

STŠ KOPER

SEMINARSKA NALOGA

STROJNIŠTVO

ZVARI

Maj 2006

## Kazalo

1. Splošno o zvarih.....	stran 1
2. Zvar in njegove lastnosti.....	stran 1
2.1 Elementi zvara.....	stran 1
2.2 Priprava zvarnega mesta.....	stran 1
2.3 Napake v zvaru.....	stran 2
2.3.1 Napetosti in deformacije v zvaru.....	stran 2
2.3.2 Preprečevanje deformacij in napak v zvaru.....	stran 3
2.4 Iskanje napak zvara.....	stran 3
2.4.1 Preiskava zvarov z x- in $\gamma$ -žarki.....	stran 3
2.4.2 Preiskava zvarov z ultrazvokom.....	stran 4
2.4.3 Preiskava zvarov s penetranti.....	stran 4
2.4.4 Preiskava zvarov z magnetnim tokom.....	stran 4
2.4.5 Preiskava zvarov s pomočjo akustične emisije.....	stran 5
2.5 Preizkusi za ugotavljanje pokljivosti zvarov.....	stran 5
3. Zaključek.....	stran 5

# 1. Splošno o zvarih

Zvari nastanejo pri spajanju oziroma varjenju dveh materialov, varjencev s pomočjo različnih virov energije. Varimo lahko enake ali različne kovine in zlitine medseboj, lahko pa tudi plastične materiale, keramiko in steklo. Zvari so tako neločljiva zveza med dvema ali več varjenci. Teoretično se morata varjenca v zvaru tako tesno stakniti, da bi se atomi v stičnih površinah približali na razdaljo, ki je običajna med atomi v kovinah, to je  $10^{-10}$ m. Pri tem pričakujemo, da bo zvarni spoj zdržal vse obremenitve vsaj toliko kot osnovni material sam, zato moramo postopek varjenja pravilno in varno izvesti. Pri normalnih pogojih spajanje materialov in njihovih posameznih atomov ni izvedljivo, saj ne moremo površin obdelati tako natančno, da bi dosegli zahtevano razdaljo med atomi, pa tudi tanke plasti oksidov, absorbiranih plinov in druge nečistoče bi lahko vplivale na trdnost in zanesljivost zvara. Praktično dosežemo približanje atomov kovin dveh ali več predmetov le z varjenjem, in to na dva načina:

- o s taljenjem
- o s pritiskom (pri povišani temperaturi ali pa v hladnem)

V prvem primeru se robovi osnovnega materiala stalijo, prav tako tudi dodajni material v dokaj homogeno talilno kopel, ki se po ohladitvi strdi v zvar, katerega struktura in s tem mehanske lastnosti so odvisne od kemične sestave ter toplotnega vpliva.

V drugem primeru ne pride do taljenja osnovnega materiala temveč do zmeščanja, torej do plastične deformacije. Proces spajanja poteka v hladnem, če je meja plastičnosti dovolj nizka (Al, Ni, Sn, itd.), drugače je potrebno dovajanje toplote.

## 2. Zvar in njegove lastnosti

### **2.1 Elementi zvara**

Prerez zvara sestavlja (glej sliko št. 1) :

- o **zvar**: je vsa kovina, ki je bila med varjenjem raztaljena
- o **uvar**: je globina, do katere je bil raztaljen osnovni material
- o **prehodno področje TVP**: je področje osnovnega materiala ob zvaru, ki je bilo segreto nad temperaturo premene
- o **teme**: je širši del zvara, ki se dviga nad površino osnovnega materiala
- o **koren zvara**: je spodnji ozki del

Poleg zvara uporabljamo tudi navar. Z navarom želimo površino nekega dela prekriti z materialom, ki ima drugačne lastnosti kot zvar sam, ali nadomestiti obrabljeno površino.

### **2.2 Priprava zvarnega mesta**

Pripravi zvarnega mesta je potrebno posvetiti veliko pozornosti, kajti malomarnosti se nam maščujejo s težavami med varjenjem in slabšo kakovostjo zvara. Robove varjenca obdelamo s

škarjami, plamenskimi rezalniki ipd. Priprava mora biti natančna, sicer bo špranja neenakomerno široka, kar bo bistveno oviralo potek varjenja. Varjence je potrebno pred varjenjem očistiti, kajti oksidirane, zamaščene ali pobarvane površine ne otežujejo samo vžiganje bloka, ampak povzročajo tudi vključke v zvaru in razvijanje plinov, ki škodujejo varilcu in negativno vplivajo na mehanske lastnosti zvara. Pri tem moramo izbrati še velikost elektrod, da bodo le te primerne za optimalno varjenje.

## 2.3 Napake v zvaru

Najpogosteje nastanejo napake zaradi nepravilne priprave na varjenje, nepravilno izbranih varilnih parametrov in nepravilne tehnike varjenja. Napake lahko nastanejo tudi zaradi okoliščin, na katere varilec nima neposrednega vpliva. Vzroki za nastanek takšnih napak so:

- o Slaba varivost osnovnega materiala
- o Težki pogoji dela

Napake v zvaru so:

- o **Vključki žlindre:** pojavijo se zaradi slabo vodene elektrode, preširokega nihanja elektrode, slabo ali neočiščenih predhodnih varkov, neenakomerne varilne hitrosti, prevelikega premera elektrode.
- o **Poroznost:** najverjetnejši vzrok je preveč žvepla in fosforja v osnovnem materialu. Poroznost lahko povzroči tudi neočiščena površina varjenca: rja, maščoba, vlaga. Tudi vlažen plašč elektrode ali prevelika jakost toka sta lahko kriva za porozen zvar. Poleg sušenja elektrode in zmanjšanja jakost toka pomaga tudi gretje varjencev pred varjenjem ali zamenjava vrste elektrod. Pomaga tudi, če zmanjšamo varilno hitrost, da lahko mehurčki zapustijo talino.
- o **Zajede:** povzročijo jih premočan tok ali predolg oblok
- o **Razpoke:** vzrok zanje je nepravilno razmerje med premerom elektrode in debelino pločevine. Ker se razpoke pojavljajo samo na konkavnih, ne pa tudi na konveksnih zvarih, se jim skušamo izogniti s konveksnimi zvari. Vpenjalne naprave morajo biti tako konstruirane, da dovoljujejo krčenje zvarov po varjenju, sicer se pri varjenju kaljivih jekel pojavijo razpoke. Takšna jekla je potrebno variti z bazičnimi elektrodami in jih pred varjenjem ogreti na približno na 200°C. (glej slike št. 2 in 3)
- o **Neprevarjeni koren:** vzroki so lahko prehitro vodenje elektrode, prevelik premer elektrode, slabo pripravljene robovi zvara ali premajhna jakost toka. Vzroki že samo dajejo odgovore za preprečevanje napak. Neprevarjen koren s spodnje starni izsekamo in ponovno zvarimo.
- o **Oksidni vključki:** lahko se pojavijo v zvaru zaradi nezadostne zaščite taline. So prav tako nevarni kot razpoke v zvaru.

### 2.3.1 Napetosti in deformacije v zvaru

Pri segrevanju se kovinski predmeti raztezajo, pri ohlajanju pa spet krčijo (glej sliko št. 4). V primeru, da je bil predmet prost, nevezan, se pri tem v njem niso pojavile napetosti. Kadar pa je predmet vezan, in je to primer pri varjenju, se v materialu, v tem primeru v zvaru, pojavijo napetosti. Imenujemo jih preostale napetosti. Te toplotne napetosti, ki so nastale v

zvaru oziroma na zvarjenem osnovnem materialu, so odvisne od količine vnesene toplote pri varjenju, od hitrosti ohlajevanja in od oblike konstrukcije. Zaradi dovedene toplotne energije se varjenec razteza, pri ohlajevanju pa spet krči, posledica tega so deformacije in napetosti v zvaru. Temu se ne moremo popolnoma izogniti, lahko pa s primerno pripravo dela posledica omilimo.

### 2.3.2 Preprečevanje deformacij in napak v zvaru

Če na kovino naredimo varek, se bo zvila proti tisti strani, na kateri je varek. Lahko pa kovino pred varjenjem upognemo v nasprotno smer in po ohladitvi se bo zravnala (glej sliko št. 5). Enako se deformirajo V zvari: krčenje je na širši strani zvara večje, zato privarjeni kos kovine potegne navzgor. Pomagamo si tako, da kovino nagnemo pred varjenjem za enak kot v nasprotno smer.

Če je po ohladitvi zvarnega spoja prišlo do deformacije, so s tem izginile tudi notranje napetosti. V nasprotnem primeru ostanejo napetosti v konstrukciji in se le težko odpravijo. Notranje napetosti so pogosto vzrok nastanka nevarnih razpok v materialu, zato moramo poskušati preprečiti, da bi te sploh nastale. Nastanek zaostale napetosti preprečimo:

- o Izberemo pravi premer dodatnega materiala in s tem ustrezne varilne parametre. Pretirano visoko nastavljeni varilni parametri imajo za posledico čezmerno vnašanje toplote, kar povzroča v materialu napetost in deformacije.
- o Izogibamo se varjenju zvarov pretirano velikih presekov; izbrati je potrebno pravilno obliko žleba
- o Osnovni material pripravimo tako, da omogočimo deformacijo, ki bo zagotovila pravo končno obliko zvarjenega spoja in pri tem ne bo prišlo do napetosti; v tem primeru pravimo, da smo osnovni material pred varjenjem preddeformirali.

## 2.4 Iskanje napak zvara

Pri zvaru lahko nastanejo tako zunanje kot notranje napake, ki so posledica nepravilnosti pri varjenju in drugih dejavnikov, na katere človek nima neposrednega vpliva. Te napake iščemo z različnimi postopki.

### 2.4.1 Preiskava zvarov z X- in $\gamma$ -žarki

Pri X in gama radiografskih preiskavah presevamo zvar z X- ali  $\gamma$ -žarki in ugotavljamo intenziteto prehoda teh žarkov skozi material. Žarke, ki so prodrli skozi material, registriramo na različne načine, lahko celo s števci, najpogosteje pa z radiografskim filmom. Žarki zapustijo na filmu odvisno od intenzitete različne počrnitve. V primeru, ko material na prehodu žarkov ni homogen, se pravi, da so na določenem mestu različne prekinitve materiala ali pa nastopajo v materialu tujki, so žarki bolj ali manj absorbirani in temu ustrezno pride do različnih počrnitev na radiografskem filmu.

X-žarke pridobivamo v katodni cevi v visokem vakuumu. Pod visoko napetostjo enosmernega el. toka drivijo elektroni mase  $m$  in naboja  $e$  s pospešeno hitrostjo  $v$  proti anodi (glej sliko št.6).

Izvor  $\gamma$ -žarkov so izotopi. Nestabilni izotopi razpadejo v atome drugih ekvivalentov in pri tem oddajajo (emitirajo) žarke, ki jih označujemo kot radioaktivno sevanje.

#### **2.4.2 Preiskava zvarov z ultrazvokom**

Ultrazvočno valovanje nastaja v materialu zaradi napetosti, ki povzročajo elastično nihanje materije. To nihanje se širi v materialu kot longitudinalno, transverzalno ali površinsko zvočno valovanje. Energija ultrazvočnega valovanja je odvisna predvsem od frekvence, tza pa od napetosti, ki vlada v materialu. Pri defektoskopiji izkoriščamo področje frekvence 3-5 MHz, pri tem pa so najpogostejši dve metodi preiskav zvara.

Najpogosteje uporabljamo impulzno-odbojno metodo preiskave (glej sliko št. 7). Pri tej metodi se širi impulz ultrazvočnega valovanja iz svojega izbora v material, ki ga preiskujemo. Ko naleti na napako, se zvok delno odbije in vrne v aparat, ki sedaj deluje kot sprejemnik. Iz časa, ki ga je zvok porabil, ko je prešel od materiala do napake in po odboju do vrnitve v aparat lahko sklepamo lokacijo ( globino) napake. Iz intenzitete pa sklepamo na velikost napake.

Pri drugi metodi merimo zvok po izstopu iz materiala. Tu je intenziteta ujetega zvoka merilo za homogenost materiala oziroma za napake v tem delu materiala. Po t.i. resonančno metodi merimo debelino tanjših materialov z vpadne strani zvoka. Tu spreminjamo frekvenco zvoka, dokler ne dosežemo lastne frekvence materiala (resonanca).

#### **2.4.3 Preiskava zvarov s penetranti**

S penetranti lahko iščemo napake na površini zvara. Za raziskavo je potrebno več komponent ne samo penetrant temveč tudi razvijalec in čistilo. Površino zvara moramo najprej očistiti (mehansko, kemično, čiščenje z vodno paro itd). Po čiščenju na zvar naneseemo penetrant, ki v določenem času pronica v razpoke, zajede zvara. Površino zopet očistimo, saj bi odvečni penetrant, ki ostane na površini, motil preiskavo. Nato poteka stopnja sušenja, da se penetrant v napakah strdi. Po osušitvi naneseemo na površino razvijalec (suhe nanašamo elektrostatično; mokre nanašamo z brizganjem), ki po določen času pokaže mesto in velikost razpok ( glej sliko št. 8). Po končani raziskavo površino očistimo.

#### **2.4.4 Preiskava zvarov z magnetnim tokom**

Po tej metodi odkrivamo napake, ki os nastale na površini materiala ali tik pod površino. Metodo se da uspešno uporabiti le pri feromagnetnih kovinah in zlitinah. V materialu, ki je magnetiziran, tečejo silnice vzporedno po vsej dolžini. Če se v magnetnem pretoku pojavijo nehomogenosti materiala, kot so napake v obliki razpok, por in podobno, pride do razsejanja magnetnih silnic. V primeru, ko je napaka na površini ali tik pod njo, magnetne silnice izstopijo iz materiala in jih s posipanjem magnetnega prahu po površini tudi zaznamo (glej sliko št.9). Za izpostavitve magnetnega toka uporabljamo električne izvore visokih jakosti in nizkih napetosti.

### **2.4.5 Preiskava zvarov s pomočjo akustične emisije**

Akustična emisija je zvočno valovanje, ki se širi po kovini v vseh smereh od njenega izvora. Kot izvor akustične emisije nastopa poka materiala. Z merjenjem akustične emisije odkrivamo napake v času njihovega nastajanja. Najbolj pogoste napake, ki jih odkrivamo, so nastajanje in širjenje razpok v zvaru.

### **2.5 Preizkusi za ugotavljanje pokljivosti zvarov**

Pri ocenjevanju uporabnosti osnovnega materiala in dodajnega materiala za varjenje je pogosto zelo pomembno, da ugotovimo občutljivost zvarov in toplotno vplivanih področij na pokljivost. Ločimo tri skupine preizkusov za ugotavljanje pokljivosti zvarov:

- o varjenci so toga vpeti v napravo, ki ne dopušča raztezanja in krčenja materiala med varjenjem in ohlajevanjem zvara
- o varjenci so take oblike, da sami zaradi akumuliranih zaostalnih napetosti nudijo ugodne pogoje za nastanek razpok
- o zvar obremenjujemo z zunanjimi napetostmi (Fisco test, preizku po Komemmerellu, preizku Kinzel idr.) (glej slike št. 10 in 11)

## **3. Zaključek**

Zvari nas spremljajo na vsakem koraku in uporabljamo jih na vsaki še tako majhni konstrukciji. Spajanje kovin se je začelo že v dobi pred našim štetjem, ko so ljudje skušali spojiti dve kovini v eno celoto. V današnjem času znanost in tehnika hitro napredujeta in s tem se tudi varjenje oziroma varilne tehnike izboljšujejo.

Človek je preprost vezan na spajanje kovin, saj brez te tehnike spajanja bi se le težko znašel v današnjem svetu.

### **Viri:**

- o Tehnologija spajanja in preoblikovanja, Darja Čretnik
- o Tehnologija spajanja in rezanja, Janez Begeš