

UNIVERZITET U BANJALUCI

**9. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DOSTIGNUĆIMA
ELEKTROTEHNIKE, MAŠINSTVA
I INFORMATIKE**

**9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL AND
MECHANICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY**



Mašinski fakultet

Banjaluka

DEMI 2009
ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS

BANJALUKA, 28-29. 05. 2009.



BANJALUKA
28-29. 05. 2009.

UNIVERZITET U BANJALUCI

DEMI 2009

MAŠINSKI FAKULTET

9. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTROTEHNIKE,
MAŠINSTVA I INFORMATIKE

9th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL
AND MECHANICAL ENGINEERING
AND INFORMATION TECHNOLOGY

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UNIVERZITET U BANJALUCI
MAŠINSKI FAKULTET

BANJALUKA, 28. - 29. MAJ 2009.

**ZBORNIK RADOVA 9. MEĐUNARODNE KONFERENCIJE O
DOSTIGNUĆIMA ELEKTROTEHNIKE, MAŠINSTVA I INFORMATIKE**

**PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL, MECHANICAL AND
INFORMATIC ENGINEERING**

**Izdavač
Publisher**

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA

**Glavni urednik
Editor in Chief**

Dr Živko Babić, docent

**Tehnički urednik
Technical Editor**

Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.

**Tehnička obrada
Technical processing**

Bojan Knežević, dipl. ing. el.

**Tiraž
Circulation**

180 primjeraka

NAUČNI ODBOR:
PROGRAMME COMMITTEE:

Prof.dr Aleksa Blagojević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Drago Blagojević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Miodrag Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica
Prof.dr Ilija Ćosić, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
Prof.dr Pantelija Dakić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Čedomir Duboka, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Vlatko Določek, Univerzitet u Sarajevu
Prof.dr Veljko Đuričković, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Ivan Filipović, Mašinski fakultet Sarajevo
Prof.dr Milisav Georgijević, FTN Novi Sad
Prof.dr Vasilj G.Gerasimčuk, "KPI" Ukraina
Prof.dr Dušan Gruden, TU Wien
Prof.dr Vid Jovišević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Miloš Kojić, Harvard University
Prof.dr Eduard Kostolansky, University of Cyril and Methodius Trnava
Prof.dr Đorđe Kozić, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Vidosav Majstorović, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Ostoja Miletić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Dragomir Miličić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Dragan Milutinović, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Hong Seok Park, University of Ulsan, Korea
Prof.dr Radivoje Pešić, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof.dr Miroslav Plančak, FTN Novi Sad
Prof.dr Nicolae Pop, North University of Baia Mare, Romanian
Prof.dr Milan Radovanović, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Dobroslav Ružić, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Vladimir Savić, FTN Novi Sad
Prof.dr Milentije Stefanović, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof.dr Milenko Stegić, FSB Zagreb
Prof.dr Mirko Soković, Fakultet za strojništvo Ljubljana
Prof.dr Milan Šljivić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof.dr Velimir Todić, FTN Novi Sad
Prof.dr Demo Tufekčić, Mašinski fakultet Tuzla
Prof.dr Stevan Veinović, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof.dr Vojo Višekruna, Mašinski fakultet Mostar
Prof.dr Ranko Zrilić, Mašinski fakultet Banjaluka
Doc.dr Nenad Zrnić, Mašinski fakultet Beograd

**POKROVITELJ:
UNDER PATRONAGE OF:**

Ministarstvo nauke i tehnologije Republike Srpske

i

Grad Banjaluka

**Ministry of Industry and Technology of the Republic of Srpska
and
City of Banjaluka**

**ORGANIZACIONI ODBOR:
ORGANIZING COMMITTEE:**

Doc.dr Živko Babić, predsjednik, Mašinski fakultet Banjaluka

Prof.dr Miroslav Rogić, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Snežana Petković, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Petar Gvero, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Aleksandar Milašinović, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Darko Knežević, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Mladen Todić, Mašinski fakultet Banjaluka

Doc.dr Tihomir Latinović, Mašinski fakultet Banjaluka

Mr Đorđe Čiča, Mašinski fakultet Banjaluka

Biljana Prochaska, Mašinski fakultet Banjaluka

Stevo Borojević, Mašinski fakultet Banjaluka

Rade Kurtović, Gradska uprava Banjaluka

Bojan Knežević, Mašinski fakultet Banjaluka

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

621(082)
531/534(082)
624.04(082)
536.7(082)
620.9(082)
621.3(082)
658.58(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција о достигнућима
електротехнике, машинства и информатике (9 ; 2009
; Бања Лука)

Zbornik radova = Proceedings / 9. međunarodna
konferencija o dostignućima elektrotehnike,
mašinstva i informatike DEMI 2009 = 9th
International Conference on Accomplishments in
Electrical, Mechanical and Informatic Engineering
DEMI 2009, Banja Luka, 28-29. maj 2009 ;
[organizator] Mašinski fakultet ; [glavni urednik
Zivko Babić]. - Banja Luka : Mašinski fakultet,
2009 (Banja Luka : Grafopapir). - 864 str. :
ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 180. -
Napomene i bibliografske reference uz tekst. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-99938-39-23-1

COBISS.BH-ID 1053976

SADRŽAJ

	UVODNI REFERATI	1
1.	Dušan Gruden: RAZVOJ AUTOMOBILA PRAĆEN PREDSKAZANJIMA O EKOLOŠKIM KATASTROFAMA	3
2.	Hubert Kosler: VISOKO PRODUKTIVNA ROBOTSKA ČELIJA ZA ZAVARIVANJE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI	19
	A. MEHANIKA I KONSTRUKCIJE	25
3.	Milenko Stegić, Ozren Husnjak: VIBRACIJE ČELIČNO-STAKLENE FASADE ZGRADE	27
4.	Drago Blagojević, Mladen Todić, Milosav Đurđević: ALTERNATIVNA UPOTREBLJIVOST ČELIKA I DIZAJN KRITIČNIH LOKACIJA POGONSKIH VRATILA ELEKTROLOKOMOTIVA	33
5.	Nenad Zrnić, Srđan Bošnjak, Vlada Gašić: PARAMETER SENSITIVITY ANALYSIS AS THE WAY OF QUALITATIVE ESTIMATION OF HIGH-PERFORMANCE CRANES	39
6.	V. Savić, V. Karanović, M. Jocanović, A. Ivanišević, S. Mitrović: TEHNO-EKONOMSKI PARAMETRI OPTIMIZACIJE KONSTRUKCIJE »ANTI-FROST« SISTEMA ZA ZAŠTITU VOĆAKA OD MRAZA	45
7.	Valentina Golubović-Bugarski, Drago Blagojević, Đorđe Čiča: IDENTIFIKACIJA STRUKTURNIH OŠTEĆENJA IZ MODALNIH PODATAKA	51
8.	Đorđe Čiča, Milan Zeljković, Valentina Golubović-Bugarski, Gordana Lakić- Globočki: MJERENJE UGAONIH STEPENI SLOBODE METODOM KONAČNIH RAZLIKA	57
9.	Strain Posavljak: MODALNA ANALIZA U SLUŽBI ISTRAŽIVANJA UZROKA LOMOVA LOPATICA TURBOMLAZNIH MOTORA	63
10.	Ibrahim Badžak, Mersida Manjgo, Remzo Dedić: DOPRINOS SINTEZI MEHANIZAMA ZA OBAVLJANJE OPERACIJA KOD AGREGATNIH LINIJA	69
11.	Erdelyi Hunor, Talaba Doru, Antonya Csaba: VIRTUAL HALF CAR MODEL FOR HYDRAULIC POWER STEERING SYSTEM EVALUATION	73
12.	Vlada Gašić, Nenad Zrnić: COMPARATIVE OVERVIEW OF STRESS FIELD OF HEA SECTION RUNWAY BEAMS ACCORDING TO BOTTOM FLANGE BENDING	79

13.	Pejašinović Živko: ANALIZA SVOJSTAVA PRSTENASTIH OBLIKA ELASTIČNIH ELEMENATA MJERNIH PRETVARAČA SILE	85
14.	Darko Skupnjak: SENZORSKA IN-LINE KONTROLA ELEMENATA KLIZNIH LEŽAJA	93
15.	Nedeljko Vukojević, Fuad Hadžikadunić, Elvir Halilčević: ANALIZA DEFORMACIJA KONSTRUKCIJE KRANSKE STAZE DVOGREDNE MOSNE DIZALICE	99
16.	Predrag Živković, Slobodan Makragić: GUBICI ENREGIJE U KOMPONENTAMA ZUPČASTIH PLANETARNIH PRENOSNIKA SANGE	105
17.	Murčo Obučina, Ejub Džaferović: UTICAJ GRADIJENTA VLAGE NA PUZANJE DRVENIH LAMELIRANIH ELEMENATA	111
18.	Elizabeta Hristovska: TOTAL STRESS STATE AND STATIC STRENGTH OF THE CLAMPINGS AND CARRYING STRUCTURE OF THE WORKING DEVICE AT THE ROTATING EXCAVATOR	117
19.	Snežana Vrekić: 3D MODEL - ZNAČAJAN DEO INŽENJERSKOG PROJEKTOVANJA I PRORAČUNA	121
20.	Jovan Vladić, Dragan Živanić, Radomir Đokić: SAVREMENI POSTUPCI ANALIZE NOSEĆIH KONSTRUKCIJA MONTAŽNIH OBJEKATA	127
21.	Radomir Đokić, Jovan Vladić, Anto Gajić: PROJEKTOVANJE SISTEMA I KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA MONTAŽNO-DEMONTAŽNIH HALA	135
22.	Saša Jovanović, Zorica Đorđević, <u>Slobodan Savić</u> : <u>UTICAJ NAPONA NA ZAMORNI VEK TANJIRASTIH OPRUGA</u>	143
	B. PROIZVODNE TEHNOLOGIJE I INŽENJERSTVO	149
23.	Milentije Stefanović, Zvonko Gulišija, Vesna Mandić: SAVREMENI POSTUPCI TOPLOG KOVANJA ORTOPEDSKIH IMPLANTANATA	151
24.	Dragan Adamović, Milentije Stefanović, Srbislav Aleksandrović: MODELIRANJE TRIBOLOSKIH PROCESA PRI OBRADI DUBOKIM IZVLAČENJEM SA STANJENJEM DEBLJINE ZIDA	157
25.	Velibor Marinković: ANALYSIS OF THE INFLUENTIAL FACTORS ON THE FLOW STRESS IN THE WARM FORMING PROCESSES BY APPLYING LATIN SQUARE DESIGN	163
26.	Nusev Stojanče, Andreevski Igor: KONSTRUKCIJA ALATA ZA UBRIZGAVANJE TANKOZIDNIH POLIMERNIH PROIZVODA PRIMENOM SUVREMENIH KOMPJUTERSKIH METODA	169

27.	Radomir Radiša, Srećko Manasijević, Srđan Marković: OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJA LIVENJA METALA PRIMENOM SOFTVERSKIH ALATA	175
28.	Živko Babić, Srbislav Aleksandrović, Milan Šljivić: UTICAJ POLOŽAJA LINIJE ZAVARIVANJA KOD DUBOKOG IZVLAČENJA TAILORED BLANKS	181
29.	Mladen Todić, Ostoja Miletić, Dušan Marić: TVRDOĆA U FUNKCIJI NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA DVOSLOJNOG KOMPOZITA	189
30.	Dušan Marić, Mladen Todić, Ostoja Miletić: UTICAJ ZAZORA PRI RAZDVAJANJU ZATVORENIH KONTURA	195
31.	S.Petronić, B. Grujić, R. Radovanović: PRIMENA LASERSKIH TEHNIKA NA AUSTENITNE MATERIJALE	201
32.	Marija Mihailović, Zvonko Gulišija, Aleksandra Patarić: SAVREMENI POSTUPCI NANOŠENJA HIDROKSIAPATITNIH PREVLAKA RADI DOBIJANJA BOKOMPATIBILNIH ORTOPEDSKIH IMPLANTATA	207
33.	Samir Butković, Emir Šarić, Muhamed Mehmedović: UTICAJ ATMOSFERE NITROGENA NA SVOJSTVA SINTEROVANIH DIJELOVA IZRAĐENIH OD NEHRĐAJUĆEG ČELIKA HK30	213
34.	Radinko Gligorijević, Jeremija Jevtic, Djuro Borak: MATERIALS SELECTION -ENGINEERING AND MAINTENANCE	219
35.	Velimir Todić, Dejan Lukić, Mijodrag Milošević: ANALIZA TEHNOLOŠKIH PROCESA PROIZVODNJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA	227
36.	Kakaš Damir, Škorić Branko, Vilotić Marko, Terek Pal, Miletić Aleksandar, Kovačević Lazar: MEASURING NANO-TRIBOLOGICAL PROCESSES AT TIN HARD COATING	235
37.	Dejan Lukić, Mijodrag Milošević, Velimir Todić: AUTOMATIZACIJA IZBORA TEHNOLOŠKIH RESURSA	241
38.	Vladimir Kvirgić, Zoran Dimić, Sanja Trgovčević: RAZVOJ 5-OSONOG VERTIKALNOG STRUGARSKOG OBRADNOG CENTRA	249
39.	B. Sredanović, G. Lakić-Globočki, S. Borojević: PROJEKTOVANJE I PRORAČUN OBIMNOG GLODALA PRIMJENOM SAVREMENIH PROGRAMSKIH SISTEMA	255
40.	Đorđe Vukelić, Janko Hodolić, Peter Krizan: HANDLING OF FIXTURES AND FIXTURE ELEMENTS IN FLEXIBLE TECHNOLOGICAL STRUCTURES	261
41.	Branko Pejović, Bogdan Ćirković, Pantelija Dakić: PRIMENA METODE DEFORMACIJSKOG RADA KOD PROJEKTOVANJA NOSAČA ALATA PRI UNUTRAŠNEM STRUGANJU DUGAČKIH OBRADAKA	267

42.	Milutinović Dragan, Glavonjić Miloš, Živanović Saša, Slavković Nikola: REKONFIGURABILNI OBRADNI SISTEM NA BAZI PETOOSNOG ROBOTA	273
43.	Mirslav Rogić, Branislav Ristić, Predrag Borković, Radomir Subotić: SINTEZA SLOŽENIH TRAJEKTORIJA KRETANJA ROBOTA KOD ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA	281
44.	Mihajlo J. Stojčić: UPRAVLJANJE KUĆNIM SOLARNIM SISTEMOM GRIJANJA	287
45.	Corina Daniela Cunțan, Ioan Baci, Corina Maria Diniș: COMPARATIVE STUDY OF THE RESULTS OBTAINED WITH THE LABVIEW AND SIMULINK PROGRAMS REGARDING THE INFLUENCE OF LC-type PASSIVE FILTERS UPON THE ELECTRIC POWER SUPPLY GRID	293
46.	Ivan Mickoski, Dame Korunoski, Hristijan Mickoski: SIMULATION OF SCARA MANIPULATOR MOVEMENT, POSITION AND ORIENTATION ERROR WITH JACOBIAN INVERSE KINEMATIC ALGORITHMS	299
47.	Zoran Stupar, Zlatko Bundalo, Miroslav Kostadinović: AUTOMATIZACIJA PROCESA OBRADE KAMENA KORIŠĆENJEM PROGRAMABILNOG LOGIČKOG KONTROLERA	305
48.	Tihomir Latinović, Milan Latinović, Marius Calin Benea: ANALIZA GREŠAKA INDUSTRIJSKIH SISTEMA KORIŠTENJEM FMEA ANALIZE I FAZI LOGIKE	311
49.	Platon Sovilj, Zoran Mitrović: KONDICIONIRANJE SIGNALA U MIKROPROCESORSKIM MERNIM SYSTEMIMA	319
50.	Pavle Stepanić, Aleksa Krošnjar: DETEKCIJA OŠTEĆENJA KOTRLJAJUĆIH LEŽAJEVA PRIMENOM ID3 STABLA ODLUČIVANJA	323
51.	Stevo Borojević, Vid Jovišević, Milan Cvijić: HARMONIZACIJA LIFTOVA SA ZAHTJEVIMA EVROPSKIH DIREKTIVA I STANDARDA	329
52.	Milentije Stefanović, Mica Đorović-Stanojević, Srbislav Aleksandrović: EKOLOŠKI ASPEKTI RAZVOJA TEHNOLOGIJA PLASTIČNOG OBLIKOVANJA METALA	335
53.	Goran Janjić, Zorana Tanasić, Miroslav Bobrek: AUTOMATIZACIJA SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM ISPORUČIOCA	339
54.	A. Ž. Pavićević, D. Hamzić, J. Mićunović: INTERNA KOMUNIKACIJA KAO ALAT ZA STVARANJE ORGANIZACIJE VOĐENE STRATEGIJOM	347
55.	A. Ž. Pavićević, D. Hamzić, V. Cvijanović: MENADŽMENT ZNANJA KAO SPOSOBNOST ORGANIZACIJE ZA IZVOĐENJE KONKURENTSKE PREDNOSTI I STRATEGIJE	353
56.	Biljana Vranješ, Mladen Todić: METODE PROCJENE RIZIKA NA RADNOM MJESTU	359

57.	Зоран Јањуш, Предраг Илић: ПРИМЈЕР ПРОЦЈЕНЕ КОЛИЧИНЕ ПОЛИМЕРНОГ ОТПАДА	365
58.	Миле Милекић, Перица Гојковић: ПРИНЦИПИ СОЦИО-ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА	371
59.	Nedeljko Sredić, Ilija Ćosić: FAKTOR VRIJEDNOSTI RECIKLAŽE – KRITERIJUM ZA IZBOR STRATEGIJE KRAJA ŽIVOTNOG VIJEKA PROIZVODA	377
60.	Bogdan Marić, Ranko Božičković: UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESOM U REMONTNO- PROIZVODNIM SISTEMIMA	383
61.	Tabaković S., Zeljković M. UNAPREĐENJE KARAKTERISTIKA KARDANSKIH VRATILA MODIFIKOVANJEM ELEMENATA UNIVERZALNIH ZGLOBOVA	389
62.	Maria Laura Benea, Ștefan Maksay: CORROSION RESISTANCE OF THE WC COATINGS DEPOSITED BY PLASMA SPRAYING	395
63.	Zorana Tanasić, Goran Janjić, Miroslav Bobrek: ULOGA LJUDSKIH RESURSA U SAVREMENOJ ORGANIZACIJI	401
	C. TERMOTEHNIKA I ENERGETIKA	407
64.	Milan Radovanović, Maja Đurović-Petrović: DOBIJANJE GASA PIROLIZOM VAKUUM OSTATKA PRERADE NAFTE	409
65.	Igor Andreevski: EFEKTI PRIMENE BIOGORIVA KAO SUPSTITUT NAFTENIH DERIVATA U SISTEMIMA ZA CENTRALNO GREJANJE	415
66.	Novica Čolović, Vladimir Pajković: PERSPEKTIVE PRIMJENE BIODIZELA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU	421
67.	Sorin Ioan Deaconu, Adrian Păran, Marcel Topor: MONITORING AND CONTROL OF A LOW-POWER HYDROELECTRIC POWER PLANT USING SPECIALIZED SOFTWARES	427
68.	Darko Knežević, Sreten Ivić: OPTIMIZACIJA GEOMETRIJE CROSS-FLOW HIDRAULIČNE TURBINE	433
69.	Sreten Ivić, Darko Knežević: UPRAVLJANJE I REGULACIJA CROSS-FLOW HIDRAULIČNE TURBINE	439
70.	Gordana Tica, P.Gvero, V. Đuričković: BIOGAS . ENERGETSKI RESURS BUDUĆNOSTI U BIH	445

71.	Rainer Witzig: INTERACTIONS OF MEASURES FOR REDUCING ENERGY DEMAND IN TRANSPORTATION	453
72.	Stefan Janković, Miroljub Jovanović, Olivera Stojanović: PRIMENA VAZDUHOPLOVNIH GASOTURBINSKIH MOTORA SA ISTEKLIM LETNIM ROKOM RADA U DOMAĆOJ PRIVREDI	459
73.	Ђорђе Козић, Јуриј Кропе, Дарко Горичанец: МОГУЋНОСТИ ХЛАЂЕЊА ПРИМЕНОМ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ	467
74.	Kire Popovski, Vladimir Mijakovski: FAKTOR PRENOSA TOPLOTE JA I KOEFICIJENT TRENJA FA KOD RAZMENIVAČA TOPLOTE	475
75.	Dalibor Jajčević, Raimund Almbauer, Stephan Schmidt: CFD SIMULACIJA DVOTAKTNOG MOTORA I SMANJENJE VREMENA RAČUNANJA KORISTEĆI MULTI-DIMENZIONALNU METODU POVEZIVANJA	481
76.	Milica Grahovac, Ana Žbogar-Rašić, Sreten Lekić, Petar Gvero: EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE UTICAJA GEOMETRIJE REZONATORA I NESTABILNOSTI LAMINARNOG PREDMIJEŠANOG PLAMENA NA TERMOAKUSTIČNE EMISIJE	487
77.	Vinko Babić: PRILOG KOMPLEKSNOM IZUČAVANJU SAGORIJEVANJA LIGNITA STANARI	493
78.	Fajik Begić, Fahrudin Kulić, Nijaz Delalić: PRIMJENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA KOD REVITALIZACIJA/REKONSTRUKCIJA PROIZVODNIH OBJEKATA ELEKTRIČNE ENERGIJE - OSNOV ODRŽIVOG RAZVOJA	499
79.	Fajik Begić, Ejub Džaferović, Ahmet Begić: PRIMJENA MULTIKRITERIJALNE PROCJENE ODRŽIVOSTI ENERGETSKIH POSTROJENJA NA REALNOM ELEKTRO ENERGETSKOM SISTEMU	507
80.	Ljiljana Samardžić, Momir Samardžić: MODELOVANJE I UPRAVLJANJE NIVOOM VODE U BUBNJU KOTLOVSKOG POSTROJENJA	515
81.	Milica Grahovac: EVALUATION OF BUILDINGS' ENERGY CONCEPTS TO COMPLEMENT A HOLISTIC PLANNING TOOL FOR ARCHITECTS	521
82.	Aleksandar Čočić, Mirko Dobrnjac, Milan Lečić: PRIMENA SLOBODNOG SOFTVERA ZA PRORAČUN VODOVODNIH MREŽA	527
	D. SAOBRAĆAJNA SREDSTVA I TRANSPORT	533
83.	Stojan Petrović, Miroljub Tomić, Dragan Knežević: ZAHTEVI U POGLEDU KONTROLE RADA SISTEMA ZA SMANJENE TOKSIČNE EMISIJE MOTORA TEŠKIH VOZILA	535

84.	Miroljub Tomić, Slobodan Popović, Nenad Miljić, Stojan Petrović, Vlada Stajić: PRIMENA TURBOPUNJENJA NA MOTORU DMB 1.4 MPI	541
85.	Dragoljub Radonjić, Milan Milovanović: ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA SISTEMA ZA UBRIZGAVANJE KOMPRIMOVANOG PRIRODNOG GASA MOTORA ZA PUTNIČKA VOZILA	547
86.	Radivoje Pešić, Snežana Petković, Emil Hnatko, Stevan Veinović: DRUMSKI SAOBRAČAJ I EKOLOŠKE INVERZIJE U OBLASTI MOTORNIH VOZILA I MOTORA	553
87.	Dragoljub Radonjić, Aleksandra Janković: ANALIZA UTICAJA KARAKTERISTIKA MOTORA SUS NA BEZBEDNOST SAOBRAČAJA U REŽIMIMA PRETICANJA VOZILA	559
88.	Aleksandar Milašinović, Ivan Filipović, Aleš Hribernik: DIJAGNOSTIKA RADA DIZEL MOTORA NA OSNOVU HARMONIJSKE ANALIZE UGAONE BRZINE KOLJENASTOG VRATILA	565
89.	Zlatimir Živanović: PRIMENA ALTERNATIVNIH TEHNOLOGIJA ZA POGON GRADSKIH AUTOBUSA	573
90.	Aleksandar Mićović, Dušan Ovuka, Dragoljub Đurica: ELEKTRO-ENERGETSKI SISTEMI (EES) – POKRETAČKA SNAGA VOZILA BUDUĆNOSTI	579
91.	Rajko Radonjić: UTICAJ POLOŽAJA TOČKA NA POKAZATELJE KOČENJA VOZILA	585
92.	Pikula Boran, Bibić Dževad, Filipović Ivan: KORIŠTENJE SAVREMENIH METODA ZA ISPITIVANJE DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA VOZILA	591
93.	Milan Milovanović, Branislav Nedeljković, Milentije Stefanović: PRILAGOĐAVANJE NOSEĆE KONSTRUKCIJE ZAHTEVIMA	597
94.	Nestorović D., Stojilković D.: ETIL ALKOHOL KAO DODATAK MOTORNIM BENZINIMA	603
95.	Nestorović D., Vitošević N.: POGORŠANJE SASTAVA IZDUVNIH GASOVA U EKSPLOATACIJI	609
96.	Almir Blažević, Dževad Bibić, Ivan Filipović: SMANJENJE EMISIJE NOX U DUHU EURO NORMI	613
97.	Silviu Butnariu, Csaba Antonya, Hunor Erdelyi: CONCERNING TRANSMISSION ERRORS IN SYNCHRONOUS BELT DRIVES	619
98.	Dragan Knežević, Miroljub Tomić, Stojan Petrović, Željko Bulatović, Vlada Stajić, Petar Kolendić: UTICAJ RECIRKULACIJE IZDUVNIH GASOVA NA KVALITET IZDUVNE EMISIJE DIZEL MOTORA	625
99.	Mirsad Trobradović, Ivan Filipović, Boran Pikula: ODREĐIVANJE POTROŠNJE GORIVA U REALNIM USLOVIMA KRETANJA MOTORNOG VOZILA KORIŠTENJEM SAVREMENIH SIMULACIONIH METODA	631

100.	Stojan Petrović, Velimir Petrović, Vladan Popović: SVETSKA HARMONIZACIJA KONTROLE IZDUVNE EMISIJE VOZILA	637
101.	Velimir Petrović, Radinko Gligorijević, Slobodan Janković: PMP – ECE/UN PROGRAM RAZVOJA METODOLOGIJE MERENJA EMISIJE FINIH ČESTICA DIZEL MOTORA	643
102.	Nenad Miloradović, Rodoljub Vujanac, Radovan Slavković: MODELLING OF OVERHEAD CRANE IN FUNCTION OF CROSS SECTION PARAMETERS OF MAIN GIRDERS	649
103.	Nenad Miloradović, Rodoljub Vujanac, Radovan Slavković: SELECTION OF DESIGN PARAMETERS OF BELT CONVEYORS	653
104.	Saša Milojević, Radivoje Pešić, Nenad Ilić: PRVI SRPSKI NISKOPODNI GRADSKI AUTOBUS SA POGONOM NA KOMPRIMOVANI PRIRODNI GAS	657
105.	Raičević Mile, Demić Miroslav, Milić Živorad: UTICAJ VRSTE KOČNICA NA ZADNJOJ OSOVINI NA KOČNE PARAMETRE VOZILA OPREMLJENOG ABS-OM	663
106.	Boban D. Nikolić, Aleksandar Stefanović, Nenad Mihajlović: ANALIZA STANJA VOZILA U GRADSKOM I PRIGRADSKOM SAOBRAĆAJU I METODOLOGIJA ANALIZE	669
107.	Ivan Krstić, Božidar Krstić, Vojislav Krstić: MOGUĆNOST UPRAVLJANJA BENZINSKIM PARAMA KOD MOTORNH VOZILA	675
108.	Vojislav Krstić, Božidar Krstić, Ivan Krstić: MOGUĆI ASPEKTI UNAPREĐENJA TRANSPORTA OPASNIH MATERIJA MOTORNIM VOZILIMA	681
109.	Božidar Krstić, Vojislav Krstić, Ivan Krstić: MOGUĆNOST POBOLJŠANJA EKONOMIČNOSTI MOTORNH VOZILA	687
110.	Omer Kovač, Jadranka Vujica, Alija Trumić: EKSPLOATACIONO ISPITIVANJE MOTORNOG ULJA MAXIMA TURBO SAE 15W-40 U RUDNIKU „ĐURĐEVIK“	693
111.	Vaska Atanasova, Ile Cvetanovski: NOVE TEHNOLOGIJE I METODE PLANIRANJA KAO IZAZOV 21VEKA U PROJEKT SESAR	699
112.	Dragan Taranović, Radivoje Pešić: UTICAJ PRIMENE BIOGORIVA NA ALGORITME UPRAVLJANJA MOTORIMA SUS	703
113.	Florin Barbuceanu, Csaba Antonya, Silviu Butnariu: GAZE ORIENTATION DURING OBSTACLE DETECTION IN VIRTUAL ENVIRONMENT	707
114.	Radinko Gligorijević, Jeremija Jevtic, Djuro Borak: SOME ASPECTS OF ALTERNATIVE FUELS APPLICATIONS	713
115.	Milan Đorđević, Dušan Nestorović, Maja Đorđević: PROIZVODNJA BIODIZELA U LABORATORIJSKIM USLOVIMA IZ KORIŠĆENOG BILJNOG ULJA	719

116.	Slavko Muždeka, Milan Krsmanović, Aleksandar Grkić: SIMULACIONI MODEL POGONSKE GRUPE BRZOHODNOG GUSENIČNOG VOZILA SA MEHANIČKOM TRANSMISIJOM	725
117.	Teodor Vasiu, Diana Stoica: ELEKTRICNA PROVERA KABLOVSKIH TERMINALA SAOBRAČAJNIH VOZILA	731
118.	Ile Cvetanovski, Vaska Atanasova: HUCKEPAK TRANSPORT – POKRETNA AUTOSTRADA	737
119.	Драгослава Д. Стојиљковић, Владимир В. Јовановић, Небојша Г. Манић, Павле А. Хаџић: МОГУЋНОСТИ ПРОИЗВОДЊЕ БИОДИЗЕЛА ОД ОТПАДНОГ БИЉНОГ УЉА	743
120.	Aleksandar Grkić, Slavko Muždeka, Momčilo Đorđević: RAČUNARSKI MODEL ZA SIMULACIJU PROMENE STEPENA PRENOSA U PLANETARNIM MENJAČKIM PRENOSNICIMA	749
121.	Rajko Radonjić: KARAKTERISTIKE KOČENJA VOZILA U FUNKCIJI BEZBEDNOSTI SAOBRAČAJA	755
	E. ODRŽAVANJE TEHNIČKIH SISTEMA	761
122.	Vladimir Vukićević, Radomir Albijanić, Dragomir Ilić: SAVREMENI PRISTUP U ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA	763
123.	Dragan Ljamić, Branko Pejović: FLEKSIBILNI PRISTUP ODRŽAVANJA MONITORINGOM I DIJAGNOSTICIRANJEM SKLOPOVA	769
124.	Mitar Jocanović, Velibor Karanović: OSETLJIVOST HIDRAULIČNIH KOMPONENATA NA KONTAMINANTE	775
125.	Zdravko N. Milovanović: UTICAJ OGRANIČENOSTI INFORMACIJA KOD PROCJENE PREOSTALOG RADNOG VIJEKA KOD SLOŽENIH TERMOENERGETSKIH OBJEKATA	781
126.	Vaso Gluhajic, Mirko Peško, Živorad Nikolić, Danilo Obradovic, Petar Marjanovic: NOVI PRISTUP IZGRADNJI EKOLOŠKOG FILTERA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA	787
127.	Ivo Dukovski, Ljupče Dimitrieski: INFORMACISKA PODDRŠKA PRI ODREĐIVANJU POLITIKE I STRATEGIJE ODRŽAVANJA MOTORNIM VOZILA	795
128.	Sreten Perić: SAVREMENE METODE ANALIZE ULJA U MOTORNIM VOZILIMA	799
129.	Stevan Jovičić, Aleksandar Mićović: PRIMENA SREDSTAVA ZA ZAŠTITU OD KOROZIJE – PUT KA EKONOMIČNIJEM ODRŽAVANJU	807

130. Cvete Dimitrieska, Igor Andreevski , Georgi Trombev:
UTVRĐIVANJE STANJA I MERENJA PARAMETARA GASA CO₂ NA
IZVORIMA I TRASAMA FABRIKE ZA MINERALNU VODU I CO₂
LOZAR - PELISTERKA 813
131. Drago Soldat:
ODRŽAVANJE OPREME I NJENO IZDVAJANJE IZ PROCESA
PROIZVODNJE 821
132. Eldar Pirić, Ferid Osmanović:
ANALIZA UTICAJA EKSPLOATACIONIH PARAMETARA NA RAD
TRAKASTIH TRANSPORTERA U POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI
METODOM VIŠESTRUKNE LINEARNE REGRESIJE 827
133. Ferid Osmanović, Eldar Pirić:
DEFINIRANJE PARAMETARA POUZDANOSTI TRANSPORTNIH
SISTEMA PRIMJENOM WEIBULL-OVOG MODELA 833
134. Zdravko N. Milovanović:
METODE I KRITERIJUMI ZA PROCJENU PREOSTRALOG RADNOG
VIJEKA PARNOTURBINSKOG POSTROJENJA U TE UGLJEVIK 839
135. Stojan Simić, Mitar Jekić:
AKTIVNOSTI KOJE UTIČU NA KVALITET SAVREMENOG SISTEMA
PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA 845
136. Bojan Trbojević, Nikola Trbojević, Slobodan Trbojević:
ANALIZA STUDIJA O TERMIČKIM UČINCIMA MOBILNIH TELEFONA
NA LJUDSKO ZDRAVLJE 851
137. Fajik Begić, Savo Terzić, Fahrudin Kulić:
ADAPTACIJA BLOKA 32 MW_{el} u TE »KAKANJ« RADI ISTRAŽIVANJA
KOSAGORIJEVANJA DOMAĆIH UGLJEVA I BIOMASE I KONVERZIJE
POTPALNOG SISTEMA KOTLOVA SA TEČNOG GORIVA NA BIOMASU 857

PREDGOVOR

Konferencija DEMI je postala tradicija okupljanja naučnih i stručnih radnika iz oblasti elektrotehnike, mašinstva i informatike. U početku su konferencije održavane svake godine, da bismo posljednjih nekoliko zakazivali svake druge godine.

Prvo savjetovanje, DEMI'98 održano je 1998. godine, sa prijavljena 32 rada, uglavnom iz Republike Srpske.

Stalni porast zainteresovanosti naučnostručne javnosti za ovu konferenciju vidi se iz ovogodišnjeg broja prihvaćenih radova. Iako smo, nažalost, neke radove odbili, u zborniku radova ove devete po redu konferencije DEMI 2009 je 137 radova. Može se stvarno govoriti o međunarodnoj konferenciji, jer su radovi iz većeg broja zemalja: Austrija, BiH, Crna Gora, Hrvatska, Makedonija, Njemačka, Rumunija, Slovačka, Slovenija i Srbija.

Radovi su svrstani u pet glavnih tematskih oblasti:

- Mehanika i konstrukcije
- Proizvodne tehnologije i inženjerstvo
- Termotehnika i energetika
- Saobraćajna sredstva i transport
- Odžavanje tehničkih sistema

Iako su poslednje dvije decenije u svijetu karakterisane sa vrlo intenzivnim razvojem u oblasti elektro i mašinske industrije, na prostorima Zapadnog Balkana razvoj mašinstva i elektrotehnike je usporen i zaustavljen, što naravno bitno utiče na nivo i intenzitet razvoja drugih privrednih grana.

Ovakve konferencije, pa i konferencija DEMI, svojim održavanjem doprinosi očuvanju vitalnosti naučnoistraživačkog kadra, kao i razvoju mladih naučnostručnih radnika na fakultetima, institutima i u industriji. Stalni porast učesnika konferencije govori o potrebi i opravdanosti njenog redovnog održavanja i daje optimizam da će doprinosti razmjeni znanja, istraživačkih rezultata i iskustava stručnjaka, kako sa fakulteta tako i iz industrije.

U ime Organizacionog odbora konferencije DEMI 2009 zahvaljujem se svim autorima, članovima recenzentnog tima, institucijama i pojedincima koji su doprinijeli organizovanju konferencije.

Banjaluka, maj 2009. godine

Predsjednik Organizacionog odbora
DEMI 2009

Dr Živko Babić



UTICAJ NAPONA NA ZAMORNI VEK TANJIRASTIH OPRUGA

Saša Jovanović¹, Zorica Đorđević², Slobodan Savić³

Rezime: Tanjiraste opruge, još poznate i kao Belleville opruge, sastoje se od konično ugnutih kružnih diskova. U radu je predstavljena analiza uticaja napona na zamorni vek ovih opruga. Razmatrana su naponska stanja u karakterističnim tačkama poprečnog preseka opruge. Raspodela napona je detaljno analizirana jer se razlikuje od bilo koje druge za uobičajene mašinske elemente. Naponi kod ove vrste opruga nisu direktno proporcionalni ugibu i ova činjenica ima znatnog uticaja na njihov vek trajanja. Sa druge strane i lokalno tečenje materijala ima određeni uticaj na naponsko stanje. Završni lom kod ovih opruga najčešće nastaje na donjoj unutrašnjoj ivici i to kao posledica zateznog napona.

Ključne reči: Tanjirasta opruga, naponsko stanje, zamorni lom

THE INFLUENCE OF STRESS ON FATIGUE LIFE OF THE CONICAL SPRINGS

Abstract: Conical springs, known also as Belleville springs, consist of conically deflected circle discs.

In this paper, the analysis of the stress influence on fatigue life of these springs is presented. The stress states are examined at characteristic points of the spring cross section. The stress distribution is analyzed thoroughly because it is different from any other distribution within usually used machine elements. The stresses for these sorts of springs are not directly proportional to the spring deflection and this fact has a significant influence on the spring service life.

On the other hand, the local material flow has a specific influence on the stress state. A final crack of these springs often appears at the lower inside edge and it is a consequence of the tensile stress.

Keywords: conical spring, stress state, fatigue crack

1. UVOD

Tanjiraste opruge, još poznate i kao Belleville opruge, sastoje se od kružnih diskova, konično ugnutih, kako je prikazano poprečnim presekom na slici 1. Kada se opruga optereti, kako je naznačeno, disk teži da se ispravi a nastala elastična deformacija predstavlja suštinu njenog funkcionalnog dejstva.

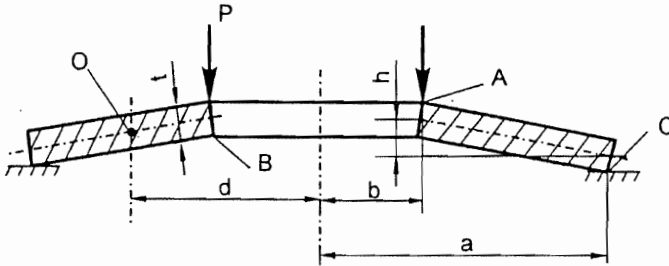
Karakteristika opterećenje-ugib tanjirastih opruga zavisi od promene odnosa

¹ Mr Saša Jovanović, asistent, Kragujevac, Mašinski fakultet u Kragujevcu (dviks@kg.ac.rs)

² Dr Zorica Đorđević, docent, Kragujevac, Mašinski fakultet u Kragujevcu (zoricadj@kg.ac.rs)

³ Dr Slobodan Savić, docent, Kragujevac, Mašinski fakultet u Kragujevcu (ssavic@kg.ac.rs)

početne visine konusa h i debljine t.



Sl.1 Tanjirasta ili Belleville opruga - poprečni presek

2. UTICAJ NAPONA NA ZAMORNI VEK

Kada postoji zamorno opterećenje, sledeće razmatranje će pokazati kako se zamorni lom može predvideti na osnovu jednačina elastičnog koničnog diska (metoda A). Za napone na unutrašnjim ivicama opruge pišemo:

- napon na gornjoj unutrašnjoj ivici A,

$$\sigma_A = -\frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot \left[C_2 \cdot \left(\frac{h}{t} \cdot \frac{\delta}{t} - \frac{\delta^2}{2t^2} \right) + C_3 \cdot \frac{\delta}{t} \right] \quad (1)$$

- napon na donjoj unutrašnjoj ivici B,

$$\sigma_B = \frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot \left[-C_2 \cdot \left(\frac{h}{t} \cdot \frac{\delta}{t} - \frac{\delta^2}{2t^2} \right) + C_3 \cdot \frac{\delta}{t} \right] \quad (2)$$

gde C' zavisi od odnosa a/b, δ je odgovarajući ugib a faktori C₂ i C₃ su dati izrazima:

$$C_2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\ln \alpha} - 1 \right) \cdot \frac{6}{\pi \cdot \ln \alpha} \quad C_3 = \frac{3 \cdot (\alpha - 1)}{\pi \cdot \ln \alpha} \quad (3)$$

a gde je α=a/b.

Ako uvedemo veličine:

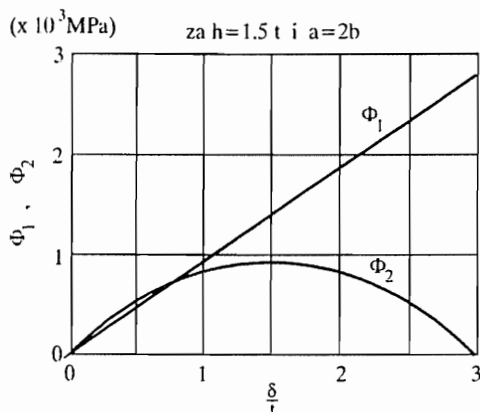
$$\Phi_1 = C_3 \cdot \frac{\delta}{t} \quad i \quad \Phi_2 = C_2 \cdot \left(\frac{h}{t} \cdot \frac{\delta}{t} - \frac{\delta^2}{2t^2} \right) \quad (4)$$

jednačine (1) i (2) dobijaju oblik:

$$\sigma_A = -\frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot (\Phi_1 + \Phi_2) \quad (5)$$

$$\sigma_B = \frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot (\Phi_1 - \Phi_2) \quad (6)$$

Ako npr. uzmemo vrednosti $h/t=1.5$ i $a/b=2$, dobićemo zavisnost faktora Φ_1 i Φ_2 od veličine δ/t , što je prikazano na slici 2.



Sl.2 Faktori Φ_1 i Φ_2 u funkciji od odnosa δ/t

Faktor Φ_1 predstavlja komponentu napona koja nastaje savijanjem opruge u tangencijalnom pravcu. Ovaj napon je proporcionalan ugibu i nezavisan je od visine konusa. Manifestuje se kao pritisni napon na gornjoj i zatežući na donjoj ivici. Ukoliko bi to bio jedini aktivni napon, tanjirasta opruga bi imala linearnu karakteristiku opterećenje-ugib, kao i većina drugih opruga.

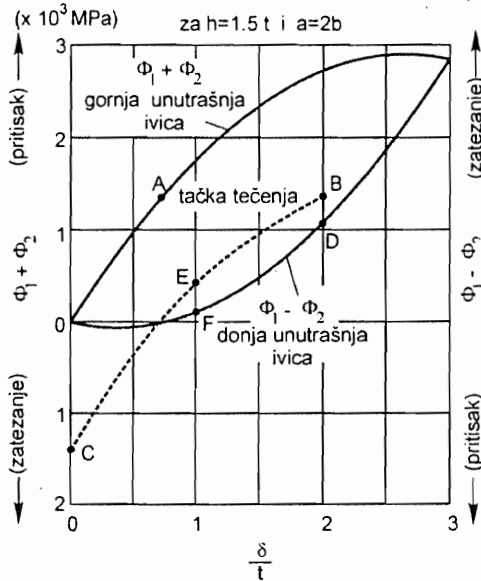
Druga komponenta napona Φ_2 nastaje smanjenjem tangencijalnih dimenzija kada se pritisne unutrašnja ivica pri prolasku kroz položaj u kome je opruga ravna. On dostiže maksimum u tom poravnatom položaju ($\delta=h$) a zatim opet opada do nule kada ugib dostigne vrednost dvostruke visine konusa. Napon je pritiskujućeg karaktera za obe unutrašnje ivice. Na njegovu vrednost u velikoj meri utiče visina konusa neopterećene opruge. Ova druga komponenta je deo raspodele napona koji izaziva karakteristično opružno dejstvo tanjirastih opruga i omogućava različite zavisnosti opterećenje-ugib.

Pritisni napon σ_A na gornjoj unutrašnjoj ivici jednak je zbiru ove dve komponente i predstavljen je kao $\Phi_1 + \Phi_2$ na slici 3. Napon na donjoj unutrašnjoj ivici jednak je razlici ove dve komponente i predstavljen je kao $\Phi_1 - \Phi_2$ na istoj slici. On je pritisni za male a zatezni za velike ugibe.

Analiza dijagrama sa slike 3 pokazuje zašto su, kod mnogih opruga, dozvoljeni vrlo veliki teorijski pritisni naponi, izračunati prema metodi A.

Pretpostavimo da opruga ima takve dimenzije kojima odgovaraju dijagrami sa slike 3. Pri ugibu od $\delta/t=2$ teorijski napon na gornjoj unutrašnjoj ivici ima vrednost od 2760 MPa i pritiskujući je. Materijal ne može da prenese ovaj napon bez tečenja i stoga će se plastično deformisati, tako da stvarni napon dostiže vrednost napona na granici tečenja - oko 1380 MPa (tačka B). Ukoliko se opruga rastereti, napon će opasti za 2760 MPa duž isprekidane krive BC sve do nivoa od 1380 MPa, ali sada zateznog karaktera (tačka C). Ispitivanje na zamor sa ovom amplitudom će zato vrlo brzo dovesti do loma, nezavisno od bilo koje vrste završne obrade kao što su recimo deformaciono ojačanje ili bombardovanje čeličnom sačmom, a lom će biti zatezni lom u tački

najvećeg pritisknog napona.



Sl.3 Faktori $(\Phi_1 + \Phi_2)$ i $(\Phi_1 - \Phi_2)$

Posle nekoliko hiljada ciklusa do loma dolazi čak i sa nešto nižim nivoom napona (oko 2400 MPa).

Na donjoj unutrašnjoj ivici (vidi sliku 3) napon dostiže 1075 MPa zatezanja pri $\delta/t=2$ (tačka D). S obzirom da je taj nivo napona ispod tačke tečenja, nema pojave plastičnih deformacija, i ukoliko se opruga ispituje između $\delta/t=0$ i $\delta/t=2$, nivo napona na donjoj unutrašnjoj ivici je relativno nizak. Shodno tome, u ovom delu se ne očekuje zamorni lom u toku kratkog veka opruge koji se završava lomom negde na lokaciji koja pripada gornjoj unutrašnjoj ivici.

Rezultati će se znatno razlikovati ukoliko opruga radi između vrednosti $\delta/t=1$ i $\delta/t=2$. U tom slučaju će gornja ivica biti podvrgnuta nominalnom naponu od 2760 MPa koji zbog pojave tečenja materijala, kako je već rečeno, opada na dvostruko niži nivo od 1380 MPa.

Pri $\delta/t=1$, pritiskujući napon će iznositi oko 410 MPa (tačka E) i u ovoj oblasti se ne očekuje zamorni lom. Međutim, na donjoj unutrašnjoj ivici, napon će varirati od 1075 MPa pri zatezanju (tačka D) do 117 MPa takođe zateznog karaktera (tačka F), tako da ovde može doći do zamornog loma posle dovoljnog broja ciklusa (otprilike nešto manje od milion). U ovom slučaju plastično ojačanje površinskih slojeva i bombardovanje čeličnom sačmom donje ivice opruge bi doveli do značajnog produženja veka trajanja.

Na sličan način se mogu izraziti naponi na spoljašnjim ivicama:

- napon na donjoj spoljašnjoj ivici,

$$\sigma_c = \frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot (\Phi_3 + \Phi_4) \quad (7)$$

- napon na gornjoj spoljašnjoj ivici,

$$\sigma_D = -\frac{1}{1-\nu^2} \cdot \frac{E \cdot C' \cdot t^2}{a^2} \cdot (\Phi_3 - \Phi_4) \quad (8)$$

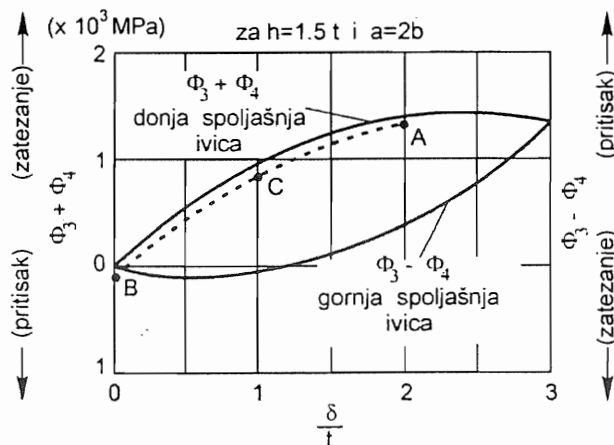
gde su

$$\Phi_3 = C_5 \cdot \frac{\delta}{t} \quad \text{i} \quad \Phi_4 = C_4 \cdot \left[\frac{h}{t} \cdot \frac{\delta}{t} - \frac{\delta^2}{2t^2} \right] \quad (9)$$

Faktori $\Phi_3 + \Phi_4$ i $\Phi_3 - \Phi_4$ su prikazani na slici 4 za isti primer opruge.

Za $\delta/t=2$, teorijski zatezni napon na donjoj spoljašnjoj ivici iznosi oko 1470 MPa tako da dolazi do malog premeštanja materijala ali ne i klasičnog tečenja, dok napon ne padne na 1380 MPa (tačka A, slika 4). Rad između $\delta/t=0$ i $\delta/t=2$ uzrokuje promenu napona po liniji AB što dovodi do zateznog zamornog loma u ovoj oblasti za manje od 100 000 ciklusa. Vruće deformaciono ojačanje površinskih slojeva i bombardovanje čeličnom sačmom dovodi do izvesnog povećanja zamornog veka.

Rad između $\delta/t=1$ i $\delta/t=2$ se odvija u opsegu napona između tačaka A i C (slika 4), odnosno između vrednosti 1380 MPa i 910 MPa. Ovakvo variranje napona će još uvek uzrokovati zamorni lom za manje od milion ciklusa pa bi i u ovom slučaju vruće deformaciono ojačanje i bombardovanje čeličnom sačmom trebalo da dovedu do znatnog povećanja zamornog veka.



Sl.4 Faktori $(\Phi_3 + \Phi_4)$ i $(\Phi_3 - \Phi_4)$

Pritisni naponi na gornjoj spoljašnjoj ivici (donja kriva na slici 4) su tako mali da ne bi trebalo da izazovu lom pod bilo kojim radnim uslovima.

3. ZAKLJUČAK

Raspodela napona je detaljno analizirana jer se razlikuje od bilo koje druge za uobičajene mašinske elemente iz dva razloga:

a) Naponi nisu direktno proporcionalni ugibu što navodi na zaključak da vek trajanja može biti sasvim zadovoljavajući pri ograničenom opsegu ugiba dok bi širi opseg

ugiba, koji se koristi za ubrzani test izdržljivosti, prekomerno smanjio nivo napona u nekim tačkama, što bi dovelo do sasvim drugačijeg tipa loma.

b) Visoke teorijske vrednosti napona izračunate prema odgovarajućim jednačinama (vidi MR) ne postoje stvarno, već su ograničene lokalnim tečenjem do kojeg dolazi pri deformisanju opruge. Prilikom ispitivanja ove vrste opruga na zamor, uočeno je da se prskotina javlja prvo na pritisnutoj strani (gornja unutrašnja ivica A, slika 1), ali ove prskotine ne dovode do loma, niti utiču na nosivost opruga. Završni lom opruge nastaje na mestima prskotina koje se javljaju na donjoj unutrašnjoj ivici B, što ukazuje da je zatezni napon σ_B u ovoj oblasti kritičan napon za ove opruge.

Tanjiraste (Belleville) opruge se uglavnom prave od ugljeničnih ili legiranih čelika. Za specijalne namene mogu se upotrebiti i nerđajući materijali, kao na primer mesing, bronza itd. Za posebne uslove opterećenja, koji podrazumevaju visoke napone i pojavu zamora, preporučuje se upotreba legiranog čelika i to dobijenog unakrsnim valjanjem umesto čelika dobijenog uobičajenim postupkom valjanja.

Postoje dva osnovna kvaliteta tanjirastih opruga i to trgovački i specijalni.

Opruge specijalne namene zahtevaju mnogo veću preciznost izrade a samim tim i mnogo skuplji postupak proizvodnje.

Proračunima je pokazano da se kod opruga trgovačkog kvaliteta ne može očekivati veća tačnost proračunatih napona od $\pm 20\%$ dok se kod opruga specijalnog kvaliteta tolerancija odstupanja istih može očekivati u granicama $\pm 8\%$.

Treća vrsta ovih opruga, u odnosu na kvalitet izrade, su kovane opruge koje se koriste u posebne svrhe kada se zahteva izuzetna otpornost na zamor. Takva osobina iziskuje povoljniju orijentaciju kristala u odnosu na pravac napona.

Opruge trgovačkog kvaliteta se koriste kao prigušivači zvuka, zatim kao opruge odbojnika železničkih vagona, kao kompenzatori udarnih opterećenja kod poljoprivrednih mašina i kao podmetači kod vijčanih veza radi povećanja elastičnosti.

Opruge specijalne namene se koriste kod: automatskih prenosnika, spojnice, jednosmernih rotora, mehanizama za kontrolu temperature itd.

Primena ovog kvaliteta opruga u vojnoj industriji je kod trzajnih mehanizama i minskih naprava.

LITERATURA

- [1] Jovanović, S., *Izučavanje elastičnih elemenata u uključno-isključnim mehanizmima frikcionih spojnice*, Magistarski rad, Kragujevac, 1998.
- [2] Jovanović, S., Nikolić-Stanojević, V., *Stress and strain analysis of simple plated (belleville) springs*, IRMES 2002, Jahorina, September 2002.
- [3] Almen J. O., Laszlo, A., *The Uniform Section Disk Spring*, Transactions of the ASME, Vol. 58, 1936.
- [4] Gross Siegfried, *Proračunavanje i oblikovanje opruga - prevod*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1951.
- [5] Schneider Kurt, *Untersuchung des Einflusses von Maßabweichungen auf die Federkraft von Tellerfedern nach DIN 2093, Draht, n.3. 1990.*

ISBN 978-99938-39-23-1



9 789993 839231