



**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
KOSOVSKA MITROVICA**

# **ZAVARIVANJE ELEKTRIČNIM OTPOROM**

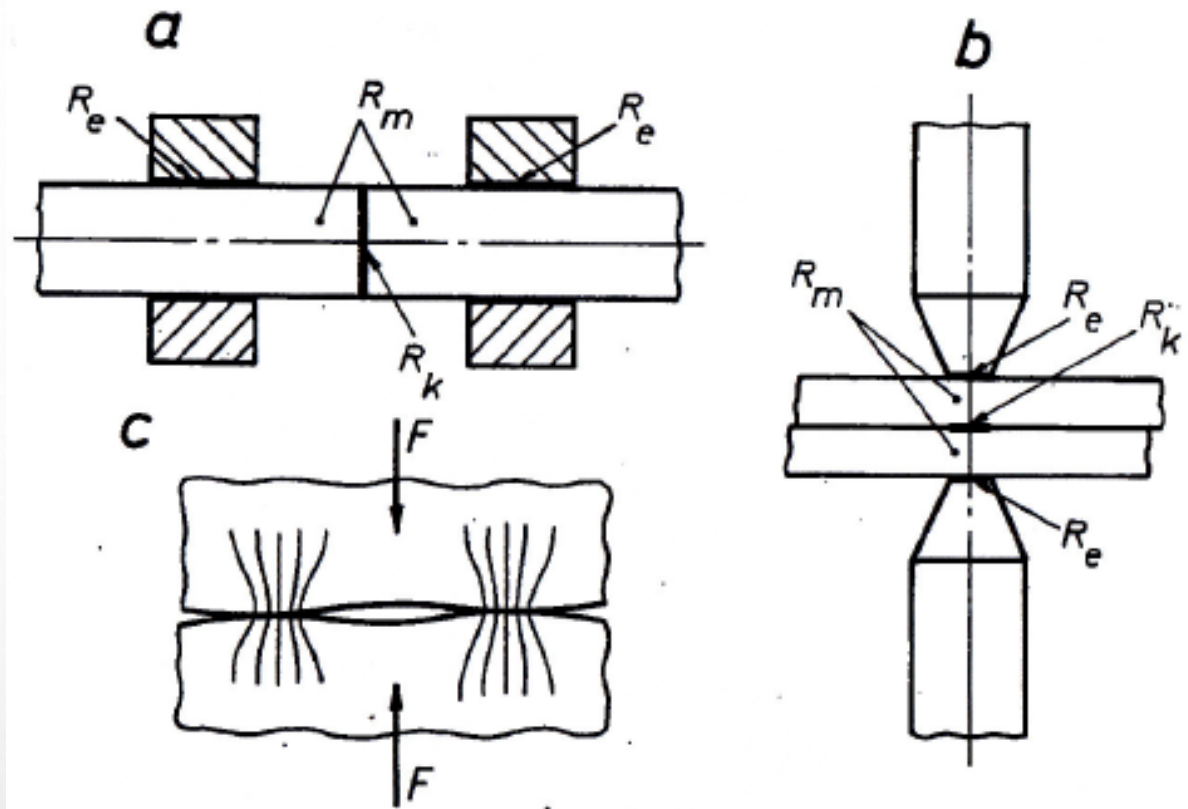
**Dr Ivica Čamagić, vanredni profesor  
Dr Živče Šarkoćević, vanredni profesor**

**Kosovska Mitrovica, mart 2022**

- DIREKTNIM PROPUŠTANJEM EL.STRUJE KROZ OSNOVNI MATERIJAL (KONTAKT), DOLAZI DO NJEGOVOG ZAGREVANJA ZBOG ELEKTRIČNOG OTPORA.
- MOŽE, A NE MORA DOLAZITI DO TOPLJENJA OSNOVNOG MATERIJALA – VAŽNO DA JE MATERIJAL RAZMEKŠAN NA RELATIVNO MALOJ POVRŠINI (U KONTAKTNOJ TAČKI)

• OSNOVNA PODELA:

1. SUČEONO
2. PREKLOPNO



Slika IX.1. Podela savarivanja električnim otporom  
a - sučeono savarivanje; c - obrazovanje savarivaškog kontakta.  
b - preklopno savarivanje;

\*ELEKTRIČNI OTPOR SE  
IZRAŽAVA KAO ZBIR:

$$R=2R_M+R_K+2R_E$$

$R_M$ - OTPOR OSNOVNOG MATERIJALA

$R_K$  – OTPOR KONTAKTA IZMEĐU DELOVA OSNOVNOG MATERIJALA

$R_E$  – OTPOR KONTAKTA IZMEĐU ELEKTRODE I OSNOVNOG MATERIJALA

- POSTUPCI ZAVARIVANJA ELEKTRIČNIM OTPOROM:

1. SUČEONO ZAVARIVANJE ZBIJANJEM

2. SUČEONO ZAVARIVANJE VARNIČENJEM

3. TAČKASTO ZAVARIVANJE

4. BRADAVIČASTO ZAVARIVANJE

5. ŠAVNO ZAVARIVANJE



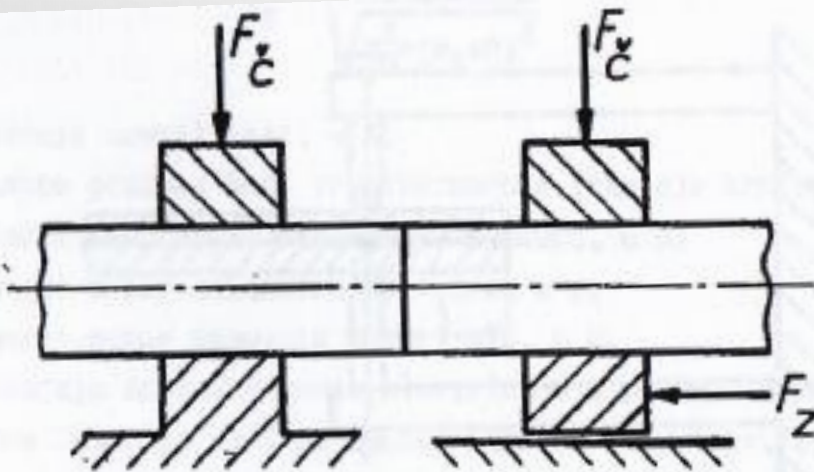
Sučeoni  
postupci



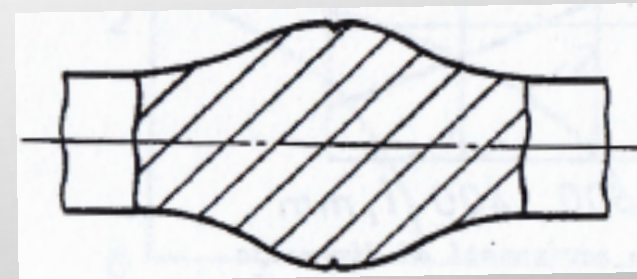
Preklopni  
postupci

# SUČEONO ZAVARIVANJE ZBIJANJEM:

- OSNOVNI MATERIJAL SE STEGNE U ČELJUSTI – JEDNA ČELJUST JE NEPOKRETNNA, DRUGA JE POKRETNNA
- UKLJUČI SE STRUJA, KONTAKT SE ZAGREJE ( $> 1300^{\circ}\text{C}$ ), IZVRŠI SE PRITISAK SILOM  $F_z$  I ISKLJUČI SE STRUJA.



Slika IX.8. Šematski prikaz sučeonog zavarivanja zbijanjem  
 $F_c$  - sila sa kojom se stegne osnovni materijal u čeljust mašine;  
 $F_z$  - sila sa kojom se ostvaruje pritisak potreban za izvodjenje zavarivanja.



Slika IX.9. Izgled zavarenog spoja izvedenog po postupku sučeonog zavarivanja zbijanjem.

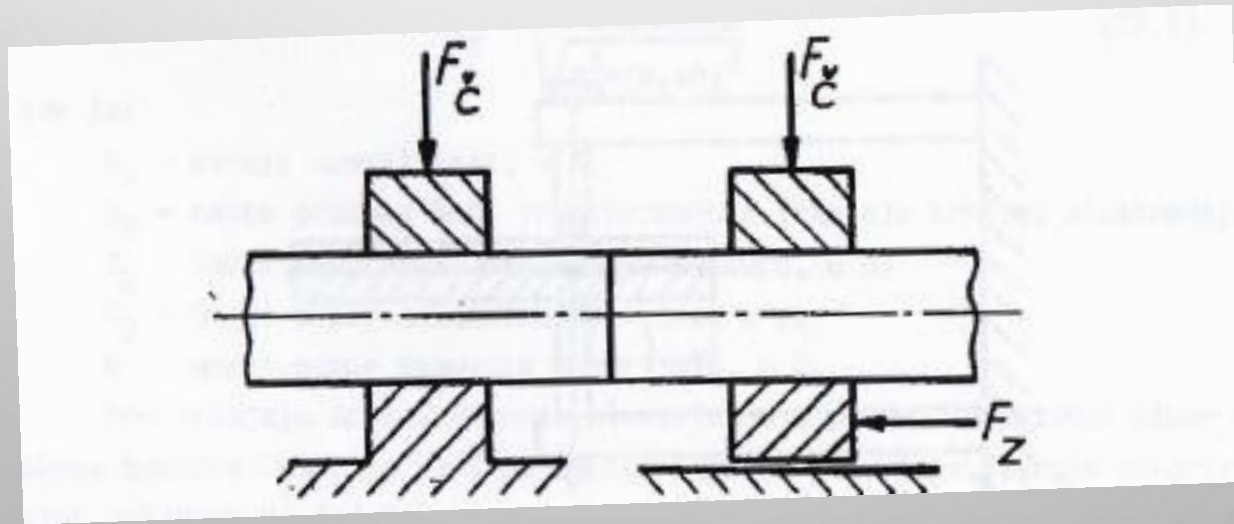
## PRIMENA I SPECIFIČNOSTI:

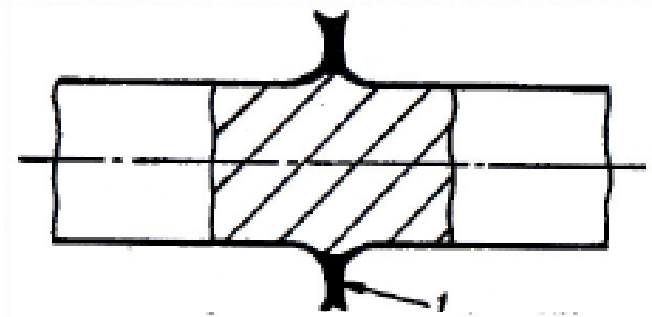
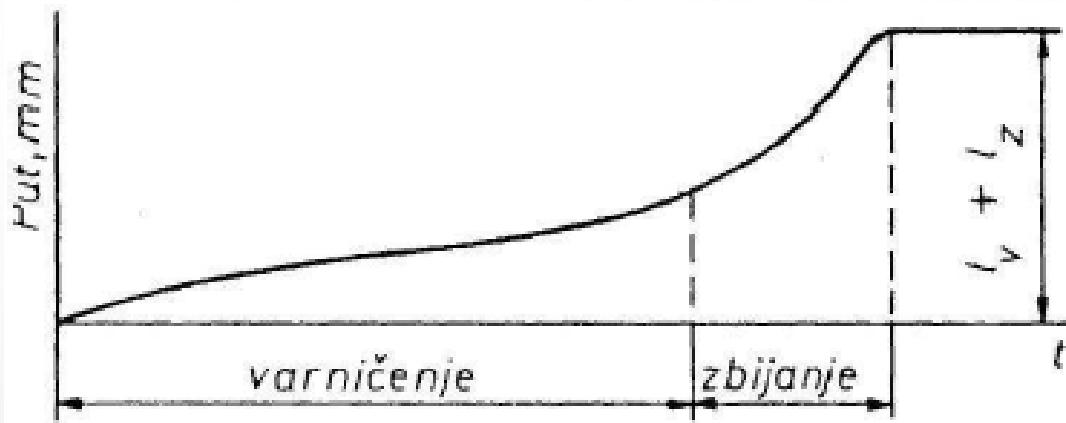
- ZA PLASTIČNE MATERIJALE: NISKOUGLJENIČNI ČELIK, LEG. CU I AL.
- ZA JEDNOSTAVNE PRESEKE GDE JE MOGUĆE POSTIĆI RAVNOMERAN PRITISAK PO PRESEKU (KRUŽNI, KVADRATNI, PRAVOUGAONI PRESEK ŠIPKASTIH PROIZVODA), DIMENZIJA 3 – 10 MM.
- OBAVEZNA PRECIZNA OBRADA KONTAKTNIH POVRŠINA.



# SUČEONO ZAVARIVANJE VARNIČENJEM:

- PRIMENA VEĆIH STRUJA NEGO KOD SUČ.ZAV.ZBIJANJEM – POSTIŽE SE TEMPERATURA TOPLJENJA I IZBACIVANJE MATERIJALA IZ SPOJA.
- OSTVARUJE SE KONTAKT U POJEDINIM TAČKAMA.
- NEPOTREBNA PRECIZNA OBRADA, ALI JE POTREBNO MAŠINSKO SKIDANJE NASTALOG VENCA.





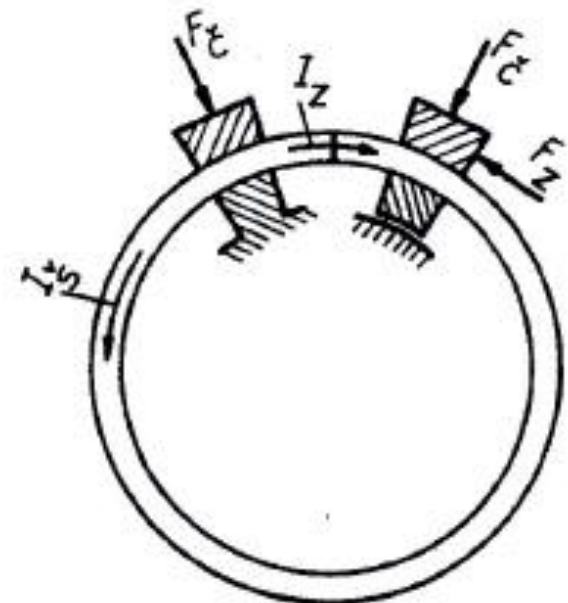
Slika IX.12. Izgled zavarenog spoja izvedenog po postupku suđenog zavarivanja varničenjem  
l - venac.

Ukupno skraćenje delova usled elektrotopnog zavarivanja varničenjem:

$$l_{uk} = l_v + l_z$$

$I_{\xi}$  – STRUJA ŠANTIRANJA – STRUJA KOJA OBILAZI ZATVORENU KONTURU DUŽIM PUTEVIMA. ZBOG TOGA SE STRUJA POVEĆAVA ZA 20-50%:

$$I = I_z + I_{\xi}$$





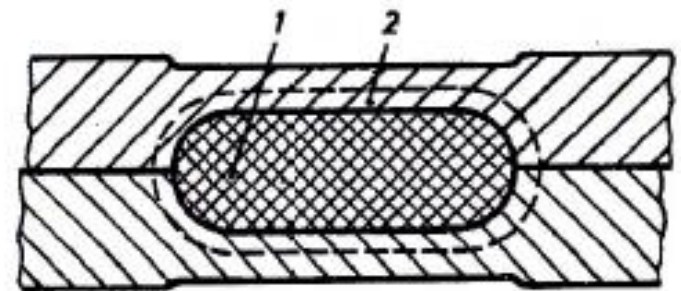
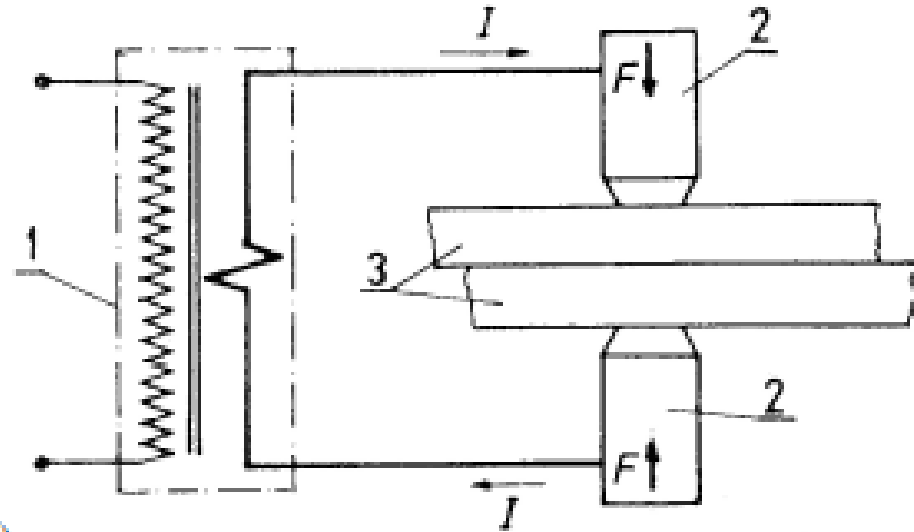
## PRIMENA I SPECIFIČNOSTI:

- MOGUĆNOST ZAVARIVANJA VELIKOG BROJA MATERIJALA, KAO I RAZNORODNIH MATERIJALA: BRZOREZNIH I UGLJENIČNIH ČELIKA, BAKRA I ALUMINIJUMA,... (ONI KOJI NE MOGU ZBIJANJEM).
- SLOŽENIJE GEOMETRIJE NEGO KOD ZBIJANJA (KARIKE, LANCI,...).
- NEPOVOLJNIJA STRUKTURA OD ZAV.ZBIJANJEM.
-

# • TAČKASTO

## ZAVARIVANJE:

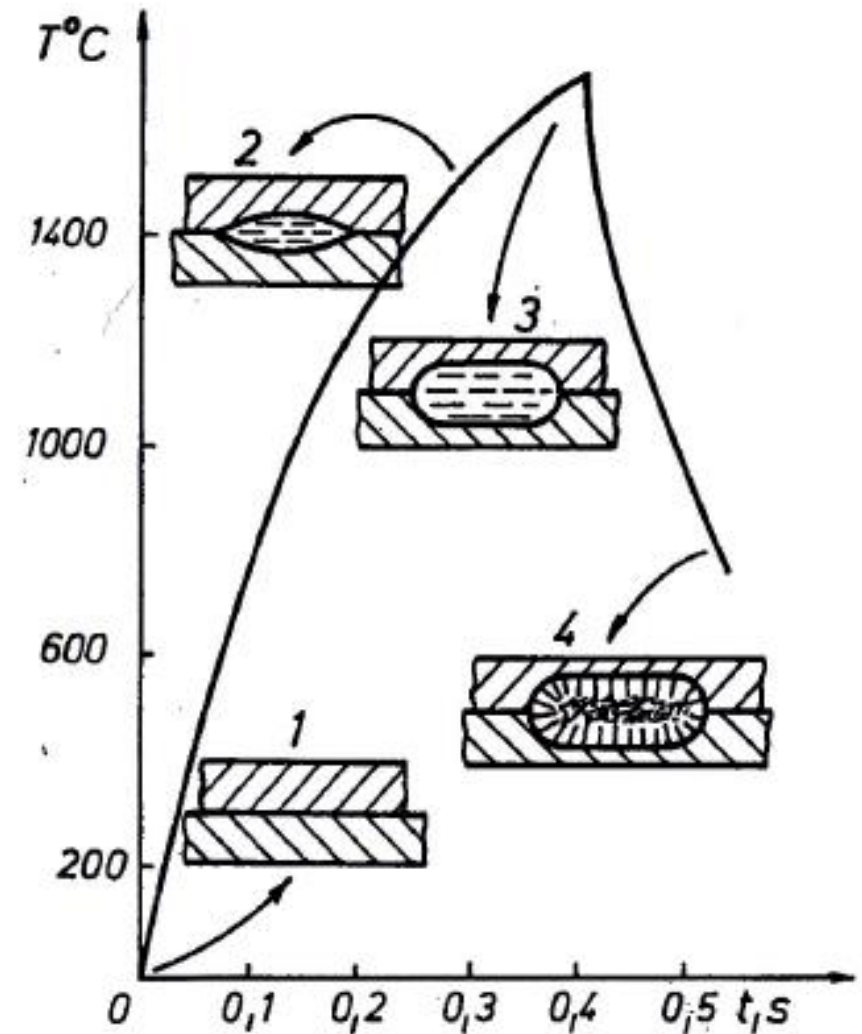
- NAJRASPROSTRANJENIJI POSTUPAK ZAV.EL.OTPOROM
- PRITISAK SE POSTIŽE HLAĐENIM ELEKTRODAMA PRI ČEMU SE DOBIJAJU PREKLOPNI SPOJEVI
- PRI ZAVARIVANJU DOLAZI DO TOPLJENJA OSNOVNOG MATERIJALA



Slika IX.26. Isgled preseka savarene tačke  
1 - liveno jezgro; 2 - zona uticaja toplote.

• PROMENA TEMPERATURE:

\*CEO PROCES ZAVARIVANJA  
JE ZAVRŠEN ZA OKO 0,5 S, A  
MOGUĆE JE I KRAĆE  
(NAJVIŠE DO 600 ZAVARA  
U MINUTI)-VISOKA  
PRODUKTIVNOST



1 - limovi pre zavarivanja

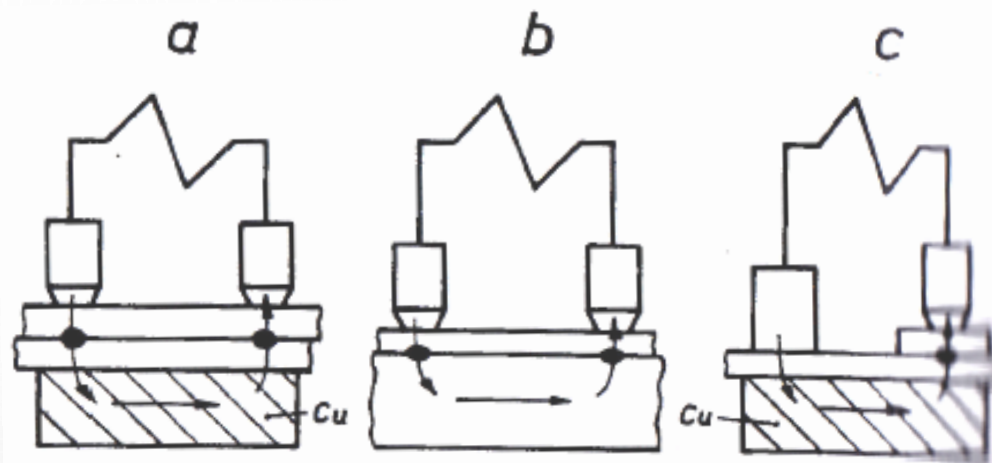
2 - početak obrazovanja rastopljenog jezgra

3 - konačno obrazovanje livenog jezgra

4 - gotova zavarena tačka

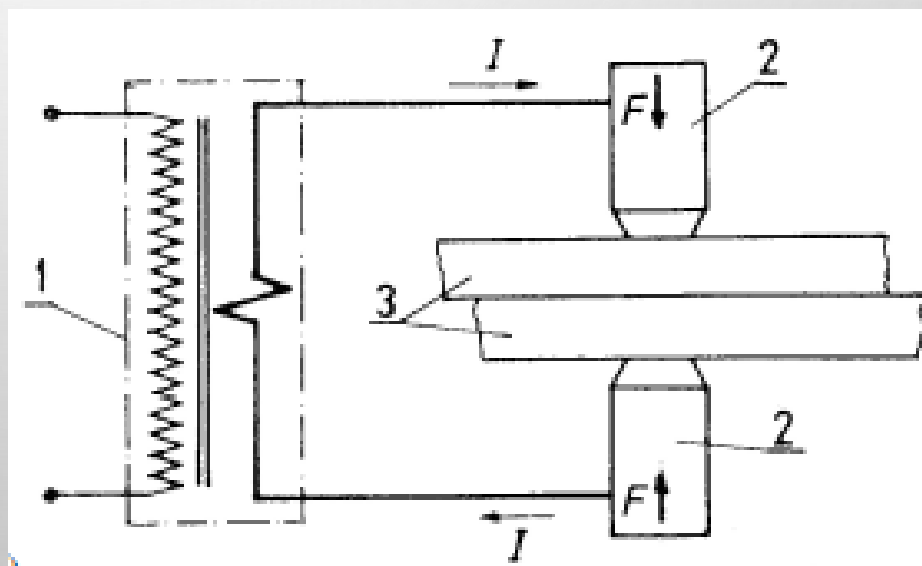
- VRSTE TAČKASTOG ZAVARIVANJA:

- a) JEDNOSTRANO

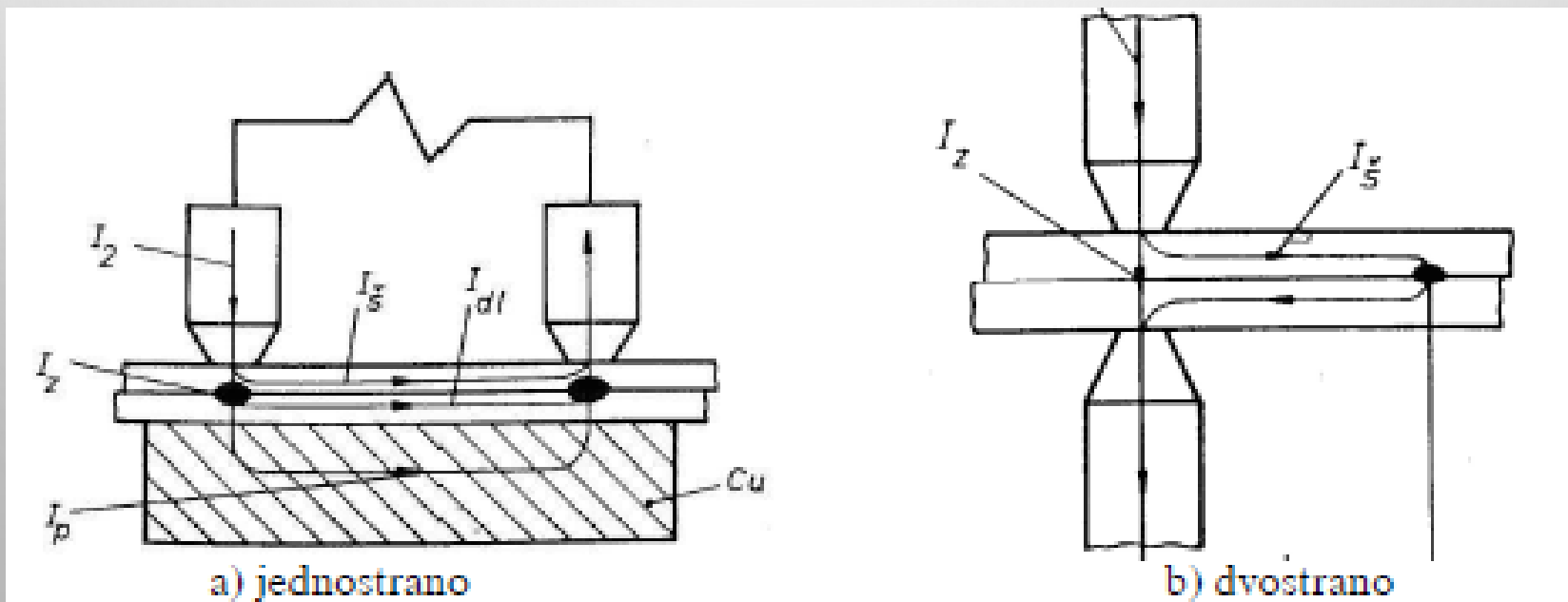


Slika IX.27. Šema jednostranog tačkastog zavarivanja  
a - sa bakarnom podlogom; b - bez bakarne podloge;  
c - sa jalovom elektrodom.

- b) DVOSTRANO:



- $I_{\xi}$  – STRUJA ŠANTIRANJA – STRUJA PROTIČE KROZ PRETHODNO ZAVARENU TAČKU. NEGATIVNA POJAVA – ZBOG TOGA JE POTREBNO IZVRŠITI ZAVARIVANJE NA RASTOJANJU OD 3,4-4,5X VEĆEM OD PREČNIKA TAČKE
- IZRAŽENIJE KOD JEDNOSTRANOG ZAVARIVANJA NEGO KOD DVOSTRANOG:



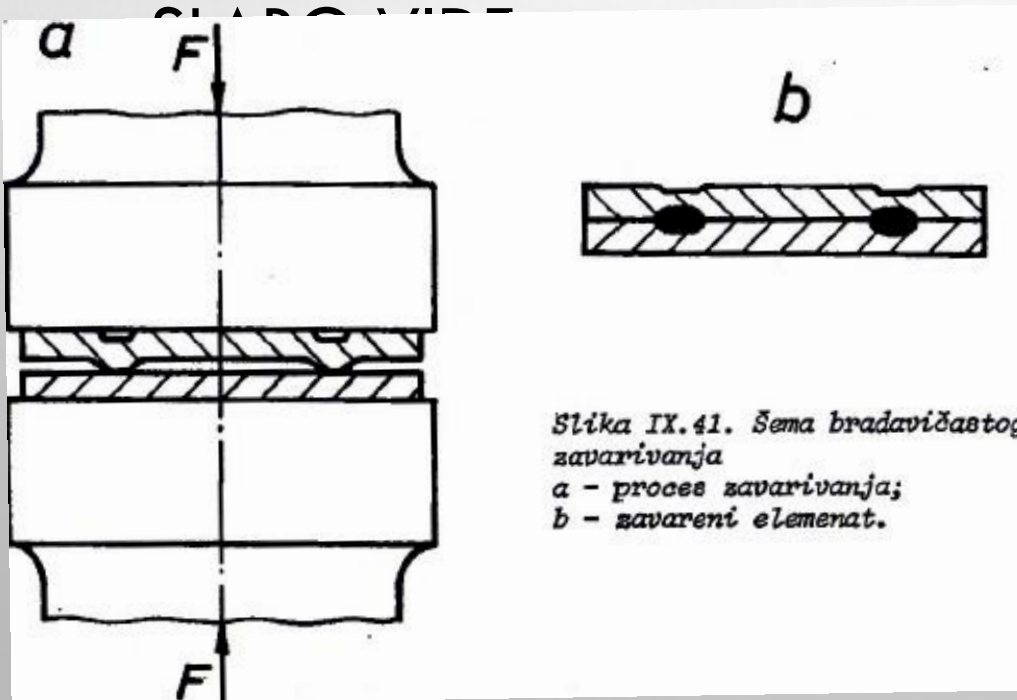
## PRIMENA I SPECIFIČNOSTI:

- VELIKA PRODUKTIVNOST
- PRIMENA ZA NAJRAZLIČITIJE MATERIJALE, UKLJUČUJUĆI I TEŠKO ZAVARLJIVE: LEG.TI, LEG. AL (AL-CU DURALUMINIJUM)
- TIPIČNA PRIMENA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI
- NEMOGUĆNOST POSTIZANJA HERMETIČNIH SPOJEVA
- ZAVARIVANJE LIMOVA 0,1-6 MM



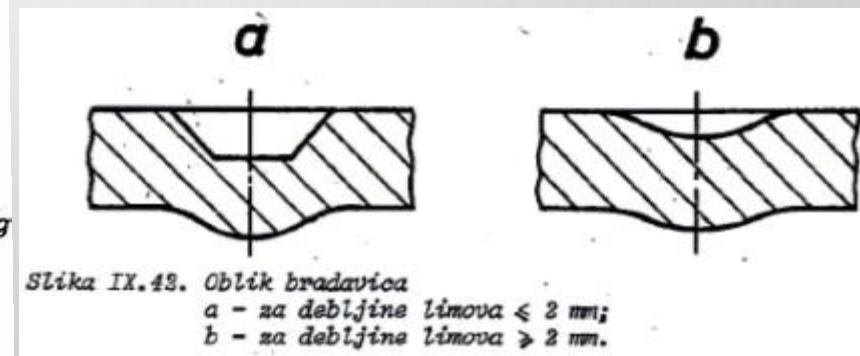
# BRADAVIČASTO ZAVARIVANJE:

- LIMOMI KOJI SE ZAVARUJU IMAJU IZBOČINE
- U ISTO VREME SE VRŠI ZAVARIVANJE U VIŠE TAČKA
- NAKON ZAVARIVANJA SE IZBOČINE ILI NE VIDE ILI



Slika IX.41. Šema bradavičastog zavarivanja  
a - proces zavarivanja;  
b - završeni element.

ANZIJA



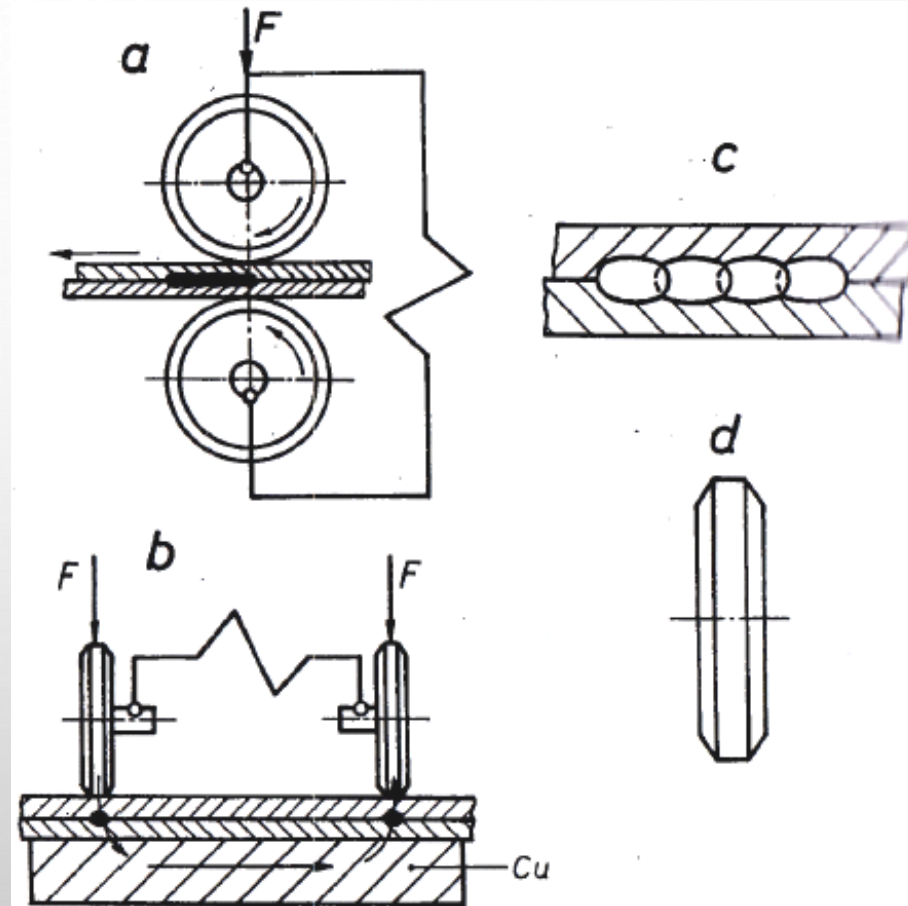
Slika IX.48. Oblik bradavica  
a - za debljine limova  $\leq 2$  mm;  
b - za debljine limova  $\geq 2$  mm.

## PRIMENA I SPECIFIČNOSTI:

- ZA NISKOUGLJENIČNE ČELIKE
- VEĆA PRODUKTIVNOST NEGO KOD TAČKASTOG
- DUŽI VEK ELEKTRODA NEGO KOD TAČKASTOG
- POTREBNA VEĆA SNAGA UREĐAJA (VEĆA STRUJA I PRITISAK) NEGO KOD TAČKASTOG (SKUPLJI UREĐAJ)
- SLOŽENIJA PRIPREMA LIMOVA NEGO KOD TAČKASTOG
- ZAVARIVANJE LIMOVA DEBLJINE 0,5-5 MM
- MOGUĆNOST ZAVARIVANJA TANKIH SA DEBELIM LIMOVIMA

# ŠAVNO ZAVARIVANJE:

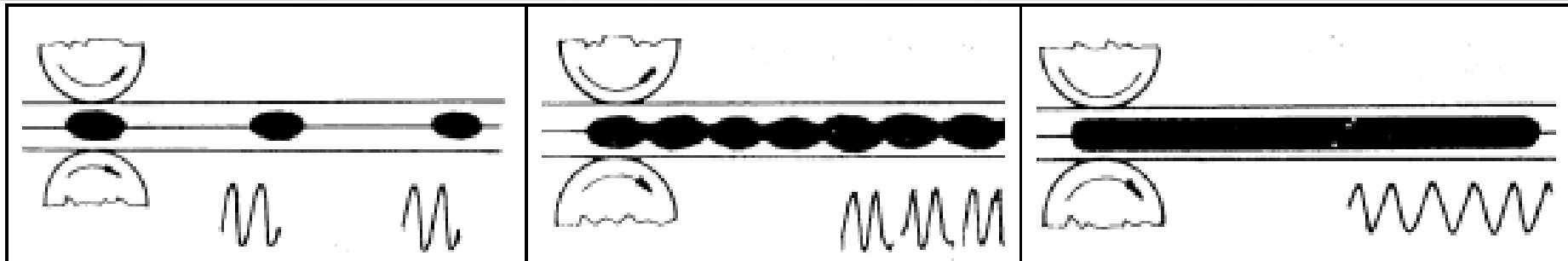
- KORISTE SE KRUŽNE ELEKTRODE IZMEĐU KOJIH SE KREĆE OSNOVNI MATERIJAL,
- A MOGUĆE JE I DA SU
- ELEKTRODE POKRETNE.
- ZAVARENE TAČKE SE
- MEĐUSOBNO PREKLAPAJU
- MOŽE BITI DVOSTRANO ILI
- JEDNOSTRANO



Slika IX.43. Šema šavnog zavarivanja električnim otporom  
a - dvostrano šavno zavarivanje;  
b - jednostrano šavno zavarivanje;  
c - uzdužni presek šava;  
d - izgled elektrode za šavno zavarivanje.

## UTICAJ PAUZE IZMEĐU PROPUŠTANJA STRUJE:

- VELIKA PAUZA: MANJE TAČAKA, ČVRSTOĆA MANJA, NEMA HERMETIČNOSTI ALI RADNI VEK ELEKTRODA NAJDUŽI
- BEZ PAUZE: KONTINUALAN ŠAV, HERMETIČNOST, PREGREVANJE ELEKTRODE, MOŽE ZA KRAĆE ŠAVOVE



a) velika pauza

b) mala pauza

c) bez pauze

## PRIMENA I SPECIFIČNOSTI:

- - KORISTI SE ZA ZAVARIVANJE RAZLIČITIH MATERIJALA:  
NISKOUGLJENIČNIH I NERĐAJUĆIH ČELIKA, LEG.AL, CU, TI,...
- MOŽE DA SE POSTIGNE HERMETIČNOST NA  
TEČNOSTI I GASOVE
- DEBLJINE LIMOVA DO 3 MM
- POTREBNA VEĆA SNAGA NEGO KOD  
TAČKASTOG ZBOG VEĆEG ŠANTIRANJA  
STRUJE

## PREDNOSTI ZAVARIVANJA EL.OTPOROM:

- ŠIROK SPEKTAR MATERIJALA KOJI SE MOGU ZAVARIVATI
- VISOKA MOGUĆNOST AUTOMATIZACIJE
- MALI UTROŠAK ENERGIJE (VISOKA EKONOMIČNOST)
- VELIKA PRODUKTIVNOST

## NEDOSTACI ZAVARIVANJA EL.OTPOROM :

- SKUPA OPREMA
- OPREMA NIJE POGODNA ZA PRENOŠENJE VAN POGONA (TERENSKI RAD)
- OGRANIČENJE DEBLJINE, ODNOSNO POPREČNOG PRESEKA OSNOVNOG MATERIJALA