

Jugoslovenski naučno-stručni časopis

YU ISSN 0352-678X

PROCESNA TEHNIKA

Broj 1
Mart
2002.
Godina
18.



**GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
(Editor-in-chief)**

Prof. dr **Martin Bogner**, dipl. inž.,
Mašinski fakultet, Beograd

**UREĐIVAČKI ODBOR
(Editor's Associates)**

Martin Bogner (Mašinski fakultet), Beograd; **Vladeta Buljak** (Institut „Mihajlo Pupin“), Beograd; **Miodrag Isailović** (MUP Srbije), Beograd; **Radoje Kremzer** (Viessmann), Beograd; **Radomir Miličević** (Zavod za zavarivanje), Beograd; **Aleksandar Sedmak** (Mašinski fakultet), Beograd; **Radivoje Topić** (Mašinski fakultet), Beograd

**REDAKCIONI ODBOR
(Editorial Board)**

Mirko Đurić (MGM inženjering), Beograd; **Slobodan Jakovljević** (Jugointrop), Beograd; **Čaba Kern** (CIM Gas), Subotica; **Ilija Kovačević** (Pro-Ing), Beograd; **Goran Kolić** (Airtrend-Gobrid), Beograd; **Robert Kovač** (Helir, Kikinda – Marketinfo YU), Kikinda; **Čeda Kuburić** (Gas Ruma), Ruma; **Milovan Matić** (Kosmaj-komerc), Mladenovac; **Nikola Pavlović** (Tehnogas), Beograd; **Slobodan Pejčković** (Filterfrigo), Beograd; **Peda Petronijević** (IMI International), Beograd; **Aleksandar Petrović** (Mašinski fakultet), Beograd; **Ilija Filipović** (Mašino-projekt), Beograd; **Nebojša Radonjić** (Termin), Beograd; **Slobodan Ristić** (Viša tehnička mašinska škola), Beograd; **Tomica Ružičić** (Jugopetrol), Beograd; **Mladen Stojiljković** (Mašinski fakultet), Niš; **Slobodan Stošić** (MIP – Procesna oprema), Cuprija; **Branislav Todorović** (Mašinski fakultet), Beograd; **Nebojša Trbojević** (Zavod za zavarivanje), Beograd; **Vojin Trkulja** (Beogradske elektrane), Beograd; **Jovan Filipović** (BK univerzitet), Beograd; **Biserka Švarc** (Partner inženjering), Beograd; **Jovan Udicki** (Energetika), Kikinda; **Aleksandar Veg** (Mašinski fakultet), Beograd; **Milovan Živković** (Montaža), Beograd

Rukopisi se ne vraćaju

Časopis „Procesna tehnika“
izlazi tromesečno: marta, juna
oktobra i decembra

Računarski slog: „Kvartet V“, Beograd

Štampa: „Reporter“, Sopot

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku,
tehnologije i razvoj Republike Srbije, broj
413-00-1468/2001-01 od 29. oktobra 2001.
časopis „Procesna tehnika“ je oslobođen
plaćanja poreza na promet robe na malo, kao
publikacija od posebnog interesa za nauku.

Sadržaj

REČ GENERALNOG DIREKTORA SUBOTIČKOG „BRATSTVA“ – POKROVITELJA PROCESINGA 2002	9
INDEKS AUTORA RADOVA PISANIH ZA „PROCESING 2002“	10

I. MEHANIČKE I HIDROMEHANIČKE OPERACIJE I APARATI

1. O STRUJANJU RAZREĐENOG GASA PREKO POROZNE POVRŠINE <i>Prof. dr Vladan D. Đorđević</i>	11
2. ZAMENA POSTOJEĆEG NEEFIKASNOG VREČASTOG FILTRA NOVIM, SA PATRONAMA, U PRIPREMI KREČNJAKA PRI PROIZVODNJI AZOTNOG DUBRIVA (KAN) <i>Mr Milutin Nikolić</i>	15
3. ODREĐIVANJE OPTIMALNE KONCENTRACIJE ČVRSTE FAZE PRI HIDRAULIČKOM TRANSPORTU SUSPENZIJE U KOSOM PRAVOLINIJSKOM CEVOVODU <i>Prof. dr Cvetko Crnojević</i>	17
4. VARIJANTNA KONSTRUKCIJA REGULATORA PROTOKA GORIVA ZA PROTOČNE KOTLOVE <i>Dr Mileta Ristivojević, mr Nebojša Stefanović i dr Mirko Komatina</i>	20
5. ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKA PLATNENIH KANALA ZA VAZDUH <i>Pavle Andrić i dr Dragan Vuković</i>	23
6. PRORAČUN I DIMENZIONISANJE UREDAJA ZA RASTVARANJE GASOVA U TEČNOSTIMA PRIMENOM EJEKTORA <i>Dr Aleksandar Petrović i dr Aleksandar Dedić</i>	25
7. PRORAČUN PADA PRITISKA U PRAVOLINIJSKIM DEONICAMA CEVOVODA VISOKOPRITISNOG LETEĆEG PNEUMATSKOG TRANSPORTA <i>Prof. dr Božidar Bogdanović, mr Saša Milanović i Jasmina Bogdanović</i>	28
8. PROJEKAT POSTROJENJA ZA SKLADIŠTENJE I TRANSPORT PLASTIČNOG GRANULATA <i>Prof. dr Dragiša Tolmač, mr Slavica Prvulović, Ljiljana Petrović i Danijel Bulik</i>	31

II. TOPLOTNE I DIFUZIONI OPERACIJE I APARATI

9. PRILOG PROCESU KONVEKTIVNOG SUŠENJA BIOLOŠKIH MATERIJALA U TUNELSKIM SUŠARAMA <i>Prof. dr Radivoje M. Topić, dr Bogosav M. Vasiljević i Dragan Aćimović</i>	35
10. DEFINISANJE PODLOGA ZA PROJEKTOVANJE SISTEMA MONITORINGA ZAŠLJAKANOSTI ENERGETSKOG KOTLA <i>Dr Branislav Repić, Rastko Mladenović, dr Predrag Radovanović i mr Nenad Crnomarković</i>	38
11. ANALIZA KVALITETA PROCESA SUŠENJA DRVETA PRI VOĐENJU DALJINSKIM ELEKTROVLAGOMERIMA <i>Mr Jelena Janevski, dr Branislav Stojanović i prof. dr Mladen Stojiljković</i>	42
12. NOVA GENERACIJA INDUKCIONIH APARATA ZA KLIMATIZACIJU <i>Vladimir Garčević</i>	45
13. UNAKRSNI RASHLADNI TORNJEVI SA ŠAHOVSKIM RASPOREDOM FILMSKO-KAPLJIČASTE ISPUNE <i>Prof. dr Dušan Golubović</i>	48
14. UTICAJ NEUNIFORMNOG ZRAČENJA NA RAZMENU TOPLOTE IZMEĐU SUŠEDNIH POVRŠINA U ZATVORENOM PROSTORU – PROSTORIJI <i>Mr Dimitrije Lilić</i>	52

15. KOTAO SA CENTRALNIM SMEŠTAJEM PLAMENE I DIMNIH CEVI ZA ZAGREVANJE PROSTORIJA RECIRKULACIJOM VAZDUHA <i>Živanko Arnautović</i>	57
16. TERMODINAMIČKI UTICAJ NA GEOMETRIJU RAZMENJIVAČA TOPLOTE <i>Prof. dr Martin Bogner i mr Mirko Dobrnjac</i>	60
17. PRENOS MATERIJU U VERTIKALNOM DVOFAZNOM TOKU TEČNOST-KRUPNE ČESTICE <i>Radmila V. Garić-Grulović, Željko B. Grbavčić, Zorana Lj. Arsenijević</i>	63
18. PROLAZ KISEONIKA, UGLJEN-DIOKSIDA I AZOTA KROZ KOMORE SA KONTROLISANOM ATMOSFEROM <i>Dr Slobodan M. Ristić i dr Slobodan B. Rackov</i>	68
19. TERMODINAMIČKA ANALIZA PROCESA U SISTEMU ZA AKUMULACIJU TOPLOTNE ENERGIJE <i>Mr Milan Gojak i Melita Božović</i>	71
20. UTICAJ RASPODELE VAZDUHA U FONTANSKO-FLUIDIZOVANOM SLOJU SA INERTNIM PUNJENJEM NA SUŠENJE SUSPENZIJA <i>Dr Dragan S. Povrenović, dr Suzana Dimitrijević-Branković i dr Josip Baras</i>	75
21. TERMONAPONSKA ANALIZA KONSTRUKCIJONIH REŠENJA GORIONIČKOG KANALA ZA PLAZMA PRIPREMU AEROSMEŠE NA KOTLU BLOKA A1 TENT-A <i>Pavle B. Pavlović, Predrag Lj. Stefanović, Zoran J. Marković, Zoran N. Pavlović, Dejan B. Cvetković i Nikola B. Živković</i>	79
22. ISTRAŽIVANJE TERMIČKIH KARAKTERISTIKA LOŽIŠTA SA CIRKULACIONIM FLUIDIZOVANIM SLOJEM <i>Risto Filkoski, Ilija Petrovski, Aleksandar Nošpal i Ana Stefanova</i>	83
23. EKSPERIMENTALNO MERENJE TEMPERATURE ČESTICE UGLJA TOKOM SAGOREVANJA U FLUIDIZOVANOM SLOJU <i>Dr Mirko Komatina i dr Mladen Ilić</i>	86
24. TERMIČKI PRORAČUNI LOŽIŠTA PARNOG KOTLA SI-1000 <i>Dr Vladan Ivanović</i>	90
25. POBOLJŠANJE SUŠENJA NATRIJUM-SULFATA PRIMENOM SUŠARE SA FLUIDIZOVANIM SLOJEM <i>Dr Milomir Stojnić i mr Todor Stepanović</i>	93

III. KONSTRUKCIJE I POMOĆNA OPREMA U PROCESNOJ INDUSTRIJI. ZAVARIVANJE

26. SANACIJA ČELA MLINA CEMENTA \varnothing 2200 x 12000 FC POPOVAC <i>Prof. dr Taško Maneski i Milan Ivanković</i>	97
27. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MATERIJA I ELIMINACIJA RIZIKA U ZAVARIVANJU, TERMIČKOM REZANJU I LEMLJENJU <i>Mirjana Borisavljević, Vladan Macanković, Tomica Tončev i Ivana Borisavljević</i>	101
28. UTICAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA NA TVRDOĆU ZAVARENIH SPOJEVA ŠAVNIH CEVI OD ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE <i>Dr Miodrag Arsić i mr Vujadin Aleksić i mr Živče Šarkočević</i>	107
29. TERMOMEHANIČKA ANALIZA PONAŠANJA I POBOLJŠANJA PARNOG BLOK-KOTLA SA TRI PROMAJE MANJE PRODUKCIJE PARE <i>Mr Branka Gačeša</i>	111
30. ZAVARIVANJE „ŠINA“ OD HARTFIELDOVOG ČELIKA I NJEGOVA NENAMENSKA UPOTREBA U TRAMVAJSKOM DEPOU <i>Milica Antić i Vera Ilić</i>	114
31. ISTRAŽIVANJE I IZBOR TEHNOLOGIJE NAVARIVANJA MAŠINSKIH REZERVNIH DELOVA <i>Dr Ljuban Japić, dr Dragi Dimitrijević, mr Veljko Samaradžija</i>	116
32. KATODNA ZAŠTITA UKOPANIH REZERVOARA <i>Zoran Angelovski i mr Vojčo Nacevski</i>	120

33. PROCENA ČVRSTOĆE ZAVARENE SPOJEVA NA TANKIM CILINDRIČNIM LUSKAMA OSLABLJENIM AKSIJALNOM PRSLINOM, MODIFIKOVANOM REI METODOM <i>Mr Vujadin Aleksić, dr Miodrag Arsić i prof. dr Aleksandar Sedmak</i>	123
---	-----

IV. RACIONALNO GAZDOVANJE ENERGIJOM I GORIVIMA. ENERGETSKA EFIKASNOST POSTROJENJA PROCESNE INDUSTRIJE. SAGOREVANJE BIOMASE U POSTROJENJIMA PROCESNE INDUSTRIJE

34. KOTAO ZA ALTERNATIVNO SAGOREVANJE BRIKETA BIOMASE U SLOJU I GASOVITOG GORIVA <i>Prof. dr Titoslav Živanović, prof. dr Ljubiša Brkić, mr Dragan Tucaković i Branko Nikčević</i>	127
35. VOJVODANSKA ISKUSTVA I MOGUĆNOSTI ENERGETSKE VALORIZACIJE POLJOPRIVREDNIH SPOREDNIH PROIZVODA (BIOMASE) <i>Prof. dr Đerd Šefčić</i>	130
36. REKONSTRUKCIJA LOŽIŠTA TOPLOVODNIH KOTLOVA ZA SAGOREVANJE PELETA <i>Dr Branislav Stojanović, dr Mladen Stojiljković i mr Jelena Janevski</i>	133
37. ANALIZA OPRAVDANOSTI REKONSTRUKCIJE PARNOG KOTLA NA UGALJ U CILJU SAGOREVANJA OTPADAKA IZ PROCESA PROIZVODNJE JESTIVOG ULJA <i>Mr Dragan Tucaković, prof. dr Ljubiša Brkić i prof. dr Titoslav Živanović</i>	136
38. STABILIZACIJA LETEĆEG PEPELA POMOĆU DISPERZIJA POLIMERA-KOPOLIMERA <i>Ljubica Petruševska, Pavlina Ilievski i Ljiljana Pejeva</i>	140
39. RACIONALNO KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U KOTLOVIMA SA PRIRODNIH GASOM <i>Prof. dr Dragiša Tolmač, prof. dr Miroslav Lambić, mr Slavica Prvulović, Ljiljana Petrović</i>	132
40. RAZVOJ KOMBINOVANOG KOTLA – ŠTEDNJAKA MBS 90 kV <i>Milan Radovanović, Dragoslava Stojiljković, Vladimir Jovanović, Slobodan Perišić, Branko Cvetković i Ljupče Mitić</i>	146
41. ENERGETSKA EFIKASNOST PROCESA KONVERTOVANJA U PROIZVODNJI BAKRA <i>Dr Radisav Stolić, Dragoslav Mišić i Aleksandra Milosavljević</i>	149
42. PROMENA SPECIFIČNE POTROŠNJE ENERGIJE NA POTISNIM PEĆIMA PRI RADU SA POVEĆANIM SADRŽAJEM KISEONIKA <i>Dr Miroljub Tomić i Dragan Gošić</i>	153

V. ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

43. ENERGETSKI I EKOLOŠKI EFEKTI SUPSTITUCIJE MAZUTA PRIRODNIH GASOM U VRELOVODNIM KOTLOVIMA VKSM <i>Risto Filkoski, Ilija Petrovski i Ivica Seković</i>	157
44. KOMPARATIVNA ANALIZA EMISIJE IZDUVNIH GASOVA KOTLARNICA U ZAVISNOSTI OD EKSPLOATISANOG GORIVA <i>Ivan M. Mijailović i Goran Petrović</i>	161
45. PROJEKTOVANJE UREĐAJA I OPREME ZA LAKIRANJE UZ SVOĐENJE ZONA OPASNOSTI NA UNUTRAŠNOST UREĐAJA <i>Tatjana Čakarević, Dragan Vasiljević, Milena Glišović</i>	163
46. AKTUELNOSTI IZ MEĐUNARODNE I DOMAĆE STANDARDIZACIJE U OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE <i>Prof. dr Milorad Mihajlović i Biljana Leković Milojković</i>	166
47. PROCENA POSLEDICA OD EKSPLOZIJE U KRUGU FABRIKE <i>Dr Dragi Dimitrijević, dr Ljuban Japić, mr Veljko Samaradžija</i>	169

VI. HEMIJSKO-TEHNOLOŠKI PROCESI I REAKTORI

48. OPTIMIZACIJA PARAMETARA KISELINSKE AKTIVACIJE BENTONITNIH GLINA IZ RMU – BOGOVINA
Mr Tatjana B. Novaković, mr Ljiljana S. Rožić, Zorica M. Vuković, Mirjana R. Anić, Goran Milosavljević i dr Dušan M. Jovanović 173
49. ANALIZA EFIKASNOSTI REAKTORA U PROIZVODNJI KOMPLEKSNIH ĐUBRIVA
Mr Todor Stepanović i dr Milomir Stojnić 175
50. UTICAJ OPERATIVNIH USLOVA NA SNAGU MEŠANJA NENJUTNOVSKIH TEČNOSTI U REAKTORU SA VIBRACIONOM MEŠALICOM
Olivera S. Naseva, I. S. Stamenković, dr Ivana B. Banković-Ilić, dr M. Lazić, dr V. B. Veljković i dr D. U. Skala 179
51. UTICAJ OPERATIVNIH USLOVA NA KOEFICIJENT OTVORA PLOČICA REAKTORA TIPRA KOLONE SA VIBRACIONOM MEŠALICOM
Dr Ivana Banković-Ilić, dr V. B. Veljković i dr M. L. Lazić, Tehnološki fakultet, Leskovac i dr D. U. Skala 183

VII. SNABDEVANJE VODOM

52. TRAKASTO ROTACIONO SITO ZA TE „WEST TRIPOLI“, IZBOR, DIMENZIONISANJE, UPRAVLJANJE RADOM
Miodrag Stanojević 187
53. REGULACIJA RADA PUMPI U SISTEMIMA ZA DISTRIBUCIJU VODE
Prof. dr Dragica Milenković, mr Živan Spasić i Živojin Stamenković 190
54. ODREĐIVANJE RADNE OBLASTI CENTRIFUGALNE PUMPE U VODOVODNIM SISTEMIMA SA KONTRAREZERVOAROM
Prof. dr Božidar Bogdanović i mr Živan Spasić 193
55. NUMERIČKA ANALIZA HIDRAULIČKOG RADA AUTOMATSKOG SAMOISPIRAJUĆEG FILTRA
Mr Nikola Kovačina i Vladimir Milovanović 197

VIII. MODELIRANJE, SIMULACIJA, VOĐENJE I KONTROLA PROCESA

56. MODELIRANJE FORMIRANJA TERMIČKIH AZOTNIH OKSIDA U LOŽIŠTIMA SA UGLJENOM PRAŠINOM
Dr Žarko Stevanović i mr Valentina Turanjanin 200
57. MEHATRONIČKI SISTEMI ZA PROGRAMSKO ISPITIVANJE DINAMIČKE JAČINE MATERIJALA
Mr Milutin Živković i prof. dr Dragan Golubović 204
58. MODELIRANJE I SIMULACIJA PROCESA U LOŽIŠTU KOTLA NA UGLJENI PRAH, PRIMENOM SOPSTVENOG 3D KOMPJUTERSKOG KODA
Mr Srdan Belošević, prof. dr Simeon Oka, prof. dr Ljubiša Brkić, prof. dr Titoslav Živanović, dr Miroslav Sijerčić i dr Žarko Stevanović 207
59. UREĐAJ ZA ISPITIVANJE OTPORNOSTI DINAMIČKIH NAPREGNUTIH KONSTRUKCIJA
Dr Dragan Knežević 210
60. KARAKTERISTIKE I PREDNOSTI MAŠINSKOG SOFTVERA Pro/DESKTOP 2000i
Milutin Ogrizović 213
61. INTELIGENTNO UPRAVLJANJE EMISIJOM ŠTETNIH GASOVA PRI SAGOREVANJU U FLUIDIZOVANOM SLOJU
Mr Žarko Čojbašić, prof. dr Vlastimir Nikolić, prof. dr Ljubica Čojbašić i prof. dr Mladen Stojiljković ... 216

IX. SPECIFIČNOSTI PROCESA ZA PROIZVODNJU I PRERADU METALA I NEMETALA

62. MEKO ŽARENJE ČELIKA ZA KOTRLJAJUĆE LEŽAJEVE SA POVRATNIM IZOTERMNIM PRETVARANJEM
Mr Veljko Samardžija, dr Ljuban Japić i dr Dragi Dimitrijević 221

63. VALORIZACIJA KALAJA IZ SEKUNDARNIH SIROVINA
V. Matković, Z. Gulišija, B. Marković i M. Sokić 223
64. UTICAJ Fe_2O_3 I TiO_2 NA TRANSMISIJU SVETLOSTI Natrijumkalcijum-silikatnog stakla
Mr Vladimir D. Živanović, dr Mihajlo B. Tošić, Jelena D. Nikolić 225
65. KINETIKA SINTEZE MULTINO-KORUNDNE VATROSTALNE KERAMIKE
Dr Ljubica Pavlović, dr Milan Stamatović i Sanja Martinović 227
66. REZULTATI PROIZVODNJE ETERIČNOG ULJA METODOM PARNE DESTILACIJE IZ PLODOVA KLEKE (*Juniperus communis*) I IGLICA DUGLAZIJE (*Pseudotsuda taxifolia*)
Mr Mirko Dobrnjac, Nedo Vučić i Sanja Dobrnjac 230
67. MAŠINSKI OBRADIVI STAKLOKERAMIČKI MATERIJALI NA BAZI SLOJEVITIH I LANČASTIH SILIKATA
Dr Mihajlo B. Tošić, mr Vladimir D. Živanović, Mirjana A. Đuričić, Jelena D. Nikolić i prof. dr Radovan Ž. Dimitrijević 233

X. TEHNIČKA REGULATIVA, ISPITIVANJE I PRIJEM OPREME, KVALITET U PROCESNOJ INDUSTRIJI, INDUSTRIJSKI MENADŽMENT

68. PRISTUP FORMIRANJU CENA PROIZVODA PROCESNE INDUSTRIJE
Prof. dr Ružica Kovač-Žnideršić, Leonard Salai i prof. dr Suzana Salai 236
69. ULOGA KONTROLISANJA PRI PRIJEMU OPREME ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA
Nadežda Filipović i Branislav Kovačević 240
70. PRIMENLJIVOST PRONALASKA KAO USLOV ZA NJEGOVU ZAŠTITU I POSTUPAK NJENOG ISPITIVANJA
Mr Snežana Šarboh 242
71. KOMPLEMENTAROST METODA SENZITIVNE I KRITIČKE ANALIZE U OCENI RIZIKA INVESTICIONIH PROJEKATA U PROCESNOJ INDUSTRIJI
Prof. dr Radojica Dubonjić i dr Dragan Lj. Milanović 244
72. ULOGA I ZNAČAJ PREZENTACIJE U MENADŽMENTU PRODAJE (I)
Prof. dr Milan Stamatović i prof. dr Martin Bogner 248
73. PROIZVODNO-OPERATIVNI MENADŽMENT U PROIZVODNJI PROCESNE OPREME
Dr Zoran Radojević 255
74. INTELEKTUALNA SVOJINA – PATENTI I AUTORSKO DELO
Jelena Popović i Jelena Radojević 258

XI. ODRŽAVANJE U PROCESNOJ INDUSTRIJI

75. KULTURA ODRŽAVANJA – USLOV ZA OSVAJANJE NOVOG PROSTORA ZA PROFITNO USMERENO ODRŽAVANJE
Prof. dr Tome Jolevski i mr Silvana Angelevska 260
76. KARAKTERISTIKE NASLAGA NA RAZMENJIVAČKIM POVRŠINAMA U KOTLU BR. 6 TERMOELEKTRANE „KOLUBARA“
Dr Predrag Stefanović, mr Pavle Pavlović, mr Slavica Zec, mr Zoja Idaković, Nikola Živković, Zoran Pavlović, Zoran Marković, Dejan Cvetinović 262
77. ODRŽAVANJE MAŠINSKIH POSTROJENJA, INSTALACIJA I APARATA U VELIKIM BOLNIČKIM KOMPLEKSIMA NA PRIMERU JEDNE BOLNICE U SEVERNOJ AFRICI
Nenad Silov i Gordana Savčić 267
78. POKAZATELJI TERMOVIZIJSKOG PERIODIČNOG SNIMANJA PLAŠTA PARNOG KOTLA TE 54 U ENERGETICI „SARTIDA“ a.d., SMEDEREVO
Milan Kostić i Ljiljana Vujić 270

INDEKS AUTORA
RADOVA PISANIH ZA 16. KONGRES O PROCESNOJ INDUSTRIJI
– „PROCESING 2002“
(„Procesna tehnika“ br. 1/2002)

- Aćimović, Dragan (str. 35)
Aleksić, Vujadin (str. 107, 123)
Andrić, Pavle (str. 23)
Angelevska, Silvana (str. 260)
Angelovski, Zoran (str. 120)
Anić, R. Mirjana (str. 173)
Antić, Milica (str. 114)
Arnautović, Živanko (str. 57)
Arsenijević, Lj. Zorana (str. 63)
Arsić, Miodrag (str. 107, 123)
Banković-Ilić, B. Ivana (str. 179, 183)
Baras, Josip (str. 75)
Belošević, Srđan (str. 207)
Bogdanović, Božidar (str. 28, 193)
Bogdanović, Jasmina (str. 28)
Bogner, Martin (str. 60, 248)
Borisavljević, Ivana (str. 101)
Borisavljević, Mirjana (str. 101)
Božović, Melita (str. 71)
Brkić, Ljubiša (str. 127, 136, 207)
Bulik, Danijel (str. 31)
Crnojević, Cvetko (str. 17)
Crnomarković, Nenad (str. 38)
Cvetinović, Dejan (str. 262)
Cvetković, B. Dejan (str. 79)
Cvetković, Branko (str. 146)
Čakarević, Tatjana (str. 163)
Čojbašić, Ljubica (str. 216)
Čojbašić, Žarko (str. 216)
Dedić, Aleksandar (str. 25)
Dimitrijević, Dragi (str. 116, 169, 221)
Dimitrijević, Ž. Radovan (str. 233)
Dimitrijević-Branković, Suzana (str. 75)
Dobrnjac, Mirko (str. 60, 230)
Dobrnjac, Sanja (str. 230)
Dubonjić, Radojica (str. 244)
Đorđević, D. Vladan (str. 11)
Đuričić, A. Mirjana (str. 233)
Filipović, Nadežda (str. 240)
Filkoski, Risto (str. 83, 157)
Gaćeša, Branka (str. 111)
Garčević, Vladimir (str. 45)
Garić-Grulović, V. Radmila (str. 63)
Glišović, Milena (str. 163)
Gojak, Milan (str. 71)
Golubović, Dragan (str. 204)
Golubović, Dušan (str. 48)
Gošić, Dragan (str. 153)
Grbavčić, B. Željko (str. 63)
Gulišija, Z. (str. 223)
Idaković, Zoja (str. 262)
Ilić, Mladen (str. 86)
Ilić, Vera (str. 114)
Ilievski, Pavlina (str. 140)
Ivanković, Milan (str. 97)
Ivanović, Vladan (str. 90)
Janevski, Jelena (str. 42, 133)
Japić, Ljuban (str. 116, 169, 221)
Jolevski, Tome (str. 260)
Jovanović, M. Dušan (str. 173)
Jovanović, Vladimir (str. 146)
Knežević, Dragan (str. 210)
Komatina, Mirko (str. 20, 86)
Kostić, Milan (str. 270)
Kovačević, Branislav (str. 240)
Kovačina, Nikola (str. 197)
Kovač-Žnideršić, Ružica (str. 236)
Lambić, Miroslav (str. 132)
Lazić, M. (str. 179)
Lazić, M. L. (str. 183)
Leković, Milojković Biljana (str. 166)
Lilić, Dimitrije (str. 52)
Macanković, Vladan (str. 101)
Maneski, Taško (str. 97)
Marković, B. (str. 223)
Marković, J. Zoran (str. 79)
Marković, Zoran (str. 262)
Martinović, Sanja (str. 227)
Matković, V. (str. 223)
Mihajlović, Milorad (str. 166)
Mijailović, M. Ivan (str. 161)
Milanović, Lj. Dragan (str. 244)
Milanović, Saša (str. 28)
Milenković, Dragica (str. 190)
Milosavljević, Aleksandra (str. 149)
Milosavljević, Goran (str. 173)
Milovanović, Vladimir (str. 197)
Mišić, Dragoslav (str. 149)
Mitić, Ljupče (str. 146)
Mladenović, Rastko (str. 38)
Nacevski, Vojčo (str. 120)
Naseva, S. Olivera (str. 179)
Nikčević, Branko (str. 127)
Nikolić, D. Jelena (str. 225, 233)
Nikolić, Milutin (str. 15)
Nikolić, Vlastimir (str. 216)
Nošpal, Aleksandar (str. 83)
Novaković, B. Tatjana (str. 173)
Ogrizović, Milutin (str. 213)
Oka, Simeon (str. 207)
Pavlović, B. Pavle (str. 79, 262)
Pavlović, Ljubica (str. 227)
Pavlović, N. Zoran (str. 79)
Pavlović, Zoran (str. 262)
Pejeva, Ljiljana (str. 140)
Perišić, Slobodan (str. 146)
Petrović, Aleksandar (str. 25)
Petrović, Goran (str. 161)
Petrović, Ljiljana (str. 31, 132)
Petrovski, Ilija (str. 83, 157)
Petruševska, Ljubica (str. 140)
Popović, Jelena (str. 258)
Povrenović, S. Dragan (str. 75)
Prvulović, Slavica (str. 31, 132)
Rackov, B. Slobodan (str. 68)
Radojević, Jelena (str. 258)
Radojević, Zoran (str. 255)
Radovanović, Milan (str. 146)
Radovanović, Predrag (str. 38)
Repić, Branislav (str. 38)
Ristić, M. Slobodan (str. 68)
Ristivojević, Mileta (str. 20)
Rožić, S. Ljiljana (str. 173)
Salai, Leonard (str. 236)
Salai, Suzana (str. 236)
Samardžija, Veljko (str. 116, 169, 221)
Savčić, Gordana (str. 267)
Sedmak, Aleksandar (str. 123)
Sekovanić, Ivica (str. 157)
Sijerčić, Miroslav (str. 207)
Silov, Nenad (str. 267)
Skala, D. U. (str. 179, 183)
Sokić, M. (str. 223)
Spasić, Živan (str. 190, 193)
Stamatović, Milan (str. 227, 248)
Stamenković, I. S. (str. 179)
Stamenković, Živojin (str. 190)
Stanojević, Miodrag (str. 187)
Stefanova, Ana (str. 83)
Stefanović, Lj. Predrag (str. 79)
Stefanović, Nebojša (str. 20)
Stefanović, Predrag (str. 262)
Stepanović, Todor (str. 93, 175)
Stevanović, Žarko (str. 200, 207)
Stojanović, Branislav (str. 42, 133)
Stojiljković, Dragoslava (str. 146)
Stojiljković, Mladen (str. 42, 133, 216)
Stojnić, Milomir (str. 93, 179)
Stolić, Radisav (str. 149)
Šarboh, Snežana (str. 242)
Šarkočević, Živče (str. 107)
Šefčić, Đerd (str. 130)
Tolmač, Dragiša (str. 31, 132)
Tomić, Miroljub (str. 153)
Tončev, Tomica (str. 101)
Topić, M. Radivoje (str. 35)
Tošić, B. Mihajlo (str. 225, 233)
Tucaković, Dragan (str. 127, 136)
Turanjanin, Valentina (str. 200)
Vasiljević, Dragan (str. 163)
Vasiljević, M. Bogosav (str. 35)
Veljković, V. B. (str. 179, 183)
Vučić, Neđo (str. 230)
Vujić, Ljiljana (str. 270)
Vuković, Dragan (str. 23)
Vuković, M. Zorica (str. 173)
Zec, Slavica (str. 262)
Živanović, D. Vladimir (str. 225, 233)
Živanović, Titoslav (str. 127, 136, 207)
Živković, B. Nikola (str. 79)
Živković, Milutin (str. 204)
Živković, Nikola (str. 262)

PROCESING 2002

održava se pod patronatom
Saveznog sekretarijata za nauku i razvoj,
Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj
Republike Srbije
i
Skupštine opštine Subotica

GENERALNI POKROVITELJ

„Bratstvo“, Subotica

GLAVNI SPONZORI

„Fidelinka“ Subotica
JP Subotička toplana Subotica
CIM GAS Subotica

SPONZORI

Eurosalon – Faral „Filtrotehnika“	Beograd Beograd, Torit DCE – Velika Britanija	Marketinfo	Šalgatorjan, Mađarska
„Goša Montaža“	Velika Plana	MGM inženjering	Beograd
IMI International	Beograd	MIP „Procesna oprema“	Čuprija
„Interklima“	Vrnjačka Banja	Novosadski sajam	Novi Sad
Isoplus Yugo	Beograd	Rafinerija nafte	Novi Sad
„Knjaz Miloš“	Arandelovac	„RoTech“	Beograd
„Kosmaj-komerc“	Mladenovac	„Sojaprotein“	Bečej
		„Vital“	Vrbas
		Zavod za zavarivanje	Beograd

NAUČNO-STRUČNI ODBOR

Martin Bogner	Mašinski fakultet, Beograd (predsednik Odbora)
Imre Kern	Skupština opštine Subotica, Subotica
Radomir Milićević	Zavod za zavarivanje, Beograd
Aleksandar Petrović	Mašinski fakultet, Beograd
Radivoje Topić	Mašinski fakultet, Beograd
Stevan Zbunjak	„Bratstvo“, Subotica

ORGANIZACIONI ODBOR

Martin Bogner	Mašinski fakultet, Beograd	Radomir Milićević	Zavod za zavarivanje, Beograd (potpredsednik)
Stanimir Čeperković	„Interklima“, Vrnjačka Banja	Radojica Milivojević	„Knjaz Miloš“, Arandelovac
Novica Davidović	„Bratstvo“, Subotica (predsednik)	Slobodan Mitrović	„Sojaprotein“, Bečej
Mirko Đurić	MGM inženjering, Beograd	Milutin Nikolić	„Filtrotehnika“, Beograd – Torit DCE, Velika Britanija
Mikloš Fabrik	Isoplus Yugo, Beograd	Mirko Ostrogonac	Skupština opštine Subotica (potpredsednik)
Mijo Hmara	„Vital“, Vrbas	Zoran Pantić	„Kosmaj-komerc“, Mladenovac
Grgo Horvacki	Subotička toplana, Subotica	Stevo Perojčić	IMI International, Beograd
Čaba Kern	„CIM GAS“, Subotica	Aleksandar Petrović	Mašinski fakultet, Beograd
Robert Kovač	Helir – Marketinfo YU, Kikinda	Zoran Petrović	„Trayal“, Kruševac
Ilija Kovačević	„Pro-ing“, Beograd	Slobodan Stošić	MIP „Procesna oprema“, Čuprija
Branimir Marjanović	„Rafinerija“, Novi Sad	Dragomir Šamšalović	„Jugostroj“, Beograd
Dragoljub Međedović	„Novosadski sajam“, Novi Sad	Stevan Šamšalović	PI, Beograd
Vesna Mikić	Zavod za izgradnju grada, Novi Sad	Aleksandar Veg	„RoTech“, Beograd
Zoran Milenković	„Eurosalon – Faral“, Beograd	Slobodan Vujačić	„Fidelinka“, Subotica
Zoran Milić	„Goša Montaža“, Velika Plana	Milovan Živković	„Montaža“, Beograd

ORGANIZATOR

Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Kneza Miloša 7a/II, 11001 Beograd,
poštanski pregradak 648. Tel. 011/3230-041, tel./faks 3231-372
Tekući račun broj 40803-678-8-3004153
E-mail: smeits@eunet.yu

U ovom broju „Procesne tehnike“ štampani su
radovi pisani za PROCESING 2002

- ručnom elektrolučnom zavarivanju obloženom elektrodom koja sadrži više od 5% hroma, bez odgovarajuće ventilacije,
- elektrolučnom zavarivanju u zaštiti gasa sa sopstvenom zaštitom kretanja jezgra žice koja sadrži više od 5% hroma V,
- zavarivanju, rezanju i brušenju na suvo radnog komada koji je obložen materijalom koji sadrži hrom VI.

Granične vrednosti nikla i njegovih komponenata obično su prekoračene pri sledećim procesima:

- ručnom elektrolučnom, MIG, MAG zavarivanju dodatnim materijalom koji sadrži više od 5% nikla, bez odgovarajuće ventilacije,
- plazma fuzionom rezanju materijala koji sadrži više od 5% nikla.

5. Zaključak

Poznavanje načina nastanka, efekata i graničnih koncentracija opasnih materija omogućava preciznu identifikaciju

rizika u pojedinim postupcima zavarivanja, termičkog rezanja i lemljenja, što doprinosi efikasnom definisanju mera zaštite osoblja, optimizaciji radnih uslova u zavarivačkoj industriji i sprečavanju profesionalnih oboljenja.

Literatura

- [1] ***: IIW (International Institute of Welding), dokumenti.
- [2] ***: Doc. 1654-92 – Cancer Risk in Arc Welding.
- [3] ***: Doc. 1719-94 – A Possibility to Standardize Measurements of Ozone Risk Potential During Arc Welding Independent of Workplace Conditions.
- [4] ***: Doc. 1812-97 – Hazardous Substances in Welding and Allied Processes.
- [5] ***: Doc. 1816-97 – Occupational Health in Metal Arc Welding.

PROCESNA
TEHNIKA

UTICAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA NA TVRDOĆU ZAVARENIH SPOJEVA ŠAVNIH CEVI OD ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE

Dr Miodrag Arsić, dipl. inž., i mr Vujadin Aleksić, dipl. inž.,
GOŠA Institut, Beograd, i
mr Živče Šarkočević, dipl. inž.,
Fabrika šavnih cevi, Uroševac

Sigurnost zavarenih spojeva na delu jedne konstrukcije, izrađene od šavnih cevi, obuhvata niz karakteristika koje treba da obezbede primenu cevi u određenim uslovima eksploatacije za predviđeni vek trajanja. Povećanje ili smanjenje karakteristika mehaničkih svojstava metala šava i ZUT uslovljeno je delovanjem termičkog ciklusa zavarivanja. Prema specifikaciji 12/67 APAVE, maksimalna tvrdoća šava i ZUT po Vickersu ili Brinelu ne sme da prelazi za 100 odnosno 80 jedinica tvrdoće osnovnog materijala. U radu su prikazani rezultati ispitivanja tvrdoće zavarenih spojeva, sa spoljne i unutrašnje strane, šavnih cevi izrađenih EPP i visokofrekventnim postupkom zavarivanja od mikrolegiranih čelika X60 i J55.

Ključne reči: zavarivanje; šavne cevi; tvrdoća; var; čelik; čvrstoća

INFLUENCE OF WELDING PARAMETERS ON WELDED JOINTS ON HARDNESS OF SEAMED STEEL PIPES OF INCREASED STRENGTH

Security of the welded joints in part of a construction made of the seamed pipes includes many characteristics

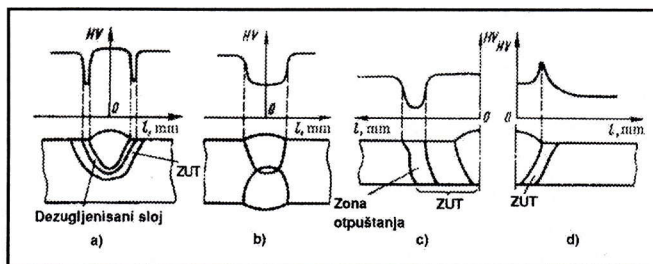
which are to provide the application of pipes in some conditions of exploitation for the anticipated life.

Increasing or decreasing of characteristics of mechanical metal, seam and ZUT properties, have been caused by the effects of the heat welding cycle. According to 12/67 APAVE specification, the maximal hardness of seam and ZUT, according to Vickers and Brunell, is not allowed to exceed 100, i.e. 80 units of basic material hardness. The results of testing the welded joints hardness outside and inside the seamed pipes made of EPP and high frequency welding procedure from micro-alloyed steel X60 and J55 have been reviewed in the paper.

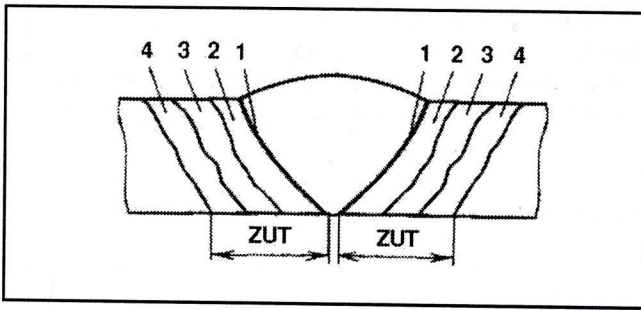
Key words: welding; seamed pipes; hardness; weld; steel; strength

Uvod

Tvrdoća, a usled toga i zatezna čvrstoća (R_m) i napon tečenja (R_{eH}) metala šava i ZUT mogu biti viši ili niži od tvrdoće osnovnog metala (slika 1). Zone zavarenog spoja sa smanjenim karakteristikama mehaničkih svojstava, po upoređenju sa osnovnim metalom, nazivaju se mekim slojevima [1].



Slika 1. Maksimalna raznorodnost u zavarenim spojevima; a) dezugljenisanje, b) primena elektrode sa niskim karakteristikama mehaničkih osobina, c) zavarivanje zakaljivih čelika, d) zavarivanje konstrukcionih ugljeničnih i niskolegiranih čelika; (ZUT-zona uticaja toplote)



Slika 2. Karakteristični delovi ZUT u zavarenom spoju

Meki slojevi nastaju zbog različitih uzroka: zbog dezugljenisanja u delovima metala, koji su u dodiru sa linijama stapanja (slika 1a); pri korišćenju elektroda, koje daju nanoseni metal koji ima znatno niže karakteristike mehaničkih svojstava nego osnovni materijal (slika 1b); kao rezultat otpuštanja u okolnoj zoni pri zavarivanju zakaljivih čelika (slika 1c).

Mehanička nehomogenost može bitno da utiče na čvrstoću zavarenih spojeva kako pri statičkim, tako i pri promenljivim opterećenjima. Pri statičkim i udarnim opterećenjima R_m i R_{eH} zavarenih spojeva sa mekim slojevima, povećavaju se sa smanjenjem njihovih odnosa debljina $k = h/d$ (h – debljina sloja, d – debljina ili prečnik uzorka), usled kontaktnog ojačavanja.

Izbor parametara zavarivanja i njihov uticaj na karakteristike mehaničkih svojstava metala šava i ZUT

Za zavarene spojeve konstrukcijskih čelika karakteristične su: zona stapanja 1, zona pregrevanja 2, potpune 3 i nepotpune normalizacije 4 (slika 2). Sve te zone nazivaju se zona uticaja toplote – ZUT. Struktura i mehanička svojstva pojedinih zona u ZUT obično su različiti od struktura i mehaničkih svojstava osnovnog metala i metala šava, pri čemu mehanička svojstva i struktura metala šava i ZUT zavarenih spojeva konstrukcijskih čelika zavisi od režima zavarivanja i hemijskog i sastava osnovnog i dodatnog materijala. Sa povećanjem brzine hlađenja u intervalu supkritičnih temperatura, čvrstoća i napon tečenja metala šava i ZUT rastu i u zavisnosti od hemijskog sastava čelika mogu biti i 1,5–2 puta veće nego kod osnovnog metala.

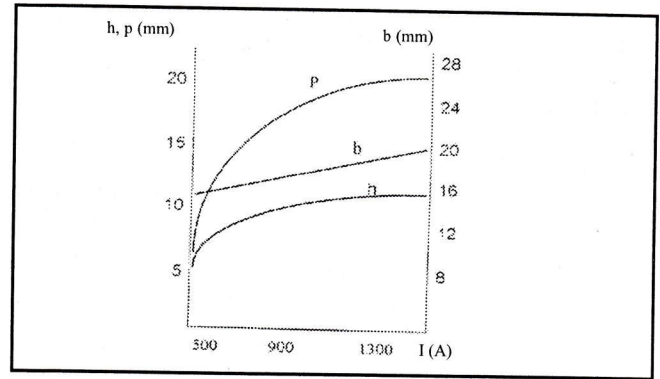
Izbor parametara zavarivanja uglavnom zavisi od vrste i debljine osnovnog materijala. Od njihovog izbora zavisi kvalitet zavarenog spoja i poprečni presek šava.

EPP postupak zavarivanja

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.

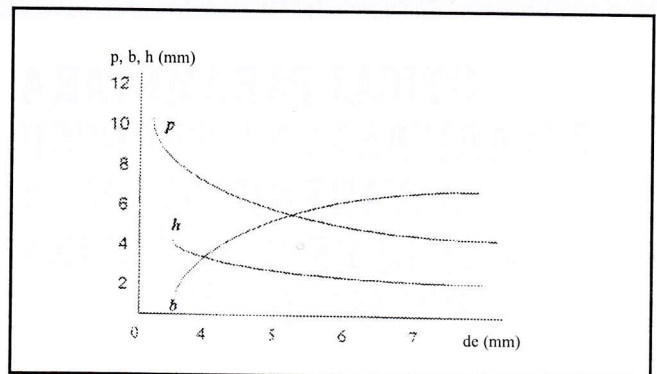
Jačina struje zavarivanja utiče na količinu istopljenog osnovnog i dodatnog materijala u jedinici vremena. Jača struja proizvodi veću količinu deponovanog materijala i manji specifični utrošak praška. Uticaj jačine struje na penetraciju, širinu i nadvišenje prikazan je na slici 3.



Slika 3. Uticaj jačine struje na penetraciju (p), nadvišenje (h) i širinu šava (b)

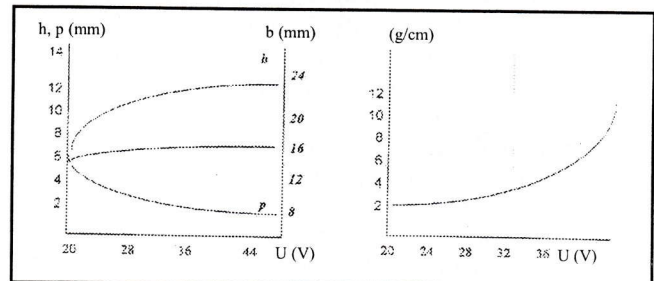
Gustina struje sa njenim povećanjem povećava se, kako i učinak tako i penetracija. Za manji prečnik žice dozvoljava se veća gustina struje.

Prečnik žice utiče na penetraciju, nadvišenje i širinu šava. Sa njegovim povećanjem opadaju penetracija i nadvišenje šava, a znatno se povećava širina šava (slika 4).



Slika 4. Uticaj prečnika žice na penetraciju (p), nadvišenje (h) i širinu šava (b)

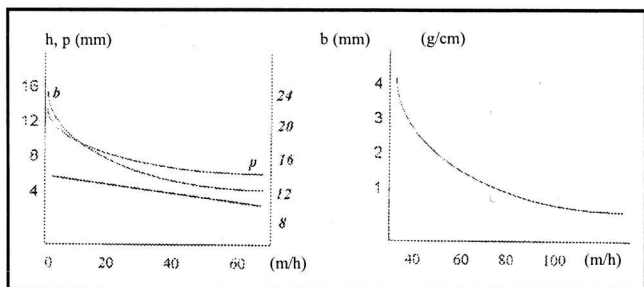
Napon luka utiče na penetraciju, širinu, nadvišenje, spoljni izgled šava, utrošak praška i metalurške reakcije u procesu zavarivanja. Nizak napon stvara nadvišeni šav kruškastog oblika, a preširok šav ukazuje na previsok napon (slika 5).



Slika 5. Uticaj napona luka na penetraciju (p), nadvišenje (h), širinu šava (b) i potrošnju praška

Brzina zavarivanja utiče na penetraciju, širinu, nadvišenje, izgled šava, potrošnju praška po dužini šava i na mogućnost stvaranja uključaka. Brzina zavarivanja direktno utiče na količinu unesene toplote po jedinici šava. Povećanje brzine zavarivanja i smanjenje jačine struje jesu dva praktična načina da se smanji količina unesene toplote. Ne manje važan je i uticaj brzine zavarivanja na

udeo osnovnog materijala u ukupnom metalu šava, koji se smanjuje sa povećanjem brzine zavarivanja. Prevelika brzina zavarivanja dovodi do smanjenja efekta kvašenja, skretanja električnog luka kao i grešaka kao što su poroznost šava, zarezi, nepravilan oblik šava. Povećanje brzine smanjuje penetraciju, širinu i nadvišenje šava kao i potrošnju praška (slika 6).

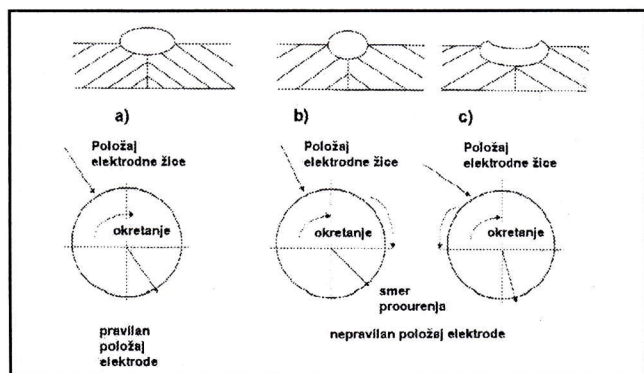


Slika 6. Uticaj brzine zavarivanja na penetraciju (p), nadvišenje (h), širinu šava (b) i potrošnju praška

Položaj stuba luka utiče na penetraciju. Potpuno vertikalni stub ne ometa prodiranje tečnog metala u žleb i osnovni materijal. Sa povećanjem brzine zavarivanja naginje se luk i snagom strujanja drži tečni metal iza sebe. Na oblik poprečnog preseka šava utiču još i granulacija praška, dužina slobodnog kraja žice i položaj žice. Ako je prašak sitniji, šav je lepšeg izgleda, penetracija je manja, a širina veća, hlađenje šava sporije i utrošak praška manji. Ako je grublji prašak, gasovi lakše izlaze iznad sloja praška, pa je poroznost šava manja. Za velike brzine zavarivanja obavezno treba koristiti grublji prašak.

Dužina slobodnog kraja žice ima znatan uticaj pri zavarivanju žicama prečnika manjeg od 4 mm. Sa njenim povećanjem umanjuje se penetracija. Položaj elektrodne žice: zavarivanje zaobljenih površina (cevi) razlikuje se od zavarivanja ravnih površina zbog toga što rastopljena kupka u toku zavarivanja ima tendenciju isticanja.

Neodgovarajući položaj elektrode daje duboko provarivanje, dosta nadvišen šav sa pregorenjima po ivicama (slika 7b). Ako je položaj elektrode previše udaljen od vertikalne ose, dobiće se šav sa slabom penetracijom i konkavan (slika 7c).



Slika 7. Uticaj položaja elektrode na oblik šava

Visokofrekventni postupak zavarivanja

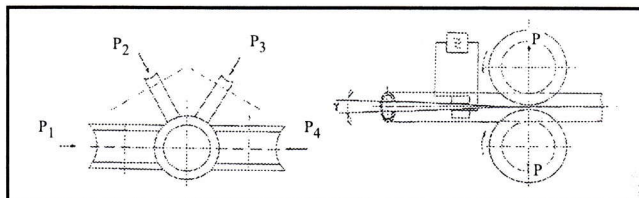
Osnovni parametri visokofrekventnog postupka zavarivanja su:

- raspodela vremenski promenljive struje,
- jačina struje – unesena energija,

- brzina zavarivanja,
- pritisak valjaka.

Struja visoke frekvencije dovodi se na induktor, a u osnovnom metalu (cevi) indukuje se struja koja zagreva krajeve cevi do topljenja. Povlačenjem cevi između valjaka stvara se sila pritiska koja učestvuje u izradi čeličnih cevi prečnika 12–60 mm (slika 8).

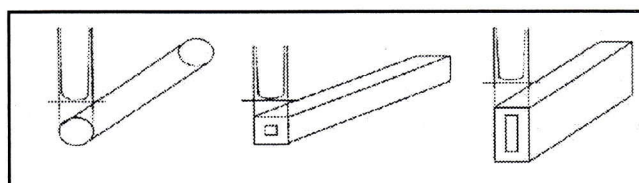
Značajna uloga zavarivačkog sklopa je i u sprečavanju pojave toplih prslina obezbeđenjem što manjih zaostalih napona u zavarenoj cevi. To se postiže kalibracijom valjaka, čime se ostvaruje pravilan kontakt stranica cevi.



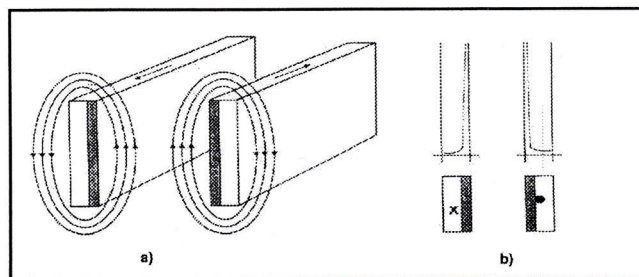
Slika 8. Shema visokofrekventnog kontaktne zavarivanja; a) shema zavarivačkog sklopa; b) shema konduktivnog zavarivanja

U provodniku kroz koji 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 slici 9.

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 su-



Slika 9. Raspodela struje visoke učestalosti kroz izolovane provodnike različitog oblika



Slika 10. Shema magnetnog polja između provodnika i efekta blizine; a) magnetno polje između provodnika; b) efekat blizine u pravougaonom provodniku

protnim 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. Efekat blizine je jači i kada su strane koje su okrenute jedna prema drugoj šire, kao što je prikazano na slici 10.

Brzina zavarivanja utiče na plastične deformacije, pritisak na stranicama cevi, debljinu oksidnog sloja na zagrejanim površinama i istiskivanje materijala. Posledica veće brzine zavarivanja su manje plastične deformacije, manji pritisak na stranicama cevi pre završetka formiranja zavarenog spoja, manja oksidacija zagrejanih površina, manje istiskivanje materijala i manja zona uticaja toplote (ZUT), jer je kraće vreme rasprostiranja toplote po dubini stranica.

Prema tome, za dobijanje kvalitetnog zavarenog spoja, potrebna je što veća brzina zavarivanja. Međutim, brzina zavarivanja iznad kritične vrednosti izaziva tople prsline. Pri izboru brzine zavarivanja neophodno je uzeti u obzir i karakteristike osnovnog materijala, tolerancije širine i debljine ulazne trake.

Brzina hlađenja zavarenog spoja može se podesiti promenom zapremine zagrejanog materijala, odnosno izborom struje zavarivanja veličini cevi. Za dobijanje kvalitetnog zavarenog spoja, potrebno je međusobno usklađivanje temperature zavarivanja, pritiska i vremena zavarivanja.

Ukupna sila valjaka u zavarivačkom sklopu sastoji se od sile potrebne za plastičnu deformaciju stranica cevi i sile potrebne za elastičnu ili elasto-plastičnu deformaciju oblikovane cevi. Odnos sila elastičnih i plastičnih deformacija cevi u zavarivačkom sklopu zavisi od odnosa debljine zida i prečnika cevi. Za tankozidne cevi može da se uzme u obzir samo sila za plastične deformacije, dok za debelozidne treba uzeti u obzir i silu potrebnu za elastične ili elasto-plastične deformacije.

Pravilnim izborom parametara rada (pritisak valjaka, brzina zavarivanja, jačina struje – unesena energija), utiče se na kvalitet zavarenog spoja. Struja velike učestanosti

utiče na smanjenje toplotnih gubitaka. Pritiskom se utiče na paralelnost stranice žleba.

Nepravilno izabrani parametri ovog zavarivanja mogu uticati na to da dođe do loma cevi, naročito ispred uređaja za kalibraciju, zbog velikih sila koje deluju na zatezanje. Ovim može doći i do oštećenja valjaka za kalibraciju, povrede radnika i velikog gubitka vremena oko ponovnog uvođenja cevi u uređaj za kalibraciju [2].

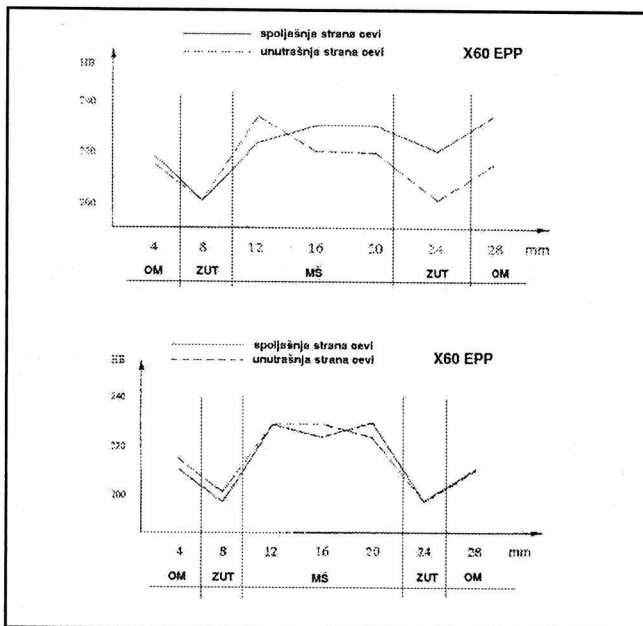
Ispitivanje tvrdoće

Merenje tvrdoće zavarenih spojeva spiralno zavarenih cevi izrađenih od mikrolegiranog čelika X60 EPP postupkom zavarivanja, izvršeno je Brinelovom metodom HBS 2.5/187.5/15, za dva proizvodna procesa [3]. Parametri zavarivanja za:

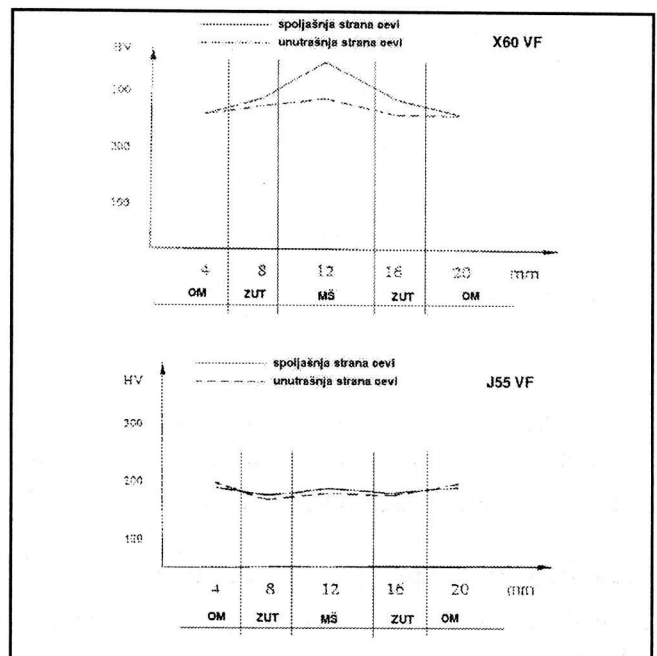
- I proizvodni proces su:
 - jačina struje za unutrašnji i spoljašnji šav 580–600 A,
 - napon struje zavarivanja za unutrašnji 27 V, a za spoljašnji šav 28 V,
 - brzina zavarivanja 1,4 m/min., a za
- II proizvodni proces su:
 - jačina struje za unutrašnji šav 620, a za spoljni 700 A,
 - napon struje zavarivanja za unutrašnji 27 V, a za spoljašnji šav 29 V,
 - brzina zavarivanja 1,5 m/min.

Merenje tvrdoće zavarenih spojeva uzdužno zavarenih cevi, izrađenih od mikrolegiranog čelika X60 i J55, visokofrekventnim postupkom zavarivanja, izvršeno je Vikerovom metodom HV30, na uzorcima sa sledećim parametrima zavarivanja:

- Za cevi izradene od čelika X60:
 - jačina struje 24 A,
 - visokonaponska struja, napona 12 kV,
 - brzina zavarivanja 15,5 m/min.
- Za cevi izradene od čelika J55:
 - jačina struje 23 A,



Slika 11. Dijagrami tvrdoće spoljašnje i unutrašnje zone šavnih cevi urađene EPP postupkom zavarivanja; a) I proizvodni proces; b) II proizvodni proces



Slika 12. Dijagrami tvrdoće spoljašnje i unutrašnje zone šavnih cevi urađene VF postupkom zavarivanja

- visokonaponska struja, napona 12,5 kV,
- brzina zavarivanja 12 m/min.

Rezultati merenja tvrdoće grafički su prikazani na slikama 11 i 12.

Zaključak

Ispitivaja materijala X60 pokazala su da je tvrdoća u metalu šava veća do 13% od tvrdoće u ZUT i osnovnom materijalu, pri izradi cevi EPP postupkom zavarivanja, a i do 25%, pri izradi cevi visokofrekventnim postupkom zavarivanja. Kod materijala J55, zavarenog visokofrekventnim postupkom, tvrdoća u metalu šava je do 10% veća od tvrdoće u ZUT i za isto toliko veća od tvrdoće u osnovnom materijalu.

Analizom rezultata merenja tvrdoće, zaključuje se da parametri zavarivanja prvog proizvodnog procesa EPP postupka zavarivanja obezbeđuju manju razliku u tvrdoći između osnovnog materijala, ZUT-a i metala šava.

Prema specifikaciji 12/67 APAVE, maksimalna tvrdoća šava i ZUT po Vickersu ili Brinelu ne sme da prelazi za 100 odnosno 80 jedinica tvrdoće osnovnog materijala. Dobijene vrednosti tvrdoće ispitivanih uzoraka ne prelaze ove granice.

S obzirom da su sva ispitivanja izvršena na uzorcima sa cevi koja je prošla kroz program kontrole i činjenice da

je tačne vrednosti mnogih faktora koji utiču na proces izrade šavnih cevi nemoguće predvideti, zato što su međusobno zavisni, ostaje otvoreno pitanje kako blagovremeno otkriti greške u procesu koje mogu imati uticaj na kvalitet šavnih cevi, odnosno na osobine i karakteristike koje cevi moraju posedovati da bi zadovoljile određene zahteve.

Literatura

- [1] **Klikov, N. A.:** *Rasčeta karakteristika soprotivljenja usitalosti svarnih soedinenij*, Mašinstroenie, Moskva, 1984.
- [2] **Šarkočević, Ž.:** *Analiza uticaja grešaka u zavarenim spojevima na ponašanje šavnih cevi od čelika povišene čvrstoće*, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.
- [3] **Arsić, M., 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.
- [4] * * *: Standardi API Std 5LS i API 5CT.

PROCESNA
TEHNIKA

TERMOMEHANIČKA ANALIZA PONAŠANJA I POBOLJŠANJA PARNOG BLOK-KOTLA SA TRI PROMAJE MANJE PRODUKCIJE PARE

Mr Branka Gaćeša, dipl. inž.,
„Minel Kotlogradnja“, Beograd,

Parni blok-kotlovi sa tri promaje i ekranisanom zadnjom komorom standardno se izrađuju u „Minel Kotlogradnja“, sa talasastom plamenom cevi za radni pritisak od 13 bara. Termomehničkom analizom ovog tipa kotla manje produkcije pare zaključeno je da talasastu plamenu cev treba zameniti ravnom. Konstrukcionim izmenama na kotlu smanjen je napon u konstrukciji. Uvedene promene doprinose smanjenju troškova izrade parnog kotla, bez smanjenja njegove pouzdanosti.

Ključne reči: računski model; element ploče; element grede; plamena cev; zadnje dance; deformacija; napon

THERMOMECHANICAL ANALYSIS OF BEHAVIOUR AND IMPROVEMENT OF STEAM BLOCK-BOILER WITH THREE FLUE GAS FLOWS PRODUCING SMALLER STEAM

The steam block-boilers with three flue gas flows and screened rear chamber, are standardly manufactured by „Minel Kotlogradnja“, with wavy flue tube for working

pressure of 13 bar. By the thermomechanical analysis of this boiler type of less steam production, it has been concluded that this wavy flue tube should be replaced by flat one. By construction changes of the boiler, the construction stress is reduced. Introduced changes contribute to the reduction of the steam boiler production costs, without reducing its reliability.

Key words: computation model; plate element; beam element; flue tube; rear head deformation; stress

1. Uvod

Parni blok-kotlovi sa tri promaje i ekranisanom komorom standardno se izrađuju u „Minel Kotlogradnja“, sa talasastom plamenom cevi. Da bi se omogućila ugradnja ravne plamene cevi umesto talasaste u kotlu ovog tipa manje produkcije pare, izvršena je termomehnička analiza ponašanja. Osnovu analize predstavlja proračun, pomoću metode konačnih elemenata. Statičkim proračunom programom KOMIPS određena su polja deformacije i napona noseće strukture kotla.

2. Računski model

2.1. Varijante računskog modela

Za analizu uticaja geometrije plamene cevi na ponašanje konstrukcije, formirane su sledeće varijante računskog modela:

- T – osnovni računski model; to je računski model postojeće konstrukcije kotla sa talasastom plamenom cevi; prikazan je u projekcijama na slici 1;