

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

### II. TOPLOTNE I DIFUZIONI OPERACIJE I APARATI

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



|   |    |
|---|----|
| 15. KOTAO SA CENTRALNIM SMEŠTAJEM PLAMENE I DIMNIH CEVI ZA ZAGREVANJE PROSTORIJA RECIRKULACIJOM VAZDUHA<br><i>Živanko Arnautović</i> .....  | 57 |
| 16. TERMODINAMIČKI UTICAJ NA GEOMETRIJU RAZMENJIVAČA TOPLOTE<br><i>Prof. dr Martin Bogner i mr Mirko Dobrnjac</i> .....   | 60 |
| 17. PRENOS MATERIJU U VERTIKALNOM DVOFAZNOM TOKU TEČNOST-KRUPNE ČESTICE<br><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<br><i>Dr Slobodan M. Ristić i dr Slobodan B. Rackov</i> .....   | 68 |
| 19. TERMODINAMIČKA ANALIZA PROCESA U SISTEMU ZA AKUMULACIJU TOPLOTNE ENERGIJE<br><i>Mr Milan Gojak i Melita Božović</i> .....   | 71 |
| 20. UTICAJ RASPODELE VAZDUHA U FONTANSKO-FLUIDIZOVANOM SLOJU SA INERTNIM PUNJENJEM NA SUŠENJE SUSPENZIJA<br><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<br><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<br><i>Risto Filkoski, Ilija Petrovski, Aleksandar Nošpal i Ana Stefanova</i> .....  | 83 |
| 23. EKSPERIMENTALNO MERENJE TEMPERATURE ČESTICE UGLJA TOKOM SAGOREVANJA U FLUIDIZOVANOM SLOJU<br><i>Dr Mirko Komatina i dr Mladen Ilić</i> .....  | 86 |
| 24. TERMIČKI PRORAČUNI LOŽIŠTA PARNOG KOTLA SI-1000<br><i>Dr Vladan Ivanović</i> .....  | 90 |
| 25. POBOLJŠANJE SUŠENJA NATRIJUM-SULFATA PRIMENOM SUŠARE SA FLUIDIZOVANIM SLOJEM<br><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<br><i>Prof. dr Taško Maneski i Milan Ivanković</i> .....  | 97  |
| 27. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MATERIJA I ELIMINACIJA RIZIKA U ZAVARIVANJU, TERMIČKOM REZANJU I LEMLJENJU<br><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<br><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<br><i>Mr Branka Gačeša</i> .....  | 111 |
| 30. ZAVARIVANJE „ŠINA“ OD HARTFIELDOVOG ČELIKA I NJEGOVA NENAMENSKA UPOTREBA U TRAMVAJSKOM DEPOU<br><i>Milica Antić i Vera Ilić</i> .....   | 114 |
| 31. ISTRAŽIVANJE I IZBOR TEHNOLOGIJE NAVARIVANJA MAŠINSKIH REZERVNIH DELOVA<br><i>Dr Ljuban Japić, dr Dragi Dimitrijević, mr Veljko Samaradžija</i> .....   | 116 |
| 32. KATODNA ZAŠTITA UKOPANIH REZERVOARA<br><i>Zoran Angelovski i mr Vojčo Nacevski</i> .....  | 120 |

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

### IV. RACIONALNO GAZDOVANJE ENERGIJOM I GORIVIMA. ENERGETSKA EFIKASNOST POSTROJEVA PROCESNE INDUSTRIJE. SAGOREVANJE BIOMASE U POSTROJEVIMA PROCESNE INDUSTRIJE

|   |     |
|---|-----|
| 34. KOTAO ZA ALTERNATIVNO SAGOREVANJE BRIKETA BIOMASE U SLOJU I GASOVITOG GORIVA<br><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)<br><i>Prof. dr Đerd Šefčić</i> .....  | 130 |
| 36. REKONSTRUKCIJA LOŽIŠTA TOPLOVODNIH KOTLOVA ZA SAGOREVANJE PELETA<br><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<br><i>Mr Dragan Tucaković, prof. dr Ljubiša Brkić i prof. dr Titoslav Živanović</i> ..... | 136 |
| 38. STABILIZACIJA LETEĆEG PEPELA POMOĆU DISPERZIJA POLIMERA-KOPOLIMERA<br><i>Ljubica Petruševska, Pavlina Ilievski i Ljiljana Pejeva</i> .....  | 140 |
| 39. RACIONALNO KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U KOTLOVIMA SA PRIRODNIIM GASOM<br><i>Prof. dr Dragiša Tolmač, prof. dr Miroslav Lambić, mr Slavica Prvulović, Ljiljana Petrović</i> .....                                      | 132 |
| 40. RAZVOJ KOMBINOVANOG KOTLA – ŠTEDNJAKA MBS 90 kV<br><i>Milan Radovanović, Dragoslava Stojiljković, Vladimir Jovanović, Slobodan Perišić, Branko Cvetković i Ljupče Mitić</i> .....                                     | 146 |
| 41. ENERGETSKA EFIKASNOST PROCESA KONVERTOVANJA U PROIZVODNJI BAKRA<br><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<br><i>Dr Miroljub Tomić i Dragan Gošić</i> .....   | 153 |

### V. ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

|   |     |
|---|-----|
| 43. ENERGETSKI I EKOLOŠKI EFEKTI SUPSTITUCIJE MAZUTA PRIRODNIIM GASOM U VRELOVODNIM KOTLOVIMA VKSM<br><i>Risto Filkoski, Ilija Petrovski i Ivica Seković</i> .....      | 157 |
| 44. KOMPARATIVNA ANALIZA EMISIJE IZDUVNIH GASOVA KOTLARNICA U ZAVISNOSTI OD EKSPLOATISANOG GORIVA<br><i>Ivan M. Mijailović i Goran Petrović</i> .....                   | 161 |
| 45. PROJEKTOVANJE UREĐAJA I OPREME ZA LAKIRANJE UZ SVOĐENJE ZONA OPASNOSTI NA UNUTRAŠNOST UREĐAJA<br><i>Tatjana Čakarević, Dragan Vasiljević, Milena Glišović</i> ..... | 163 |
| 46. AKTUELNOSTI IZ MEĐUNARODNE I DOMAĆE STANDARDIZACIJE U OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE<br><i>Prof. dr Milorad Mihajlović i Biljana Leković Milojković</i> .....      | 166 |
| 47. PROCENA POSLEDICA OD EKSPLOZIJE U KRUGU FABRIKE<br><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)  
Aršić, 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<br>„Filtrotehnika“ | Beograd<br>Beograd,<br>Torit DCE – Velika<br>Britanija | Marketinfo            | Šalgatorjan,<br>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<br>(predsednik Odbora) |
| Imre Kern           | Skupština opštine Subotica, Subotica              |
| Radomir Milićević   | Zavod za zavarivanje,<br>Beograd                  |
| Aleksandar Petrović | Mašinski fakultet, Beograd                        |
| Radivoje Topić      | Mašinski fakultet, Beograd                        |
| Stevan Zbunjak      | „Bratstvo“, Subotica                              |

## ORGANIZACIONI ODBOR

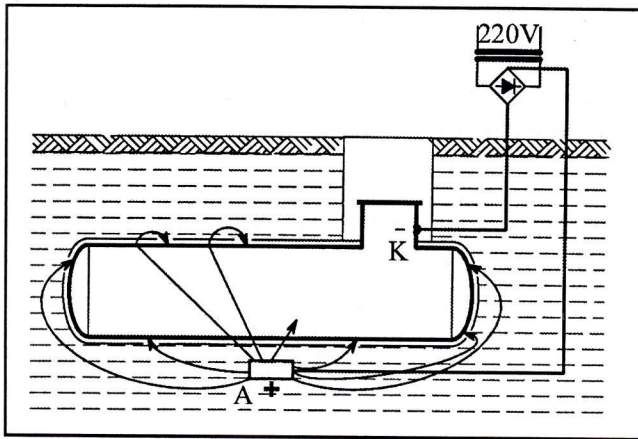
|                     |                                       |                      |  |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------|--|
| Martin Bogner       | Mašinski fakultet, Beograd            | Radomir Milićević    | Zavod za zavarivanje,<br>Beograd (potpredsednik)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





Slika 6

Primenom katodne zaštite, ceo rezervoar se negativnom polarizacijom pretvara u katodu, tako da na sva mesta sa oštećenom izolacijom dolaze zaštitne struje koje guše korozione struje (sl. 6).

Da bi se zaustavila korozija čeličnog rezervoara, zaštitnu struju treba tačno izmeriti. U praksi, zaštitna struja indirektno se meri potencijalom ukopanog rezervoara u odnosu na zasićenu bakar-bakarsulfatnu referentnu elektrodu.

Katodna zaštita sprečava anodnu reakciju vezivanja jona gvožđa sa rezervoara sa kiseonikom iz tla i stvara rđu, ukoliko se rezervoar drži pod minimalnim električnim potencijalom od 0,85 V. Katodna zaštita je dopunska zaštita od podzemne korozije, kojom se štite ugrožena mesta na rezervoaru bez njegovog otkopavanja, a radi preventive i ekonomičnosti, treba je izvesti već pri montaži rezervoara.

Veličina potrebne zaštitne struje kojom se postiže režim katodne zaštite predstavlja ujedno indikator izolovanosti rezervoara pasivnom zaštitom. Ako je gustina zaštitne struje manja od  $100 \mu\text{A}/\text{m}^2$  na novom rezervoaru, smatra se da je on odlično izolovan. Pri gustini zaštitne struje od  $200 \mu\text{A}/\text{m}^2$  smatra se da je rezervoar zadovoljavajuće izolovan, a vrednosti ukupne struje pri ovoj gustini navedene su u tabeli 2.

U zavisnosti od izolovanosti rezervoara i otpornosti tla oko rezervoara katodna zaštita izvodi se na dva načina i to:

- žrtvovanim anodama od magnezijuma,
- nametnutom strujom od spoljnog izvora struje.

U Nemačkoj još od 01. marta 1960. postoji obaveza preduzimanja zaštitnih mera protiv lutajućih struja na podzemnim rezervoarima, a u SAD je 1983. god. izašao prvi standard API za primenu katodne zaštite na rezervoarima.

### Literatura

- [1] \* \* \*: **RP-1652: Cathodic protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping System**; Second edition, New York, 1987.
- [2] \* \* \*: **TRbF 408: Richtlinie für den kathodischen Korrosionsschutz von unterirdischen Tanks und Betriebsstromleitungen aus Stahl**, Carl Heymans, Verlag, Keln, 1972.
- [3] **Zinevič, A. M., V. I. Glazkov, V. G. Kotik: Zaštita truboprovodov i rezervuarov ot korozii**, Nedra, Moskva, 1975.
- [4] \* \* \*: **JUS M.Z3.010: Ukopani čelični rezervoari**.

PROCESNA  
TEHNIKA

## PROCENA ČVRSTOĆE ZAVARENIH SPOJEVA NA TANKIM CILINDRIČNIM LJUSKAMA OSLABLJENIM AKSIJALNOM PRSLINOM, MODIFIKOVANOM REI METODOM

Mr Vujadin Aleksić, dipl. inž., i dr Miodrag Arsić, dipl. inž.,  
GOŠA Institut, Beograd, i  
prof. dr Aleksandar Sedmak, dipl. inž.,  
Mašinski fakultet, Beograd

U radu su analizirani modifikovana REI metoda i mogućnost njene primene na zavarene spojeve tankih cilindričnih ljuski, ne uzimajući u obzir specifičnost zavarenih spojeva (heterogenost strukture, zaostale napone i geometrijske nepravilnosti), a sve sa ciljem dobijanja dovoljno tačne i jednostavne inženjerske

procedure za određivanje sila rasta prsline (SRP) u zavarenim spojevima u kojima su prisutni zaostali naponi i geometrijske nepravilnosti. U radu su prikazane modifikacije radi uprošćenja REI metode i mogućnosti izrade odgovarajućeg programa u cilju brže primene procedure.

**Ključne reči:** zavareni spoj; cilindar; ljuska; prslina; napon; struktura

### EVALUATION OF WELDED JOINTS STRENGTH ON THIN CYLINDRICAL SHELLS WEAKENED BY AXIAL CRACK, MODIFIED BY REI METHOD

The modified REI method and possibility of its application to the welded joints of thin cylindrical shells have been analyzed in the paper, without taking into consideration specificity of welded joints (heterogeneity of structure, residual stresses and geometric irregularities), in order to obtain quite correct and simple engineering procedures for determination of crack growth forces in welded joints in which there are residual stresses and geometric irregularities. The modifications for REI method simplification



and possibilities of producing suitable program in order to speed up application of procedure have been reviewed in the paper.

**Key words:** welded joint; cylindre; shell; crack; stress; structure

## Uvod

Poseban značaj u primeni mehanike loma imaju zavareni spojevi, kod kojih se ne sme zanemariti mogućnost postojanja ili nastajanja grešaka tipa prslina. Analiza ponašanja zavarenih spojeva sa prslinama od ključnog je značaja za njihovu sigurnu eksploataciju. Bitan aspekt te analize je određivanje sila razvoja prslina (SRP), koja treba da obuhvati i specifičnosti zavarenih spojeva kao što su zaostali naponi i geometrijske nepravilnosti.

Cilj svake naučne discipline, pa tako i mehanike loma, jeste da njena teorijska razmatranja nađu široku primenu u raznim segmentima života i rada ljudi. Mehanika loma pokušava taj cilj dostići, između ostalog i primenom inženjerskih metoda u proceni integriteta konstrukcija.

Sile razvoja prslina mogu se odrediti teorijski, analitički ili numerički. Poslednjih godina posebna pažnja se posvećuje tzv. inženjerskom pristupu koji kombinuje načine određivanja SRP, uprošćavajući ih i dovodeći do nivoa brze i efikasne primene, a da se pri tom postigne dovoljna tačnost.

Jedna od prvih metoda kojoj je uspelo da nađe primenu u elastoplastičnoj analizi tankih cilindričnih ljuski sa aksijalnom prslinom, jeste metoda Ratvanija, Erdogana i Irvina (REI metoda).

## Teorijske postavke REI metode

REI metoda obuhvata elastoplastičnu analizu tankih cilindričnih ljuski sa aksijalnom prslinom, za koju se uvode uprošćenja u cilju formulacije i rešavanja jednačina. Osnovne pretpostavke koje se uvode radi uprošćenja problema su sledeće:

1. oblik prsline je pravougaoni (dubina prsline  $d$  je konstantna) (sl. 1a),
2. nema poprečnog smicanja (važe Kirhofove pretpostavke za tanke ljuske),
3. materijal je idealno plastičan (nema ojačavanja).

Takođe, usvaja se da je neto presek, za  $-a < x < a$ , potpuno plastificiran i prenosi samo membranske napone veličine napona tečenja,  $R_{eh}$ , materijala (sl. 1c). Dalje se usvaja da su se plastične deformacije proširile iza krajeva prslina na rastojanju  $p$  (sl. 1b) i da se plastično područje može aproksimirati plastičnom trakom, slično modelu Barenblat-Dagdejl.

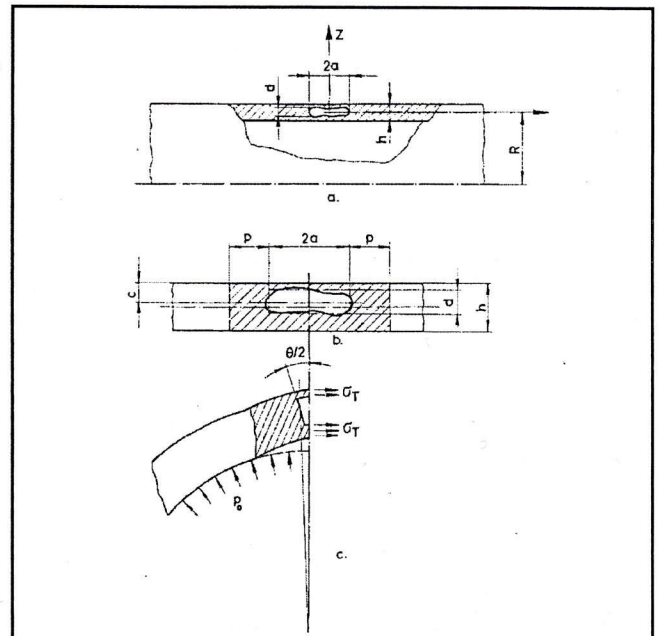
Na osnovu ovih pretpostavki može da se primeni Dagdejllov model plastične trake ispred vrha prslina. Rešenje ovako definisanog problema je dato kao funkcija otvaranja vrha prslina,  $\delta_p$ , od koordinata  $X$  (u pravcu dužine prslina,  $2a$ ) i  $Z$  (u pravcu dubine  $d$ ):

$$\delta_t(X, Z) = \delta(X, 0) + \theta(X) Z \quad (1)$$

Osnovna prednost REI modela je njegova jednostavna primena, jer su svi potrebni podaci za proračun u bezdimenzionom obliku za karakteristične veličine bezdimenzionog parametra ljuske  $\lambda$  definisanog na sledeći način:

$$\lambda = \sqrt[4]{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{2 \cdot a}{\sqrt{R \cdot h}} \quad (2)$$

gde je  $R$  poluprečnik ljuske,  $h$  debljina, a  $\nu$  Poasonov koeficijent. Model REI može da se primeni na bilo koju aksijalnu prslinu u cilindričnoj posudi pod pritiskom (prolaznu, površinsku – spoljnu ili unutrašnju, i delimično prolaznu unutrašnju).



Slika 1. Unutrašnja prslina ljuske sa potpuno plastičnim preostalim ligamentom

Jednačina za  $J$  integral ima oblik:

$$\frac{J \cdot E}{4 \cdot a \cdot R_{eh}^2} = J^* = m \cdot \left[ \frac{\delta_0}{d_1} + \frac{\theta_2}{d_2} \cdot \left( 0,5 - \frac{d}{h} \right) \right] \quad (3)$$

Prilikom izračunavanja parametara ljuske  $\lambda$  potrebno je uzeti u obzir i veličinu plastične zone, tako da je parametar ljuske definisan sa:

$$\lambda_p = \left[ 12 \cdot (1 - \nu^2) \right]^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{a_p}{\sqrt{R \cdot h}} \quad (4)$$

Radi izračunavanja parametra plastične zone  $\alpha = a/a_p = \lambda/\lambda_p$ , koristi se dijagram 1 (sl. 2), gde je data zavisnost parametra plastične zone  $\alpha$  i relativnog opterećenja  $N_0 / (h R_{eh}) = (p R) / (h R_{eh})$  ( $p$  – pritisak). Koristeći dijagrame 2 (sl. 2) mogu se izračunati vrednosti  $(J E) / (4 a R_{eh}^2)$  za različite veličine parametara  $\lambda_p$ . Za određenu vrednost parametra  $\lambda_p$  računaju se vrednosti  $J^*$  integrala za različite odnose dubine prslina i debljine suda  $d/h$ . Dobijene vrednosti prikazane su tabelarno za vrednosti  $\lambda_p = 0$ ,  $\lambda_p = 1$ ,  $\lambda_p = 2$  i  $\lambda_p = 3$ . Ove vrednosti su prikazane kao zavisnost

$$\sqrt{\frac{J \cdot E}{4 \cdot a \cdot R_{eh}^2}}$$

od odnosa  $d/h$  za različite napone  $N_0 / (h R_{eh})$ . Promene:

$$\sqrt{\frac{J \cdot E}{4 \cdot a \cdot R_{eh}^2}}$$



sa  $d/h$  za  $\lambda_p = 0, \lambda_p = 1, \lambda_p = 2$  i  $\lambda_p = 3$  prikazane su na dijagramima u radu [1]. Takvi dijagrami se koriste za predviđanje loma cilindričnog suda pod pritiskom.

### Programi REI0, REI1, REI2 i REII

Kao krajnji rezultat očitavanja vrednosti  $\delta_0 / d_1$  i  $\theta_2 / d_2$ , uzimajući u obzir vrednost parametra ljsuske  $\lambda$  (0, 1, 2, 3) [1], i njihovo tretiranje u jednačini (3), dobijaju se tabele normiranih vrednosti  $\sqrt{J^*}$  integrala za različite vrednosti parametra ljsuske  $\lambda$  i te tabele su korišćene kao osnova za pravljenje programa REI0 i REI1, REI2. One su smeštene u pratećim datotekama programa.

Prema algoritmu koji je prikazan na sl. 2, napravljen je program u FORTRANU REI0, a zatim i program REI1 i REII. Programi REI0, REI1 i REI2 računaju sile razvoja prsline na osnovu mehaničkih osobina materijala i geometrije ploče i prsline koristeći tabele normiranih vrednosti  $J$  integrala. Program REII omogućava interpolaciju parametara mehanike loma ( $J$ ) za zadati napon i dubinu prsline, koristeći izlazne rezultate programa REI0 ili REI1. Programi REI0 i REI1 ne omogućavaju da se uzmu u obzir i vrednosti zaostalih napona, i naponi nastali zbog geometrijske nepravilnosti prouzrokovani u toku ili posle zavarivanja.

Program REI0 ne uzima u obzir plastičnost definisanu parametrom  $\lambda_p$  (jednačina 4) zbog komplikovanog skidanja vrednosti sa dijagrama 1 kao na slici 2 i teškoća da se to ugradi u program. Zbog toga se u programu REI1 plastičnost uzima u obzir preuzimanjem kriterijuma za plastičnost (zbog sličnosti) iz modela KING. S obzirom da postoji problem vezan za parametar  $\alpha$  modela KING napravljen je i program REI2 kod koga je u kriterijumu za plastičnost preuzetom od modela KING izbačen parametar  $\alpha$ , čime su izbegnuti problemi koji su se javljali u KINGOVoj metodi (ne dolazi do preplitanja krivih SRP za dubine prsline  $c/t = d/h > 0,7$ ) [2].

Za računanje vrednosti parametra ljsuske ( $\lambda$ ), kao i  $J$  integrala koriste se podaci iz ulazne datoteke REIU.DAT i to:

#### MEHANIČKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA:

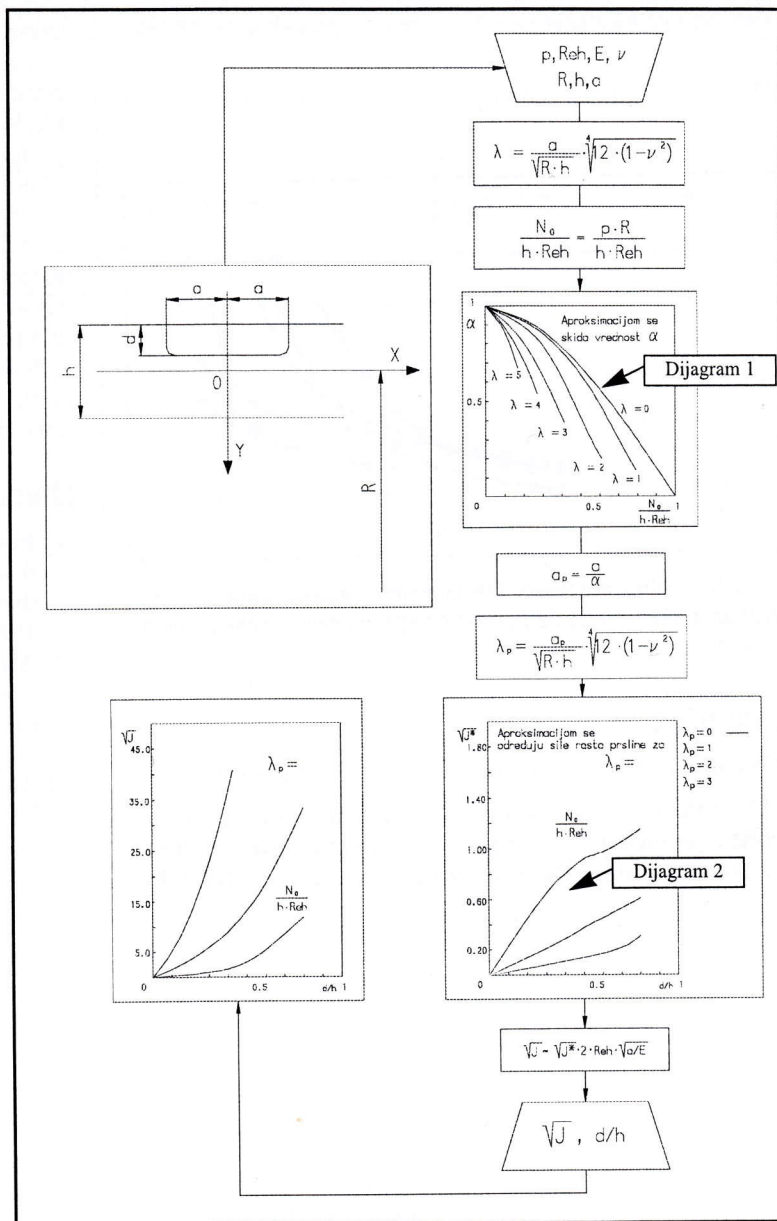
- $E$  – modul elastičnosti (MPa)
- $PK$  – Poasonov koeficijent
- $Reh$  – napon tečenja (MPa)

#### GEOMETRIJA PLOČE I PRSLINE:

- $H$  – debljina ploče (lima) (mm)
- radijus – radijus posude (mm)  
(ako je radijus = 0, radi se o beskonačnoj ploči,  $\lambda = 0$ )
- $A$  – poluduzina prsline (mm)
- $m$  – konstanta zavisna od geometrije deformacionog polja (u radu [1]  $m = 1,555 = 2/\sqrt{3}$ , što je predložio Parks [3]).

Primer ulazne datoteke REIU.DAT izgleda ovako:

- Modul elastičnosti (MPa) 210 000.
- Poasonov koeficijent 0,3



Slika 2. Algoritam za izradu programa REI0, REI1 i REI2

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| Napon tečenja           | (MPa) 480 |
| Zatezna čvrstoća        | (MPa) 672 |
| Debljina ploče          | (mm) 20   |
| Poluduzina prsline      | (mm) 12   |
| Radijus posude          | (mm) 0    |
| Konst. geom. def. polja | (m) 1     |

(Ako je radijus posude 0, radi se o ploči, pa je i parametar ljsuske 0.)

(Za  $m = 1,155$  uradene su osnovne tabele) [2].

Listing programa sa uputstvom za primenu nalazi se u radu [2], a program se može dobiti od autora ovog rada u cilju verifikacije programa na konkretnim primerima, da bi se utvrdila opravdanost njegove primene.

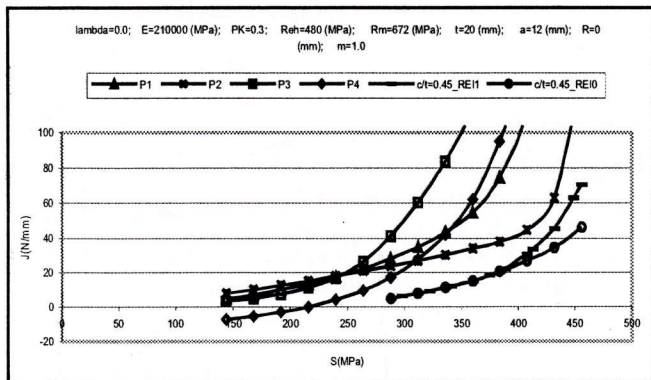
### Provera programa na primerima

Varijantni programi za metodu REI provereni su na nekoliko primera posuda pod pritiskom i pločastih epruveta, a rezultati su upoređeni sa eksperimentalnim rezultatima. Radi ilustracije, na slici 3 prikazan je dijagram uporednih rezultata dobijenih programima REI i eksperimenta za je-



dan od primera prslina na pločastim epruvetama P1, P2, P3, P4.

Dubina prsline na svim epruvetama je 9 mm, što daje  $c/t = d/h = 0,45$ .



Slika 3. Analiza vrednosti SRP dobijenih eksperimentalno i programima REI bez uticaja zaostalih napona i geometrijskih nepravilnosti

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti:

1. Metoda REI, iako ne uzima u razmatranje zaostale napone i geometrijske nepravilnosti, vrednostima svojih rezultata zadovoljavajuće se približava vrednostima dobi-

jenim eksperimentalno, pa može veoma dobro poslužiti za preliminarnu ocenu integriteta konstrukcije, naročito zavarene konstrukcije s obzirom na mogućnost pojave greške tipa prslina.

2. Upoređujući dobijene vrednosti sa vrednostima drugih inženjerskih metoda, npr. KING i JWES, programi napravljeni na osnovu matematičkog modela metode REI daju rezultate na strani veće sigurnosti konstrukcije bez obzira što ne uzimaju u obzir zaostale napone i geometrijske nepravilnosti, pa u odnosu na njih metoda REI ima prednost u primeni.

3. Sama činjenica da je za REI metodu napravljen program za direktnu procenu omogućava brzu potvrdu ispravnosti ovog koncepta za buduću primenu.

### Literatura

- [1] Petrovski, B.: *Određivanje preostale nosivosti suda pod pritiskom sa površinskom prslinom*, doktorska disertacija, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1985.
- [2] Aleksić, V.: *Primena inženjerskih metoda za određivanje sila rasta prslina u zavarenim spojevima sa zaostalim naponima i geometrijskim nepravilnostima*, magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.
- [3] Anderson, T. L.: *Fracture Mechanics*, CRC Press, USA, 1994.

PROCESNA  
TEHNIKA