

# VARJENJE

## 5 VARJENJE z mehansko energijo

V to skupino spadajo varilni procesi, pri katerih se kovina ne ogreje nad temperaturo tališča. Za zvaritev je potrebna mehanska energija v obliki pritiska, udarcev, trenja ali podobno. Varjence lahko ogreje sam zavarjalni proces, ali predmet dodatno ogrevamo (toplo zvarjanje) ali pa ostane popolnoma hladen (hladno zvarjanje). Varjence je treba med zvarjanjem ob zvarnem stiku plastično preoblikovati. Pri tem se površinske oksidne kožice na stičnih ploskvah raztrgajo, pride do tesnega stika med čistimi kovinskimi površinami, do rekristalizacije plastično deformirane strukture in do zvaritve. Potrebna sila za zvaritev mora biti:

$$F \geq R_{p0,2} A \text{ [N]}$$

$R_{p0,2}$  - meja plastičnosti [N/mm<sup>2</sup>],  $A$  - prerez varjenca [mm<sup>2</sup>] Pri toplem varjenju se zaradi ogrevanja zmanjša za zvaritev potrebna sila ( $R_{p0,2}$  se zniža), zmanjšajo se elastične notranje (zaostale) napetosti, poveča debelina oksidne kožice na površini, olajšajo difuzijski pojavi ob stični ploskvi (odstranitev oksida) in izboljšajo tudi osnovni pogoji za rekristalizacijo.

Teoretično je zvaritev možno razlagati po adhezijski hipotezi s približanjem atomov na razdalje, enake mrežni konstanti, in z delovanjem medatomarnih sil med dvema zvarjencema. Po difuzijski teoriji pride do zvaritve zaradi difuzijskih procesov na kratke razdalje.

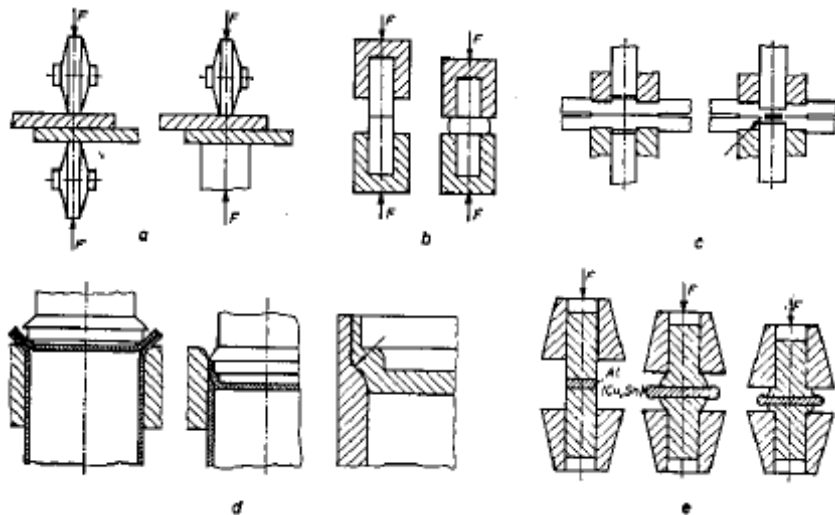
Najbolj verjetno pa je zvaritev rezultat obeh pojavov.

### 5.1 Hladno zvarjanje s pritiskom

Za zvaritev je potreben samo pritisk. Varivost je najboljša pri mehkih kovinah in se zmanjšuje z naraščajočo temperaturo tališča in trdoto. Možno je tudi zvarjanje različnih kovin med seboj.

Najvažnejše je očiščenje površine (brušenje, peskanje, ščetkanje in podobno) neposredno pred zvaritvijo. Zvari so lahko soležni ali prekrovnini in dosežejo trdnost osnovnega materiala.

Možno je tudi hladno lotanje s stiskanjem (slika 41 e)



Slika 41. **Primeri hladnega varjenja s pritiskom**, a - prekrovno kolutno, b - sočelno s prostim nastankom žmule, c - prekrovno z usmerjeno deformacijo, d - zvarjanje dna posode, e - soležno z vstavljenjo mehkejšo kovino

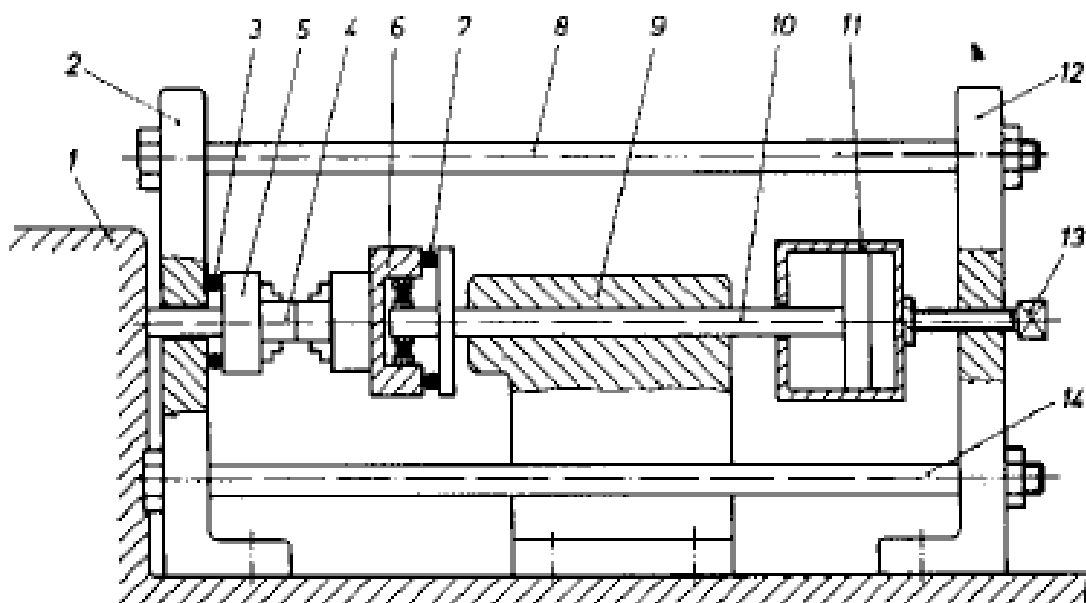
## 5.2 Toplo zvarjanje s pritiskom

Postopek je popolnoma analogen hladnemu zvarjanju, potrebne so le manjše sile za isto stopnjo preoblikovanja. Po načinu ogrevanja so postopki: plamensko varjenje s stiskanjem, alumotermično, induktivno, kovaško varjenje idr. Za odstranjevanje oksidov lahko uporabljamo talila.

## 5.3 Varjenje s trenjem

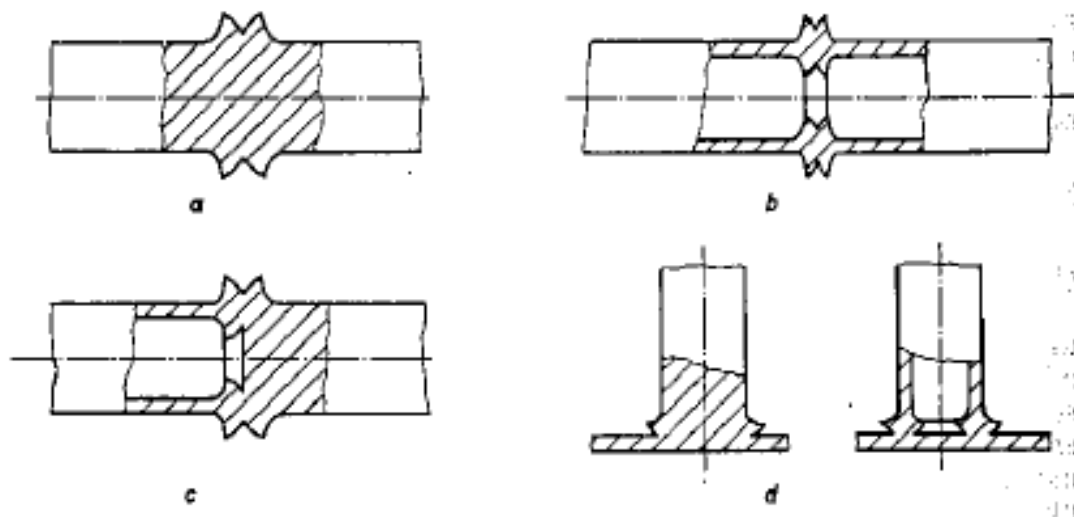
To je novejši način soležnega zvarjanja z mehansko energijo (brez taljenja). Shema naprave je na sliki 42.

Vrtenje dveh varjencev okroglega prereza drugega proti drugemu povzroči trenje na stičnih ploskvah. Ogretje čelnih ploskev je odvisno od torne sile, hitrosti vrtenja in lastnosti materiala, od specifičnega pritiska, velikosti stične ploskve in tornega koeficienta. Ko se material ogreje do plastičnega stanja, je treba vrtenje ustaviti in oba varjenca s pritiskom, ob zadostni plastični deformaciji, zavariti. Prednost postopka je predvsem v nizki varilni temperaturi, ogretju na ozko omejenem področju ter majhni porabi energije.



Slika 42. **Shema varjenja 5 trenjem**, 1 - vretenjak, 2 in 12 - oporni plošči, 3 in 7 - tlačna ležaja, 4 - varjenca, 5 in 6 - vpenjalni glavi, 8 in 14 - ojačitveni vezi, 9 - konjiček, 10 - batnica, 11 - hidravlični valj, 13 - nastavitveni vijak

Neugodne so majhne možnosti za izbiro različnih oblik varjencev. Najobičajnejše oblike so podane na sliki 43.

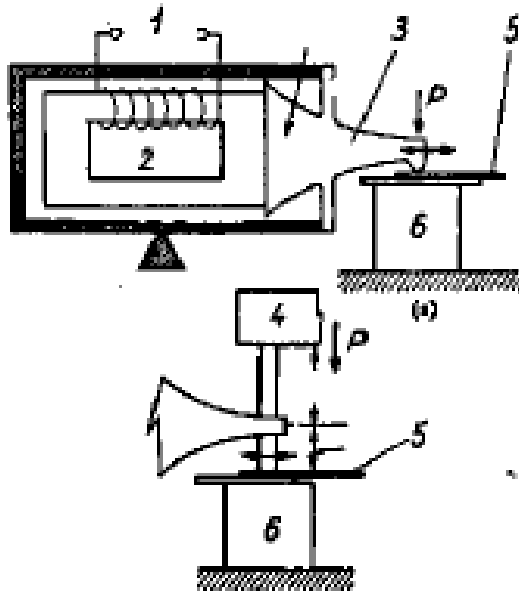


Slika 43. **Varjenci, zvarjeni strenjem**, a - okrogli, polni profil; b - cevi, c - cev in okroglo železo, d - profil ali cev na ploščo

#### 5.4 Varjenje z ultrazvokom

Varjenca sta vpeta med varilno orodje (sonotrodo) in nakovalce (slika 44) in stisnjena s silo  $F$ . Pravokotne na silo učinkuje ultrazvočno valovanje, ki se v sonotrodi transformira v mehansko nihanje z isto frekvenco.

V zvarnem stiku pride do drsnega trenja in povišanja temperature nad 300 °C. Potek zvaritve: porušitev površinskih plasti (oksidov) in delna odstranitev iz stika, delovanje medatomskih sil, difuzijski (izmenjalni) učinki na majhne razdalje, rekristalizacija. Postopek je pomemben predvsem za zvarjanje tankih materialov (3 do 0,005 mm), isto - in raznovrstnih kovin med seboj (slika 45), kovin s steklom in keramičnimi materiali, umetnih mas idr. Možno je tudi zvarjanje nehomogenih, sintranih materialov ali neparjenih kovinskih plasti.



Slika 44. Shema naprave za varjenje z ultrazvokom (1 - VF generator, 2 - magnetostrikcijsko nihalo, Ni - lamele, 3 - sonotroda, 4 - utež, 5 - varjenec, 6 - nakovalce)

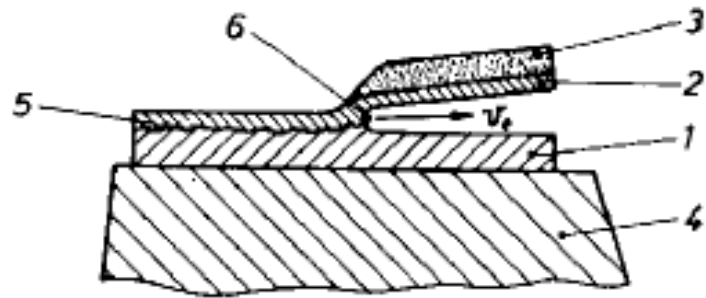
Al + gluhine	Be + ...	Cu + ...	Ge	Au	Fe	Mg + ...	Mn + ...	Ni + ...	Pb + ...	Pt + ...	Si	Ag + ...	Ta + ...	Sn	Ti + ...	W + ...	Zr + ...	
																		Al + zlitine
																		Be + ...
																		Cu + ...
																		Ge
																		Au
																		Fe
																		Mg + ...
																		Mn + ...
																		Ni + ...
																		Pb + ...
																		Pt + ...
																		Si
																		Ag + ...
																		Ta + ...
																		Sn
																		Ti + ...
																		W + ...
																		Zr + ...

Slika 45 Z ultrazvokom varive kombinacije kovin

## 5.5 Eksplozijsko varjenje

Pri eksplozijskem varjenju ali platiranju uporabljamo za zvaritev tlačni val eksplozije sorazmerna brizantnega eksploziva. Princip zvarjanja je razviden iz slike 46. Po vžigu eksploziva, ki je v obliki folije položen na varjenec, se eksplozija giblje v obliki linearnega linearnega vala prek kombinacije osnovnega in dodatnega materiala, ali pa udari eksplozija po celi ploskvi istočasno. Hitrosti eksplozije so nadzvočne in na stiku med obema materialoma pride v kolizijski točki, ki potuje prek varjenca, do plastične deformacije. Pri tem se mejne plasti tudi nekoliko natalijo in oba materiala premešata. Tako nastane zvar. Hitrost gibanja kolizijske točke je odvisna od vrste in količine eksploziva, Da nastane kvaliteten zvar, mora biti hitrost eksplozije  $v_{sr}$  med neko zgornjo  $v_{zg}$  in neko spodnjo  $v_{sp}$  kritično hitrostjo. Te hitrosti so odvisne od vrste in kombinacije obeh materialov.

- 1 osnovni material
- 2 dodajni material
- 3 eksploziv
- 4 podloga
- 5 valovita mejna ploskev
- 6 kolizijska točka

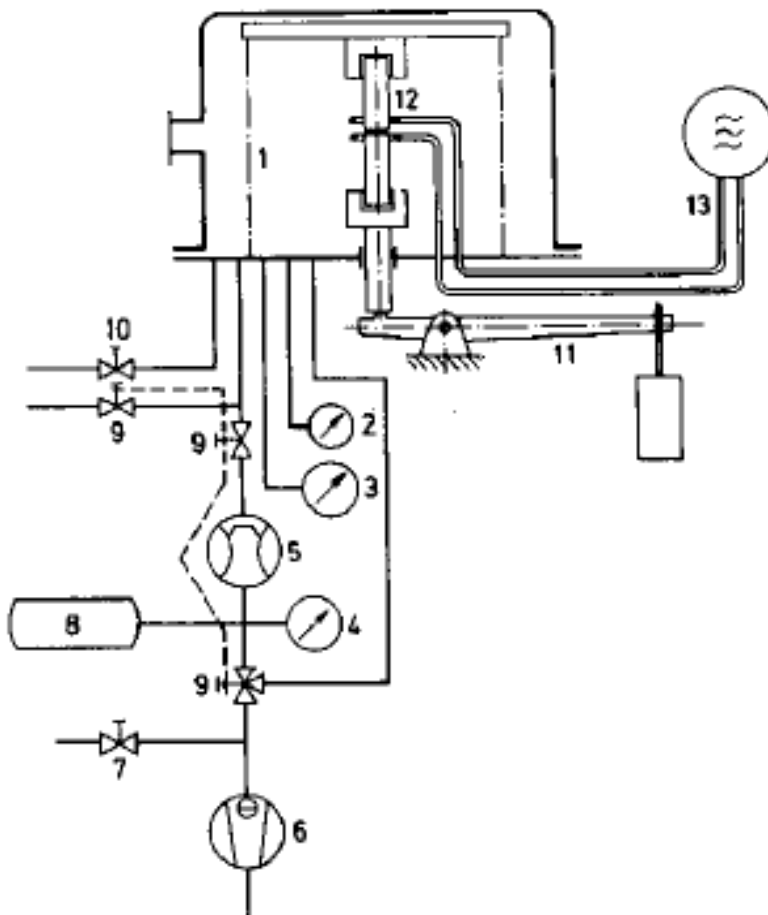


Slika 46. Shema eksplozijskega varjenja (platiranja)

Eksplozijsko varjenje (platiranje) uporabljajo pri izdelavi naprav za kemično industrijo. Na jeklo se lahko navarijo kovine: tantal, molibden, aluminij, titan, cirkon in tudi druge kombinacije teh kovin so možne. Postopek se lahko uporablja tudi za uvarjanje cevi v kotlovska dna.

## 5.6 Difuzijsko varjenje

Difuzijsko varjenje je spajanje kovinskih ali nekovinskih delov v trdnem stanju. Spoj nastane na stičnem mestu ob minimalni plastični deformaciji po difuziji, kar vodi do rekristalizacije kovine. Princip je razviden iz slike 47.



Slika 47. **Shema varilne naprave za difuzijsko varjenje:** 1 - va- rilna komora, 2 - merilna glava Pirani II, 3 - merilna glava Penning, 4 - merilna glava Pirani 1, 5 - difuzijska črpalka, 6 - rotacijska črpalka, 7 - ventil za vpust atmosfere, 8 - predvakuumski recipient, 9 - programski ventil, 10 - dodajanje plina, 11 - ročica z utežjo, 12 - varjenec in ogrevalni induktor, 13 - VF-generator

Stične ploskve morajo biti ravne in tehnično čiste. Zvarjanje je najuspešnejše v vakuumu od  $10^{-1}$  do  $10^{-4}$  Pa; s tem se ogrete sti

ne površine še dodatno očistijo. Temperatura ogrevanja mora biti med 0,5- do 0,80-krat temperatura tališča. Če že zvarjajo kovine z različnimi tališči, je treba upoštevati nižje taljivo kovino.

Najuspešnejše je visokofrekvenčno induktivno ogrevanje. Možno je tudi zvarjanje v zaščitnih plinih ali nevtralnih solnih talinah. Tlak med varjencema je odvisen od obeh materialov in naj bo od 0,04 do 250 MPa. Časi pa so sorazmeroma dolgi, ker je to difuzijski proces.

Uporabnost: za zvarjanje istovrstnih in predvsem raznovrstnih kovin, zlitin, kovin s sintranimi kovinami, kovin s keramiko, karbidnih trdin in podobno. Postopek je našel svoje mesto tam, kjer drugi načrti zvarjanja niso uporabni.