

5. 3. 3. Ispitivanje mikro strukture

Ispitivanje mikro strukture provedeno je na prethodno pripremljenoj površini uzorka.

Priprema uzoraka provedena je u tri faze: - brušenje,
- poliranje i
- nagrivanje.

Brušenje uzoraka provedeno je strojno na vodo otpornom brusnom papiru granulacije 120, 240, 360, 400, 600 zrna / mm², uz dodatak vode. Poliranje uzoraka provedeno je na polirnoj krpi, uz dodatak Al₂O₃ gradacije do 5 µm.

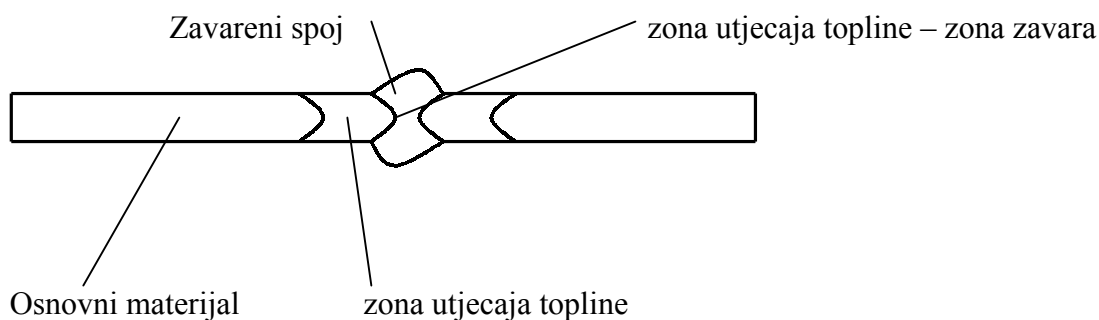
Nagrivanje je provedeno pomoću sredstva za nagrivanje V 2A u kratkom vremenskom razdoblju, nakon čega se uzorci brzo suše.

Sredstvo za nagrivanje sadrži sljedeći sastav:

- 100 cm³ solne kiseline,
- 10 cm³ nitratne kiseline,
- 0.3 cm³ inhibitora i
- 100 cm³ vode.

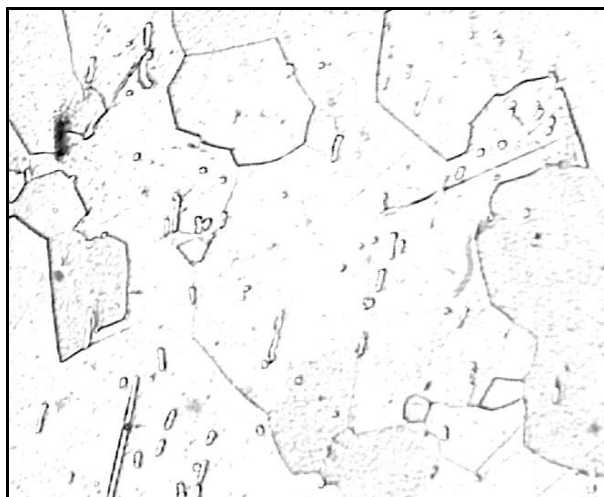
Vrijeme nagrivanja je kratko i izvodi se na temperaturi od oko 40 °C. [6]

Na svakom uzorku izvršeno je snimanje strukture na određenim mjestima, a kako je prikazano prema slici V. 15.

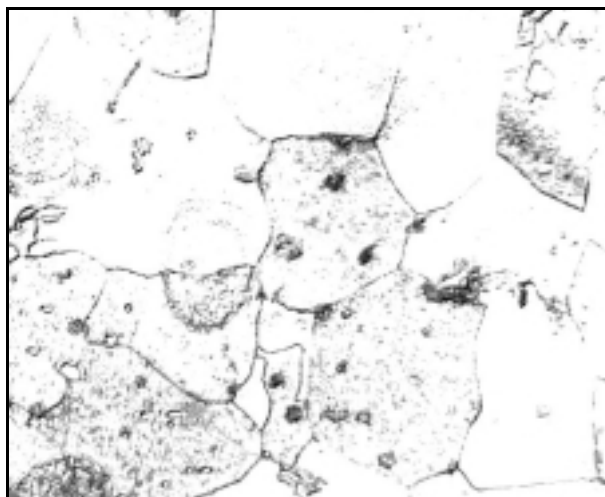


Sl. V. 17. Prikaz mjesta snimanja strukture

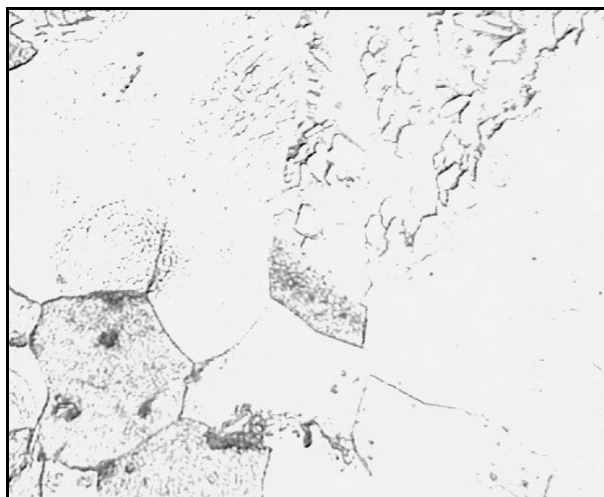
Snimanje strukture izvršeno je pomoću elektronskog mikroskopa, uz povećanje 250 : 1 . Rezultati ispitivanja prikazani su na sljedećim slikama.

Uzorak 1. – Zavarivanje bez predgrijavanja i naknadne topl. obrade.

Sl. V. 18 osnovni materijal



Sl. V. 19. zona utjecaja topline



Sl. V. 20. zona utjecaja topline - zavar



Sl. V. 21. zavar

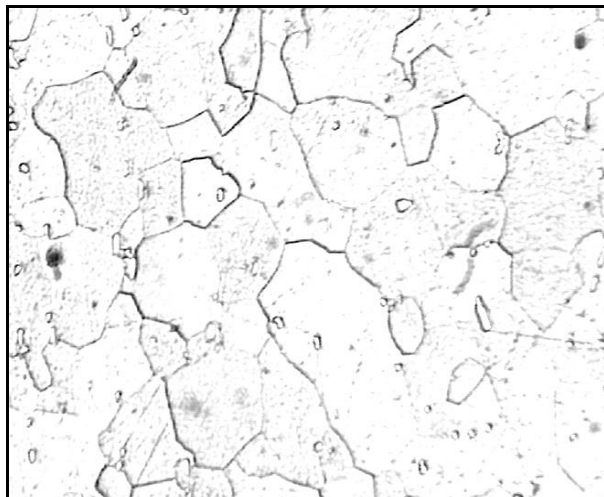
Na prikazanim slikama vidljivo je sljedeće:

SL. V. 18. OM: - karakteristična feritna sitno zrnata struktura, veličine zrna 4 – 6 ASTM E112, s fino apsorbiranim karbidima unutar osnovnog zavora.

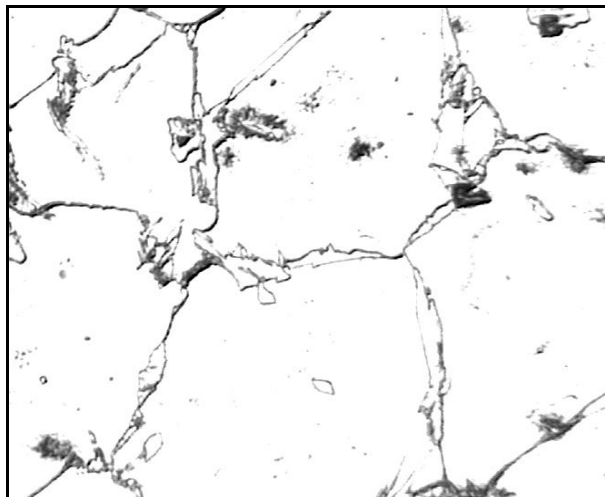
Sl. V. 19. i 20. ZUT i ZUT – ZT: - zbog unošenja topline primjećuje se blago pogrubljenje zrna

u ZUT – u i ZT – u, s nešto većom količinom izlučenih karbida unutar i po granici zrna.

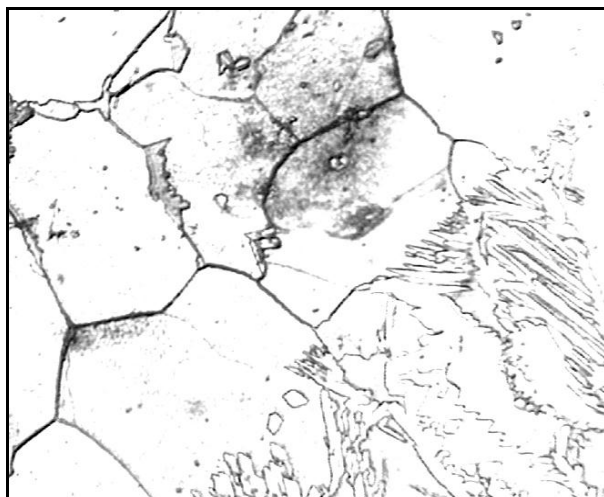
Sl. V. 21. ZT: – karakteristična ljevačka struktura dendritnog karaktera, s velikim i izduženim zrnima.

Uzorak 2. Zavarivanje s predgrijanjem na 100 °C te bez toplinske obrade

Sl. V. 22. osnovni materijal



Sl. V. 23. zona utjecaja topline



Sl. V. 24. zona utjecaja topline – zavar



Sl. V. 25. zavar

Na prikazanim slikama vidljivo je sljedeće:

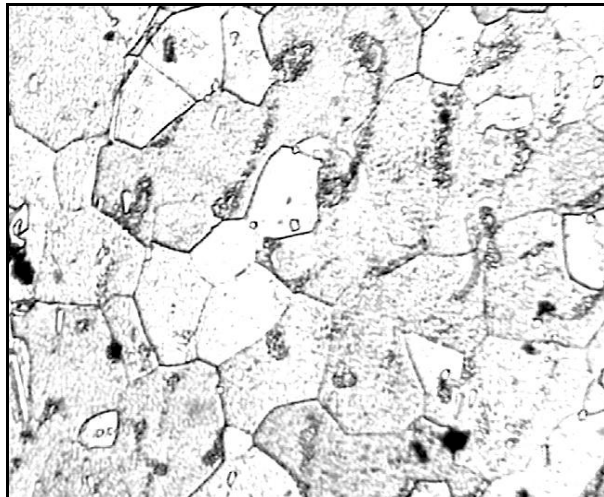
Sl. V. 22. OM: - standardna feritna sitno zrnata struktura veličine zrna 4 – 6 ASTM E112, s fino apsorbiranim karbidima unutar osnovnog zrna.

- primijećena je jako mala pojava karbida po granici zrna, što može povećati krhkost u manjoj mjeri zbog manje količine unesene topline.

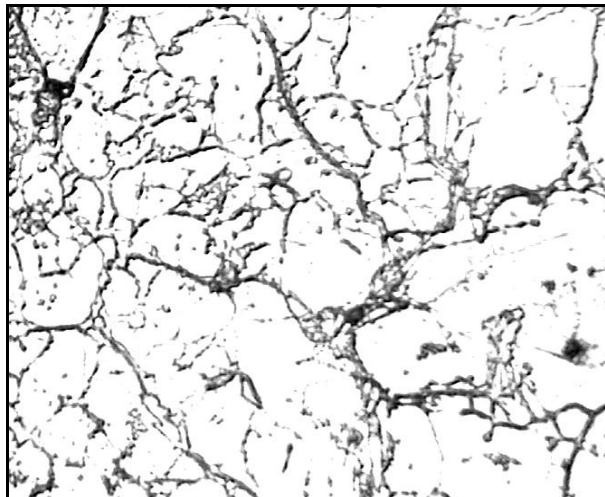
Sl. V. 23. i 24. ZUT i ZUT – ZT: - nešto veća količina unesene topline pri predgrijanju i zavarivanju uzrokuje pogrubljenje zrna u ZUT – u i ZT – u. Nešto slično kao što je prikazano na prethodnom uzorku, ali sa većom količinom izlučenih karbida (pretpostavlja se Cr – karbida) unutar i po granici zrna.

Sl. V. 25. ZT: - kao i Sl. V. 21. prikazana je standardna dendritna struktura, ali nešto homogenija nego u prethodnoj slici.

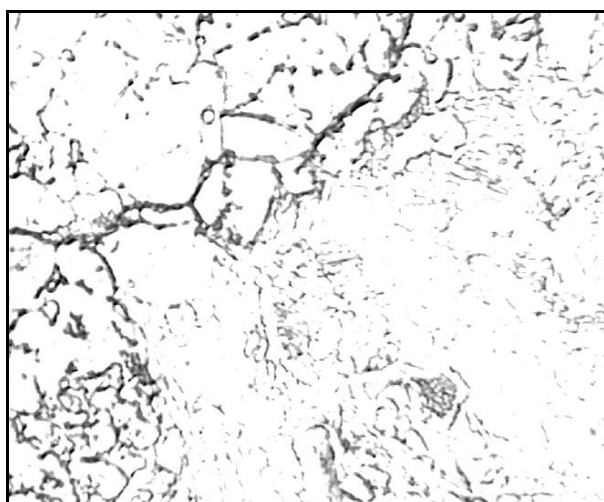
Uzorak 3. Zavarivanje s predgijavanjem na 200 °C i bez topl. obrade



Sl. V. 26. osnovni materijal



Sl. V. 27. zona utjecaja topline



Sl. V. 28. zona utjecaja topline - zavar



Sl. V. 29. zavar

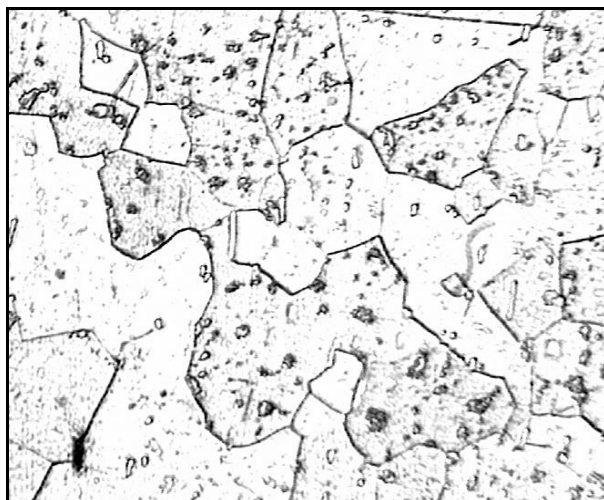
Na prikazanim slikama vidljivo je sljedeće:

Sl. V. 26. OM: - slično kao slika 18 i 22, ali sa većom koncentracijom mikrokonstituenata unutar osnovnog zavora.

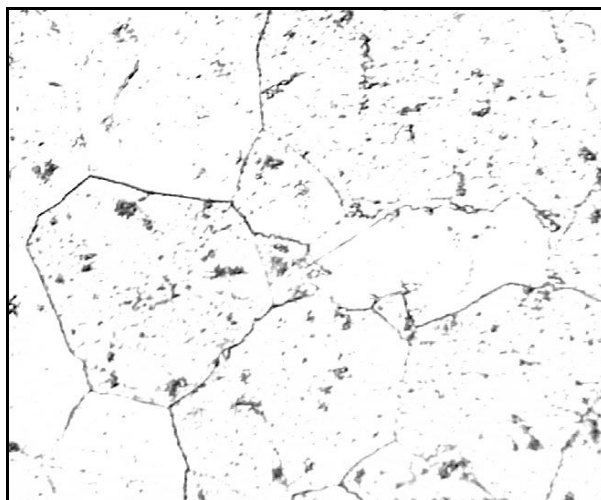
Sl. V. 27. i 28. ZUT i ZUT – ZT: - primijećeno je znatno pogrubljenje zrna uz pojavu veće koncentracije precipitata unutar i po granici zrna, što može znatno povećati krhkost.

Sl. V. 29. ZT: - još homogenija dendritna struktura.

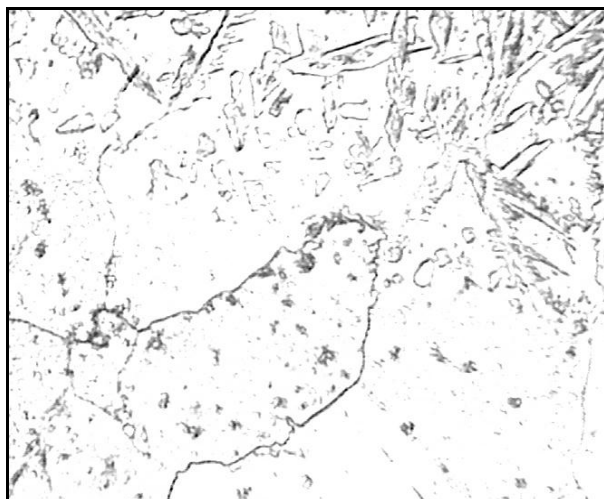
Uzorak 4. Zavarivanje s predgrijavanjem na 200 °C i sa topl. obradom, ali sa sporim hlađenjem.



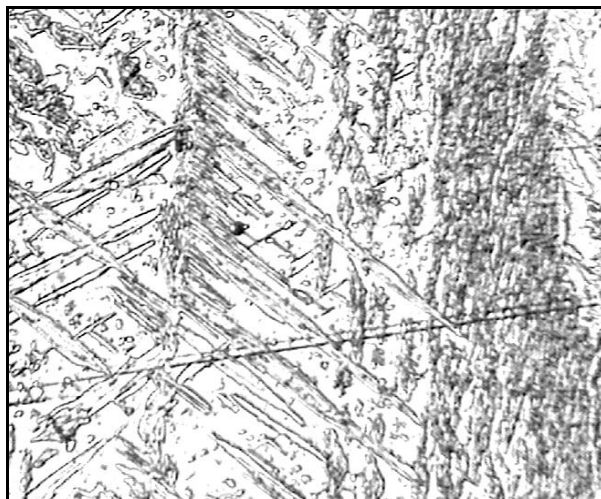
Sl. V. 30. osnovni materijal



Sl. V. 31. zona utjecaja topline



Sl. V. 32. zona utjecaja topline - zavar



Sl. V. 33. zavar

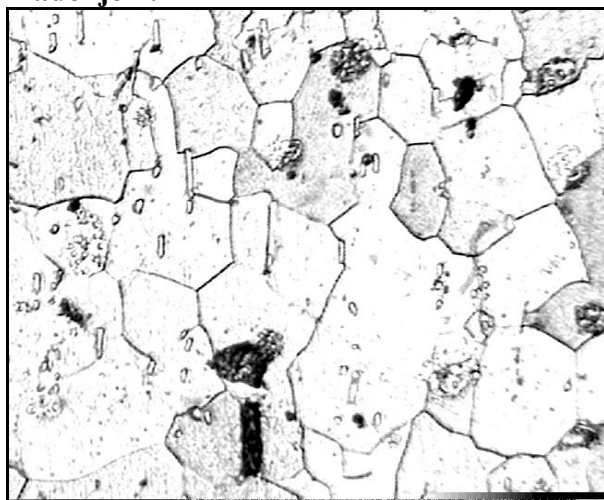
Na prikazanim slikama vidljivo je sljedeće:

Sl. V. 30. OM: - osnovna feritna struktura s jako izlučenim karbidima (Cr – karbidim) i to sve zbog utjecaja temperature odžarivanja, te sporog hlađenja

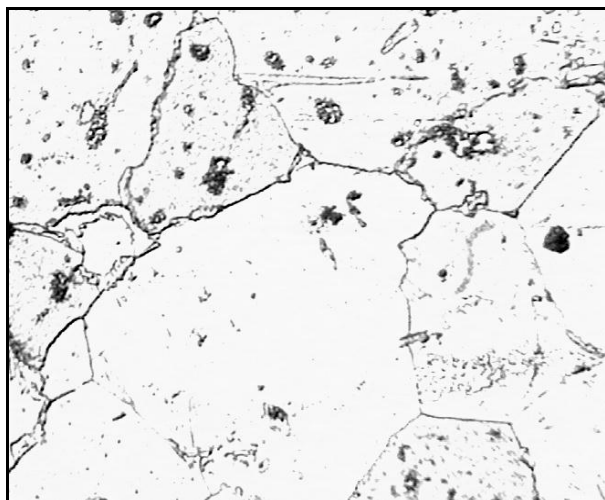
Sl. V. 31. i 32. ZUT i ZUT – ZT: - jako pogrubljen osnovna feritna struktura s velikom koncentracijom mikrokonstituenata (Cr – karbida) po granici zrna, te s pojavom σ - faze. Pojava σ - faze karakteristična je za duže zadržavanje na temperaturama 520 – 850 °C, te sporo hlađenje, što je ovdje slučaj.

Sl. V. 33. ZT: - karakteristična dendritna struktura zrna.

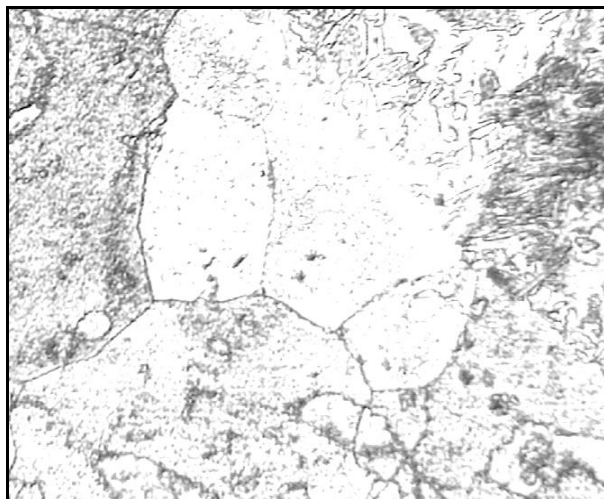
Uzorak 5. Zavarivanje s predgrijavanjem na 200 °C i sa topl. obradom sa brzim hlađenjem.



Sl. V. 34. osnovni materijal



Sl. V. 35. zona utjecaja topline



Sl. V. 36. zona utjecaja topline - zavar



Sl. V. 37. zavar

Na prikazanim slikama vidljivo je sljedeće:

Sl. V. 34. OM: - slično kao na Sl. V. 30., vidljiva je osnovna feritna struktura.

Sl. V. 35. i 36. ZUT i ZUT – ZT: - slično kao i na Sl. V. 31. i 32., ali sa nešto homogenijim rasporedom karbida koji se sada nalaze unutar osnovnog zrna. Sve to posljedica je brzog ohlađivanja, pri čemu su mikrokonstituenti ostali zarobljeni unutar osnovnog zrna.

Sl. V. 37. ZT: - slično kao na Sl. V. 33, vidljiva je klasična dendritna struktura.

Iz prikazanih slika primjećuje se da je najkritičnije mjesto na zavarenom spoju, prijelaz zona utjecaja topline – zona taljenja.

U tom području vidljiva je značajnija razlika u veličini i obliku nastalog zrna, što će imati za posljedicu povećanu krhkost na tom mjestu.

Zbog svega toga bilo je nužno promotriti to područje uz povećanje 450 : 1. Na sljedećim slikama primjećuje se u kojoj mjeri se izlučuju karbidne faze na granici zrna.

Iz uvodnog djela se može naslutiti osnovno svojstvo vatro otporni čelika, a to je otpornost na oksidaciju.

Ta sposobnost vezana je na povećani udio legirnih elemenata kao što su Cr, Al, Ni i dr. Zna se da ovi elementi imaju visok afinitet prema ugljiku, a izlučuju se pri dužem zadržavanju čelika na većim temperaturama.

Izlučene karbidne faze pridonose povećanju afiniteta prema određenim oblicima korozije, pa je stoga potrebno legirne elemente zadržati unutar granica zrna, a to se može postići što bržim hlađenjem i brzim zagrijavanjem kako ne bi došlo do izlučivanja karbidnih faza.

Na postavljano pitanje zašto su feritni čelici teško zavarljivi odgovor nam daje Sl. V. 38. . Na njoj je prikazan slučaj zavarivanja feritnog vatro otpornog čelika bez predgrijanja i naknadne toplinske obrade.

Vidljivo je da visok udjel unesene topline i sporo hlađenje nakon zavarivanja uzrokuje izlučivanje karbida, istina ne u velikim količinama ali dovoljno za stvaranje afiniteta prema koroziji na tom mjestu.

Ukoliko predmet predgrijemo na 100 °C i tek tada ga zavarujemo te hladimo na zraku što pokazuje Sl. V. 39., primjećuje se povećano izlučivanje karbidnih faza po granici zrna, što je jako loše kako za mehanička svojstva tako i za antikorozivnost.

Predgrijavanje na 200 °C smanjit će izlučivanje karbidnih faza po granici zrna, ali zato povećati izlučivanje karbida unutar zrna što također nije dobro. To pokazuje slika Sl. V. 40. .

Na Sl. V. 41. prikazana je struktura nastala pri zavarivanju s predgrijanjem na 200 °C i naknadnom toplinskom obradom žarenjem uz sporo hlađenje u peći.

Ovakav tretman sa zavarenim spojem daje najlošiju strukturu s puno karbidnih faza i po granici zrna i u samom zrnu, zbog toga ovakav primjer zavarivanja potrebno je pod svaku cijenu izbjeći ukoliko želimo zadržati osnovna svojstva ovih čelika.

Tek na Sl. V. 42 vidljiva je zadovoljavajuća struktura nakon zavarivanja.

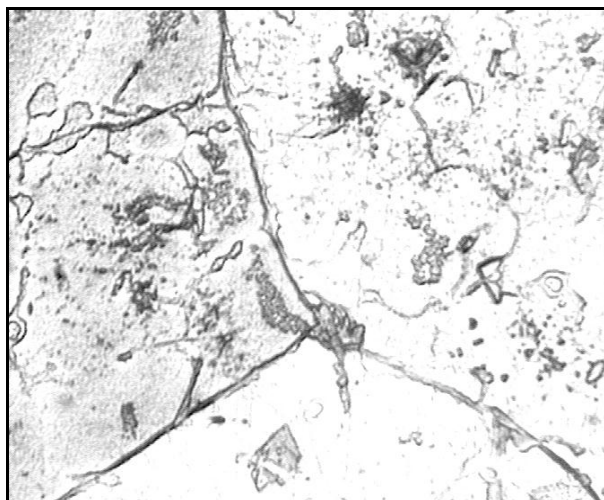
Najgora situacija primijećena je na Sl. V. 39. i 41., te je takav način zavarivanja poželjno svakako izbjeći.

Prikaz prijelaza zone utjecaja topline i zone taljenja uz povećanje 450 : 1

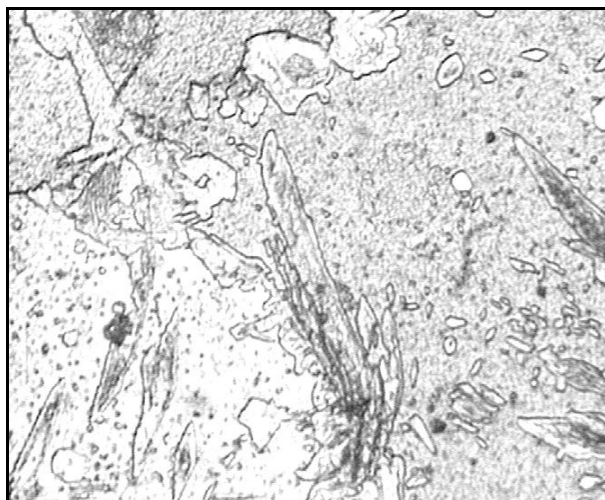
Sl. V 38 . uzorak 1.



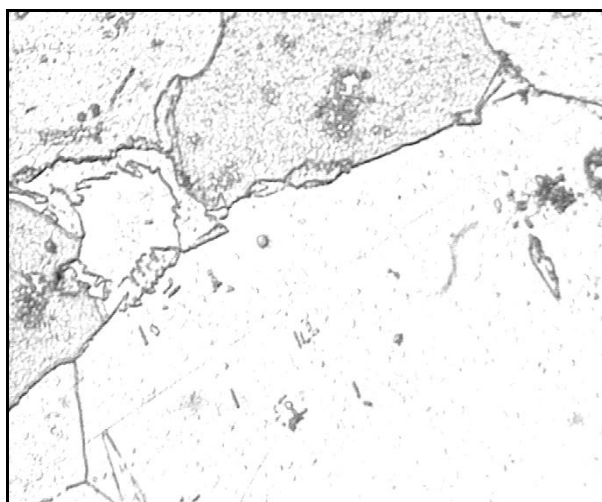
Sl. V. 39. uzorak 2.



Sl. V. 40. uzorak 3.



Sl. V. 41. uzorak



Sl. V. 42. uzorak 5.