

» SRM-varjenje, novi način obločnega varjenja čepov

Damjan Klobčar
Boris Bell

Varjenje čepov je danes precej razširjeno v proizvodni industriji in gradbeništvu povsod po svetu. Ta oblika varjenja je v primerjavi z drugimi klasičnimi postopki varjenja (plamensko, MIG/MAG, TIG, ročno obločno varjenje) zaradi svoje specialnosti in razmeroma ozkega področja uporabe precej manj poznana.

Varjenje čepov se uporablja na primer: a) v avtomobilski industriji za varjenje vijakov, matic, sornikov na pločevinaste dele karoserije, b) v elektroindustriji za varjenje električnih kontaktov, c) v gradbeništvu za varjenje čepov na jekleno konstrukcijo – čepi pridejo zaliti v beton z namenom, da tvorijo vez med betonom in jekleno konstrukcijo, d) v rudarstvu za varjenje posebnih čepov na nakladalne žlice in kesone rudniških strojev z namenom zmanjšati obrabo površin teh delov strojev in podobno.

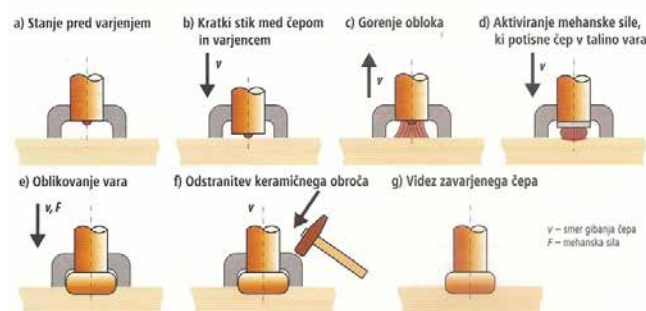
Definicija varjenja čepov

O varjenju čepov govorimo, kadar strojni element s poudarjeno eno dimenzijo privarimo z njegovo manjšo ravno zunanjo ploskvijo pravokotno na drugi element oziroma na površino tega drugega elementa [1].

Za varjenje čepov je bilo razvitih več načinov varjenja: a) varjenje čepov z električnim oblokom, b) utripno kondenzatorsko varjenje čepov, c) varjenje čepov s trenjem, d) klasično obločno varjenje čepov z dodatnim materialom ter e) razmeroma nov postopek varjenja čepov – SRM-varjenje čepov oziroma varjenje čepov z magnetno krmiljenim varilnim oblokom. Pogoj za uspešno varjenje in izdelavo kakovostnega spoja je čista površina med varjencem in čepom (nečistoče, olja, oksidi ...), ki pa ni potreben za vse postopke varjenja čepov.

Varjenje čepov z varilnim oblokom

Postopek se uporablja predvsem za varjenje daljših čepov večjih premerov na masivnejše varjence. V veliki večini se vari jeklene

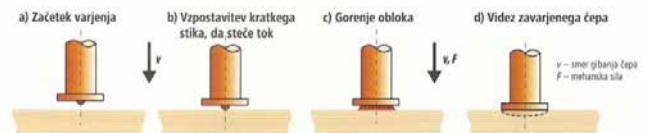


» Slika 1: Varjenje čepov z varilnim oblokom [1]

čepo na jeklene profile ali jeklene plošče, postopek pa je največ v uporabi v gradbeništvu. Za zaščito obloka pred atmosfero se uporablja keramični obroč. Postopek ima več faz (glejte Sliko 1). Po nastavitvi keramičnega obroča in okoli čepa se v prvem koraku čep pomakne do varjenca, da ustvari kratek stik. Z odklikom čepa od varjenca se s tem kratkim stikom vžge varilni oblok in gori toliko časa, da natali površino čepa in mesto na varjencu. Pri tem se odstrani tudi del nečistoč. Nato se čep z mehansko silo potisne v talino vara ter počaka, da se talina ohladi. Sledi odstranjevanje keramičnega obroča.

Utripno kondenzatorsko varjenje čepov

Utripno kondenzatorsko varjenje čepov je namenjeno varjenju čepov manjših premerov na tanjše varjence, ki so največkrat v obliki tanke pločevine (npr. vijaki na avtomobilsko karoserijo). Pogosto se pri tovrstnem varjenju zahteva nevidnost spoja na nasprotni strani pločevine, npr. pri izdelavi ojačitev na različnih posodah in napravah iz nerjavnega jekla. Postopek utripnega kondenzatorskega varjenja se začne s polnjenjem kondenzatorja. Nato se čep potisne proti varjencu z določeno hitrostjo. Čepi za ta način varjenja imajo na koncu bradavico, ki se ob kratkem stiku zaradi prehoda varilnega toka višje jakosti v trenutku raztali in ustvari varilni oblok. Med gorenjem obloka se čep še vedno potiska proti varjencu. Ko se kondenzator sprazni, se varilni proces prekine.



» Slika 2: Varjenje čepov z utripnim tokom in s kondenzatorskim virom toka [1]

Varjenje čepov s trenjem

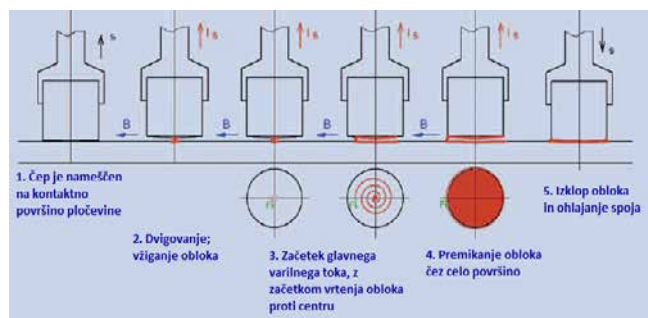
Varjenje čepov s trenjem se v svetu uporablja v posebnih aplikacijah, predvsem tam, kjer se zahtevajo posebne lastnosti spoja ali se varjenja z drugimi postopki ne da izvesti, npr. pri varjenju različnih materialov (npr. aluminij z bakrom). Sam postopek je fizikalno zelo preprost. Težava so edino namenske in drage naprave, eksperimentalno pa se postopek lahko izvaja tudi na klasični uni-

verzalni stružnici ali na frezalnem stroju. Glede na način dovajanja energije sta poznana konvencionalno rotacijsko varjenje s trenjem, ki se uporablja za varjenec manjših premerov in mas, ter inercialno rotacijsko varjenje s trenjem, ki je primerno za varjenje varjencev večjih premerov in mas. Pri prvem se motor vrti tudi med varjenjem, pri drugem pogonski motor energijo shrani v vztrajnik, pri varjenju pa se sprosti.

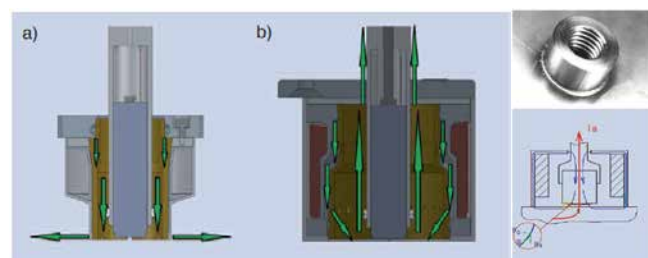
Postopek varjenja poteka z vpetjem čepa v vpenjalno glavo, drugi del varjenca vpnejo na vpenjalno mizo ali suport. Glavno rotirajoče gibanje opravlja čep, drugi varjenec pa med samim varjenjem običajno miruje. Rotirajoči se čep se prisloni na varjenec. Zaradi trenja se na mestu stika zviša temperatura do testastega stanja oziroma do t. i. belega žarjenja. Čep se med rotiranjem pomika v varjenec (majhni pomiki), po določenem času se hitro ustavi. Nastane zvarni spoj, okoli katerega nastane prstan izrinjenega materiala. Varilni parametri so: hitrost čepa, hitrost pomika v varjenec, čas varjenja.

Varjenje čepov z magnetno krmiljenim oblokom (SRM)

SRM-varjenje (Schweissen in Radial-symmetrische Magnetfeld) je varjenje z radialno simetričnim magnetnim poljem in predstavlja nov način obločnega varjenja čepov. Njegova posebnost je, da je potovanje varilnega obloka magnetno krmiljeno. Pri SRM-postopku se varilni oblok vžge z odmikom od obdelovanca, enako kot pri običajnem obločnem postopku varjenja čepov. Že vzpostavljeni varilni oblok se nato kontrolira z radialno simetričnim magnetnim poljem. Klasično varjenje čepov brez SRM ima nekontrolirano magnetno polje varilnega obloka. Varilni oblok gori na najkrajši poti med čepom in varjencem, zato oblok nekontrolirano »pleše«. Pri tem postopku varilni oblok prisilno in kontrolirano kroži okoli osi čepa, ki ga varimo. Rezultat je enakomerno in kakovostno zvarjen čep na površino varjenca. Za zaščito zvara pred atmosfero se uporablja zaščitni plin, ki je običajno mešanica plinov argona in CO₂.



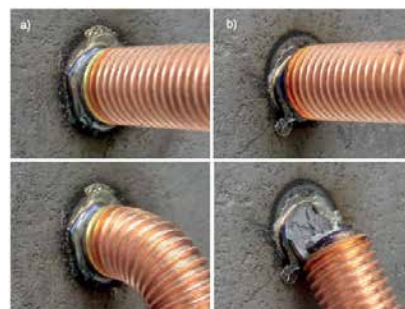
» Slika 3: SRM-varjenje [2]



» Slika 4: Dodatna vpenjala z različnimi koncepti odvajanja plinov za zagotovitev magnetnega polja in plinske zaščite: a) za vijake do M12 in b) večja vpenjala za M16 s spremenjenim tokom zaščitnega plina. Prikaz varjenja obroča ali matice s podporo magnetnega polja za enakomerno gibanje obloka: c) jeklena matica, privarjena na ploščo, (estetski zvar) ter d) magnetno polje in zaščitni plin obkrožata mesto zvara in povzročata gibanje obloka.

Postopek ima več prednosti. Ena pomembnejših je bistveno manjša potrebna energija v primerjavi z obločnim varjenjem čepov brez SRM (tudi do 50 odstotkov manj energije [2]). Ta prednost se v praksi kaže v obliki manjših deformacij in temperaturnih con.

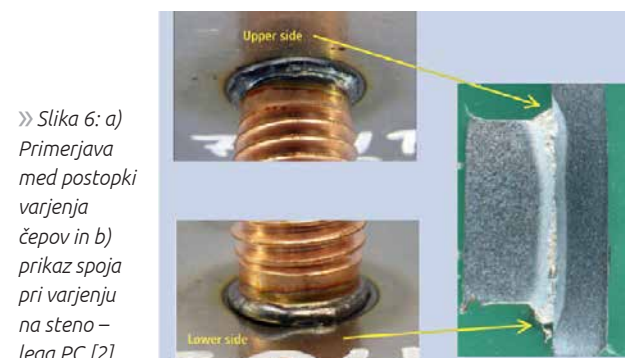
Pri varjenju čepov na tanke pločevine je pogosto preveliko temperaturno vplivano področje, kar povzroča vidnost zvara na drugi strani pločevine. Pri SRM-postopku se varilni oblok magnetno krmili pod čepom v obliki spirale. Zaradi krmiljenja varilnega obloka se material segreje po vsej površini enakomerno in to le v toliko, da nastane tanek sloj taline na obeh varjencih. Tako kakovosten spoj nastane tudi pri varjenju v legi PC – na steni (Slika 5). Način SRM je prav zaradi te lastnosti primeren tudi za varjenje čepov večjih premerov na tanke pločevine.



» Slika 5: Varjenje vijaka M16 iz jekla S235 na ploščo iz S355 na steni (lega PC) v zaščitnem plinu Ar 82 %, CO₂ 18 %: a) s SRM-tehnologijo so spoji zdržali 60-stopinjski upogib in b) klasično varjenje z nepopolno privarjenim zvarom zgoraj (zajeda) (varilni tok 1380 A, čas varjenja 200 ms) [2]

Testi kažejo, da so spoji, zvarjeni po tem postopku, v primerjavi z drugimi postopki varjenja čepov manj porozni, imajo večjo trdnost in trdnost na upogibnih testih v ožjih tolerancah (Slika 6).

SRM varjenje čepov	Varjenje čepov z oblokom (keramični obroč)	Varjenje čepov z uporabo zaščitnega plina
Jakost toka: 800 A Čas varjenja: 220 ms SRM: 315 mA Vrsta čepa: HZ1 Zaščitni plin: M21 - ArC-18 Pretok plina: 10 l/min	Jakost toka: 960 A Čas varjenja: 240 ms SRM: brez Vrsta čepa: PD	Jakost toka: 960 A Čas varjenja: 240 ms SRM: brez Vrsta čepa: PD Zaščitni plin: M21 - ArC-18 Pretok plina: 10 l/min



» Slika 6: a) Primerjava med postopki varjenja čepov in b) prikaz spoja pri varjenju na steno – lega PC [2]

Oprema za varjenje čepov

Stroji za varjenje čepov so namenski stroji. Za vsak postopek se uporablja drug stroj za varjenje, pa čeprav so si nekateri postopki zelo podobni.



» Slika 7: Oprema za a) kondenzatorsko varjenje čepov [3] in b) za SRM-varjenje čepov [2]



» Slika 8: Vrste čepov [4]

zem priključen na pozitivni pol, varjenec pa na negativnega. Da naprave lahko zaznavajo, kaj se dogaja z oblokom (dolžina, čas gorenja), so z varjencem povezane s komunikacijskim kablom. Proizvajalci opreme so podjetja Soyer, Nelson, Kōco in Hruschka.



Čepi za varjenje

Poznamo več vrst čepov, ki se med seboj razlikujejo po obliki, obliki konice čepa, materialu čepa in po tehnološkem postopku, za katerega je čep namenjen.

Viri varilnega toka so transformatorji, usmerniki, inverterji ali kondenzatorski viri. Varilni tok za varjenje čepov je običajno enosmeren (DC). Krmilne omarice so običajno vgrajene skupaj z virom varilnega toka v enotno ohišje. Omogočajo možnost nastavljanja jakosti varilnega toka, časa varjenja, nekateri viri imajo že prednastavljene programe za izbrane tipe in premere čepov, nastavljanje možnosti pulznega toka in podobno. Varilni mehanizmi opravljajo gibanje čepa pri varjenju. Običajno je varilni mehani-

Literatura

- [1] Tušek J.: Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo, Ljubljana 2014.
- [2] SRM stud welding – a new arc stud welding variant, Welding and Cutting 13 (2014), 5.
- [3] Oprema za kondenzatorsko varjenje, http://www.koeco-gmbh.com/fileadmin/_migrated/pics/schweissmaschine_header_03.jpg, 6. 12. 2014.
- [4] Vrste čepov: <http://www.atlanticstudwelding.com/>, 6.12.2014.

I PRO ING d.o.o.

V SODELOVANJU Z NAJBOLJŠIMI

Prodajni program:

- Varilni aparati za vse varilne postopke: ameriškega proizvajalca–LINCOLN ELECTRIC in nemškega–Merkle
- Širok izbor dodatnih materialov za varjenje
- Industrijsko odsesovanje in odpraševanje–Nederman
- Hitro zapiralne spojke vodilnega proizvajalca na svetu– Walther Präzision–več kot 300.000 različnih vrst
- Avtomatizacija in robotizacija varjenja



Servis varilne opreme
vseh proizvajalcev

Pooblaščen zastopnik za Slovenijo:
I PRO ING d.o.o., Tel.: 01/56-11-045, info@ipro.si, www.ipro.si