

UDK/УДК 621

ISSN 0354-6829

# IMK-14

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ

ČASOPIS INSTITUTA IMK "14.OKTOBAR" KRUŠEVAC



GODINA XVII  
BROJ 38 1/2011

IMK "14.OKTOBAR" KRUŠEVAC SRBIJA

UDK 621 ISSN 0354-6829

# IMK – 14

## ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ

### ČASOPIS INSTITUTA IMK "14.OKTOBAR" – KRUŠEVAC

**OSNIVAČ IMK "14.OKTOBAR" AD – KRUŠEVAC**  
**IZDAVAČ INSTITUT IMK "14.OKTOBAR" AD – KRUŠEVAC**

**REDAKCIJA:**

Prof. dr Milomir Gašić, Mašinski fakultet u Kraljevu, glavni i odgovorni urednik,  
 Prof. dr Ljubodrag Đorđević, Visoka tehnička mašinska škola strukovnih studija u Trsteniku,  
 zamenik glavnog i odgovornog urednika,  
 Zoran Vasić, inž. industrij. menadžm. sekretar časopisa,  
 Prof. dr Predrag Popović, Mašinski fakultet u Nišu,  
 Prof. dr Žarko Spasić, Mašinski fakultet u Beogradu,  
 Prof. dr Desimir Jevtić, Mašinski fakultet u Kraljevu,  
 Prof. dr Nenad Janićijević, Mašinski fakultet u Beogradu,  
 Prof. dr Kornel Ehman, Univerzitet u Nortvesternu, Evanston USA,  
 Prof. dr Bela Sabo, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu,  
 Prof. dr Dragoslav Janošević, Mašinski fakultet u Nišu,  
 Prof. dr Radomir Bojković, Visoka škola strukovnih studija za poslovno industrijski menadžment  
 u Kruševcu,  
 Prof. dr Petru Duša, Tehnički univerzitet u Jošiju, Rumunija,  
 Prof. dr Francisk Kovač, Univerzitet u Temišvaru, Rumunija,  
 Prof. dr Miroslav Radovanović, Mašinski fakultet u Nišu,  
 Prof. dr Dragan Nikolić, Visoka hemijsko tehnološka škola u Kruševcu,  
 Mr Aleksandar Đorđević, Institut IMK "14.oktobar" u Kruševcu,  
 Sava Đurić, dipl.inž.maš. Institut IMK "14.oktobar" u Kruševcu,

**Članovi redakcije časopisa "IMK 14 – ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ" po funkciji:**

Mr Zoran Radmanovac, generalni direktor IMK "14.oktobar" a.d. u Kruševcu,  
 Mr Svetislav Đorđević, izvršni direktor za tehnička pitanja IMK "14.oktobar" a.d. u Kruševcu,  
 Milorad Veljković, dipl.inž.maš. direktor Instituta IMK "14.oktobar" u Kruševcu,  
 Prof. dr Petko Kovačević, predsednik Naučnog veća Institut IMK "14.oktobar" u Kruševcu,

**Adresa redakcije:**

Institut IMK "14. oktobar", 37000 Kruševac, ul. 14. oktobra br. 2.  
 Lice za kontakt: Zoran Vasić, Tel: 037/421-502, lok. 28-48, fax: 037/439-388  
 E-mail: institutimk@open.telekom.rs

**Prevodioci:** Zoran Vasić, Nataša Petrović i autori radova**Tehničko uređenje i štampa:**

"Grafisistem" Stalac

**Idejno rešenje korica:**

Sava Đurić, dipl. maš. inž.

**Autori odgovaraju za svoje stavove i saopštene podatke**

Radovi autora, objavljenih u časopisu "IMK 14. Istraživanje i razvoj" podležu zaštiti  
 autorskih prava i ne mogu se preštamovati

**ČASOPIS FINANSIRA**  
**MINISTARSTVO ZA NAUKU I TEHNOLOŠKI RAZVOJ REPUBLIKE SRBIJE**

**Tiraž:** 100 primeraka

Mart 2011.

## SPONZORI:



Министарство просвете и науке Републике Србије



Град Крушевац



ФАКУЛТЕТ ЗА  
ИНДУСТРИЈСКИ МЕНАџМЕНТ  
КРУШЕВАЦ



**14.oktobar**  
KRUŠEVAC



## SADRŽAJ

1.	Nebojša Nikolić, Života Antonić, Jovan Dorić <b>UPOREDNI PRIKAZ DVA ANALITIČKA POSTUPKA KONSTRUISANJA POLARNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA GLAVNIH LEŽIŠTA KOLENASTOG VRATILA.....</b>	<b>3</b>
2.	Miloš Madić, Miroslav Radovanović <b>METODOLOGIJA MODELIRANJA PROCESA OBRADE REZANJEM PRIMENOM NEURONSKIH MREŽA .....</b>	<b>11</b>
3.	Mladen Nikolić, Slađana Savić, Dragan Nikolić <b>UTICAJ IMPREGNANTA AKTIVNOG UGLJA CINK OKSIDANA HEMISORPCIJU KARBONIL DIHLORIDA.....</b>	<b>17</b>
4.	Slavko Arsovski, Jovan Milivojević, Sonja Grubor, Aleksandra Kokić Arsić, Nikola Tonic <b>TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI TOKOVI KORIŠĆENIH DELOVA IZ CENTRA ZA DEMONTAŽU MOTORNIH VOZILA NA KRAJU ŽIVOTNOG CIKLUSA .....</b>	<b>19</b>
5.	Miloš Ristić <b>TEHNOLOŠKA OGRANIČENJA BRZIH PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA.....</b>	<b>25</b>
6.	Dragan Milčić, Miroslav Mijajlović, Boban Anđelković, Sava Đurić <b>AUTOMATIZACIJA PRORAČUNA ZAVARENIH SPOJEVA.....</b>	<b>33</b>
7.	Aleksandar Ašonja, Danilo Mikić <b>ODRŽAVANJA KOTRLJAJUĆIH LEŽAJEVA.....</b>	<b>39</b>
8.	Zlatimir Živanović, Zoran Jovanović, Zoran Masončić, Željko Šakota. <b>ISPITIVANJE BEZBEDNOSNO-TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA VOZILA SA POGONOM NA KOMPRIMOVANI PRIRODNI GAS (KPG) .....</b>	<b>45</b>
9.	Ivica Čamagić, Nemanja Vasić, Zlatibor Vasić, Zijah Burzić, Aleksandar Todić <b>ODREĐIVANJE TRAJNE DINAMIČKE ČVRSTOĆE EPRUVETA OSNOVNOG METALA I ZAVARENOG SPOJA NISKOLEGIRANOG ČELIKA POVIŠENE TVRDOĆE.....</b>	<b>53</b>
10.	Miroslav Plančak, Dejan Morvin, Dragiša Vilotić, Mladomir Milutinović, Milentije Stefanović <b>INKREMENTALNO ZAPREMINSKO DEFORMISANJE METALA.....</b>	<b>57</b>
11.	Dragana Pavlović <b>OBAVEZA IZDRŽAVANJA IZMEĐU RODITELJA I DECE.....</b>	<b>63</b>
12.	Branko Lukić, Milutin Đuričić, Sava Đurić, Milan Đuričić <b>OBEZBEĐENJE KVALITETA IZRADE ZAVARENIH LIMENIH ‘I’ PROFILA .....</b>	<b>69</b>
13.	Miroslav Smiljković, Tamara Božidarević <b>ORGANIZACIONO USKLAĐIVANJE TRGOVINSKOG PREDUZEĆA I MARKETINGA.....</b>	<b>75</b>
14.	Dejan Čikara, Aleksandar Todić, Tomislav Todić <b>MOGUĆNOSTI PROGRAMIRANJA STRUKTURE LIVENOG GVOŽĐA.....</b>	<b>81</b>
15.	Velimir Ščekić, Dejan Đorđević <b>ULOGA REINŽINJERINGA I INFORMATIČKIH TEHNOLOGIJA NA TEHNOLOŠKE PROCES POSLOVANJA.....</b>	<b>89</b>
16.	Milan Punišić, Milena Nikolić <b>PRAVCI RAZVOJA OPŠTINA RASINSKOG OKRUGA I BUDUĆA MREŽA NASELJA.....</b>	<b>95</b>

## Contents

1.	Nebojša Nikolić, Života Antonić, Jovan Dorić <b>COMPARISON OF TWO ANALYTICAL PROCEDURES OF OBTAINING CRANKSHAFT MAIN BEARING POLAR LOAD DIAGRAM.....</b>	<b>3</b>
2.	Miloš Madić, Miroslav Radovanović <b>METHODOLOGY OF NEURAL NETWORK BASED MODELING OF MACHINING PROCESSES.....</b>	<b>11</b>
3.	Mladen Nikolić, Slađana Savić, Dragan Nikolić <b>EFFECTS OF ACTIVE COAL ZINC OXIDE IMPREGNANT ON THE CHEMISORPTION CARBONYL DICHLORIDE .....</b>	<b>17</b>
4.	Slavko Arsovski, Jovan Milivojević, Sonja Grubor, Aleksandra Kokić Arsić, Nikola Tonic <b>TECHNICALAND TECHNOLOGICAL FLOWS USED PARTS FROM THE SENTERS FOR DISMANTLING OF END OF LIFE MOTOR VEHICLES.....</b>	<b>19</b>
5.	Miloš Ristić <b>TECHNOLOGICAL LIMITATIONS OF RAPID MANUFACTURING TECHNOLOGIES.....</b>	<b>25</b>
6.	Dragan Milčić, Miroslav Mijajlović, Boban Anđelković, Sava Đurić <b>AUTOMATISATION OFWELDED JOINTS CALCULATION.....</b>	<b>33</b>
7.	Aleksandar Ašonja, Danilo Mikić <b>THE MAINTENANCE OF ROLLER BEARINGS.....</b>	<b>39</b>
8.	Zlatimir Živanović, Zoran Jovanović, Zoran Masončić, Željko Šakota. <b>TESTING SAFETY-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF COMPRESSED NATURAL GAS (CNG) POWERED VEHICLES.....</b>	<b>45</b>
9.	Ivica Čamagić, Nemanja Vasić, Zlatibor Vasić, Zijah Burzić, Aleksandar Todić <b>DETERMINATION OF THE HIGH STRENGTH LOWALOYED STEEL SPECIMENS ENDURANCE LIMIT IN THE BASE METALAND THE WELDED JOINT.....</b>	<b>53</b>
10.	Miroslav Plančak, Dejan Morvin, Dragiša Vilotić, Mladimir Milutinović, Milentije Stefanović <b>INCREMENTAL METAL FORMING.....</b>	<b>57</b>
11.	Dragana Pavlović <b>TITLE SUPORT OBLIGATION BETWEEN PARENTS AND CHILDREN.....</b>	<b>63</b>
12.	Branko Lukić, Milutin Đuričić, Sava Đurić, Milan Đuričić <b>DEVELOPMENT OF QUALITY ASSURANCE OFWELDED SHEET METAL “T” PROFILE.....</b>	<b>69</b>
13.	Miroslav Smiljković, Tamara Božidarević <b>ORGANIZATIONALADJUSTMENT OF COMMERCIAL ENTERPRISES AND MARKETING.....</b>	<b>75</b>
14.	Dejan Čikara, Aleksandar Todić, Tomislav Todić <b>POSSIBILITY TO PROGRAM STRUCTURE OF CAST IRON .....</b>	<b>81</b>
15.	Velimir Ščekić, Dejan Đorđević <b>ROLE RE-ENGINEERINGAND INFORMATION TECHNOLOGIES TOWARDS TECHNOLOGY AND BUSINESS PROCESSES.....</b>	<b>89</b>
16.	Milan Punišić, Milena Nikolić <b>DEVELOPMENT DIRECTIONS OF RASINA DISTRICT MUNICIPALITIES AND FUTURE SETTLEMENT NETWORK.....</b>	<b>95</b>

## AUTOMATIZACIJA PRORAČUNA ZAVARENIH SPOJEVA

Dragan Milčić<sup>1)</sup>, Miroslav Mijajlović<sup>1)</sup>, Boban Anđelković<sup>1)</sup>, Sava Đurić<sup>2)</sup>

Kategorizacija rada:

KRATKO ILI PRETHODNO SAOPŠTENJE

Adresa:

1) Mašinski fakultet - Univerzitet u Nišu

2) Institut IMK „14.oktobar“ Kruševac

**Rezime:** U ovom radu dat je opis razvijenog softvera za proračun zavarenih spojeva, koji je razvijen u softverskom paketu Visual Basic. Ovim softverom je obuhvaćen veliki broj karakterističnih slučajeva zavarenih spojeva, gde izborom vrste proračuna dobija tražena dužina šava, debljina šava, dozvoljeno opterećenje i stepen sigurnosti. Softverom je dat i proračun mase šava, odnosno, broj potrebnih elektroda.

**Ključne riječi:** softver, proračun zavarenih spojeva, masa šava, broj potrebnih elektroda

### 1. UVOD

Tržište stalno postavlja sve složenije zahteve u pogledu produktivnosti, kvaliteta i brzine osvajanja novih proizvoda. Intenzivan tehnološki razvoj dovodi do porasta projektno - konstrukcijskih zadataka kao i do usložnjavanja sistema koji se razvijaju. Danas se u inženjerskoj praksi kao imperativ nameće primena računara u svim fazama procesa razvoja proizvoda. Osnovni pravci primene računara u procesu razvoja proizvoda vezani su za zadatke:

- reprezentovanja i modeliranja,
  - procesiranja i upravljanja podacima i informacijama,
  - dokumentovanja,
  - analiza i zaključivanja,
  - proračuna i simulacija,
  - pretraživanja,
  - optimizacije,
  - dijagnostike,
  - procesiranja i upravljanja znanjem,
  - sinteze, tj. generisanja koncepcije proizvoda.
- Efekte primene računara u razvoju proizvoda su:
1. kraće vreme ciklusa dizajniranja i smanjenje vremena do pojave proizvoda na tržište,
  2. smanjenje ukupnih troškova,
  3. poboljšanje kvaliteta,
  4. povećanje kompleksnosti proizvoda,
  5. povećanje broja dizajniranih varijanti,
  6. dislocirano konstruisanje, proizvodnja i održavanje.

Ovi efekti su mogući i zahvaljujući:

1. povećanje mogući nastupajućih aspekata hardvera i komunikacija,
2. povećanje sposobnosti softvera,
3. povećanje kompjuterske osposobljenosti dizajnera i inženjera,
4. metodama koje omogućuju integrisanje CAx alata (Computer Aided X Tools),
5. virtuelnom procesu razvoja proizvoda.

Kraće vreme ciklusa dizajniranja i smanjenje vremena do pojave proizvoda na tržištu je moguće zahvaljujući:

- automatskom dobijanju crteža iz virtuelnih modela,
- skraćeno vreme do dobijanja konačne tehničke dokumentacije,

- automatizaciji zadataka koji se ponavljaju,
- simulacijama,
- validaciji - automatizovanom kontrolisanju i validaciji projekata,
- integrisanom razvoju proizvoda,
- manjem broju zahteva za izmenama konstrukcije,
- skraćeno vreme za unošenje izmena u konstrukciju.

Smanjenje troškova je moguće i zahvaljujući:

- smanjenju inženjerskih troškova,
- smanjenju troškova vezanih za izradu fizičkog prototipa i testiranje,
- smanjenju troškova proizvodnje proizvoda,
- smanjenju garancijskih troškova.

Iz svih napred navedenih razloga, na Mašinskom fakultetu u Nišu je u toku razvoj programskog sistema za konstruisanje prenosnika snage - PTD.

Programski sistem za konstruisanje prenosnika snage PTD je vrlo složene i heterogene strukture. Sistem je razvijen na modularnom principu koji omogućava izvršavanje, uz pomoć računara, pojedinih aktivnosti i zadataka konstruktora. Ovaj programski sistem je, inače, deo inteligentnog integrisanog sistema za konstruisanje zupastih prenosnika snage razvijenog na Mašinskom fakultetu u Nišu. Osnovni zadatak ovog sistema je da omogućiti integrisanu primenu različitih programskih modula i sistema razvijenih od strane autora i različitih firmi, namenjenih automatizaciji pojedinih aktivnosti u konstruisanju prenosnika snage. Zbog toga se softverska platforma razvijenog sistema, oslanja na maksimalnu primenu svih raspoloživih standarda u oblasti razmene podataka, komunikacija i računarstva.

Integrirani programski sistem za konstruisanje prenosnika snage PTD, ima je arhitektura data na slici 1, i sastoji se od tri celine:

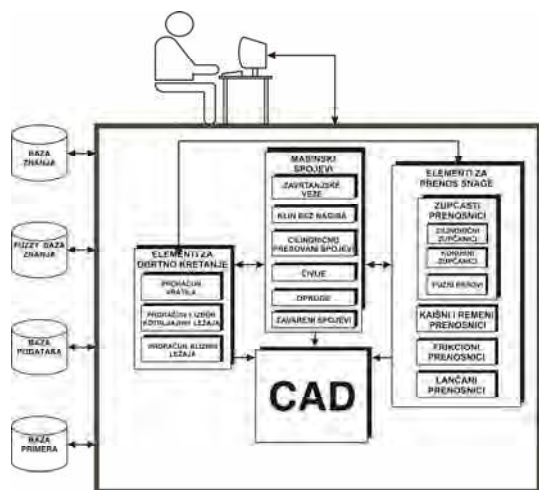
1. programski moduli za proračun elemenata za prenos snage,
2. programski moduli za proračun elemenata za obrtno kretanje,
3. programski moduli za proračun mašinskih spojeva.

Prvom celinom programskog sistema PTD, koja se odnosi na proračun elemenata za prenos snage, obuhvaćeni su programski moduli za proračun cilindričnih, konusnih i pužnih zupnika, frikcionih, lananih, kaišnih

i remenih prenosnika.

Drugom celinom obuhvaćeni su programski moduli za proračun vratila, kliznih i kotrljajnih ležajeva, a trećom celinom obuhvaćeni su programski moduli za proračun klinova, žlebnih veza, cilindričnih presovanih spojeva, zavrtnajskih veza, opruga, opruživa i zavarenih spojeva.

Novi programski modul u okviru programskog sistema PTD je namenjen za proračun i zavarenih spojeva.



Slika 1. Arhitektura programskog sistema PTD

## 2. ZAVARENI SPOJEVI

Zavareni spojevi spadaju u grupu nerastavljivih veza i upotrebljavaju se pre svega za spajanje nosivih mašinskih delova i konstrukcija. Zavarivanje je spajanje metalnih, ili nemetalnih delova, sa ili bez dodavanja nekog dodatnog materijala.

Spoj nastaje topljenjem osnovnih i dodatnih materijala, ili pritiskanjem omekšanih osnovnih materijala. Područje u kojem nastaje spoj naziva se zavareni šav. Zavareni šav i delovi koji se zavaruju predstavljaju zavareni spoj. Delovi koji se zavaruju su obično od istih ili srodnih materijala, koji imaju približno jednaku temperaturu topljenja, ali mogu biti i iz raznorodnih materijala.

Primena zavarenih spojeva kod izrade mašinskih delova i metalnih konstrukcija stalno raste, jer razvoj postupaka zavarivanja omogućava postizanje sve višeg kvaliteta i mehaničkih svojstva zavarenih spojeva mogu biti jednaka svojstvima osnovnog materijala, a ponekad čak i bolja. Pored čelika, mogu se zavarivati i drugi materijali: bakar i bakarne legure, aluminijumove legure, plastične mase itd.

Zavarene konstrukcije u mašinstvu imaju prednost pred livenima, ukoliko se radi o pojedinačnoj proizvodnji. Zavareni spojevi omogućavaju da se materijal konstrukcije optimalno iskoristi s obzirom na jačinu. Nastoji se, da se oblik konstrukcije prilagodi opterećenju, u cilju povećanja izdržljivosti. Kombinacijom zavarenih i livenih delova, moguće je dobiti jednostavnu, dovoljno jaku i jeftinu konstrukciju. Zavarene konstrukcije su skoro nezaobilazne u hemijskoj i procesnoj industriji, gde je potrebno upotrebiti materijale postojane na višim i nižim temperaturama, koji istovremeno moraju da imaju odgovarajuću jačinu i žilavost, kao i otpornost prema koroziji. Posebni zahtevi postavljaju se kod zavarivanja cevovoda, kao i u nuklearnoj tehnici.

Prednosti zavarenih spojeva su:

U poređenju sa ostalim spojevima, nosivost zavarenih spojeva može biti približno jednaka nosivosti osnovnog materijala;

- Visoka nosivost se postiže pravilnim izborom dodatnog materijala i parametra zavarivanja, kao i izradom zavarenog spoja bez signifikantnih grešaka;

- U odnosu na livene, kovane i zakovane konstrukcije, zavarene konstrukcije imaju tanje zidove i do 30% manju težinu;

- Za manji broj proizvoda, pojedinačno proizvodnju zavareni spojevi su najekonomičniji.

Nedostaci zavarenih spojeva su:

- Zavarivanjem se bez problema spajaju samo materijali koji imaju jednak ili približan kvalitet i sastav i koji su dobro zavarljivi;

- Na mestu spajanja dolazi do zagrevanja i topljenja materijala, deformacija, što izaziva nastanak zaostalih napona. Posebno su opasni zatezni naponi, jer smanjuju jačinu, a u prisustvu vodonika i lokalno zakaljane strukture mogu dovesti do nastanka tzv. hladnih prslina. Deformacije i zaostali naponi mogu se smanjiti pogodnim smerom i redosledom zavarivanja, a čak potpuno odstraniti naknadnim žarenjem (kod čelika laganim zagrevanjem na približno 500 – 700 °C i laganom hlađenjem);

- Mesto zavarivanja treba odgovarajuće oblikovati, pripremiti i očistiti od nečistoća i oksida;

- Zavareni spojevi imaju manju sposobnost priгуšenja vibracija i manju otpornost prema koroziji. Zato se zavareni spojevi moraju nakon zavarivanja zaštititi protiv spoljnjih uticaja;

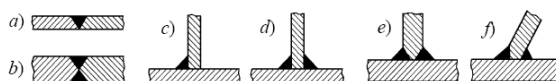
- Zavareni spojevi su zbog svoje cene neprimenjeni za velikoserijsku proizvodnju.

Zavareni spojevi se dele na:

- Suve zavarene spojeve, slika 2a i 2b;

- Ugaone zavarene spojeve, slika 2c i 2d;

- Posebne zavarene spojeve, slika 2e i 2f.



Slika 2. Vrste zavarenih spojeva

Zavisno od debljine delova koji se zavaruju, postupak zavarivanja, način zavarivanja, zahteva i moguće nositi, topljenjem se mogu zavarivati:

- Bez žleba (bez pripreme ivica) – suve spojevi tankih limova i delova;

- U prirodnom žlebu s međusobnim naleganjem delova (bez posebne obrade ivica) – obični ugaoni zavareni spoj;

- U posebno oblikovanom žlebu (posebno obrađene ivice pre zavarivanja) – debeli delovi, odnosno zavareni spojevi s posebnim zahtevima za veće opterećenje.

## 3. SOFTVER ZA PRORAČUN ZAVARENIH SPOJEVA

Proračun zavarenih spojeva je zahtevan i kompleksan posao koji se može značajno ubrzati uz primenu odgovarajućih aplikativnih softvera. Svrha izrade jednog takvog programa, kao i sama prednost njegove upotrebe je da se pojednostave i ubrzaju aktivnosti kod projektovanja i izvođenja zavarenih spojeva.

Na Mašinskom fakultetu u Nišu u toku je razvoj,

u okviru programskog sistema PTD programski modul za proračun i zavarenih spojeva ProVar. U okviru ovog programskog modula, trenutno su razvijena dva programa, dva modula. Prvi je namenjen za proračun i potrošnje dodatnog materijala pri zavarivanju E postupkom. Drugi modul omogućava proračun i zavarenih spojeva, u zavisnosti od poznatih ulaznih podataka, uzimajući u obzir potrebnu dužinu šava  $l$  i potrebnu visinu šava  $a$ , moguće je izračunati maksimalnu dozvoljenu silu  $F$  ili stepen sigurnosti zavarenog spoja  $S$ .

### 3.1. MODUL ZA PRORAČUN POTROŠNJE DODATOG MATERIJALA PRI REL POSTUPKU ZAVARIVANJA

Osnova za proračun potrebne količine dodatog materijala jeste površina poprečnog preseka žleba i njegova dužina (Slika 3). Budući da šav ima nadvišenje sa lica šava, teorijska vrednost mase dodatog materijala se povećava za (10-30) % pa je:

$$M = 1,1 \cdot A \cdot l \cdot \rho \quad (1)$$

gde je:  $A$  – površina preseka žleba u  $m^2$ ,  
 $l$  – dužina žleba u  $m$ ,

– gustina dodatog materijala u  $kg/m^3$ .

U ovom programskom modulu softver nudi mogućnost izbora željenog oblika žleba iz baze standardnih žlebova: I, U, J, 2U, 2J, V, 1/2V, X, K, kao i specijalnih slučajeva cirkularnih-kružnih žlebova.

Pri E-zavarivanju elektrode je nemoguće potpuno iskoristiti, jer se 8%–15% mase gubi sagorevanjem i rasprskivanjem, a 6%–10% mase ostaje u držači elektrode. Zbog toga se mora računati s tim da se iskoristi samo oko 75% jezgra elektrode. Budući da ukupna masa deponovanog materijala u žlebu treba da odgovara masi svih utrošenih elektroda to sledi da je teorijski broj potrebnih elektroda:

$$n = \frac{M}{m}, \text{ gde je } m \text{ – masa jezgra jedne elektrode.}$$

Zbog navedenih gubitaka elektrodne žice (jezgra), koji iznose oko 25%, stvarni broj potrebnih elektroda je:

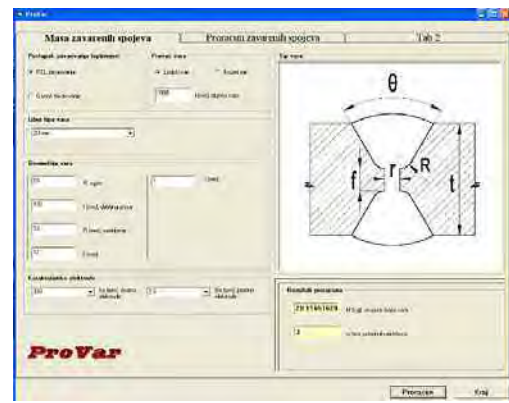
$$n = 1,25 \frac{M}{m} = 1,25 \frac{1,1 \cdot A \cdot l \cdot \rho}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4} L \cdot \rho} = 1,75 \frac{A \cdot l}{d^2 \cdot L} \quad (2)$$

gde je:

$A$  – površina preseka žleba,  
 $d$  – prečnik odabrane elektrode,  
 $L$  – dužina elektrode,  
 $l$  – dužina žleba.

Kod gasnog zavarivanja potrošnja dodatog materijala se računati, s tim što su ukupni gubici (15-16)%, pa je potreban broj žica:

$$n = 1,6 \frac{A \cdot l}{d^2 \cdot L} \quad (3)$$



Slika 3. Korisnički interfejs modula za proračun potrošnje dodatog materijala pri zavarivanju

Budući da šav nastaje difuzijom rastopljenog materijala elektrode i delova koji se zavaruju, materijal elektrode se bira na osnovu osnovnog materijala, tako da je materijal šava po sastavu blizak osnovnom materijalu, odnosno gustina  $\rho \approx \rho_{om}$  gde je:

$\rho_{om}$  – gustina osnovnog materijala

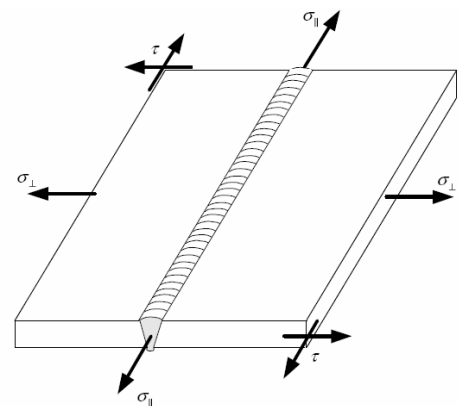
### 3.2. MODUL ZA PRORAČUN ZAVARENIH SPOJEVA

Radni naponi u zavarenim spojevima određuju se na osnovu obrazaca iz otpornosti materijala i predstavljaju nominalnu vrednost napona koji odgovara površini poprečnog preseka šava. Za nominalne, odnosno radne napone zavarenih spojeva, karakteristično je da spoljne opterećenje prenose šavovi. Pri tome se upoređuju radna naprežanja s dopuštenim naprežanjima u šavu. Proračun zavarenih spojeva u opštoj mašingradnji nije propisan standardom.

Proračun se sprovodi prema izrazima iz nauke o vrstici, pri tom poštujući sledeće pretpostavke:

1. Lokalni vrhovi naprežanja koji proističu iz uobičajenih konstrukcijskih oblika ne uzimaju se u obzir.
2. Zaostali naponi se ne uzimaju u obzir.
3. Ekvivalentni napon  $\sigma_{ekv}$  određuje se prema hipotezi maksimalnog deformacijskog rada (HMH – Huber, Mises, Henkijeva teorija).

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp} \sigma_{\parallel} + k(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \quad (3)$$



Slika 4. Naponi u sučeonom zavarenom spoju

Eksperimenti su pokazali veliku složenost naponskog stanja kod ugaonih šavova:

- U ugaonim šavovima vladaju višesosna naponska stanja;
- Naponi su neravnomerno raspodeljeni po preseku i po dužini šava;



- U šavovima postoje vrlo visoki i različiti zaostali naponi;  
 - U raznim stepenima opterećenja vrši se pregrupisanje stanja naprezanja.

Novija istraživanja su pokazala da teorija HMM ne odgovara kod ugaonih šavova iz razloga što postoje i drugi maksimalni normalni naponi i maksimalni tangencijalni naponi.

Ekvivalentni napon kod ugaonih šavova se izražava prema ISO preporukama:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma^2 + k\tau^2} \quad (4)$$

Odnosno

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp}\sigma_{\parallel} + k(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \quad (5)$$

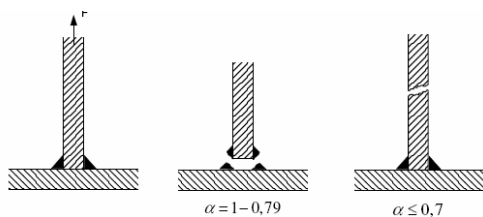
gde se uzima za k=1,8.

Neki eksperimenti su pokazali da napon ne utiče na moćnošenje ugaonih šavova te ostaje dilema da li uopšte ekvivalentni napon računati sa  $\sigma_{\parallel}$  ili ne.

Dok je kod suvoeg šava jačina šava jednaka jačini osnovnog materijala, kod ugaonih šavova postoji odnos

$$\alpha = \frac{F_{mat}}{F_{zav}} \quad (6)$$

Slika 5 prikazuje iznos odnosa  $\alpha$  za slučaj kada nastaje lom u šavu, odnosno lom u osnovnom materijalu. Kad je ovaj odnos otprilike  $\alpha \approx 0,75$  tada postoji ekvivalentni napon šava i preseka štapa.



Slika 5. Ugaoni šav: lom u šavu i lom u štapa

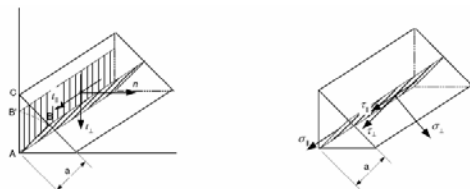
Prilikom proračuna ugaonih šavova radi pojednostavljenja naprezanja u ravni AB projektuju se na ravan AC, odnosno AB' (slika).

Izmenu veličina u ravni pravog položaja AB i zakrenutoj ravni AC (odnosno AB') važe sledeće jednakosti:

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{2}n = \tau_{\perp} \quad (7)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}}t_{\perp} = \sigma_{\perp} \quad (8)$$

$$\tau_{\parallel} = t_{\parallel} \quad (9)$$



Slika 6. Naponi u ugaonom zavaru

Nosivost ugaonog šava zavisi i od debljine ugaonog šava a (slika 6). Nosivost šavova različite debljine obuhvaćeno je u propisima za zavarene delove konstrukcije koeficijentom:

$$\beta = 0,8 \left( 1 + \frac{1}{a} \right) \quad (10)$$

Iz ovog sledi da je dozvoljeni napon u ugaonom šavu  $\sigma_{z,doz} = \beta \cdot \sigma_{doz}$  (11)

Pri čemu treba biti zadovoljen uslov

$$\sigma_{ekv} \leq \sigma_{z,doz} \quad (12)$$

Propisima je tako regulisana debljina nosećeg ugaonog šava i ona iznosi od  $a = 3 \text{ mm}$  do najviše  $a_{max} = 0,7\delta_{min}$  (samo izuzetno se odobrava i  $a_{max} = \delta_{min}$ ).

Objašnjenje oznaka za napon na slici 6 su:

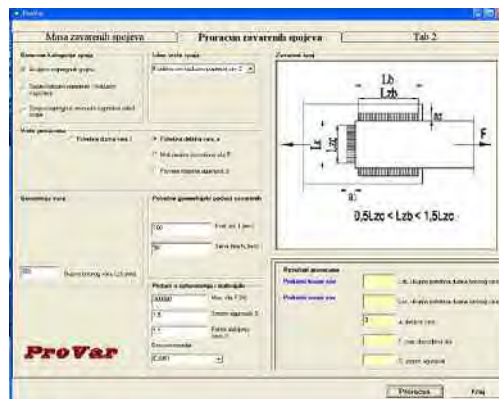
- $n$  - zatezni ili pritisni napon u ravni gde je merodavni presek zakrenut
- $\tau_{\perp}$  - tangencijalni napon upravan na dužinu šava u ravni AB'
- $t_{\perp}$  - tangencijalni napon u pravcu dužine šava u ravni AB'
- $\sigma_{\perp}$  - zatezni ili pritisni napon na šav upravno na presek u svom pravom položaju
- $\tau_{\parallel}$  - tangencijalni napon upravan na dužinu šava u ravni pravog položaja AB'
- $t_{\parallel}$  - tangencijalni napon paralelan sa dužinom šava u ravni pravog položaja AB
- $\sigma_{\parallel}$  - normalni napon koji deluje duž šava
- $\delta_{ekv}$  - ekvivalentni napon
- $\delta_{z,dop}$  - dopušteni napon šava

Softver uzima u obzir različite slučajeve proračuna zavarenih šavova:

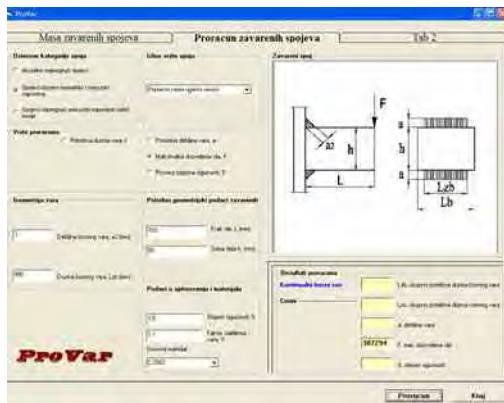
1. Dimenzionisanje aksijalno opterećenih ugaonih šavova:
  - Spoj izveden bočnim ugaonim šavovima;
  - Spoj izveden bočnim ugaonim šavovima;
  - Slučaj kosih bočnih šavova;
  - Kombinovani spojevi uzdužnih i poprečnih ugaonih šavova.
2. Dimenzionisanje šavova opterećenih normalnim i smičnim naponima:
  - Uzdužni bočni ugaoni šavovi;
  - Poprečni bočni ugaoni šavovi.
3. Dimenzionisanje šavova opterećenih smičnim naponima usled torzije:
  - Dva uzdužna ugaona šava;
  - Dva bočna ugaona šava.

Programom su obuhvaćene četiri vrste proračuna:

1. Određivanje potrebne dužine zavara,
2. Određivanje potrebne debljine zavara,
3. Određivanje maksimalne dozvoljene sile i
4. Provera stepena sigurnosti.



Slika 7. Korisnički interfejs modula za proračun aksijalno napregnutog zavarenog spoja



Slika 8. Korisni iki interfejs modula za prora un ugaonih zavarenih spojeva

#### 4. BUDU I PRAVCI RAZVOJA SOFTVERA

Kako je ranije navedeno, zavarivanje predstavlja tehnologiju kojom se veoma brzo i efikasno spajaju metalni delovi, vrše popravke ili saniraju greške nastale tokom obrade metala. Sa tolikim dijapazonom poslova i mogućnosti, veliki broj aktivnosti tokom postupaka zavarivanja postaje rutiniran te je potrebno maksimalno skratiti vreme potrebno za ponavljanje istih.

Sa ciljem proširenja primene softvera, planirani razvoj softvera vezanog za procese spajanja zavarivanjem je vezan za:

1. Razvoj softvera za evidenciju zavariva kog kadra u regionu, kao i za izdavanje sertifikata o poznavanju tehnologije itd;
2. Razvoj modula za prora un cene koštanja projekta zavarivanja – po ev od najnižeg nivoa troškova koji obuhvata troškove materijala, elektri ne energije, potrošnog materijala, do nivoa razvoja tehnologije (intelektualna svojina);
3. Razvoj modula za prora un i izbor parametara postupka zavarivanja za izabrane materijale (napon, ja ina struje, tip elektrode, termi ka obrada i delimi na kontrola),
4. Razvoj posebnog modula za postupak zavarivanja trenjem – Friction Stir Welding (zavarivanje trenjem sa mešanjem). Modul obuhvata izbor parametara zavarivanja, prora un koli ine generisane toplote, temperature osnovnog metala i alata, izbor oblika i dimenzija alata koji se koristi za zavarivanje itd.

#### 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred navedenog može se zaklju iti slede e:

1. Primena CA tehnologija, u našim preduze ima, u procesu razvoja proizvoda je neminovna u sve ve oj meri;
2. Uvo enjem CAx tehnologija kao podrška procesu razvoja proizvoda postižu se slede i efekti:
  - Vreme izvo enja procesa konstruisanja je skra eno;
  - Cena procesa konstruisanja je niža u odnosu na manualno konstruisanje od 10% pa ak do 90%;
  - Kvalitet rezultata konstruisanja je zna ajno viši;
  - Preduze e svojim proizvodom postaje konkurentno na domem i svetskom tržištu;
3. Sastavni deo integrisanog programskog sistema za konstruisanje prenosnika snage - PTD, nastalom na Mašinskom fakultetu u Nišu, je programski modul za prora un zavarenih spojeva;
4. Programski modul za prora un zavarenih spojeva, koji je u procesu razvoja, olakšava i ubrzava aktivnosti projektovanja i konstruisanja zavarenih konstrukcija koje sprovede inženjeri zavarivanja.

Dalji pravci razvoja programskog sistema su razvoj programskih modula za projektovanje tehnologije zavarivanja, koji e obuhvatati:

- Izradu planova zavarivanja (redosled zavarivanja, redosled proizvodnih i kontrolnih aktivnosti)
- Izradu PQR i WPS dokumenata;
- Normiranje zavarivanja (izra unavanje vremena potrebnog za zavarivanje).

#### LITERATURA

- [1] Bogner, M., Borisavljevi , M., Matovi , V., Bogner, M.M.: Zavarivanje, 2007.
- [2] Mil i , D. „Integrisani programski sistem za konstruisanje prenosnika snage – veza sa CAD sistemom“, IMK-14 Istraživanje i razvoj, asopis instituta IMK “14. Oktobar” Kruševac, Godina XIV, Broj (28-29), 1-2. 2008., s. 91-98.
- [3] Miltenovi , V. „Mašinski elementi, oblici, prora un, primena“, Mašinski fakultet Niš, 2009.
- [4] Jovanovi , M., Adamovi , D., Lazi , V.: „Priruk za tehnologiju zavarivanja“, Kragujevac 1995.
- [5] Omer W. Blodgett: „Stress Allowables Affect Weldment Design“, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland-Ohio 1996
- [6] ASM International. Trends in Welding Research. Materials Park, Ohio: ASM International. ISBN 0-87170-780-2, 2003.
- [7] Cary, Howard B; Scott C. Helzer: Modern Welding Technology. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education. ISBN 0-13-113029-3, 2005.
- [8] Weman, Klas, Welding processes handbook. New York, NY: CRC Press LLC. ISBN 0-8493-1773-8, 2003.
- [9] Smith, Dave: Welding Skills and Technology. New York, New York: McGraw-Hill Book Company. ISBN 0-07-000757-8, 1984.
- [10] Vuki evi M., uri S., or evi Lj., Projekat tehnologije zavarivanja važan faktor kvaliteta zavarenih konstrukcija, Casopis “IMK-14 Istraživanje i razvoj”, broj (18-19) 1-2/2004, Instutut IMK “14.oktobar” Kruševac,

2004, Kruševac.

[11] uri , S., Mil i , D., Mijajlovi , M., Miti , D.: Model of Welding Technology for Reconstruction of Heating Station System, Proceedings / The 2nd South – East European IAW International Congress: Welding – High Tech Technology in 21st Century, Sofia, Bulgaria, October, 21st – 24th, 2010, 295 – 300. page, ISBN 978-954-9322-25-5.

[12] Mil i , D., An elkovi , B.: Autorizovana predavanja na Kursu za me unarodne inženjere i tehnologe zavarivanja IWE i IWT, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš, 2009.

[13] EN 288-2: 1992. Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala – Deo 2: Specifikacija tehnologije zavarivanja za elektrolu no zavarivanje.

[14] EN 288-3: 1992., Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala – Deo 3: Kvalifikacija tehnologije zavarivanja za elektrolu no zavarivanje elika.

## AUTOMATISATION OF WELDED JOINTS CALCULATION

**Abstract:** *This paper gives description of software, developed for welded joints calculations. Software has been developed under Visual Basic environment. This software includes various characteristic cases of welded joints. Choice of welding type and calculation gives requested parameters: welding length, welding width, allowed loads and safety factors. Software, also, gives mass calculations, concerning the welding type and amount of used welding rods.*

**Key words:** *software, welded joints calculations, weld metal mass, welding rods amount.*

**Република Србија**  
Министарство за науку,  
технологију и развој  
Немањина 22 - 26  
11000 Београд, СР Југославија



**Republic of Serbia**  
Ministry of Science,  
Technology and Development  
Nemanjina Str. 22 – 26  
11000 Belgrade, FR Yugoslavia

---

Tel: +381 (0)11-361-65-84, 688-047 \* Fax: +381 (0)11-361-65-16 \* E-Mail: [administrator@mnt.bg.ac.yu](mailto:administrator@mnt.bg.ac.yu)

---

Бр / N° : 413-00-1632/2001-01

Датум / Date: 25.09.2001.

Институт ИМК 14. ОКТОБАР  
37000 Крушевац  
14. Октобра 2

На основу члана 11. став 7. Закона о порезу на промет ("Службени гласник РС", број 22/2001) и Правилника о условима за утврђивање публикација од посебног интереса за науку ("Службени гласник РС", број 40/2001), а по захтеву кога је поднео издавач Институт ИМК 14. ОКТОБАР, Крушевац, 14. Октобра 2. Министарство за науку, технологије и развој даје

### **МИШЉЕЊЕ**

Часопис, под насловом ИМК-14 ИСТРАЖИВАЊЕ И РАЗВОЈ аутора: издавача: Институт ИМК 14. ОКТОБАР, је публикација од посебног интереса за науку.





**Kategorizacija domaćih naučnih časopisa za mašinstvo za 2010. godinu**

1. Theoretical and Applied Mechanics	M24
2. Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering	M51
3. FME Transactions	M51
4. IMK-14 - Istraživanje i razvoj	M51
5. Tribology in Industry	M51
6. Facta Universitatis, Series: Mech Automatic control and robotics	M52
7. Istraživanja i projektovanja za privredu	M52
8. Savremena poljoprivredna tehnika	M52
9. Scientific Technical Review	M52
10. Traktori i pogonske mašine	M52
11. Konstruisanje mašina	M53
12. Mobility & Veh Mechanics	M53
13. Prerada drveta	M53
14. Tehnika - Mašinstvo	M53
15. Tehni ka di agnostika	M53
16. Vojnotehni ki glasnik	M53

