

VARJENJE VAKUUMSKIH KOMPONENT IZ NERJAVNEGA JEKLA

Marjan Drab, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana

WELDING OF STAINLESS STEEL VACUUM COMPONENTS

ABSTRACT

The paper shows experiences in welding of stainless steel for application in vacuum technique, at IEVT. The purpose of the article is to present practical aspects of welding stainless steel vacuum systems and components. The paper gives instructions for construction of the joint, cleanliness, materials and leak detection of the welded joint.

POVZETEK

V prispevku so podane izkušnje s področja varjenja nerjavnega jekla za uporabo v vakuumski tehniki na IEVT. Namen ni teoretično obdelovati posamezno področje, temveč prikazati praktični pogled na varjenje vakuumskih sistemov in komponent. V prispevku je obdelana priprava zvara, čistoča, materiali in testiranje zvarnega spoja.

1 UVOD

Vakuumski spoji so ena izmed osnovnih komponent pri izdelavi vakuumskih sistemov, komponent in sklopov. Pomemben del so varjeni vakuumski spoji. V tem zapisu se bomo omejili na varjenje nerjavnega jekla, naštetih pa bodo tudi nekateri primeri varjenja drugih vakuumskih materialov. Namen tega zapisa je predstaviti varjenje na IEVT in določene izkušnje, ki smo jih pridobili.

2 IZBOR VARILNEGA POSTOPKA

Za uspešno obvladovanje celotnega spektra potreb zahtevnega spajanja vakuumskih elementov je potrebno uporabiti več različnih varilnih postopkov. Na IEVT uporabljamo naslednje postopke:

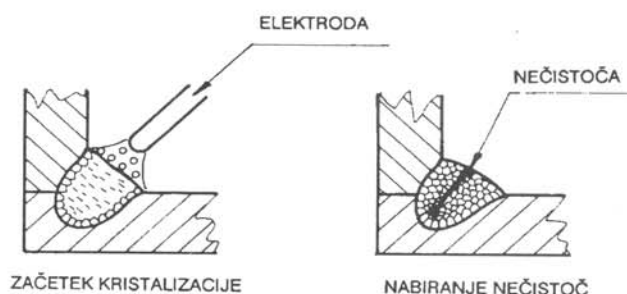
- Varjenje večjih debelin (nad 0.5 mm) po postopku TIG
- Varjenje srednjih debelin (0.2-0.7 mm) z mikroplazemskim varjenjem
- Varjenje malih debelin (pod 0.3 mm) z laserskim varjenjem

Kot je razvidno, gre pri vseh treh za pretaljevanje in manj za varjenje z dodatnim materialom. Vzrok za tak izbor je v tem, da je varjenje s pretaljevanjem bolj kontrolirano in da je manj različnih komponent v zvaru. Hkrati z dodatnim materialom lahko pride do vnosa nečistoč in neželenih vključkov v zvar.

3 KARAKTERISTIKE VARA

Pri varjenju se zaradi visokih temperatur osnovni material tali in meša v var. Oksidacijo taline preprečujemo z zaščitnim plinom.

Var se pri ohlajanju obnaša kot kovina pri litju. Najprej se ohlaja material ob prehodni coni, nato pa notranjost vara (slika 1). Snovi, ki imajo nižje tališče, se ohladi kasneje. To so ponavadi različne nečistoče ali legirni elementi. Zaradi tega potujejo pri strjevanju vara snovi z nižjim tališčem proti centru vara, kjer se nazadnje ohladi. Različne snovi imajo tudi različne temperaturne raztezke. Pri večji koncentraciji nečistoč v centru vara pride zaradi razlik v raztezkih do pokaanja.

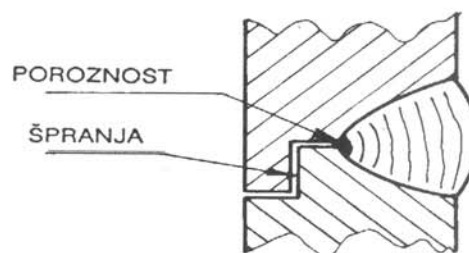


Slika 1. Ohlajevanje taline pri varjenju: a - začetek kristalizacije, b - konec kristalizacije

4 OBLIKOVANJE IN PRIPRAVA ZVARNEGA SPOJA

Od priprave zvarnega spoja je v veliki meri odvisna uspešnost in ponovljivost varjenja. V vakuumski tehniki je potrebno poleg izvedljivosti upoštevati tudi primernost za uporabo v vakuumu.

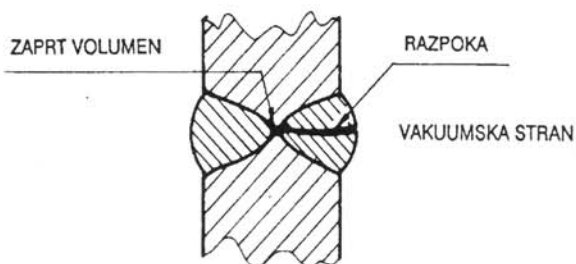
Osnovni napotek varilcu vakuumskih komponent: naj vari z vakuumske strani. S tem se izognemo poroznim in ozkim špranjam v vakuumskem prostoru (slika 2). Ozke špranje so nevarne zaradi ostankov nečistoč, poroznost pa podaljšuje črpanje plinov zaradi oteženega izhajanja le-teh iz por. Ozke špranje



Slika 2. Pojav poroznosti in ozkih rež pri varjenju

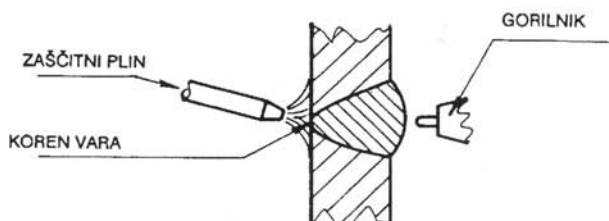
nastanejo zaradi neprilagojenih nasedov ali nepopolne prevaritve po celotni debelini varjenca. Poroznost na korenu vara pa nastane zaradi onemogočenega ščitjenja z zaščitnimi plini. Tudi v primeru, ko uporabljamo plin za ščitjenje korena, ostane v ozki špranji med varjencema dovolj kisika, ki oksidira nezaščiteno talino in tvori porozno tvorbo na korenu vara.

Varjenju z vakuumske strani se moramo v nekaterih primerih odpovedati. Pri izdelavi neke komponente je namreč potrebno vnaprej predvideti, ali bo mogoče po končanem varjenju celotnega sklopa vsak var popravljati z iste strani, kot je bil varjen. Pri varjenju prototipov in unikatov prihaja zaradi neutečene tehnologije do puščanja in s tem tudi do popravljanja zvarov. Če pride do puščanja na varu, ki smo ga varili z vakuumske strani, ga potem s ponovnim varjenjem na drugi (nevakuumski) strani zgolj zatesnimo. Pri tem pa ne pretalimo razpoke, ki ostane med vakuumskim prostorom in obema varoma (slika 3). V tem prostoru ostane zrak, ki ga črpamo skozi razpoko v varu, kar znatno podaljša čas črpanja in bistveno poslabša karakteristike celega sistema. Zaradi onemogočene detekcije puščanja tega mesta tudi ne moremo odkriti.



Slika 3. Razmere, ki nastopajo pri popravljanju notranjega zvara z zunanje strani.

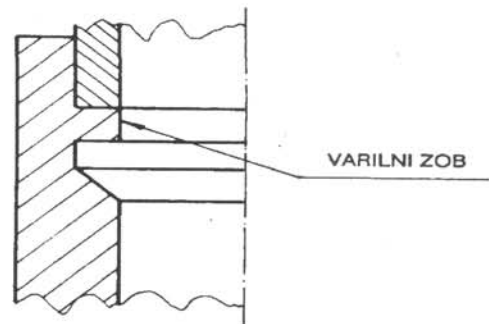
Varjenje z vakuumske strani je mogoče opustiti tudi v primeru, ko tehnologija varjenja zagotavlja zanesljivo prevaritev celotne debeline varjenca ob ustreznem ščitjenju korena (slika 4). Pri tem je potrebno omeniti, da lahko z neprevidno namestitvijo plinskih šob na koren potegnemo tudi kisik iz okolice. Navadno je vakuumska stran znotraj cevi ali komore. Zaradi nedostopnosti je predvsem pri serijskih izdelkih ugodneje variti z zunanje strani.



Slika 4. Zaščita korena pri varjenju

Varjenci različnih debelin imajo različne kapacitete in zato različno odvajanje toplote. Za zanesljivo varjenje poskušamo ta problem premostiti z uporabo varilnih zob (slika 5) ali z različnimi hladilnimi orodji. Varilni zob nam lokalno stanjša debelino varjenca in tako izenači odvajanje toplote iz vara. Istemu namenu

služijo hladilna orodja, ki jih pripnemo na varjenec. Uporaba enega ali drugega sistema je odvisna tako od oblike varjencev kot tudi tehnoloških možnosti izvajalca.



Slika 5. Varilni zob

Zaradi krčenja taline prihaja do velikih termičnih napetosti v zvaru. Te se prenesejo na oba dela varjenca, kar lahko povzroči velike in neprijetne deformacije. Že pri samem konstruiranju je potrebno upoštevati vse te vplive. S pravilno pozicijo vara je mogoče te deformacije bistveno zmanjšati ali odpraviti.

5 ČISTOČA

Vnos neželenih snovi v var preprečimo z ustrezno čistočo spojev. Tu bi omenil nekaj izkušenj, ki smo jih dobili v dosedanji praksi.

- Varjence pred varjenjem temeljito razmastimo in očistimo oksidov. Najnevarnejše so razne masti in hladilna sredstva, ki jih uporabljamo pri odrezovanju. Spojev ne smemo prijemati z golimi prsti, še posebej ne z mastnimi. Prav tako kot nečistoče so pri varjenju nezaželeni tudi ostanki vate, papirja in tekstila. Zaradi visokih temperatur pri varjenju se začno ostanki vode na površini uparjati in oksidirajo talino.
- Oksidi na osnovnem materialu so neželeni tako pri varjenju kot tudi pri vakuumiranju. Oksidi so v osnovi porozne tvorbe, ki zadržujejo atome in zaradi tega podaljšujejo črpanje. V oksidnih plasteh se zelo radi zadržujejo ostanki nečistoč. Njihovo odstranjevanje je zelo oteženo in nezanesljivo. Podobno kot oksidne plasti se obnašajo tudi porozni ulitki, globoke slepe luknje, reže, razpoke itd. Pri tem je potrebno omeniti tudi, da segrevanje nečistoč ne moti zgolj varjenja. Njihovo strjevanje in kristalizacija nam povzročata preglavice tako na površini varjenca kot tudi v kaki slepi navojni luknji.
- Oksidacija osnovnega materiala poteka tudi med varjenjem. To preprečimo s pravilnim oblikovanjem zvarnega spoja ali z ustreznimi hladilnimi orodji.
- Čistoča zaščitnega plina je odvisna od dovoljene oksidacije temena in korena vara. V večini primerov se zadovoljimo z nekaj močnejšo oksidacijo na račun manjše porabe zaščitnega plina in njegove slabše kvalitete. Za neoksidiran var se je potrebno posebej potruditi (čistoča zaščitnega plina, elektrode, gorilnika in dodatnega materiala, varjenje v zaščitnih komorah, uporaba aktivnih zaščitnih plinov).

6 MATERIAL IN OBLIKA ELEKTRODE

Pri varjenju po postopku TIG imajo elektrode zelo velik vpliv na obliko in kvaliteto zvara. Elektrode so iz čistega ali toriranega volframa. Glede oblike velja, da je var globlji in ožji, če je konica elektrode ostrejša. Pri topi konici prihaja do širšega vara in večjih nestabilnosti obloka.

7 PRESKUŠANJE TESNOSTI ZVARA

Varjeni spoj je potrebno pred uporabo v vakuumskih sistemih preizkusiti na tesnost. Tu gre lahko za statično ali dinamično testiranje. Glede na zahtevano tesnost zvara se odločimo za ustrezen postopek odkrivanja netesnosti. Glede obdelave je potrebno povedati, da se v principu vari vakuumskih komponent ne obdelujejo z odrezilnimi postopki (struženje, rezkanje idr.). Najustreznejša postopka za obdelavo sta pri vakuumski tehniki elektropoliranje in peskanje s steklenimi kroglicami. Pri njih ne pride do večjega odvzema materiala ali povzročanja mikrorazpok. V primeru, da je odrezovanje potrebno, moramo po obdelavi spoj ponovno preskusiti na vakuumsko tesnost.

8 SPAJANJE VARJENCEV IZ RAZLIČNIH MATERIALOV

Ponavadi spajamo varjence iz enakega materiala. Pri varjenjih iz različnih materialov pa je potrebno paziti na določene zahteve in omejitve. Upoštevati moramo varivost posameznega materiala, njegove termične

raztezke, trdnost, obnašanje med varjenjem, termično prevodnost itd. Seveda pa spoj dveh različnih materialov ne more preseči trdnosti najslabšega od obeh. V primeru spoja nerjavnega jekla z bakrom je trdnost zvara kvečjemu enaka trdnosti prežarjenega bakra. Varjenje namreč lokalno pregreje oba varjenca in medtem potekajo tudi vsi spremljajoči metalurški pojavi.

9 SKLEP

Varjenje je v vakuumski tehniki nesporno pomembna tehnologija. Vsak spoj je potrebno pazljivo proučiti in obdelati. Seveda pa je tehnologija varjenja zelo odvisna od velikosti serije in zahtevanih karakteristik. Tolerance v spoju morajo biti optimalne. Za zanesljiv spoj je potrebna strokovnost konstruktorja kot tudi varilca.

10 LITERATURA

- /1/ N. W. Robinson: The Physical Principles of Ultra-High Vacuum Systems and Equipment; Chapman & Hall LTD, London, 1968
- /2/ A. Roth: Vacuum Sealing Techniques; Pergamont Press, London, 1966
- /3/ S. E. Linert: Welding Metalurgy, Volume 1; AWS, New York, 1965
- /4/ A. C. Davies: The science and practice of welding; Cambridge University Press, London, 1977
- /5/ N. G. Wilson, L. G. Beawis: Handbook of vacuum leak detection; AVS, New York, 1976

ŽIVLJENJE IN TEHNIKA

Revija **Življenje in tehnika** (ŽIT) je edini slovenski poljubnoznanstveni mesečnik, ki neprekinjeno izhaja že 43 let. Tiskan je na 80 straneh formata B5 in je bogato ilustriran. Izdaja ga Tehniška založba Slovenije, d.d.

Na začetku izhajanja je kot glasilo organizacije Ljudske tehnike seznanjal svoje člane o tehnoloških dosežkih doma in po svetu. Takrat so prevladovali članki o elektrifikaciji in energetiki, obdelovalnih strojih, telekomunikacijah, letalstvu in težki industriji; nekatera od teh področij se v reviji še vedno ponavljajo, hkrati z razvojem novih tehnologij pa so v njej našla mesto še mnoga druga. Uredništvo revije ŽIT skuša kar najbolj držati korak z razvojem ter posredovati nove dosežke na razumljiv način čim širšemu krogu bralcev.

Eno izmed področij, ki imajo v reviji stalno mesto, je kemija. Prispevki na to temo so zelo različni (Atom praznuje petdesetletnico, Kemijsko orožje, Neptunij - prvi transuran, Posipanje prometnih objektov s sredstvi proti zmrzali, Superkondenzatorji, škodljive kemij-

ske substance, Buckyball, Nastanek molekul, Polivinil na zatožni klopi, ...) in se dotikajo številnih drugih področij. Naš namen je tudi v prihodnje obdržati kemijsko tehnologijo kot eno nosilnih rubrik v reviji.

Kdor torej želi poleg zgoraj omenjenih prispevkov prebrati še kaj drugega - tudi s področij, kot so avtomobilizem, arheologija, ekologija, medicina, računalništvo in informatika, satelitska, avdio- in videotehnika... - naj vzame v roke revijo Življenje in tehnika.

Nanjo se lahko naročite pri
Tehniški založbi Slovenije, d.d.,
Lepi pot 6,
61111 Ljubljana,
 telefon 061/213-733.

Naročniki prejema revijo z 20% popustom in imajo ob poravnani naročnini, ki je za zadnje četrletje 1992 504 SIT, še 20 % popusta ter možnost obročnega odplačevanja pri nakupu strokovnih knjig in priložnikov Tehniške založbe Slovenije, d.d..