom u zaštiti mešavine gasova (Ar + 5% CO₂ + 0,91% O₂), a kao dodatni materijal korišćena je elektrodna žica VAC Ni, prečnika 1,2 mm. Podaci o hemijskom sastavu i mehaničkim osobinama čistog metala šava dati su u tabelama 3 i 4, koji su navedeni prema podacima proizvođača.

Čelici su zavareni sa tri različite unete količine toplote i to čelik N sa 5, 7 i 12 kJ/cm, a čelik T sa 4, 7 i 10 kJ/cm. Iz svih zavarenih ploča su uzeti uzorci za mikrostrukturna ispitivanja, na kojima je određen zapreminski udeo acikularnog ferita u poslednjem prolazu, linearnom metodom poluautomatske analize slike.



Slika 1: Uticaj unete količine toplote pri zavarivanju na pomeranje KH dijagrama[3].

Figure 1: Effect of the heat input on CCT diagrams shape [3]

Tabela 1: Hemijski sastav mikrolegiranih čelika

Table 1: Chemical composition of the microalloyed steels

Čelik	Hemijski element (mas. %)											
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Al	Nb	Ti	Cr	Ni	V
N	0.070	0.15	0.66	0.016	0.010	0.130	0.092	0.077	-	0.042	0.036	-
T	0.056	0.32	1.28	0.012	0.005	0.031	0.049	0.045	0.02	-	-	0.054

Tabela 2: Mehaničke osobine mikrolegiranih čelika

Table 2: Mechanical properties of the microalloyed steel

Čelik	Re, [N/mm ²]	Rm, [N/mm ²]	A5, [%]	KV(20°C), [J]
N	448-456	543-551	33-34	129-156
T	510-537	571-595	37-42	152-197

Napomena: Re, Rm, A5 - u pravcu valjanja, KV - normalno na pravac valjanja

Tabela 3: Hemijski sastav elektrodne žice VAC 60 Ni

Table 3: Chemical composition of the filler wire VAC 60 Ni

Hemijski element (u mas. %)				
C	Si	Mn	P,S	Ni
0.08-0.10	0.70-0.85	1.40-1.60	<0.025	1.00-1.20

Tabela 4: Mehaničke osobine čistog metala šava

Table 4: Mechanical properties of the weld metal

Re, [N/mm ²]	Rm, [N/mm ²]	A5, [%]	KV, [J]
440-510	560-630	22-30	80-125; 30-35 (pri-40°C)



PRIKAZ REZULTATA

U tabeli 5 je prikazan zapremski udeo mikrostrukturnih komponenata u poslednjem prolazu pri različitim količinama unete toplote, a na slici 2 je dat i grafički prikaz zavisnosti sadržaja acikularnog ferita od energije zavarivanja.

Mikrostrukturna analiza metala šava zavarenih spojeva oba materijala ukazuje na prisustvo velike količine AF, dok su ostali morfološki oblici ferita zastupljeni znatno manje, što se vidi iz tabele 5 i slike 2. Najveći

zapremski udeo AF u poslednjem prolazu je prisutan pri količini unete toplote od 7 kJ/cm i to 89,6% kod materijala N i 83,3% kod materijala T.

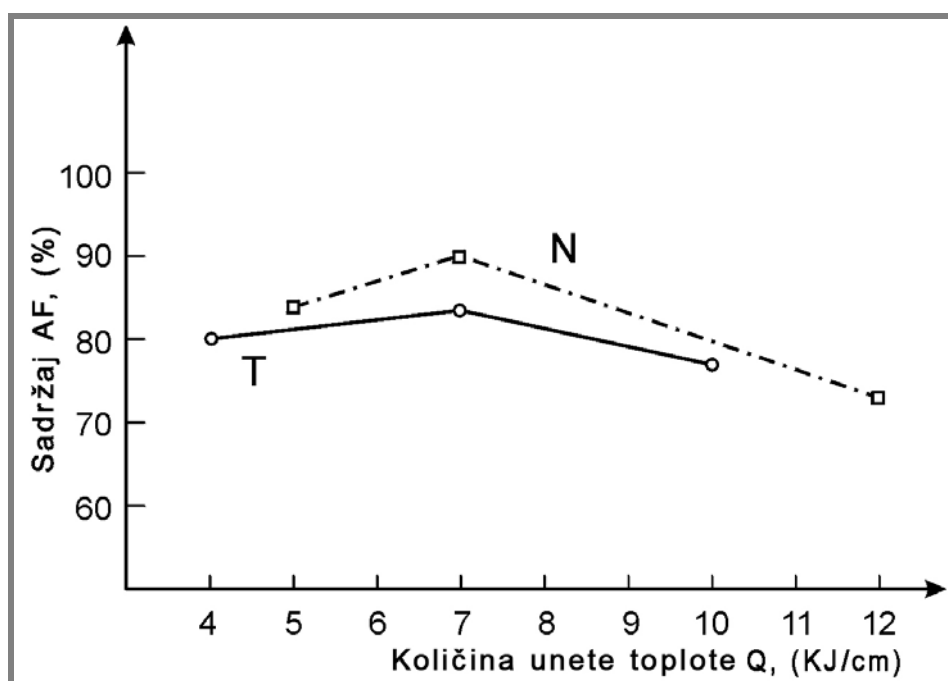
Iz tabele 1 se takođe vidi da je i pri manjoj, kao i pri većoj unetoj količini toplote pri zavarivanju, procenat AF manji, pri čemu je konstatovano veće prisustvo grubljih struktura PF, FS i WF, naročito pri većim unetim količinama toplote (slika 3).

Na slici 3 je dat prikaz mikrostrukture metala šava zavarenih spojeva N i T materijala u poslednjem prolazu, pri različitim količinama unete toplote.

Tabela 5: Zapremski udeo mikrostrukturnih komponenata u poslednjem prolazu pri različitim količinama unete toplote.

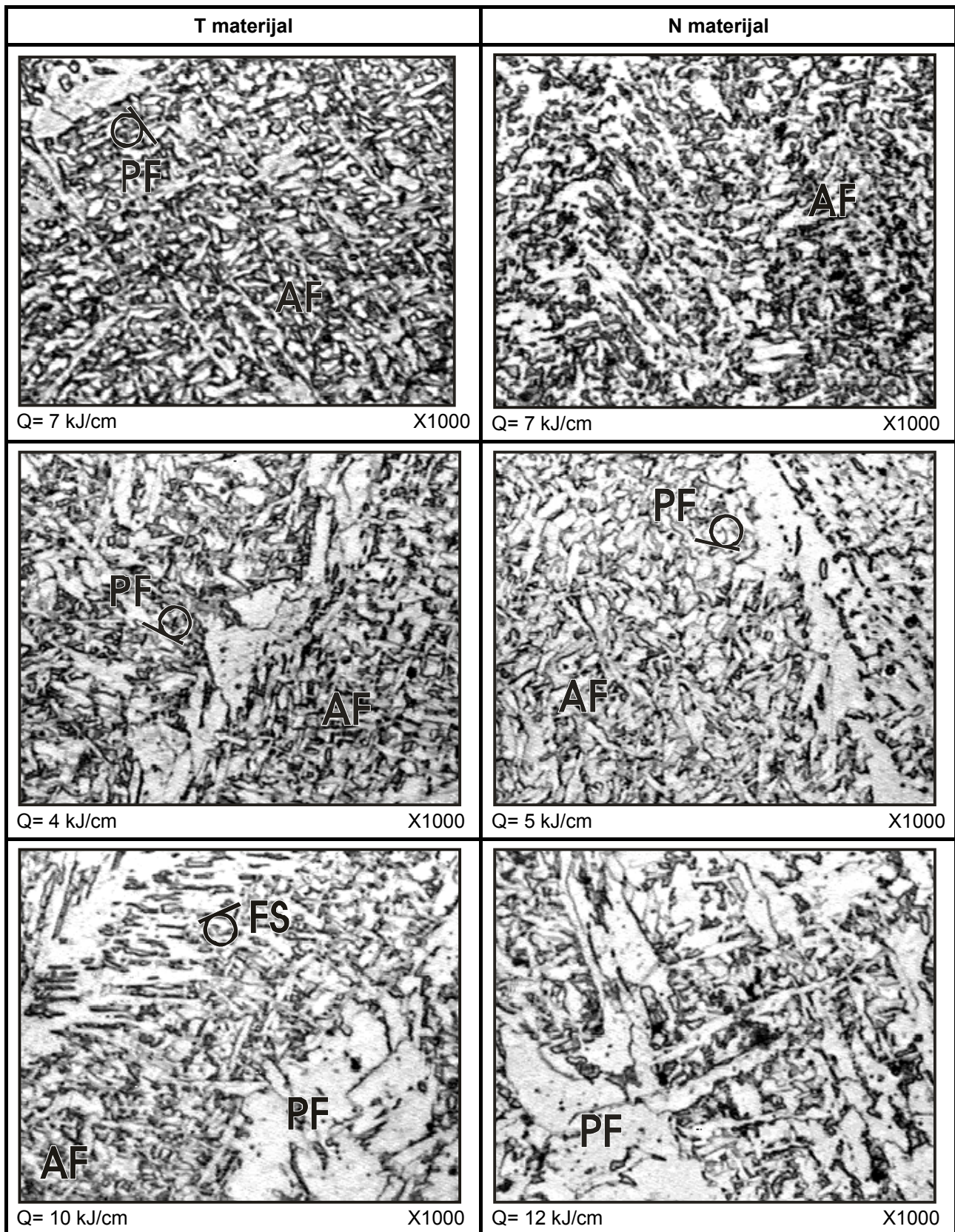
Table 5: Volume content of the microstructural components in last pass at the different input heat

Čelik	Količina unete toplote, Q, [kJ/cm]	Zapremski udeo acikularnog ferita, %	Zapremski udeo ostalih faza, %
N	5	83,5	malo grublji PF i FS
	7	89,6	PF i FS u tragovima
	12	73,3	vrlo grub PF i WF
T	4	80,3	malo grublji PF i WF
	7	83,3	PF i FS u tragovima
	10	75,7	vrlo grub PF i FS



Slika 2: Zavisnost sadržaja AF u poslednjem prolazu metala šava materijala N i T, od količine unete toplote [6]

Figure 2: Content of the AF in dependence of the heat input in the steel weld metal for the last pass of the steels N and T [6]



Slika 3: Mikrostruktura metala šava T i N materijala u posljednjem prolazu pri zavarivanju različitim količinama unete toplote.

Figure 3: Weld metal microstructure of the T and N steels in the last pass during welding with different heat input



DISKUSIJA

Prisustvo najvećeg procentualnog udela AF u metalu šava zavarenih spojeva je konstatovano pri optimalnoj količini unete toplote (7 kJ/cm). Pri većim količinama unete toplote, udeo AF se smanjuje na račun povećanja WF i PF koji mogu da budu veoma grubi i u vidu blokova što je prikazano na slici 3c. To i jeste u saglasnosti sa činjenicom da povećanje unete toplote pri zavarivanju utiče na pomeranje KH dijagrama ka dužim vremenima [3].

Zavarivanjem manjim i većim količinama unete toplote, udeo komponente AF se smanjuje na račun povećana drugih morfologija ferita (PF, FS i WF). To je posledica veće, odnosno manje brzine hlađenja, što direktno utiče na tačku početka austenitnog razlaganja. Izborom optimalne količine unete toplote, odnosno optimalne brzine hlađenja, dobija se mikrostruktura sa najvećim udelom AF, što je i potvrđeno na slici 2.

Veoma je značajno istaći da se žilavost metala šava bitno menja, odnosno smanjuje pri zavarivanju sa većom, odnosno manjom količinom unete toplote pri zavarivanju [7]. Ovo potvrđuje činjenicu da količina unete toplote pri zavarivanju mikrolegiranih čelika treba da bude od 7-8 KJ/cm [8], ne samo zbog optimalnih osobina ZUT, već i metala šava.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je pokazano da je količina unete toplote pri zavarivanju, odnosno brzina hlađenja, veoma bitan

parametar za koji je pokazano da postoji optimalna vrednost (7 kJ/cm), što je u skladu sa literaturnim preporukama za zavarivanje sličnih čelika.

U mikrostrukturi zavarenih spojeva oba mikrolegirana čelika, najviše acikularnog ferita u poslednjem prolazu uočeno je pri optimalnoj količini unete toplote i to 89,6% AF kod spojeva od čelika mikrolegiranog Nb, odnosno 83,3% AF kod spojeva čelika mikrolegiranog Ti, Nb i V. Količina AF je manja i pri manjoj količini unete toplote, a naročito pri većoj količini unete toplote, što se direktno odražava na žilavost.

LITERATURA

- [1] M.I. Onsoen, S. Lui and D.L. Olson, Welding Journal (1996) 216.
- [2] Z. Zhang and R.A. Ferrar, MST, Vol.12. (1996) 237.
- [3] V.V.Podgaecki, Avtomatičeskaja svarka (1991) 455
- [4] H.K.D.H. Bhadeshija, Beinit in Steels, The Institute of Materials, London (1992).
- [5] Grupa aurora (Comitte of Welding Metallurgy of Japan Welding Society), Classification of Microstructures in Low C-Low Alloy Steel Weld Metal and Terminology, Doc. IX-1282-83.
- [6] R. Prokić-Cvetković, Doktorska disertacija, Beograd (2000).
- [7] R. Prokić-Cvetković, A. Milosavljević, A. Sedmak, Z.Burzić, Zavarivanje i Zavarene Konstrukcije, (2000), 107.
- [8] K. Easterling, Introduction to the Physical Metallurgy of Welding (1983).

MT-KOMEX d.o.o.

Preduzeće za proizvodnju, promet i usluge

Peći za sušenje elektroda:



Tip MT-100

Tehnički podaci :

1. Dimenzije : 790 x 600 x 650 mm
2. Sušenje se obavlja uz prirodnu cirkulaciju vrelog vazduha
3. Temperatura sušenja do 400 C
4. Proces sušenja vodi elektronski termoregulator sa očitavanjem temperature na displeju
5. Kapacitet do 100 kg elektroda
6. U komori se može sušiti prah za EPP postupak
7. Snaga uređaja 5 kW
8. Napon 380 V, 50 Hz



Tip MT-20

Tehnički podaci :

1. Dimenzije : 220 x 220 x 700 mm
2. Komora je toplotno izolovana
3. Sušenje se obavlja uz prirodnu cirkulaciju vrelog vazduha
4. Temperatura sušenja do 300 C
5. Proces sušenja je automatizovan
6. Kapacitet do 20 kg elektroda
7. Snaga uređaja 1.65 kW
8. Napon 220 V, 50 Hz



Tobolac

Tehnički podaci :

1. Sušenje se obavlja uz prirodnu cirkulaciju vrelog vazduha
2. Kapacitet do 10 kg elektroda
3. Snaga uređaja 125 W
4. Napon 75 V, (uređaj radi na zavarivačkom naponu aparata za zavarivanje)

Delatnost preduzeća u oblasti zavarivanja

- Servis i rezervni delovi svih proizvođača opreme za zavarivanje
- Proizvodnja uređaja i rezervnih delova
- Reparaturno zavarivanje u svim postupcima
- Iznajmljivanje aparat za MIG/MAG zavarivanje