

6. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE O
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE
INDUSTRIJE



6 th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ACCOMPLISHMENTS OF
ELETRICAL AND MECHANICAL
INDUSTRIES

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS



UNIVERZITET U BANJALUCI
MAŠINSKI FAKULTET



"METAL" a.d. BANJALUKA
BANJALUČKI VELESAJAM

6. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE O
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE
INDUSTRIJE

BANJALUKA
DEMI
2003

6 th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ACCOMPLISHMENTS OF
ELETRICAL AND MECHANICAL
INDUSTRIES

30. i 31. 5. 2003. god

**ZBORNİK RADOVA 6. MEĐUNARODNOG SAVJETOVANJA O
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE INDUSTRIJE**

**PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS OF ELETRICAL AND MECHANICAL
INDUSTRIES**

**Izdavač
Publisher**

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA

**Urednik
Editor**

Dr Drago Blagojević, red. prof.

**Recezentски tim
Reviewerd's team**

**Dr Drago Blagojević, red. prof.
Dr Milan Šljivić, red. prof.
Dr Aleksa Blagojević, red. prof.
Dr Milan Đudurović, red. prof.
Dr dr Veljko Đuričković, red. prof.
Dr Prof. dr Vid Jovišević, vanr. prof.
Dr Slavko Sebastijanović, vanr. prof.
Dr Miroslav Rogić, vanr. prof.
Dr Ostoja Miletić, vanr. prof
Dr Snežana Petković, doc.
Dr Milosav Đurđević, doc.**

**Tehnička obrada i dizajn
Technical treatment and design**

Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.

**Tiraž
Circulation**

300 primjeraka

**NAUČNI ODBOR
PROGRAMME COMMITTEE**

Banabic Dorel, Universitet Cluj Napaca
Blagojević Drago, MF Banjaluka
Božić Milorad, ETF Banjaluka
Bojanić Pavao, MF Beograd
Bulatović Miodrag, MF Podgorica
Duboka Čedomir, MF Beograd
Đudurović Milan, MF Banjaluka
Đuričković Veljko, MF Banjaluka
Georgijević Milisav, FTN Novi Sad
Janković Dimitrije, MF Beograd
Jovanović Relja, CIP Beograd
Kojić Miloš, MF Kragujevac
Miletić Ostoja, MF Banjaluka
Mrđa Jovo, MF B. Luka
Plančak Miroslav, FTN Novi Sad
Ružić Dobroslav, MF Beograd
Sebastijanović Slavko, SF Slavonski Brod
Stefanović Milentije, MF Kragujevac
Šarenac Momir, MF Srpsko Sarajevo
Šljivić Milan, MF Banjaluka
Tufekčić Džemal, MF Tuzla
Veinović Stevan, MF Kragujevac
Wagner Stefan, Universitat Stuttgart

**ORGANIZACIONI ODBOR
ORGANIZING COMMITTEE**

Drago Blagojević, predsjednik, MF Banjaluka
Ostoja Miletić, MF Banjaluka
Milan Šljivić, MF Banjaluka
Sveto Kovačević, gen. direktor, Metal Banjaluka
Dragoljub Bojanić, direktor Velesajma, Banjaluka
Biljana Prochaska MF Banjaluka

SADRŽAJ

UVODNI REFERATI

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Djordje G. Kozić, Jelena M. Malenović: KONCEPT ODRŽIVOG RAZVOJA U TERMOTEHNICI I ENERGETICI _____ | 1 |
| 2. | Milan Šljivić: DOSTIGNUĆA I PERSPEKTIVE RAZVOJA PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA _____ Milosav Ognjanović: | 11 |
| 3. | FENOMENI VIBRACIJA ZUPČANIKA U SUPERKRITIČNOM PODRUČJU FREKVENCIJA SPREZANJA ZUBACA _____ | 23 |
| 4. | Miroslav Rogić: POTENCIJAL I RAZVOJNE MOGUĆNOSTI NANOTEHNOLOGIJA _____ | 33 |

A. PROIZVODNE TEHNOLOGIJE I INŽENJERSTVO

A1. OBRADNI SISTEMI

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | M. Stefanović, V. Mandić, M. Živković, S. Aleksandrović: FIZIČKO I NUMERIČKO MODELIRANJE DEFLEKSIONIH POJAVA KOD TANKIH LIMOVA - YOSHIDA TEST _____ | 45 |
| 2. | Plancak, M., Vilotić, D., Jevremov, J.: DIMENZIONI EFEKAT (SIZE EFFECT) U OBLASTI PLASTIČNOG DEFORMISANJA _____ | 51 |
| 3. | I. Budić, D. Novoselović MJERENJE ZAOSTALIH NAPREZANJA U ODLJEVCIMA _____ | 55 |
| 4. | P. Dakić, B. Pejović ODREĐIVANJE TEMPERATURSKE FUNKCIJE PRI PERIODIČNOJ STRUGARSKOJ OBRADI PRIMENOM NOVOG MODELA _____ | 61 |
| 5. | B. Pejović P. Dakić: JEDAN PREDLOG ZA LABORATORIJSKO ODREĐIVANJE MERČANTOVE KONSTANTE I UGLA TRENJA PRI OBRADI NA STRUGU _____ | 67 |
| 6. | Miroslav R. Radovanović: CHARACTERISTICS OF MATERIAL IN ZONE OF LASER CUT _____ | 73 |
| 7. | S. Aleksandrović, M. Stefanović, V. Mandić, T. Vujinović: PERSPEKTIVE PRIMENE I AKTUELNA PITANJA OBRADIVOSTI LIMOVA POVEĆANE ČVRSTOĆE _____ | 79 |
| 8. | Saša Živanović, Radomir Ivanović: SIMULACIJE KINEMATIKE TROOSNE PARALELNE MAŠINE _____ | 85 |
| 9. | Karabegović Edina, Rošić Husein, Mahmić Mehmed: MATEMATIČKO MODELIRANJE POSTOJANOSTI ALATA U FUNKCIJI BRZINE, POSMAKA I DUBINE REZANJA _____ | 91 |
| 10. | Matin I., Kovač R., Hodolič J.: PRIMENA PRO/E MODULA ZA DIZAJNIRANJE KALUPNIH ŠUPLJINA KOKILE KLIPA M-3 _____ | 97 |

11. Boško Mišić, Simo Bajić, Zdravko Božičković:
PRIMJENJIVOST METODA IZRADE CJEVASTIH ELEMENATA SA SLOŽENIM
UZDUŽNIM I POPREČNIM PRESJEKOM _____ 101
12. Gordana Lakić Globočki:
MODELIRANJE I SIMULACIJA PROCESA REZANJA _____ 107
13. Borislav Kovljenić:
INTEGRISANO CAD/CAM/CAE OKRUŽENJE ZA PROJEKTOVANJE LIVENIH
PROIZVODA OD PLASTIKE I ODGOVARAJUĆIH ALATA _____ 115
14. M. Soković, P. Panjan and R. Kimn:
POSSIBILITY OF IMPROVEMENT OF DIES CASTING TOOLS - DUPLEX
TREATMENT _____ 121
15. Ostoja Miletić, Mladen Todić:
TOK DEFORMACIJE PRI PRESAVIJANJU NA 180° _____ 125

A2. MATERIJALI

16. Lepasava Šidanin i Katarina Gerić:
MIKROSTRUKTURA I ŽILAVOST LOMA K_{IC} ADI MATERIJALA _____ 135
17. M S.Trifunović, B D. Nedeljković, S. Nikezić:
TRIBOLOŠKA I MEHANIČKA SVOJSTVA KOMPOZITA SA METALNOM
MATRICOM NA BAZI LEGURE BAKAR-CINK _____ 141
18. Mile Stojilković:
ORGANIZACIJA PODMAZIVANJA _____ 147
19. Dušan Ješić:
METODOLOGIJA MJERENJA I IZBORA MEHANIČKIH I TRIBOLOŠKIH
KARAKTERISTIKA MATERIJALA _____ 153
20. Miodrag Arsić, Živče Šarkočević, Vujadin Aleksić, Zijah Burzić:
UTICAJ UNETE KOLIČINE TOPLOTE PRI ZAVARIVANJU NA ŽILAVOST
METALA ŠAVA CEVI IZRAĐENIH OD ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE _____ 159
21. Radenko M. Zrilić, Jandrić Mirko:
ISTRAŽIVANJE UTICAJA TERMIČKE OBRADU, STEPENA DEFORMACIJE I
NAPONSKOG STANJA NA INTENZITET NAPONA KRIVE TEČENJA
(OČVRŠĆAVANJA) _____ 165
22. B.Nedeljković, R.Filipović S.Kočanović:
ISPITIVANJE ULJA ZA TERMIČKU OBRADU _____ 171
23. Milutin Živković, Ljubodrag Đorđević, Ljubomir Bogdanov, Dragan Golubović:
GRAFO-ANALITIČKA APROKSIMACIJA KRIVE OJAČAVANJA Č.4721 U
HLADNOM STANJU METODOM ISTEZANJA _____ 177
24. Olivera Erić, Zoran Mišković, Lepasava Šidanin:
IDENTIFIKACIJA KARBIDNIH FAZA U ADI MATERIJALU _____ 183

A3. PROIZVODNI SISTEMI

25. Plančak M., Koch H.W.:
KOMERCIJALNI RAPID PROTOTYPING SISTEMI _____ 189
26. Ilija Čosić, Zoran Anišić, Bojan Lalić:
MODULARNOST KAO KLJUČNI KONCEPT U PROJEKTOVANJU ZA ŽIVOTNI
CIKLUS PROIZVODA _____ 193
27. Михаил Лепаров:
К ВОПРОСУ МУЛЬТИПЛИЦИРОВАНИЯ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ _____ 201

| | | |
|-------|---|-----|
| 12. | Dušan Jovanić, Milorad Rančić, Andraš Herold: ODREĐIVANJE NAPADNOG UGLA PROFILA CILINDRIČNIH ZUPČANIK A IZ POZNATE VREDNOSTI EVOLVENTNE FUNKCIJE_____ | 405 |
| 13. | Alic Carmen Inge: ESTIMATING SURVEY ON THE EXPLOITATION SAFETY OF METAL SHEDS WITH TRAVELING CRANES_____ | 411 |
| ✓ 14. | Vujadin Aleksić, Miodrag Arsić, Zoran Anđelković: MODELIRANJE I METODOLOŠKI PRISTUP PRORAČUNU ČVRSTOĆE NOSEĆE STRUKTURE TERETNOG KONTEJNERA ICC_____ | 417 |
| 15. | Milutin Živković, Dragan Golubović: ANALIZA KONTAKTNIH NAPREZANJA U ELASTIČNOJ OBLASTI PRI KALIBRACIJI LANACA SA ALKAMA_____ | 423 |
| 16. | Nadežda Subara, Saša Stojković, Saša Radulović: LOMOVI USLED ZAMORA ELEMENATA ŽELEZNIČKIH STRUKTURA_____ | 429 |
| 17. | Momir Šarenac, Aleksandar Košarac, Arpad Pastor: ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA MODELA SKLOPA GLAVNOG VRETENA PRIMJENOM PROGRAMSKIH SISTEMA ZA ANALIZU METODOM KONAČNIH ELEMENATA_____ | 435 |
| 18. | Vanja Šušteršič, Nebojša Jovičić, Dušan Gordić, Milan Despotović: MATEMATIČKI MODEL RADA LAMELASTIH FRIKCIJONIH SPOJNICA U AUTOMATSKOJ TRANSMISIJI_____ | 441 |
| 19. | Sava Ianici: METODA KONAČNIH ELEMENATA U IZUČAVANJU DINAMIČNOSTI DVOSTEPENE TALASNE TRANSMISIJE_____ | 447 |
| ✓ 20. | Vujadin Aleksić, Miodrag Arsić, Zoran Anđelković: PRILOG ANALIZI IZBORA ČELIČNOG VODOTORNJA U FUNKCIJI PARAMETARA EKSPLOATACIJE_____ | 453 |
| 21. | Rodoljub Vujanac, Radovan Slavković, Miroslav Živković: PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA U PRORAČUNIMA TANKOZIDNIH ČELIČNIH KONSTRUKCIJA – PRORAČUN VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA HEMOFARM BANJA LUKA_____ | 459 |
| 22. | Dobrivoje Čatić, Svetislav Jovičić: TRANSFORMACIJA OPŠTIH JEDNAČINA ZA ANALITIČKO ODREĐIVANJE POUZDANOSTI_____ | 465 |
| 23. | Jelena Govedarović, Zorica Đorđević: UTICAJ SPOLJAŠNJE SREDINE NA NAPONSKO STANJE ZUPČANIK A IZRAĐENIH OD KOMPOZITNIH MATERIJALA_____ | 471 |
| 24. | Đorđević Zorica, Govedarović Jelena: NEKE KARAKTERISTIKE VRATILA IZRAĐENIH OD KOMPOZITNIH MATERIJALA_____ | 477 |
| 25. | Blagojević Mirko, Nikolić Vera: ANALIZA SILA KOJE DEJSTVUJU NA CIKLOZUPČANIK SA IDEALNIM PROFILOM_____ | 483 |

C. SAOBRAĆAJNA SREDSTVA

C1. MOTORI

| | | |
|----|---|-----|
| 1. | R. Pešić, S. Veinović: NOVA GENERACIJA MOTORA SA UNUTRAŠNJI M SAGOREVANJEM SIMBIOZOM DOBRIH STRANA OTO I DIZEL PROCESA_____ | 491 |
|----|---|-----|

UTICAJ UNETE KOLIČINE TOPLOTE PRI ZAVARIVANJU NA ŽILAVOST METALA ŠAVA CEVI IZRAĐENIH OD ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE

Miodrag Arsić¹, Živče Šarkočević², Vujadin Aleksić³, Zijah Burzić⁴

Rezime: Ispitivanje udarne žilavosti zavarenih spojeva ima za cilj da pruži objašnjenje o njihovom ponašanju pri ometanom deformisanju, odnosno pri prostornom naponskom stanju. Ispitivanjem se određuje potrebna energija za lom epruvete pri određenim uslovima ispitivanja i ocenjuje stanje površine preloma. Služi za utvrđivanje sklonosti zavarenih spojeva prema krtom lomu, odnosno ka povećanju krtosti u toku eksploatacije. Za tu svrhu iznalaze se kritični uslovi ispitivanja, a pre svega temperatura, koja uslovljava krti lom.

Cljučne reči: uneta količina toplote, zavarivanje, žilavost, čelik povišene čvrstoće

EFFECT OF WELDING HEAT INPUT TO WELD METAL TOUGHNESS FOR PIPES MADE FROM HIGH STRENGTH STEELS

Abstract: Impact test of welded joints is aimed to give an explanation of their behaviour during disturbed deformation, in other words, during three dimensional stress condition. Test is used for determination of necessary energy for specimen fracture under certain test conditions and for evaluation of fracture surface condition. Test is also used for establishing brittle fracture tendency of welded joints, and for brittleness increase tendency during exploitation. Critical test conditions, especially temperature which causes brittle fracture, are found for that purpose.

Keywords: heat input, welding, toughness, high strength steel

LUVOD

Čelici povišene čvrstoće, namenjeni za izradu šavnih cevi za naftovode, gasovode i bušotine, normirani su standardima API Std 5LS i API 5Ct. Za uspešnu primenu čelika povišene čvrstoće u izradi šavnih cevi bitan uslov je zadovoljavajuća žilavost zavarenog spoja i metala šava. Ovim brzim, jeftinim, ali vrlo rigoroznim ispitivanjem sa dovoljnom sigurnošću se ocenjuje svojstvo materijala pri normalnim, sniženim ili povišenim temperaturama u uslovima najnepovoljnijeg naprezanja.

Prema API normama, karakteristike epruvete i postupak ispitivanja moraju u svemu odgovarati API RP 5L3 preporukama za određivanje udarne žilavosti zavarenih cevi primenom Šarpijevog klatna. Kao merilo žilavosti po Šarpiju uzima se utrošeni rad, odnosno ukupna energija udara (E_u) u J.

¹ Dr Miodrag Arsić, naučni saradnik, Beograd, GOŠA Institut, razvoj@verat.net,

² mr Živče Šarkočević, dipl.maš.inž., Uroševac, Fabrika šavnih cevi,

³ mr Vujadin Aleksić, istraživač saradnik, Beograd, GOŠA Institut, v_aleksic@hotmail.com,

⁴ dr Zijah Burzić, Beograd, VTI.

Brojne vrednosti udarne žilavosti za isti materijal zavisi od oblika i dimenzija epruveta, kvaliteta obrade zarez, brzine kretanja klatna, temperature epruvete u trenutku ispitivanja, oslonaca na ispitnoj mašini i tačnosti očitavanja utrošenog rada, pa se pri ispitivanju o tome mora voditi računa.

2. UTICAJ UNETE KOLIČINE TOPLOTE NA ŽILAVOST METALA ŠAVA CEVI

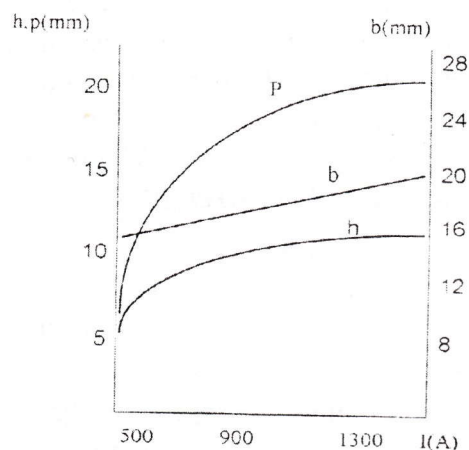
Savremene tehnologije proizvodnje šavnih cevi su sa kontinuiranim procesom. Osnovna intencija je da se ostvari brzina zavarivanja jednaka brzini formiranja cevi. Mašine za kontinuiranu proizvodnju spiralno zavarenih cevi uglavnom su projektovane za EPP zavarivanje, a za kontinuiranu proizvodnju uzdužno zavarenih cevi, za visokofrekventno kontaktno zavarivanje i indukciono zavarivanje pritiskom.

2.1. EPP postupak zavarivanja cevi

Osnovni parametri EPP postupka zavarivanja su:

- jačina struje
- gustina struje
- prečnik elektrodne žice
- napon luka
- brzina zavarivanja
- položaj stuba luka
- nagib žice i radnog dela.

Jačina struje zavarivanja utiče na količinu istopljenog osnovnog i dodatnog materijala u jedinici vremena. Jača struja proizvodi veću količinu deponovanog materijala i manji specifični utrošak praška. Uticaj jačine struje na penetraciju, širinu i nadvišenje prikazan je na sl. 1. Sa povećanjem gustine struje povećava se kako učinak tako i penetracija. Za manji prečnik žice dozvoljava se veća gustina struje.



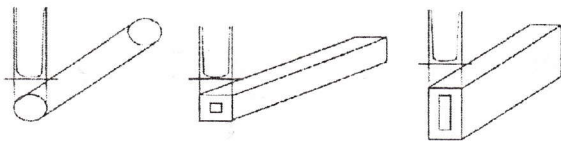
Slika 1. Uticaj jačine struje na penetraciju (p) nadvišenje (h) i širinu šava (b)

2.2. Visokofrekventni postupak zavarivanja

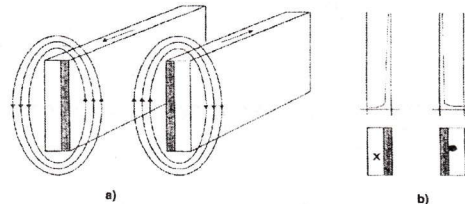
Osnovni parametri visokofrekventnog postupka zavarivanja su:

- raspodela vremenski promenljive struje
- jačina struje - unešena energija
- brzina zavarivanja
- pritisak valjaka

U provodniku u kome teče vremenski konstantna struja se raspoređuje po celoj zapremini. Kod cilindričnog provodnika konstantnog preseka takva struja je raspoređena ravnomerno po preseku provodnika. Vremenski promenljiva struja nema tu osobinu, gustina joj je najveća uz površinu provodnika. Ako je frekvencija struje visoka, struja postoji praktično samo u vrlo tankom sloju uz površinu provodnika. Pojava neravnomerne raspodele vremenski promenljive struje u provodnicima dobila je naziv površinski efekat. Primeri raspodele struje visoke učestalosti koja protiče kroz izolovane provodnike različitog oblika prikazana je na sl. 2.



Slika 2. Raspodela struje visoke učestalosti kroz izolovane provodnike različitog oblika



a) Magnetno polje između provodnika
b) Efekat blizine u pravougaonom provodniku

Slika 3. Shema magnetnog polja između provodnika i efekta blizine

Tendencija visokofrekventne struje da se u paru provodnika kroz koje protiče u suprotnim smerovima koncentriše u delovima površine provodnika koji su najbliži jedan drugom naziva se efekat blizine. Fizička pojava koja stoji iza efekta blizine oslanja se na činjenicu da je magnetno polje oko provodnika kroz koje struja protiče u suprotnim smerovima koncentrisanije u uzanom prostoru između njih nego van njih. Zbog toga, gustina struje i apsorpcija energije povećava se, kada su provodnici bliži jedan drugom, sl.3.

3. ISPITIVANJE UDARNE ŽILAVOSTI

Ispitivanja žilavosti su izvršena na spiralno i uzdužno zavarenim cevima, koje su prošle kroz kontrolu (ispitivanja bez razaranja), od mikrolegiranih čelika /1/ X60 i J55, iz proizvodnog programa "SARTID" Fabrike šavnih cevi. Za izradu spiralno zavarenih cevi zavarivanje čelika X60 se izvodi EPP postupkom, a za izradu uzdužno zavarenih cevi od čelika X60 i J55 zavarivanje se izvodi visokofrekventnim postupkom.

Položaj uzoraka za izradu epruveta iz šavnih cevi, za potrebna ispitivanja žilavosti, normirana API standardima prikazan je na sl.4. Položaj uzoraka za potrebna ispitivanja žilavosti data su u tab.1.

Tabela 1. Pregled predviđenih ispitivanja

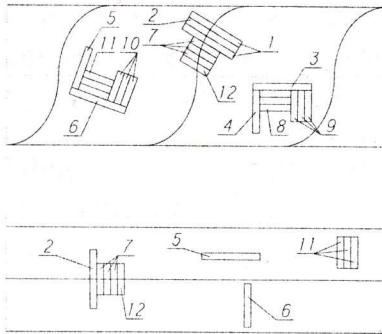
| Poz. | Ispitivanje | Položaj epruveta | Oznaka |
|------|-------------|-------------------------------|--------|
| 7 | Žilavost | Normalno na šav | NW |
| 8 | Žilavost | Paralelno sa osom cevi | POC |
| 9 | Žilavost | Normalno na osu cevi | NOC |
| 10 | Žilavost | Paralelno sa pravcem valjanja | PV |
| 11 | Žilavost | Normalno na pravac valjanja | NV |

Ispitivanja žilavosti zavarenih spojeva na spiralno zavarenim cevima su izvedena sa dva proizvodna procesa EPP postupka zavarivanja. Korišćeni parametri zavarivanja su sledeći:

Za I proizvodni proces

- jačina struje za unutrašnji i spoljašnji šav 580-600 A,
- napon struje za unutrašnji 27 V, a za spoljašnji šav 28 V,

- brzina zavarivanja 1.4 m/min.



Slika 4. Položaj uzoraka za izradu epruveta iz zavarenih cevi



Slika 5 Dimenzije epruvete za ispitivanja žilavosti

Za II proizvodni proces

- jačina struje za unutrašnji 620 A, a za spoljašnji šav 700 A,
- napon struje za unutrašnji 27 V, a za spoljašnji šav 29 V,
- brzina zavarivanja 1.5 m/min.

Ispitivanja žilavosti zavarenih spojeva na uzdužno zavarenim cevima visokofrekventnim postupkom od materijala X60 su izvršena za proizvodni proces sa sledećim parametrima zavarivanja:

- jačina struje 24 A,
- visokonaponska struja, napona 12 KV,
- brzina zavarivanja 15.5 m/min.

Ispitivanja žilavosti zavarenih spojeva na uzdužno zavarenim cevima visokofrekventnim postupkom od materijala J55 su izvršena za proizvodni proces sa sledećim parametrima zavarivanja:

- jačina struje 23 A,
- visokonaponska struja, napona 12.5 KV,
- brzina zavarivanja 12 m/min.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanja su izvedena standardnim postupkom po API 5LS, pri čemu je korišćen teg mase 15 kg da bi se dobila dovoljna energija za lom epruvete. Udarne žilavost je određena korišćenjem epruvete sa V zarezom. Dimenzije epruveta za ispitivanja udarne žilavosti za određene temperature prikazani su na sl. 5.

Rezultati ispitivanja udarne žilavosti zavarenih spojeva spiralno zavarenih cevi EPP postupkom (dva proizvodna procesa) dati su u tabeli 2 i 3 i prikazani na sl.6.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja udarne žilavosti zavarenog spoja materijala X-60 zavarenog EPP postupkom za I proizvodni proces

| Pozicija | Oznaka epruvete | Temperatura | Pojedinačna vrednost udarne žilavosti | | | Srednja vred.ost.uda.žil. |
|----------|-----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | °C | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² |
| 7 | NW | 20 | 131.4 | 134.3 | 130.4 | 132.4 |
| 7 | NW | 0 | 127.8 | 101.1 | 90.8 | 106.6 |
| 7 | NW | -10 | 79.4 | 75.5 | 73.5 | 75.5 |

Tabela 3. Rezultati ispitivanja udarne žilavosti zavarenog spoja materijala X-60 zavarenog EPP postupkom za II proizvodni proces

| Pozicija | Oznaka epruvete | Temperatura | Pojedinačna vrednost udarne žilavosti | | | Srednja vred.ost.uda.žil. |
|----------|-----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | °C | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² |
| 7 | NW | 20 | 152 | 100 | 144 | 134 |
| 7 | NW | 0 | 109 | 107 | 141 | 119 |
| 7 | NW | -10 | 97.1 | 89.2 | 85.3 | 90.5 |

Rezultati ispitivanja udarne žilavosti zavarenih spojeva uzdužno zavarenih cevi visokofrekventnim postupkom dati su u tabeli 4, 5, 6 i prikazani na sl. 7.

Tabela 4. Rezultati ispitivanja udarne žilavosti uzdužno zavarenog spoja materijala X-60 (EPP postupak zavarivanja)

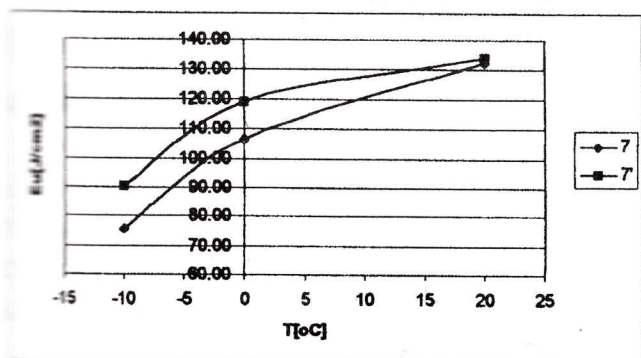
| Pozicija | Oznaka epruvete | Temperatura | Pojedinačna vrednost udarne žilavosti | | | Srednja vred.ost.uda.žil. |
|----------|-----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | °C | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² |
| 7 | NW | -40 | 17.95 | 13.45 | 35.11 | 22.16 |
| 7 | NW | -20 | 36.29 | 39.43 | 23.15 | 34.00 |
| 7 | NW | 0 | 101.72 | 118.01 | 58.40 | 92.71 |
| 7 | NW | 20 | 158.13 | 158.13 | 142.73 | 153.00 |

Tabela 5. Rezultati ispitivanja udarne žilavosti uzdužno zavarenog spoja materijala X-60 (visokofrekventni postupak zavarivanja)

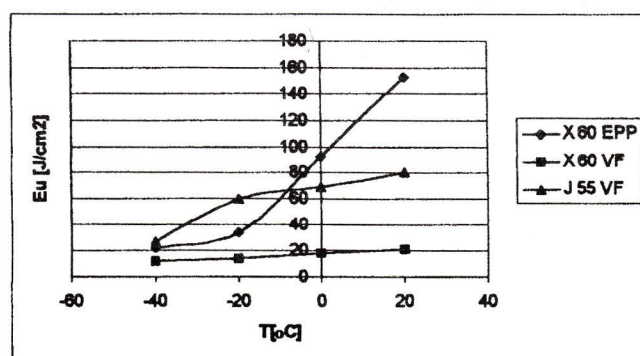
| Pozicija | Oznaka epruvete | Temperatura | Pojedinačna vrednost udarne žilavosti | | | Srednja vred.ost.uda.žil. |
|----------|-----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | °C | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² |
| 7 | NW | -40 | 12.75 | 11.96 | 12.45 | 12.38 |
| 7 | NW | -20 | 15.99 | 12.65 | 14.71 | 14.45 |
| 7 | NW | 0 | 19.42 | 19.42 | 16.28 | 18.37 |
| 7 | NW | 20 | 18.83 | 21.38 | 24.52 | 21.57 |

Tabela 6. Rezultati ispitivanja udarne žilavosti uzdužno zavarenog spoja materijala J55 (visokofrekventni postupak zavarivanja)

| Pozicija | Oznaka epruvete | Temperatura | Pojedinačna vrednost udarne žilavosti | | | Srednja vred.ost.uda.žil. |
|----------|-----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | °C | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² | J/cm ² |
| 7 | NW | -40 | 31.34 | 29.28 | 22.24 | 27.62 |
| 7 | NW | -20 | 60.41 | 60.41 | 60.70 | 60.51 |
| 7 | NW | 0 | 72.77 | 72.49 | 62.67 | 69.31 |
| 7 | NW | 20 | 99.56 | 72.84 | 67.99 | 80.13 |



Slika 6. Prikaz rezultata ispitivanja udarne žilavosti zavarenog spoja X60 za dva proizvodna procesa



Slika 7. Prikaz rezultata ispitivanja udarne žilavosti uzdužno zavarenih spojeva

5. ZAKLJUČAK

Ispitivanjem udarne žilavosti stiče se slika otpornosti materijala na lom u različitim uslovima. Na osnovu rezultata može se istaći da je udarna žilavost kod epruveta normalno na šav, paralelno sa osom cevi i paralelno sa valjanjem približno jednaka.

Upoređujući prvi i drugi proizvodni proces a na osnovu rezultata vidi se da je udarna žilavost, kod epruveta normalno na šav, veća kod drugog proizvodnog procesa i to: na temperaturi 20°C za 1.19%, na temperaturi 0°C za 10.62% i na temperaturi -10°C za 16.75% što se vidi iz dijagrama kriva 7' na sl.6.

Upoređujući udarnu žilavost šava zavarenog EPP i visokofrekventnim postupkom a na osnovu rezultata uočava se da je udarna žilavost kod EPP postupka veća: na temperaturi 20°C za 85.9%, na temperaturi 0°C za 80.2%, na temperaturi -20°C za 57.52% i na temperaturi 40°C za 44.13%.

Kod epruveta zavarenih EPP postupkom na temperaturi 20°C udarna žilavost iznosi 153 J/cm². Sa smanjenjem temperature udarna žilavost opada, tako da prelazna temperatura za čelik X60 zavaren EPP postupkom je na temperaturi -20°C (kriterijum 37 J/cm²).

Može se konstatovati da cevi zavarene visokofrekventnim postupkom ne mogu se upotrebiti za odgovorne cevovode.

Srednja vrednost udarne žilavosti zavarenog spoja materijala J55, zavarenog visokofrekventnim postupkom za temperaturu -40°C je 27.62 J/cm², za temperaturu -20°C je 60.51 J/cm², za temperaturu -0°C je 69,31 J/cm² i za temperaturu 20°C 80.13 J/cm².

Svi ovi rezultati pokazuju da visokofrekventni postupak zavarivanja kod materijala X60 daje nižu žilavost i nižu otpornost na krti lom. U konkretnom slučaju kod visokofrekventnog zavarivanja je dobijena nedovoljna žilavost i nedovoljna otpornost na krti lom i zbog toga što osnovni materijal zavaren visokofrekventnim postupkom ima znatno manje deformacione karakteristike i plastičnost, a veću čvrstoću.

LITERATURA

- [1] Standardi API Std 5LS i API 5CT
- [2] **M. Arsić, Ž. Šarkočević, M. Sarvan, B. Ćirković, M. Nikolić** :Ocena sigurnosti zavarenih cevi izrađenih od čelika povećane čvrstoće na osnovu eksperimentalne analize kvaliteta, 27. međunarodno savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš-Niška banja,1998.
- [3] **Ž. Šarkočević** : Analiza uticaja grešaka u zavarenim spojevima na ponašanje šavnih cevi od čelika povišene čvrstoće, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

621(082)
531/534(082)
621.43(082)
629.11(082)
66.021.4(082)
620.9(082)

МЕЂУНАРОДНО савјетовање о достигнућима електро и машинске
индустрија (6 ; 2003 ; Бања Лука)

Zbornik radova = Proceedings / 6. међународно савјетовање о
достигнућима електро и машинске индустрије DEMI = 6th International
Conference on Accomplishments of Electrical and Mechanical
Industries DEMI, Banja Luka, 30. i 31. мај 2003.; [organizatori]
Mašinski fakultet Banja Luka [i] Metal banjalučki velesajam ; [уредник=
editor Драго Благојевић]. - Banja Luka: Mašinski fakultet, 2003
(Čelinac : D&S Design). - 706 str.: ilustr. ; 23 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Banjaluci.-Радови на срп., енгл. и
рус. језику. - Тираж 300. - Биљешке уз текст.- Библиографија уз све
радове. - Summaries

ISBN 99938-623-8-X

БЛАГОЈЕВИЋ, Драго 340

П.О.: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО - Зборници, МАШИНСКЕ
КОНСТРУКЦИЈЕ - Зборници, МЕХАНИКА - Зборници, МОТОРИ СА
УНУТРАШЊИМ САГОРИЈЕВАЊЕМ - Зборници, МОТОРНА ВОЗИЛА -
Зборници, ТЕРМОТЕХНИКА - Зборници, ЕНЕРГЕТИКА - Зборници

MFN=001275
Winisis-Библио