

Ročno obločno varjenje s hlajenjem oplaščene elektrode

Manual Arc Welding with Cooling of Covered Electrode

J. Tušek¹, Institut za varilstvo, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-11-22

V članku je prikazano obločno varjenje z oplaščeno elektrodo z novo varilno pištolo, ki je prisilno zračno hlajena in ki omogoča tudi zračno hlajenje oplaščene elektrode med varjenjem. Plašč prisilno zračno hlajene elektrode se med varjenjem segreje do nižje temperature kot pri klasičnem varjenju, kar omogoča varjenje z višjimi varilnimi tokovi. V članku je prikazano, da je možno jakost toka povečati od 30 do 50% nad maksimalno vrednostjo, ki jo priporoča proizvajalec elektrod. Poleg višje produktivnosti ima varjenje z zračno hlajeno pištolo prednost tudi v boljših delovnih razmerah, ker se med varjenjem razvije manj dima in manj plinov v primerjavi s klasičnim ročnim obločnim varjenjem z oplaščeno elektrodo.

Ključne besede: zračno hlajena varilna pištola, oplaščena elektroda, ročno obločno varjenje, produktivnost varjenja

The article treats covered-electrode arc welding with a new, blower-cooled welding gun which permits air-cooling of the covered electrode during welding. The covering of the air-cooled covered electrode heats up less during welding than in classical welding, which permits welding at higher welding current intensities. The article shows that current intensity may be increased by 30 to 50% above the value recommended by the electrode manufacturer. Beside a higher productivity, welding with an air-cooled gun has also the advantage of more favourable working conditions because a smaller quantity of fumes and gases generates than in classical manual arc welding with covered electrode.

Key words: air-cooled welding gun, covered electrode, manual arc welding, welding productivity

1 Uvod

Ročno obločno varjenje z oplaščeno elektrodo je kljub razvoju avtomatskih in polavtomatskih postopkov še vedno zelo uporabljen varilni postopek. Izdelava in poraba oplaščenih elektrod, ki se uporabljajo za ročno obločno varjenje, zavzema tudi v industrijsko najbolj razvitih državah od 30 do 45% celotne količine vseh dodajnih materialov. Razlogi za tako razširjeno uporabo ročnega obločnega varjenja so predvsem v zelo kvalitetni izdelavi zvarov, veliki fleksibilnosti postopka in možnosti varjenja na prostem ter v prisilnih legah. Med pomanjkljivosti postopka štejemo varilčeve težke delovne razmere in nizko produktivnost. Omenjeni pomanjkljivosti je možno odpraviti ali vsaj omiliti z novo varilno pištolo, ki prisilno zračno hladi držalo elektrode in oplaščeno elektrodo med varjenjem. S hlajenjem elektrode je možno tudi do 40% povečati jakost varilnega toka, dosežati večji talilni učinek ter globlji uvar. Med varjenjem se zaradi hlajenja plašča elektrode razvije manj dima, plinov ter kovinskih par, kar ugodno vpliva na delovno okolje in na počutje varilca.

2 Opis naprave

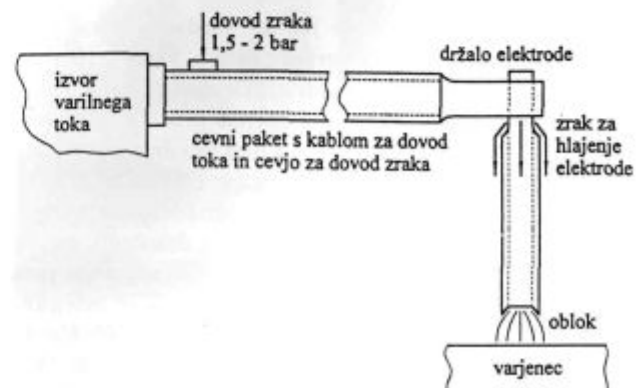
Naprava za varjenje z zračno hlajeno oplaščeno elektrodo je skoraj v celoti podobna klasičnim napravam za ročno obločno varjenje. Tudi tu uporabljamo izvor toka s padajočo statično karakteristiko, varimo z izmeničnim ali enosmernim tokom obeh polaritet in uporabljamo opla-

ščene elektrode različnih tipov, premerov in dolžin. Od klasične naprave se razlikuje le po varilni pištoli, ki je shematsko prikazana na **sliki 1**. Sestavljena je iz cevne paketa in držala za varilčev roko ter vpetje elektrode. V cevnem paketu so kabel za dovod električnega toka za varjenje in cevi za dovod zraka za hlajenje pištole in oplaščene elektrode.

Celotna naprava za varjenje z zračno hlajeno varilno pištolo in oplaščeno elektrodo je z merilnimi instrumenti za eksperimentalno delo prikazana na **sliki 2**.

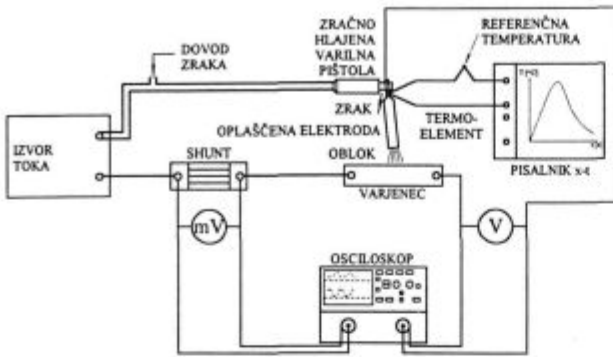
Poleg ročnega obločnega varjenja z elektrodami dolžine do 450 mm je možno napravo uporabiti tudi za gravitacijsko varjenje z oplaščeno elektrodo dolžine do 700 mm.

Naprava je bila razvita in izdelana pred nekaj leti na Švedskem in je patentirana v večini evropskih držav.



Slika 1: Shematski prikaz varilne pištole, ki je zračno hlajena
Figure 1: Schematic representation of air-cooled welding gun

¹ Doc.Dr. Janez TUŠEK
Institut za varilstvo
1000 Ljubljana, Ptujška 19



Slika 2: Shematski prikaz eksperimentalne naprave za ročno obločno in gravitacijsko varjenje z oplaščeno elektrodo

Figure 2: Schematic representation of experimental device for manual arc welding and gravity welding with covered electrode

Za študij vpliva zračnega hlajenja elektrode na njeno ogrevanje smo analogno merili temperaturo s termoelementom, kot je prikazano na **sliki 2**. Termoelement (Pt - PtRh) smo namestili v vratu oplaščene elektrode, kot je razvidno s **slike 3**.

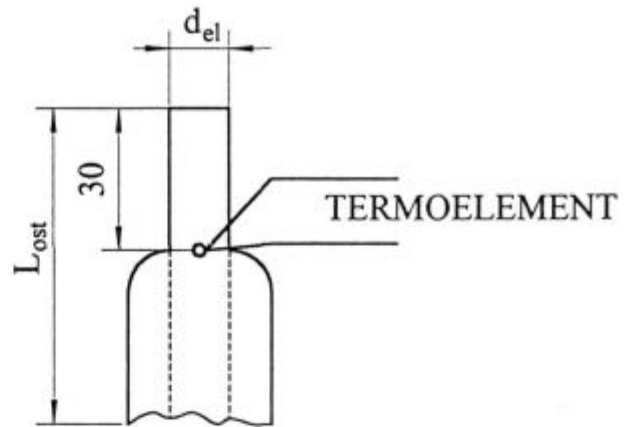
3 Eksperimentalno delo

Za eksperimentalno delo je bila uporabljena naprava, ki je prikazana na **sliki 2**. Varili smo z dvema vrstama oplaščenih elektrod in iz vsake vrste smo vzeli dve različni dimenziji elektrod. Izbrali smo bazične in rutilne elektrode premera 3,25 mm x 300 mm in 4 mm x 450 mm. Za vsak tip elektrod smo izbrali tri jakosti tokov. Pregled izbranih varilnih parametrov je podan v **tabeli 1**.

Tabela 1: Pred eksperimentalnim delom izbrani varilni parametri

		BAZIČNA					
		φ 3,25 x 350 mm			φ 4 x 450 mm		
I (A)		125	140	182	160	180	234
		RUTILNA					
		φ 3,25 x 350 mm			φ 4 x 450 mm		
I (A)		122	135	175	155	170	221

Izbrali smo tri različne jakosti varilnega toka. Najnižja je srednja vrednost varilnega toka, ki ga priporoča proizvajalec oplaščenih elektrod. Druga je maksimalna vrednost jakosti toka, ki jo priporoča proizvajalec elektrod, tretja pa pomeni 30% nad maksimalno vrednostjo dopustnega varilnega toka za izbrane elektrode. Na osnovi praktičnih izkušenj je bila določena hitrost varjenja, ki je bila 0,23 m/min. Prav tako je bilo določeno, da naj bo dolžina ostanka elektrode od 50 do 60 mm. Poskusna varjenja so bila opravljena na ravni plošči iz nelegirane konstrukcijskega jekla debeline 10 mm. Plošče so bile pred varjenjem temeljito pobrušene in očiščene. Varilna pištola je bila pritrjena na voziček, ki se je med varjenjem premikal s konstantno hitrostjo. Tudi elektroda se je med oddaljevanjem pomikala avtomatsko oziroma v



Slika 3: Namestitev termoelementa na vratu oplaščene elektrode

Figure 3: Setting of thermocouple on covered-electrode neck

skladu z zunanjo oziroma napetostno regulacijo dolžine obloka. Uporabljeni izvor toka ima padajočo statično karakteristiko in je namenjen za ročno obločno varjenje in za varjenje pod praškom. Pretok zraka za hlajenje je bil 15 do 20 l/min.

Z izbranimi elektrodami in parametri so bila varjenja izvedena brez prisilnega hlajenja elektrode z zrakom in z njim.

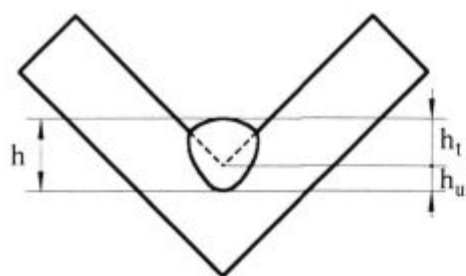
Poleg omenjenih raziskav so bila uvodoma opravljena poskusna varjenja z elektrodo rutilnega tipa, premera 5 mm. Na **sliki 4** so prikazani dobljeni rezultati. Varjen je bil kotni var v vodoravni legi. Proizvajalec elektrod priporoča za uporabljeno elektrodo maksimalno jakost toka 235 A.

Narejen je bil kotni var, debelina pločevine 8 mm. Prvi var je bil narejen z jakostjo toka 235 A s klasično napravo za ročno obločno varjenje, drugi pa z jakostjo toka 340 A z zračno hlajeno varilno pištolo in pri nespremenjenih razmerah.

Jakosti toka od 235 A do 340 A je bilo mogoče povečati, ker je bil plašč elektrode prisilno hlajen z zrakom. Če bi varili s 340 A z elektrodo premera 5 mm brez hlajenja, bi se plašč elektrode tako močno segrel, da bi odpadel od elektrode, preden bi se le-ta v celoti pretalila. To pomeni, da bi se drugi del elektrode oddaljeval brez zadostne zaščite, kar v varilstvu ni dopustno.

4 Rezultati in diskusija

Namen raziskav je bil ugotoviti vpliv zračnega hlajenja elektrode na proces varjenja in predvsem raziskati možnosti povečanja maksimalnega toka, ki ga priporoča proizvajalec elektrod. Iz **tabele 1** je razvidno, da smo določili 30% večjo jakost toka nad dopustno maksimalno vrednostjo. Med eksperimentalnim varjenjem smo merili varilne parametre, temperaturo v vratu elektrode in še nekatere druge veličine. V diagramu na **sliki 5** je prikazana izmerjena temperatura v vratu elektrode v odvisnosti od jakosti toka pri varjenju z zračno hlajeno elektrodo in pri varjenju brez hlajenja. V diagram je vnesena



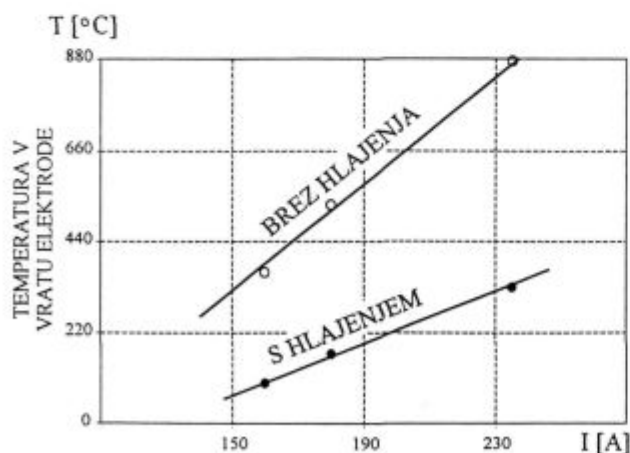
	BREZ HLAJENJA I = 235 A	S HLAJENJEM I = 340 A
h_u [mm]	6,5	6,5
h_t [mm]	0,5	1,5
h [mm]	7	8

Slika 4: Varjenje kotnega vara z zračno hlajeno elektrodo premera 5 mm z jakostjo toka 340 A in z enako elektrodo brez hlajenja in z jakostjo toka 235 A

Figure 4: Welding of fillet weld with air-cooled electrode with a diameter of 5 mm and current intensity of 340 A and without cooling with current intensity of 235 A

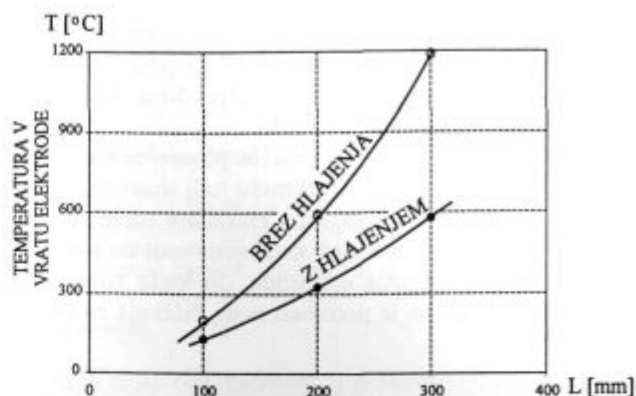
temperatura v vratu elektrode tik ob prekinitvi varjenja, ko je bila elektroda že skoraj v celoti pretaljena. Dolžina ostanka elektrode je bila 60 mm. Meritve so bile opravljene z elektrodo premera 4 mm x 450 mm bazičnega tipa.

Podobni rezultati so razvidni iz diagrama na sliki 6. Prikazan je porast temperature v vratu elektrode med njenim odtaljevanjem. Pri varjenju brez hlajenja elektrode temperatura v vratu elektrode narašča nelinearno. Ogrevanje elektrode je posledica prevajanja toka skozi njeno jedro oziroma zaradi jouskega ogrevanja v jedru elektrode. Pri varjenju s hlajeno elektrodo temperatura v vratu elektrode narašča mnogo počasneje in skoraj linearno.



Slika 5: Vpliv temperature v vratu oplaščene elektrode v odvisnosti od jakosti toka pri varjenju z zračnim hlajenjem in brez njega (bazična elektroda premera 4 mm x 450 mm, $l_{ost} = 60$ mm)

Figure 5: Influence of temperature of covered electrode depending on current intensity in welding with air-cooling and without it (basic electrode with a diameter of 4 mm x 450 mm, $l_{ost} = 60$ mm)

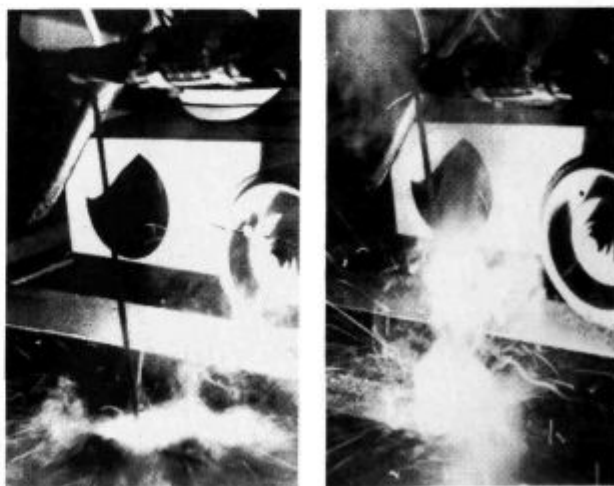


Slika 6: Porast temperature v vratu elektrode med njenim odtaljevanjem med varjenjem z zračno hlajeno pištolo in brez zračnega hlajenja (elektrode bazičnega tipa, premera 3,25 mm x 350 mm, I = 175 A)

Figure 6: Temperature increase in electrode neck during its melting in welding with air-cooled gun and without air cooling respectively (basic electrode, diameter of 3,25 mm x 350 mm, I = 175 A)

Poizkusi in meritve so bili opravljene z elektrodo bazičnega tipa premera 3,25 mm in dolžine 350 mm. Dolžina ostanka elektrode je bila 50 mm, jakost toka med varjenjem pa 175 A, kar je skoraj 30% več od maksimalne vrednosti toka, ki ga priporoča proizvajalec elektrod.

Iz slike je razvidno, da se vrat elektrode, ki ni hlajena, segreje do 1200°C, kar vodi do razpada plašča in do njenega odpadanja. Če pa je elektroda hlajena, naraste temperatura le do 580°C, kar je maksimalna dopustna vrednost.



Slika 7: Proces obločnega varjenja z zračno hlajeno varilno pištolo in elektrodo (levo) ter brez hlajenja, to je po klasičnem postopku ročnega obločnega varjenja (desno)

Figure 7: Arc welding process with air-cooled welding gun and electrode (left) and without cooling, i.e. classical manual arc welding (right)

Najbolj imponanten dokaz o prednosti varjenja z zračno hlajeno varilno pištolo pa je razviden s **slike 7**. Fotografiji prikazujeta obločno varjenje z oplaščeno elektrodo brez zračnega hlajenja (desno) in varjenje z zračno hlajeno varilno pištolo in elektrodo (levo). Ker je plašč elektrode zračno hlajen, se razvije mnogo manj dima, plinov in kovinskih par. Zrak, ki piha ob plašču elektrode, tudi preprečuje dviganje dima in s tem izboljša razmere za varilčevo delo.

Poleg manjše količine dima in plinov opazimo pri varjenju z zračno hlajeno elektrodo tudi manj brizganja kovinskih delcev v primerjavi s klasičnim načinom varjenja. Manjše brizganje med varjenjem vodi do boljšega izkoristka pretaljevanja elektrode, do lepše zunanosti vara, po varjenju pa je potrebno manj čiščenja zvarnega spoja.

5 Sklepi

Na osnovi prikazanih rezultatov lahko zapišemo, da ima varjenje z zračno hlajeno varilno pištolo, ki med varjenjem hladi tudi plašč elektrode, številne prednosti v primerjavi s klasičnim načinom ročnega obločnega varjenja. Prednosti sta v glavnem dve: večja produktivnost in boljše razmere za varilčevo delo. Večjo produktivnost dosežemo z varjenjem z večjo jakostjo varilnega toka. Pri nekaterih elektrodah je možno jakost toka povečati do 30%, pri drugih pa celo do 50% nad maksimalno jakost toka, ki jo priporoča proizvajalec elektrod. Z večjo jakostjo toka pa dosežemo poleg večje produktivnosti tudi večjo globino uvara in boljšo prevaritev, kar lahko tudi olajša pripravo zvarnega robu. S **slike 7** pa je razvidno, da so razmere pri varjenju z novo varilno pištolo mnogo boljše in da je tudi namestitev odsesovalnih naprav mnogo lažja in učinkovitejša v primerjavi s klasičnim načinom varjenja.