

# VARJENJE

## 1. SPLOŠNO O VARJENJU

### 1.1 Definicija varjenja

Varjenje je spajanje kovinskih (včasih tudi nekovinskih) strojnih ali konstrukcijskih delov v nerazdružljivo celo to. Nastali spoj naj obdrži čim bolj homogene in osnovnemu materialu enakovredne lastnosti (mehanske, fizikalne, kemijske in druge). Vsi spojeni deli so najpogosteje iz istovrstnih ali vsaj zelo sorodnih materialov, ki imajo skoraj isto temperaturo tališča.

Pri talilnem varjenju je treba vse dele (to je osnovni material) lokalno nataliti in jih nato, ob dodajanju raztaljenega dodajnega materiala, ali tudi brez njega, s kristalizacijo kovinske taline spojiti.

Pri varjenju brez taljenja nastane zvarjeni spoj zaradi delovanja mehanske energije (pritiska, udarca): na zvarnem mestu pride, v vročem ali hladnem stanju, do plastične deformacije in pa rekristalizaciji do spojitve.

Lotanje se razlikuje od varjenja po tem, da ostane predmet popolnoma neraztaljen in se raztali samo lot. Pri tem nastali spoj je samo adhezijski in ne pride do zlitja osnovnega in dodajnega materiala. Zaradi te osnovne različnosti je tudi priprava materiala za lotanje bistveno drugačna kot pa za varjenje.

## 1.2 Pregled varilnih postopkov

Zaradi intenzivnega razvoja varjenja in velikega števila modernih varilnih postopkov klasična delitev na talilno varjenje in varjenje brez taljenja ne zadošča več.

Mednarodni institut za varjenje (IIW/IIS) je izdelal razdelitev varilnih postopkov glede na vrsto energije, ki največ prispeva k nastanku zvarnega spaja. V razpredelnici 1 je podana razdelitev pa tem kriteriju.

V razpredelnici 2 so označbe pa JUS C.T3.011 za kratka označevanje nekaterih varilnih postopkov.

Po namenu se deli varjenje na:

- **zvarjanje**, tj. spajanje dveh ali več delov v nerazdružljivo celoto z dodajanjem ali brez dodajanja materiala in

- **navarjanje**, tj. nanašanje dodatnega materiala na osnovni material (podlaga); namen navarjanja je ponovna vzpostavitev prvotnih dimenzij ali površinske kvalitete (pa obrabi) ali pa sprememba, izboljšava lastnosti površine materiala (odpornost proti koroziji, obrabi, visokim temperaturam, kavitaciji, boljše torne ali tesnilne lastnosti in podobno).

Razpredelnica 1. Razdelitev varilnih postopkov

Tek. št.	Vrsta energije	Postopek	Uporabnost postopka za razne kovine in dimenzije [mm] ali [mm <sup>2</sup> ]		
			jekla	lahke kovine	drugi materiali
1	kemična	Plamensko varjenje	0,5 ... 15 mm (in več)	0,5 ... 15 mm (in več)	2 ... 30 mm Cu in zlitine
2		Alumotermično varjenje	razne debeline	—	—
3	električna električni oblok varjenje	Obločno varjenje, z oblokom med varjencema (SIC-arc) ali varjenje čepov	1 ... 30 mm Ø ali ploščati čepi	Ø 1 ... 30 mm	čepi iz bronov brez Pb
4		Varjenje v atomarnem vodiku	0,8 ... 10,0 mm	1 ... 4 mm (pogojno), (bolje postopek zap. št. 7 in 8)	—
5		Varjenje z ogljeno elektrodo	1 ... 10 mm (in več)	2 ... 12 mm	2 ... 10 mm za Cu in druge kovine
6		Varjenje s taljivo (paličasto) elektrodo (golo, stržensko, oplasčeno)	1 ... 50 mm (in več)	2 ... 25 mm (pogojno)	2 ... 10 mm za Cu in zlitine (pogojno)
7		TIG — postopek — wolframska elektroda, oblok v zaščitni inertni atmosferi	1 ... 10 mm (in več)	1 ... 10 mm (in več)	razne barvne kovine do 10 mm (in več)
8	MIG — postopek, taljiva elektrodna žica, oblok v zaščitni inertni atmosferi	2 ... 10 mm (in več)	2 ... 10 mm (in več) z več varki	predvsem Cu od 2 do 30 mm in več	

9	odkriti	talilno	MAG postopek, taljiva elektrodna žica, oblok v zaščitni atmosferi aktivnega plina	1 ... 20 mm (in več)	—	ni primerno
10			Varjenje z oplašeno, stržensko ali iz kovinskega traku zvito polnjeno žico, ali z magnetnim praškom v zaščitnem plinu CO <sub>2</sub> ali brez plinske zaščite	od 0,5 ... 20 mm (in več)	ni v rabi	neprimerno
11			Varjenje z magnetno rotirajočim oblokom	cevi manjših premerov deloma tudi odprtih profilov	—	—
12			Varjenje v ozkem žlebu po postopku MIG ali MAG, redkeje pod praškom	za soležne zware večjih debelin	—	—
13			zakriti oblok	Varjenje pod letvo, oplašena elektroda, oblok gori pod bakreno letvo		
14	Varjenje pod praškom, gola elektrodna žica, oblok zakrit s praškom	1,5 ... 50 mm (in več)				
15	talilno upor.	Varjenje pod žlindro — ena ali več elektrod (varilnih žic)		12 ... 300 mm (in več)	—	—

Tek. št.	Vrsta energije	Postopek	Uporabnost postopka za razne kovine in dimenzije [mm] ali [mm <sup>2</sup> ]		
			jekla	lahke kovine	drugi materiali
16		Kanalsko varjenje pod žlindro s taljivim vodilom za elektrodo, ena ali več elektrod	debeline, večje od 20 mm	—	—
17	talilno	Varjenje z elektronskim snopom (v vakuumu)	do 100 mm (in več)	do 20 mm in več	razne kovine, ki močno oksidirajo
18	talilno	Varjenje s plazemskim oblokom	od 0,2 ... 20 mm (in več)	do 20 mm in več	do 10 mm in več
19	talilno	Varjenje (rezanje) z laserjem (z monokromatskim, koherentnim valovanjem)	Točkovno varjenje raznih kovin majhnih debelin in soležno zvarjanje pločevine večjih debelin, zvarjanje in rezanje nekovinskih materialov		
20	uporovno varjenje	Soležno s stiskanjem	do 200 mm <sup>2</sup>	—	—
21		Soležno z obžiganjem	do 100 000 mm <sup>2</sup>	10 000 mm <sup>2</sup> ali 115 mm Ø	do 500 mm <sup>2</sup> Cu in zlitine
22		Prekrovno, točkovno	do 12 + 12 mm	do 6 + 6 mm	pogojno 1,5 mm Cu med 2 + 2 mm
23		Prekrovno, bradavično	razne debeline	—	—
24		Prekrovno, točkovno, kondenzatorsko	Za kovine z dobro električno prevodnostjo (Cu in zlitine), manjše debeline		

25	električna	opor. varjenj	Prekrovno, kolatno	od 0,1 + 0,1 do 3 + 3 mm	od 0,1 + 0,1 mm do 2 + 2 mm	Cu ni primerno, zlitine 0,8 + 0,8 do 1,5 + 1,5 mm
26		induktivno	Induktivno ali visokofrekvenčno, ponavadi soležno s stiskanjem	do 7,0 mm debeline (predvsem cevi)	do 4 mm debeline (cevi)	do 2 mm debeline Cu ali medi (predvsem cevi)
27	mehanska energija		Hladno varjenje s stiskanjem	do 20 mm Ø ali 2 mm debeline	do 10 mm Ø ali 1 mm debeline	do 8 mm Ø ali 0,1 mm debeline
28			Varjenje z udarcem ali eksplozijo	Navarjanje raznih kovin in zlitin na različne kovinske podloge		
29			Toplo varjenje s stiskanjem ali udarci (kovaško)	razne debeline	—	razne debeline
30			Varjenje s trenjem	do 150 mm Ø	manj primerno	Cu do 40 mm Ø
31			Varjenje z ultra zvokom	kovine samo majhne debeline, do 3 mm in mehkejše kovine		umetne mase do 5 mm
32	toplotna in pritisk		Difuzijsko varjenje	Za zvarjanje istovrstnih in raznovrstnih kovin in zlitin, zvarjanje kovin z drugimi materiali (sintrani materiali, karbidne trdine in podobno raznih debelin)		
33	razne energije		Toplotno impulzno varjenje (umetne mase)	za debeline do 0,1 mm	—	—
34			Visokofrekvenčno (umetne mase)	za debeline od 0,1 do 0,5 mm	—	—
35			Z vročim zrakom (umetne mase)	nad 0,5 mm	—	—
36			Z vročim orodjem (umetne mase)	nad 0,3 mm	—	—

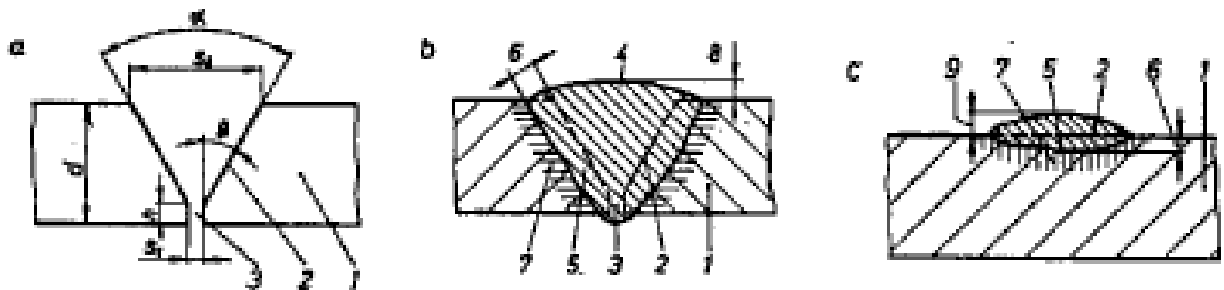
Razpredelnica 2. Označbe za varilne postopke

Varilni postopek	Označba	Varilni postopek	Označba
Plamensko varjenje	P	Alumotermično varjenje	T
Obločno varjenje s kovinsko elektrodo	E	Obločno varjenje z atomarnim vodikom	A
Obločno varjenje z ogljeno elektrodo	C	Obločno varjenje v zaščiti CO <sub>2</sub>	O
Obločno varjenje pod praškom	Z	Obločno varjenje v atmosferi inertnega plina (TIG in MIG)	N
Uporovno varjenje	R	Drugi načini	z opisom

### 1.3. Oblike zvarov in zvarnih spojev

Pri varjenju je treba razlikovati med nekaterimi osnovnimi pojmi. Zvarni spoj je celota, napravljena z varjenjem in obsega zvar (slika 1) z večjo okolico in možnimi dodatnimi spojnimi elementi. Varek je nanos taline, ki je nastal v eni sami potezi, var pa je strjen material, ki se je pri talilnem varjenju raztalil (osnovni in dodajni material ali samo osnovni - pri Varjenju brez dodajanja), pri varjenju z mehansko energijo pa samo omehčal ter se pri tem tudi kristalografsko spremenil (rekristaliziral). Var je lahko sestavljen iz poljubnega števila varkov. Tisti del vara, v katerem je prisoten samo dodajni material, je čisti var. Odvisno od debeline materiala, varilnega postopka, načina varjenja, varilnih pogojev in možnosti, lahko varimo brez priprave zvarnega roba (brez žleba), v naravnem žlebu (brez posebne obdelave robov), ki nastane samo z medsebojno lego varjencev, ali pa v posebno oblikovanem žlebu.








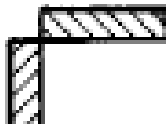
Pri oblikovanju žleba so važni nekateri elementi žleba, npr. širina špranje žleba  $s_1$ , višina špranje  $h$ , kot žleba  $\alpha$ , ki je sestavljen iz kotov posnetja stranic žleba  $\beta$ , ter skupaj z debelino materiala  $d$  podaja širino temena  $s_2$ .



**Na sliki 1** predstavljajo označbe: 1 osnovni material, 2 - stranica žleba oziroma ploskev Varjenja, 3 - špranja žleba oziroma koren zvara,  $s_1$  - širina špranje, 4 - teme žleba oziroma teme zvara ali navara,  $s_2$  - širina temena zvarnega žleba, 5 - uvar, 6 - globina uvara, 7 - prehodni pas, 8 - višina temenske izbokline vara, 9 - višina . navara,  $\alpha$  - kot žleba,  $\beta$  - kot posnetja zvarnega roba,  $h$  - višina špranje (topega roba).

Vrednosti posameznih parametrov zvarnega žleba ali zvara so odvisne od varilnega postopka, dimenzije materiala in lege varjenja. Nanje vpliva tudi metoda dela, lahko pa tudi spretnost izvajalca - varilca.

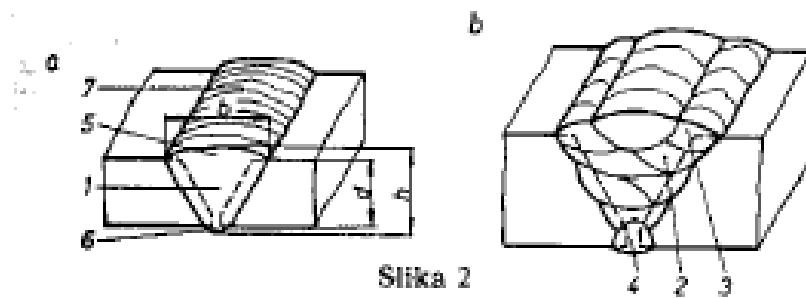
Razpredelnica 4 Oblike zvarnih spojev (delni izvleček iz standarda)

Ime spoja	Prečni prerez	Opombe
Soležni spoj		Dva dela se s koncema stikata
Soležni spoj s privihom		Spoj nastane z varjenjem privihanih delov, ki se stikata. Privih se pri varjenju ne zravna
Prekrivni spoj		Spoj na dveh delih, ki se prekrivata
Zaplatni spoj		Spoj nastane z varjenjem zaplate na osnovni del
Spoj T		Spoj dveh delov, ki tvorita črko T
Križni spoj		Spoj treh delov, ki se križajo
Trodelni spoj T		Spoj treh delov, ki s čeli tvorijo štirioglat žleb
Vogelni spoj		Spoj dveh delov, ki sta približno pravokotna med seboj

Izveček: Oblike zvarov in poenostavljeno prikazovanje

Ime zvara	Simbol (splošni)	Oblika zvara		Prikaz z znakom	
		v prerezu	v pogledu	v prerezu	v pogledu
Zvar s priviha					
Zvar I					
Zvar V (varjen na montaži)					
Zvar U (dvojni, nesimetrični)					
Zvar X (nesimetrični)					
Zvar K (na soležnem spoju neenakih debelin)					
Kotni zvar in vogelni zvar					
Soležni uporovni zvar, varjen z obžiganjem					
Točkovni uporovni zvar					
Kolutni uporovni zvar					
Navar					

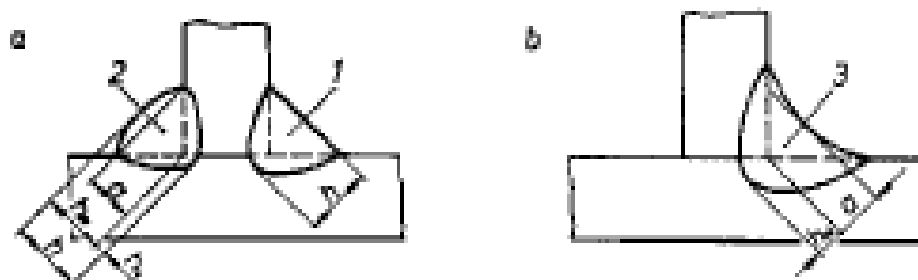
Zvar je lahko zvarjen z enim samim ali z večjim številom varkov.



Na sliki 2 a je prikazan soležni zvar V, varjen z nihanjem v eni potezi, na sliki 2 b je zvar, varjen brez nihanja z ozkimi varki.

Na slikah pomenijo ozna

be: 1 - var iz enega varka, 2 - posamezni varek, 3 - temenski varek, 4 - korenski varek, 5 - izboklina vara, 6 - izboklina vara (na korenski strani), 7 - gube varka,  $h$  - resnična debelina zvara,  $d$  - računaska debelina zvara je debelina osnovnega materiala,  $b$  - širina (temena) zvara.



Slika 3

Na sliki.3 a je prikazan obojestranski kotni zvar, na sliki 3 b pa enostranski kotni zvar. Pomeni označb:  $h$  - resnična debelina kotnega zvara,  $a$  - računaska debelina kotnega zvara,  $h_m$  - merljiva debelina kotnega zvara in  $h_u$  - korenski uvar kotnega zvara.

Po legi varjenja so določene po JUS C.T3.001 štiri osnovne lege:

- vodoravno,
- vodoravno na steni,
- pokončno in nad glavo.
- Vse druge lege so poševne.



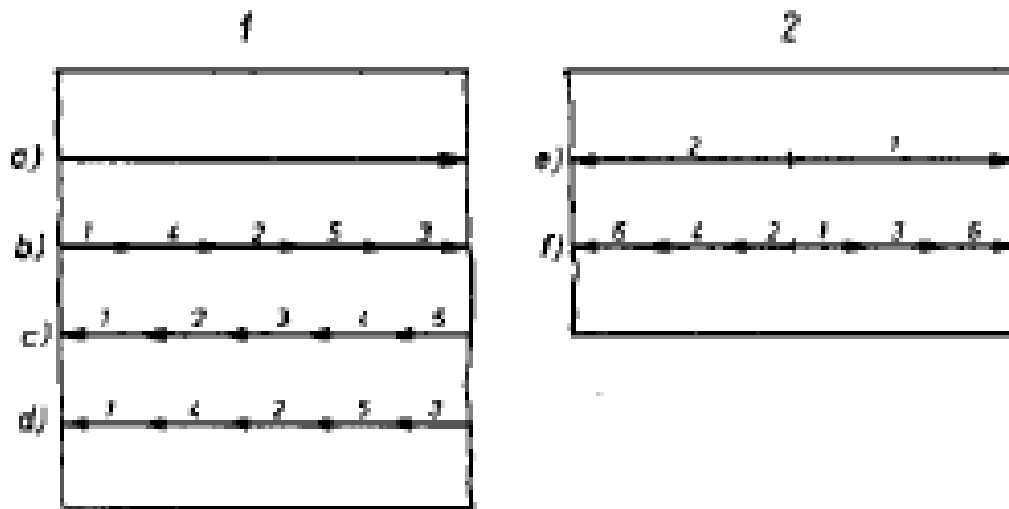
**Po kontinuiteti** so zvari lahko neprekinjeni in prekinjeni; **po poteku varjenja** pri talilnem zvarjanju pa so postopki lahko:

1 – varjenje od roba (slika 4),

- a - neprekinjeno, b - v preskokih.
- c - povratno zaporedno,
- d - povratno varjenje v preskokih in

2 - varjenje k robu,

- e - neprekinjeno,
- f - izmenično.



Slika 4