



**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
KOSOVSKA MITROVICA**

# **POSTUPCI SPAJANJA NOVIH MATERIJALA**

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

**Kosovska Mitrovica, mart 2022**

# POSTUPCI SPAJANJA NOVIH MATERIJALA

- POSTUPCI SPAJANJA:
  1. KOMPOZITNIH MATERIJALA
  2. KERAMIKA

# POSTUPCI SPAJANJA KOMPOZITNIH MATERIJALA

1. SPAJANJE KOMPOZITNIH MATERIJALA SA POLIMERNOM OSNOVOM
2. SPAJANJE KOMPOZITNIH MATERIJALA SA METALNOM OSNOVOM
3. SPAJANJE KOMPOZITNIH MATERIJALA SA KERAMIČKOM OSNOVOM – KAO KOD KERAMIKA!!!

• SPAJANJE KOMPOZITNIH MATERIJALA SA POLIMERNOM OSNOVOM:

- POLIMERNA OSNOVA MOŽE BITI OD:

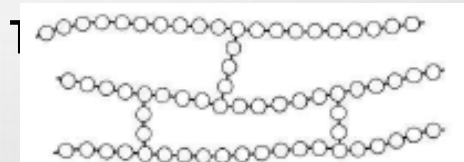
a) TERMOPLASTIČNIH POLIMERA:

-**MOGU DA SE ZAVARE** ZBOG SEKUNDARNIH VEZE SE LAKO RASKIDAJU I USPOSTAVLJAJU



b) TERMOREAKTIVNIH POLIMERA:

- **NE MOGU DA SE ZAVARE** JER IMAJU UMREŽENU STRUKTURU SA KOVALENTNIM POPREČNIM VEZAMA KOJE SE TAVENJENJEM RASKIDAJU I USPOSTAVLJAJU



- POSTUPCI ZAVARIVANJA KOMPOZITNIH MATERIJALA SA TERMOPLASTIČNOM OSNOVOM:

1. ZAVARIVANJE TOPLIM VAZDUHOM/GASOM
2. ZAVARIVANJE VRUĆIM ALATOM
3. ZAVARIVANJE ELEKTRIČNIM OTPOROM
4. ZAVARIVANJE INDUKCIJOM
5. ZAVARIVANJE ZAGREJANIM UMETCIMA (ZAVRTNJIMA)
6. ZAVARIVANJE INFRA-CRVENIM ZRACIMA I LASEROM
7. ZAVARIVANJE MIKROTALASNIM ZAGREVANJEM
8. ZAVARIVANJE TRENJEM
9. VIBRACIONO ZAVARIVANJE
10. ULTRAZVUČNO ZAVARIVANJE

## 1. ZAVARIVANJE TOPLIM VAZDUHOM/GASOM:

-VAZDUH ILI GAS ( $N_2$  ILI  $O_2$ ) DOVODI SE PREKO GREJAČA I USMERAVA NA SPOJ. POLIMER (OSNOVNI I DODATNI MATERIJAL) SE TOPI I FORMIRA ŠAV.



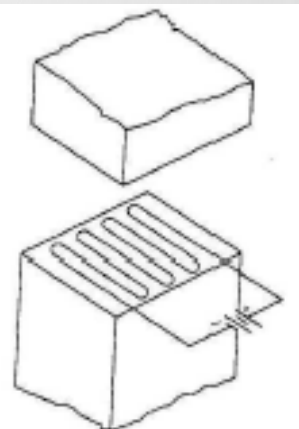
## 2. ZAVARIVANJE VRUĆIM ALATOM:

- CENTRIRANJE/RAVNANJE VRUĆIM ALATOM, PRITISAK DO HLAĐENJA.



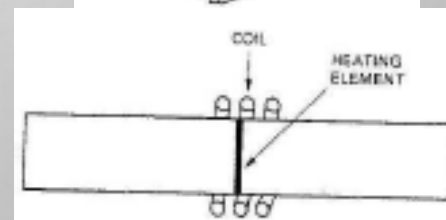
## 3. ZAVARIVANJE ELEKTRIČNIM OTPOROM:

- KROZ GREJAČ POSTAVLJEN IZMEĐU PRIPREMLJENIH POVRŠINA PROLAZI STRUJA, ZAGREVA SPOJ I TOPI OSNOVNI MATERIJAL. GREJAČ OSTAJE U SPOJU.



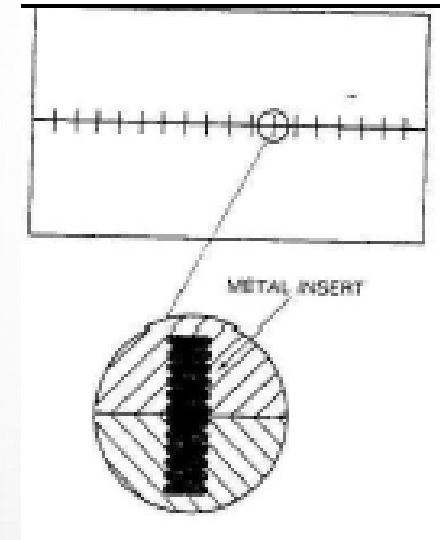
## 4. ZAVARIVANJE INDUKCIJOM:

-GREJAČ SE ZAGREVA INDUKCIJOM I OSTAJE U SPOJU



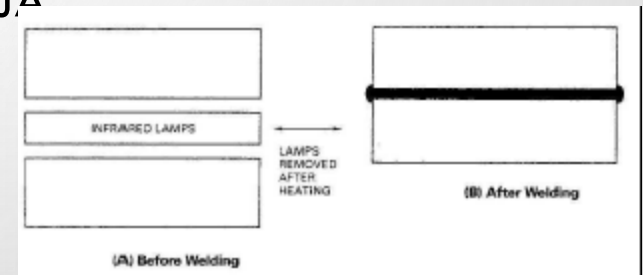
## 5. ZAVARIVANJE ZAGREJANIM UMETCIMA

(ZAVRTNJIMA): PRVO MEHANIČKO VEZIVANJE ZAVRTNJIMA, PROPUŠTANJEM STRUJE DOLAZI DO TOPLJENJA I ZAVARIVANJA



## 6. ZAVARIVANJE INFRA-CRVENIM ZRACIMA I LASEROM:

ILI LASERSKI ZRACI SE IZ UMETNUTOG ELEMENTA USMERAVAJU KA POVRŠINAMA, NAKON UKLANJANJA IZVORA TOPLOTE, DELUJE PRITISAK.

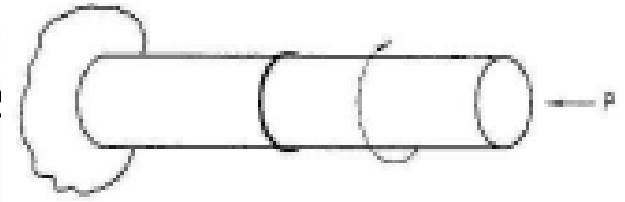


## 7. ZAVARIVANJE I MIKROTALASNIM ZAGREVANJEM:

ZAGREVANJE POLIMERA ILI MEĐUSLOJA KOJI INDIREKTNO ZAGREVA POLIMER MIKROTALASNIM ZRAČENJEM

## 8. ZAVARIVANJE TRENJEM:

TOPLOTA SE GENERIŠE OBRRTANJEM ELEMENATA/  
TRENJEM, A ZAVARIVANJE SE VRŠI UZ DODATNI  
PRITISAK.

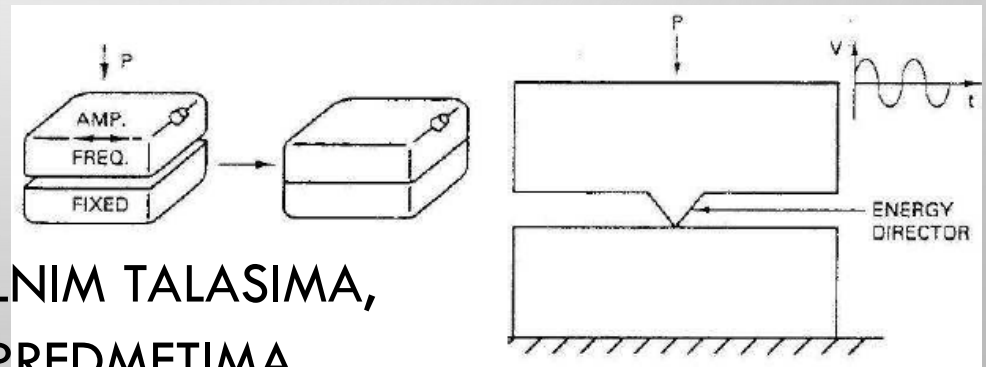


## 9. VIBRACIONO ZAVARIVANJE:

TOPLOTA SE GENERIŠE TRENJEM USLED  
MEĐUSOBNOG LINEARNOG VIBRIRANJA  
KOMPONENTI

## 10. ULTRAZVUČNO ZAVARIVANJE:

TOPLOTA SE GENERIŠE ULTRAZVULNIM TALASIMA,  
IZMEĐU NERAVNINA NA RADNIM PREDMETIMA.

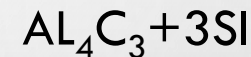
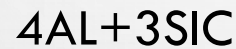




- POSTUPCI ZAVARIVANJA KOMPOZITNIH MATERIJALA SA METALNOM OSNOVOM:

-PROBLEMI SU:

1. PREVELIK UNOS TOPLOTE UZROKUJE SEGREGACIJU FAZA PO GRANICAMA ZRNA (LEG.AL 2XXX, 7XXX)
2. NEŽELJENE HEMIJSKE REAKCIJE; LEG.AL OJAČANA SA ČESTICAMA ILI VLAKNIMA SIC:



3. PRIPREMA ŽLJEBA JE OTEŽANA ZBOG ABRAZIVNOG DEJSTVA KERAMIČKIH OJAČAVAJUĆIH ELEMENATA 

- POSTUPCI:

- TIG

- MIG

- LASERSKO

- ELEKTRONSKIM SNOPOM

- ELEKTROOPTORNO

- TRENJEM

\* POSEBNO JE VAŽAN MALI UNOS TOPLOTE!!!

# POSTUPCI SPAJANJA KERAMIKA

- NEORGANSKI NEMETALNI MATERIJALI – JEDINJENJA METALNIH I NEMETALNIH ELEMENATA POVEZANIH JONSKIM I/ILI KOVALENTNIM VEZAMA.
- PO PRAVILU KRTO I TVRDI MATERIJALI, ELEKTRIČNI I TERMIČKI IZOLATORI, VISOKA TEMP.TOPLJENJA, OTPORNI NA KOROZIJU I HABANJE, MALA GUSTINA.
- PODELA: TRADICIONALNA I INŽENJERSKA KERAMIKA
- TRADICIONALNA: MEŠAVINA GLINE,  $\text{SiO}_2$  I FELDSPATA, PRIMENA ZA OPEKU I ELEKTROPORCELAN
- INŽENJERSKA: JEDINJENJA VISOKE ČISTOĆE,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ ,... PRIMENA ZA KOMPONENTE GASNIH TURBINA, SVEĆICE,...

- OSOBINE INŽENJERSKE KERAMIKE:
- GUSTINA 3-5,8 G/CM<sup>3</sup>
- TEMPERATURA TOPLJENJA: 1900 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) DO 3120 (WC)
- MALA TOPLOTNA PROVODLJIVOST
- ANIZOTROPIJA TERMIČKOG ŠIRENJA (DO 50 % RAZLIKE U TOPLOTNOJ DILATACIJI U RAZLIČITIM DRAVCIMA)

**Tabela 12.3.** Fizička i mehanička svojstva nekih keramičkih materijala

Materijal	Gustina gr/cm <sup>3</sup>	Zatezna čvrstoća N/mm <sup>2</sup>	Savojna čvrstoća N/mm <sup>2</sup>	Pritisna čvrstoća N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti GPa	Tvrdoća HK	Žilavost loma N/mm <sup>3/2</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,98	207	552	2760	386	2000	170
SiC sinterovan	3,1	172	552	3864	414	2100	136
RBSN *	2,5	138	241	1035	207	2000	103
HPSN **	3,2	552	897	3450	310	.	165
Sialon	3,24	414	966	3450	310	.	309
ZrO <sub>2</sub> (PTZ)	5,8	448	690	1863	207	1100	351
ZrO <sub>2</sub> (TTZ)	5,8	345	793	1725	201	.	391
WC	10-15	.	1030	4500	200	2000	
TiC	5,5	.	1400	3100	310	1800	
BN	3,4	.	725	7000	850	4000	
Dijamant	3,5	.	1400	7000	830	8000	

\* RBSN - Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dobijen hemijskom reakcijom

\*\* HPSN - Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dobijen presovanjem na toplo

- POSTUPCI SPAJANJA:

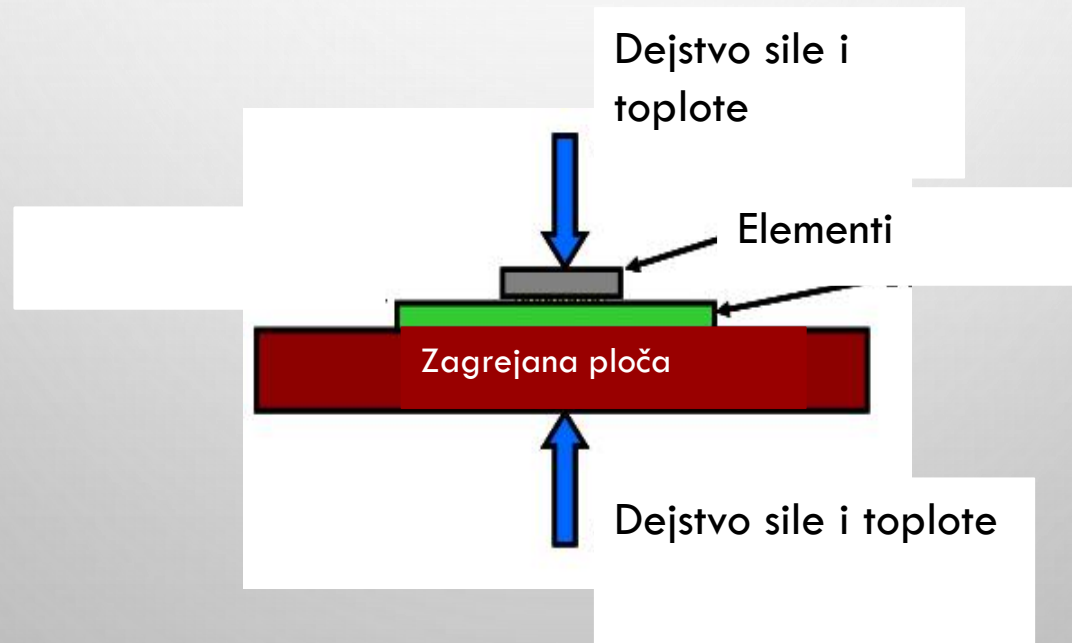
1. DIFUZIJOM (ZAVARIVANJE DIFUZIJOM)

2. TVRDO LEMLJENJE

- ZAVARIVANJE DIFUZIJOM:

- ZAVARIVANJE DIFUZIJOM VRŠI SE NA PRESAMA, OPREMLJENIM POSEBNIM ALATIMA, GDE SE ELEMENTI ZAVARUJU UZ ZAGREVANJE NA  $0,5-0,7 T_{TOPLJ}$

- NAJČEŠĆE SE PRIMENJUJE METALNI MEĐUSLOJ ILI MEĐUSLOJ OD STAKLA



- TVRDO LEMLJENJE KERAMIKE:

- PROBLEM JE UGAO KVAŠENJA KERAMIKE, KOJI MORA DA SE SMANJI ISPOD 40-45°, ŠTO SE PREVLAČENJEM KERAMIKE:

1. NANOŠENJE BOJE NA BAZI MO-MN
2. SINTEROVANJE BOJE NA KERAMIKU U ATMOSFERI H<sub>2</sub>
3. NANOŠENJE BOJE NA BAZI NI-O
4. TVRDO LEMLJENJE: AG-28CU, CU-36AU, AU-18NI