

TEHNOLOGIJA VARJENJA PRIKLJUČKA Z VILICAMI ZA PRETOVOR KAMNITIH BLOKOV

Niko Bajec, Klemen Pompe, Janez Tušek

Izveček:

Članek predstavlja potek izdelave specialnega priključka z vilicami za kolesni nakladalnik. Z njegovo pomočjo v kamnolomih, rudnikih in obratih za predelavo kamna pretovarjamo kamnite bloke večjih dimenzij in mas do 160×10^3 kg, ki se nadalje uporabljajo v primarni gradbeni industriji. Ker gre za priključek, izdelan iz različnih vrst jekel večjih debelin, je varivost takšnega zvarnega stika zelo težavna. V članku je podrobno predstavljena tehnologija varjenja, ki obsega izbiro varilnega procesa in dodatnega materiala ter pripravo zvarnih stikov in vrsto kontrole kvalitete zvarnih spojev po varjenju.

Ključne besede:

varjenje, priključne vilice, nakladalnik, zvarni stik, varjenje različnih materialov, varivost, kakovost zvarnih spojev

1 Uvod

Priključek za pretovor kamnitih blokov s kolesnim nakladalnikom ima obliko vilic, zato ga bomo v tem članku imenovali priključne vilice, da bo izraz bolj jasen tudi za nepoznavalce tega področja. S temi vilicami se v kamnolomih in obratih za obdelavo kamna natovarjajo, raztovarjajo in pretovarjajo veliki kamniti bloki, iz katerih se nato v nadaljnji proizvodnji izdelujejo različni izdelki za gradbeni sektor. Velikost in teža blokov sta odvisni od namena njihove nadaljnje uporabe oziroma od velikosti in teže končnega izdelka. Na *sliki 1* je predstavljen kolesni nakladalnik s priključkom za pretovor kamnitih blokov z maso do 48×10^3 kg.

Večji in težji, kot je kamniti blok, večje, robustnejše ter močnejše kolesne nakladalnike potrebujemo za njihovo manipulacijo. Velikosti in teži kamnitih blokov mora biti zato poleg nakladalnika prilagojen tudi priključek z vilicami, da med obratovanjem ne pride do deformacije ali celo porušitve. Osnovni del predstavljajo vilice, ki so v orodje skoraj vedno vgrajene v paru, kar je razvidno s *slike 1* in s *slike 2*. Prav zaradi tega je nosilnost vilic podana na par in je regulirana s pomočjo njihovega prečnega preseka ter kvalitete materiala, iz katerega so narejene. V *preglednici 1* so predstavljene nosilnosti standardnih izvedb vilic, namenjenih za pretovor kamnitih blokov, ob upoštevanju varnostnega faktorja 2,5 ali

več. Predstavljene vgradne mere so standardne, po želji kupca ali uporabnika so mogoča tudi določena odstopanja [1, 2].

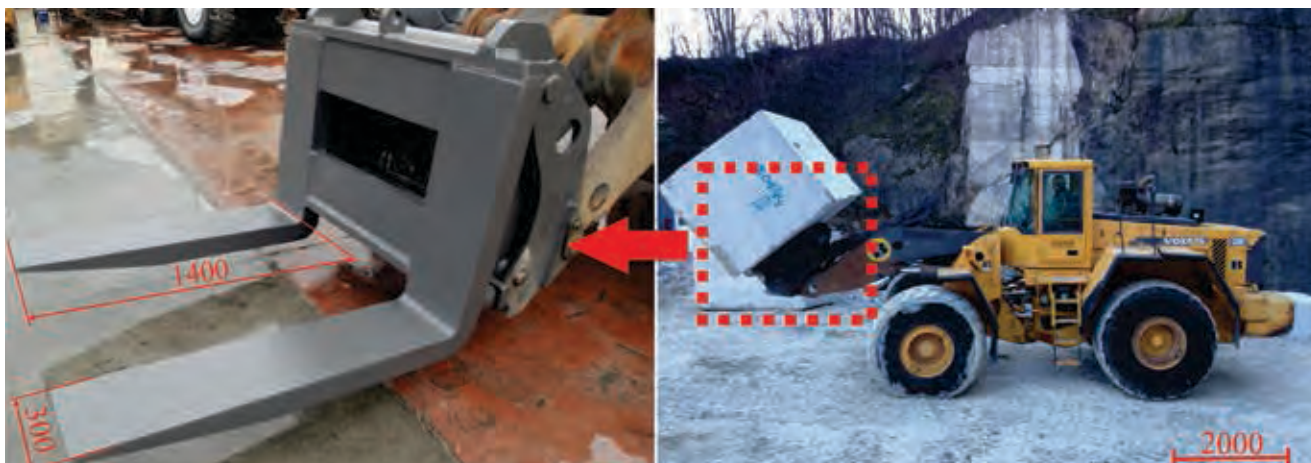
2 Tehnologija varjenja

Na *sliki 2* je shematsko prikazan priključek z vilicami za pretovor kamnitih blokov nosilnosti 11-103 kg. Prikazani so posamezni elementi, vrsta uporabljene jekla (dve različni barvi) ter izvedba vpetja na pogonski stroj. Oblika vpetja priključka z vilicami je odvisna od vrste in velikosti nakladalnika na kolesih, za katerega je ta konstruiran.

Ko govorimo o priključku z vilicami za pretovarjanje kamnitih blokov s pomočjo nakladalnika na kolesih, imamo v mislih zvarjeno celoto, sestavljeno iz dveh vilic, povezovalnih elementov ter vpetja za pritrditev na nakladalnik (glejte *sliko 1* in *2*). Vilice so lahko narejene iz različnih materialov, odvisno od zahtevane velikosti ter nosilnosti, medtem ko so povezovalni elementi ter vpetje izdelani iz konstrukcijskega jekla.

Iz zapisa izhaja, da imamo na posameznem priključku opravka z zvarnimi spoji, izdelanimi med elementi iz enakega kot tudi med elementi iz različnih vrst jekel. Priprava takšne tehnologije je zelo zahtevna. Z mešanjem dveh različnih jekel lahko nastanejo mikrostrukture, ki so s trdnostnega vidika zelo neugodne ali za uporabo celo nesprejemljive. Da se temu izognemo, moramo poznati kemično sestavo obeh materialov, stopnjo razmešanja obeh materialov med varjenjem in CCT-diagrame obeh materialov (angl.: Continuous Cooling Transformation).

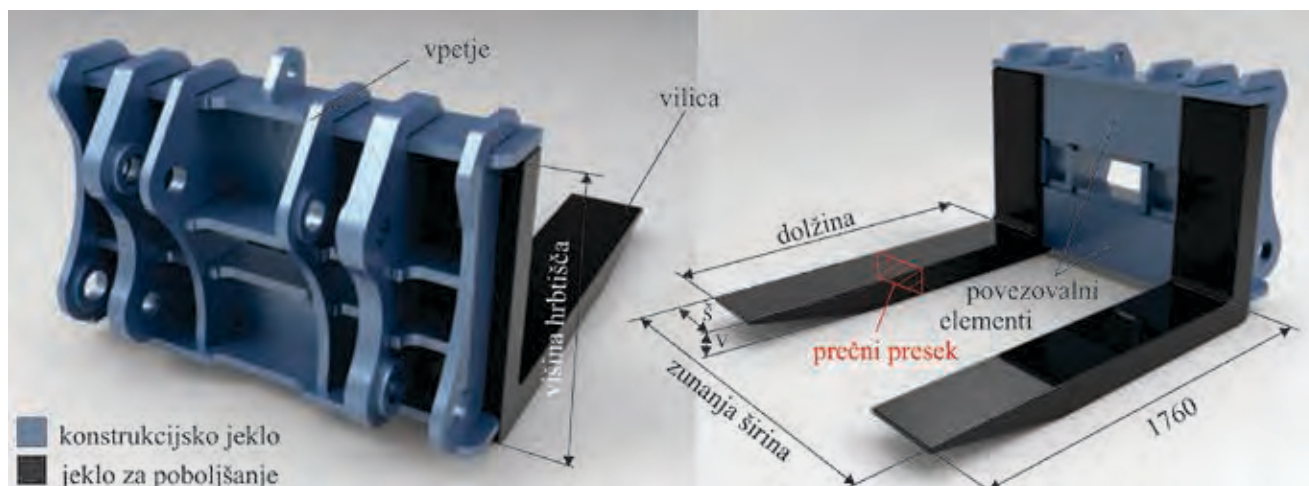
Niko Bajec, univ. dipl. inž., BALAVTO, d. o. o., Ajdovščina; **Klemen Pompe**, univ. dipl. inž., prof. dr. **Janez Tušek**, univ. dipl. inž., oba TKC, d. o. o., Ljubljana



Slika 1 : Kolesni nakladalnik s priključkom za pretovor kamnitih blokov nosilnosti 48 ton

Tabela 1 : Standardne izvedbe vilic za pretovor kamnitih blokov [1]

Nosilnost v kg/par	Prečni presek š x v v mm (Glejte sliko 2)	Dolžina v mm (Glejte sliko 2)	Zunanja širina v mm (Glejte sliko 2)	Višina hrbišča v mm (Glejte sliko 2)
30.000	250 x 100	1400	1300	1100
48.000	300 x 105	1400	1400	1100
60.000	300 x 120	1500	1400	1100
80.000	300 x 140	1800	1400	1200
100.000	350 x 150	1700	1500	1400
110.000	350 x 150	1760	1500	1065
160.000	350 x 150	1760	1500	1065
Sekvenca II	20/0	30/0	30/0	10/0



Slika 2 : Prikluček z vilicami za pretovor kamnitih blokov nosilnosti 110×10^3 kg

2.1 Identifikacija obeh osnovnih materialov, ki tvorijo priključek z vilicami

Pravilna priprava, izbira varilnega postopka in izvedba procesa varjenja so ključne za izdelavo kakovostnega izdelka. Varjenje opisanih vrst priključkov

torej zahteva dobro poznavanje problematike, pravilno pripravo zvarnih stikov, pravilno izbiro dodatnega materiala, zaščitnega plina, temperature predgretja ter parametrov varjenja. Izjemno pomembno vlogo imajo izkušnje in koncentracija varilca med varjenjem. Upoštevanje vseh teh dejavnikov je pogoj za dobro opravljeno delo.

Najprej moramo identificirati materiale v posameznem zvarnem stiku, njihovo kemijsko sestavo in mehanske lastnosti. Material, iz katerega so izdelane vilice, ter njihov prečni preseki, sta odvisna od zahtevane nosilnosti. V preglednici 2 so predstavljeni različni materiali, iz katerih so lahko izdelane vilice, ter njihova kemijska sestava. Njihove mehanske lastnosti pa so navedene v preglednici 3. Ker gre pri pretovarjanju kamnitih blokov za dinamične obremenitve, kar štejemo med težje pogoje dela, so vilice za ta namen izdelane iz enega izmed jekel, ki sta navedeni v spodnjih dveh vrsticah v preglednici 2 in 3. Priključek, ki je z mehansko silo manj obremenjen, pa je izdelan iz konstrukcijskih jekel, ki sta navedeni v zgornjih dveh vrsticah v preglednici 2 in 3 [1-4].

Vilice najpogosteje nabavljajo kot polizdelek iz kakovostnega jekla z zagotovljeno kemično sestavo in z zagotovljenimi mehanskimi lastnostmi. Vsak nadaljnji postopek obdelave ali predelave vilic lahko spremeni njihove lastnosti. To je še posebno nevarno pri varjenju. S pravilno izbiro varilnega postopka in z dodatno uporabo ukrepov pred varjenjem, med njim in po njem lahko vse zahtevane lastnosti materiala vilic obdržimo. Ob nepravilni izbiri procesa varjenja in ob nepravilni izvedbi procesa varjenja se namreč lahko zgodi, da se lokalno, na mestu varjenja struktura materiala spremeni, kar ima za posledico zmanjšanje nosilnosti in morebitno porušitev celotnega zvarnega spoja.

Pred pričetkom varjenja je torej treba natančno identificirati material, iz katerega so vilice narejene. Ta je odvisen od velikosti in nosilnosti posamezne vilice. Nosilnost je definirana kot bruto nosilnost ob statični obremenitvi ob upoštevanem najmanj 2,5-kratnem varnostnem faktorju [2,3].

2.2 Določitev procesa varjenja

Pred pričetkom varjenja smo opravili več praktičnih testov z različnimi varilnimi postopki. Eksperimentalni preskusi so pokazali, da je za varjenje priključka z vilicami najprimerneje uporabiti varjenje MAG (*angl. Metal Active Gas*). To je postopek obločnega varjenja s tanko žico, ki med varjenjem doteka v varilni oblok s konstantno hitrostjo. Izraz aktiven pomeni, da zaščitni plin reagira s pretaljenim materialom, stabilizira oblok in zaščiti prenos dodatnega materiala v zvarni spoj in sam nastajajoči var pred atmosferskim vplivom. Potrebno toploto za taljenje materiala dobimo s pomočjo varilnega obloka, ki gori med varilno žico in varjencem. Žica se med varjenjem tali in nam služi kot dodajni material. Žica doteka skozi varilni gorilnik, ki ga varilec med varjenjem drži v primerni legi in ga vodi v smeri nastajanja vara.

Za varjenje opisanih vrst priključkov z vilicami se uporablja mešanica plina, ki je namensko pripravljena za varjenje po postopku MAG. Običajno je to mešanica, sestavljena iz 18 odstotkov ogljikovega dioksida (CO₂) ter 82 odstotkov nevtralnega plina argona (Ar). Tako mešanico ogljikovega dioksida in argona štejemo med aktivne plinske mešanice, saj ogljikov dioksid reagira s pretaljenim materialom v talini vara. Porabo zaščitnega plina na enoto raztaljene kovine ali na časovno enoto je mogoče natančneje izračunati s pomočjo različnih enačb ali meritev.

V praksi se pogosto uporablja priporočilo, da se pri varjenju MAG nastavi pretok plina, ki bo desetkratnik premera žice. To pomeni, če varimo s žico 1,2 mm, naj bo pretok 12 l/min [3, 8, 9].

Tabela 2 : Kemijska sestava jekel vilic [4-7]

Vrsta jekla	Oznaka	Vsebnost elementov (max. v %)													
		C	Si	Mn	P	S	N	B	Cr	Cu	Mo	Nb	Ni	V	
Konstrukcijsko	S355J2	0,22	0,55	1,60	0,03	0,03	-	-	-	0,55	-	-	-	-	
Konstrukcijsko	S690Q	0,20	0,80	1,70	0,025	0,015	0,015	0,005	1,50	0,50	0,70	0,06	2,0	0,12	
Za poboljšanje	30 Mn 5 VS	0,32	0,60	1,80	0,035	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	
Za poboljšanje	42 Cr Mo 4	0,45	0,40	0,90	0,025	0,035	-	-	1,20	-	0,30	-	-	-	

Tabela 3 : Mehanske lastnosti jekel za priključek z vilicami [4-7]

Vrsta jekla	Oznaka	Mehanske lastnosti (min)		
		Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	Kv (J)
Konstrukcijsko	S355J2	355	470	27 pri -20 °C
Konstrukcijsko	S690Q	650	760	30 pri -20 °C
Za poboljšanje	30 Mn 5 VS	450	520	31 pri +20 °C
Za poboljšanje	42 Cr Mo 4	500	800	30 pri +20 °C

2.3 Izbira dodatnega materiala

Dodatni material izbiramo glede na izbrani proces varjenja, njegove zakonitosti ter vrste materialov posameznih elementov v pripravljenem zvarnem stiku. Proizvajalci dodatnih materialov nam za varjenje MAG nudijo širok izbor dodatnih materialov, ki ga izberemo glede na kemijsko sestavo ter zahtevane mehanske lastnosti čistega vara. Za varjenje priključka z vilicami izberemo dodatni material s kemično sestavo in mehanskimi lastnostmi, ki so predstavljene v preglednici 4 [3, 10].

Tabela 4 : Zahtevana kemijska sestava in mehanske lastnosti dodatnega materiala [3, 4, 10]

Tipična kemijska sestava (%)			Mehanske lastnosti (min)		
C	Si	Mn	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	Kv (J)
0,08	1,05	1,65	450	550	50 pri -20 °C

2.4 Predgretje zvarnih stikov

S predgrevanjem varjencev znižamo temperaturno razliko med mestom varjenja in drugimi mesti varjenca ter upočasnimo hitrost ohlajanja vara in celotnega zvarnega spoja po varjenju. Predgrevamo tiste materiale, pri katerih je hitrost ohlajanja pomembna za oblikovanje mikrostrukture vara in toplotno vplivanega območja. Mikrostruktura materiala pa vpliva na mehanske, predvsem trdnostne in druge lastnosti zvarnega spoja. Predgretje zvarnih stikov je glede na kemijsko sestavo jekla (glejte preglednico 2) in debelino posameznih elementov tako rekoč nujno. Tudi sicer obstaja prepričanje, da predgretje zvarnega stika pred varjenjem do 100 °C nikakor ne more škoditi, ne glede na vrsto uporabljenega jekla, in je dobrodošlo zaradi odstranjevanja nečistoč in predvsem vlage.

Predgreva se povsod tam, kjer to zahtevajo tehnologija oziroma dejavniki, ki močno vplivajo na varjenje in kvaliteto zvara. Preprosto povedano: predgrevamo zato, da podaljšujemo čas ohlajanja zvara in tako preprečimo nastajanje martenzita v zvarnem spoju, omogočimo difundiranje vodika iz zvara, tako zmanjšamo notranje napetosti in preprečimo morebitno pokanje v hladnem.

Višino temperature predgrevanja določimo na različne načine. Poznanih je več računskih in grafičnih metod ter različne izkustvene enačbe. O temperaturi predgrevanja odločajo dejavniki, kot so kemijska sestava jekla, vsebnost vodika v dodatnem materialu, verjetnost pokanja v hladnem ter debelina in oblika varjenca.

Predgrevanje za določeno jeklo je največkrat zahtevano že s tehničnimi specifikacijami za jekla, ki jih dobimo od proizvajalcev. Če pa temperature predgrevanja nimamo podane, jo lahko določimo tudi sami. Izračunamo jo lahko s pomočjo različnih formul iz literature. Večina teh enačb temelji na kemični sestavi osnovnega materiala, v katerih pa imajo posamezni kemični elementi različni težnostni faktor. Nekatere enačbe za izračun temperature pa upoštevajo tudi debelino varjenca ter količino vnesene energije. Temperature predgrevanja za jekla, iz katerih so lahko izdelane vilice, so predstavljene v preglednici 5 [3, 8, 11].

Tabela 5 : Temperatura predgrevanja zvarnih stikov v odvisnosti od materiala vilice [3, 4]

Material vilice	Priporočena temperatura predgrevanja
S355J2	100 °C - 150 °C
S690Q	100 °C - 150 °C
30 Mn 5 VS	350 °C - 400 °C
42 Cr Mo 4	400 °C - 450 °C

Omeniti moramo še medvarkovno temperaturo, ki je definirana kot najnižja temperatura med varjenjem, torej med prvim in zadnjim varkom, in ne sme nikoli pasti pod določeno temperaturo predgretja. To pomeni, da moramo biti na temperaturo varjenca pozorni v celotnem času, od začetka predgrevanja pa do zaključka varjenja. Le tako lahko napravimo kakovitoten zvarni spoj, ki odgovarja predpisanim zahtevam [3].

2.5 Dodatne zahteve pri varjenju

Pri varjenju teh vrst priključkov je treba upoštevati še nekaj dodatnih priporočil. Že pri konstrukciji priključka se poskušamo v čim večji meri izogniti spojem med elementi, ki potekajo prečno na vilice. Obstaja namreč možnost, da pri izdelavi prečnih spojev pride do zmanjšanja nosilnosti vilice. Večina zvarnih spojev naj bo zato soležnih, prav tako pa je nezaželeno, da vari niso v bližini ukrivljenega dela vilice. Vsi vari, ki so v stiku z vilicami, se štejejo kot dinamično obremenjeni vari na poboljšanem jeklu.

Varjenje je izjemno zahteven proces. Kakovost zvarnih spojev je v veliki meri odvisna od izobraženosti, sposobnosti in izkušenosti varilcev. Kakovost varilcev preverjamo z atestiranjem. Vse zahtevne zvarne spoje morajo opraviti atestirani varilci. Zvari na priključku z vilicami spadajo med bolj zahtevne zvarne spoje. Zaradi tega mora imeti varilec pridobljene ustrezne ateste za varjenje tovrstnih zvarnih spojev, s katerimi se zagotavlja ustrezna usposobljenost varilcev.

Po končanem varjenju se mora zvarni spoj do sobne temperature ohladiti počasi na zraku in v mirnem ter suhem ozračju. Posebej pomembno je, da pri predgrevanju nikakor ne presežemo temperature 500 °C, saj lahko to vpliva na spremembo strukture materiala in s tem nosilnosti vilice [3].

3 Priprava zvarnih stikov, izvedba zvarnih spojev in dopustni položaji varjenja

Zaradi velikih debelin elementov, ki jih je potrebno združiti v kvalitetne zvarne spoje, je pravilna priprava zvarnih stikov pred varjenjem zelo pomembna. Na *sliki 3* je prikazanih nekaj tipičnih zvarnih stikov na priključku z vilicami za pretovor kamnitih blokov, nosilnosti 30×10^3 kg. Na prerezu A-A lahko vidimo način izdelave zvara z načrtom polaganja varkov v zvarni spoj med konstrukcijskim jeklom in jeklom za poboljšanje.

Večina pripravljenih zvarnih stikov je sočelnih in zvarnih stikov T, namenjenih za izvedbo zvara V, zvara dvojnih V, zvara polovičnih V, zvara Y, zvara polovičnih Y ter kotnih zvarov. Vse vare moramo variti v več varkih. To narekuje debelina varjencev in navzgor omejena dopustna količina vnesene energije.

Število varkov in njihov vrstni red polaganja določamo za vsak zvarni spoj posebej glede na debeline elementov v pripravljenem zvarnem stiku ter v skladu s statičnimi in dinamičnimi zahtevami za izdelek. Način polaganja varkov in makroobrus sočelnega zvarnega spoja elementov večjih debelin sta prikazana na *sliki 4*, kjer lahko vidimo, da je za izdelavo kvalitetnega zvarnega spoja včasih potrebnih tudi

več deset, ob zelo velikih debelinah pa tudi celo več kot sto varkov [8].

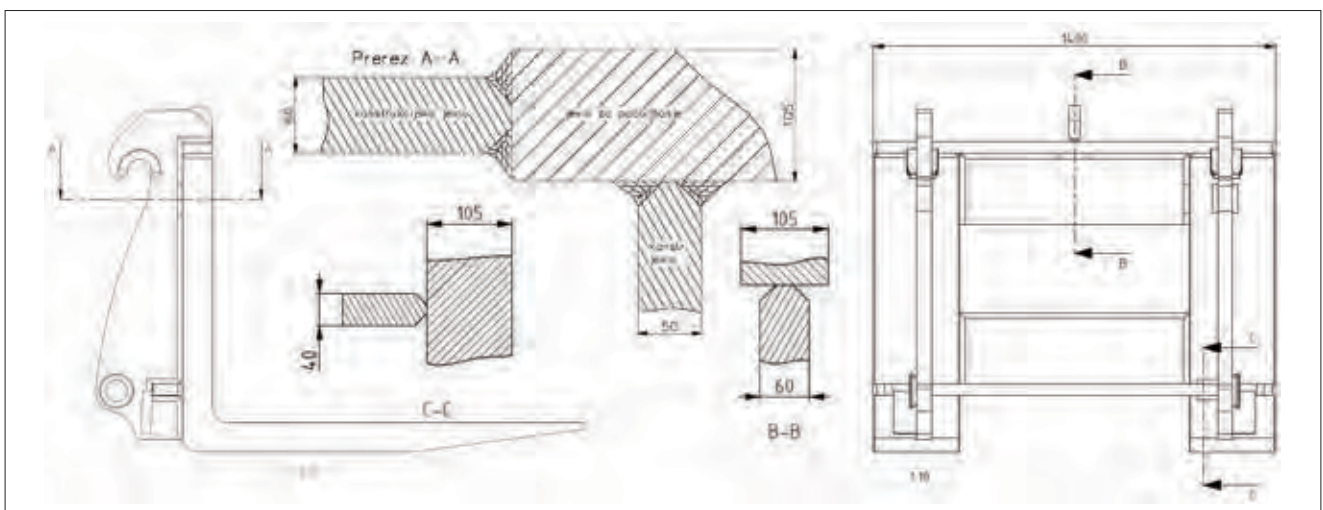
Dopustne lege varjenja zvarnih spojev na priključkih te vrste so s standardom SIST EN ISO 6947 določene kot osnovne lege PA in PB. Oznako PA nosi vodoravna lega varjenja za sočelni spoj, spoj T ali prekrhovni spoj ne glede na vrsto vara. Oznaka PB pa je namenjena za horizontalno-vertikalne lege varjenja kotnih zvarov. Vse ostale lege varjenja za tako zahtevne zvarne spoje niso dovoljene [3, 8].

4 Kontrola zvarov

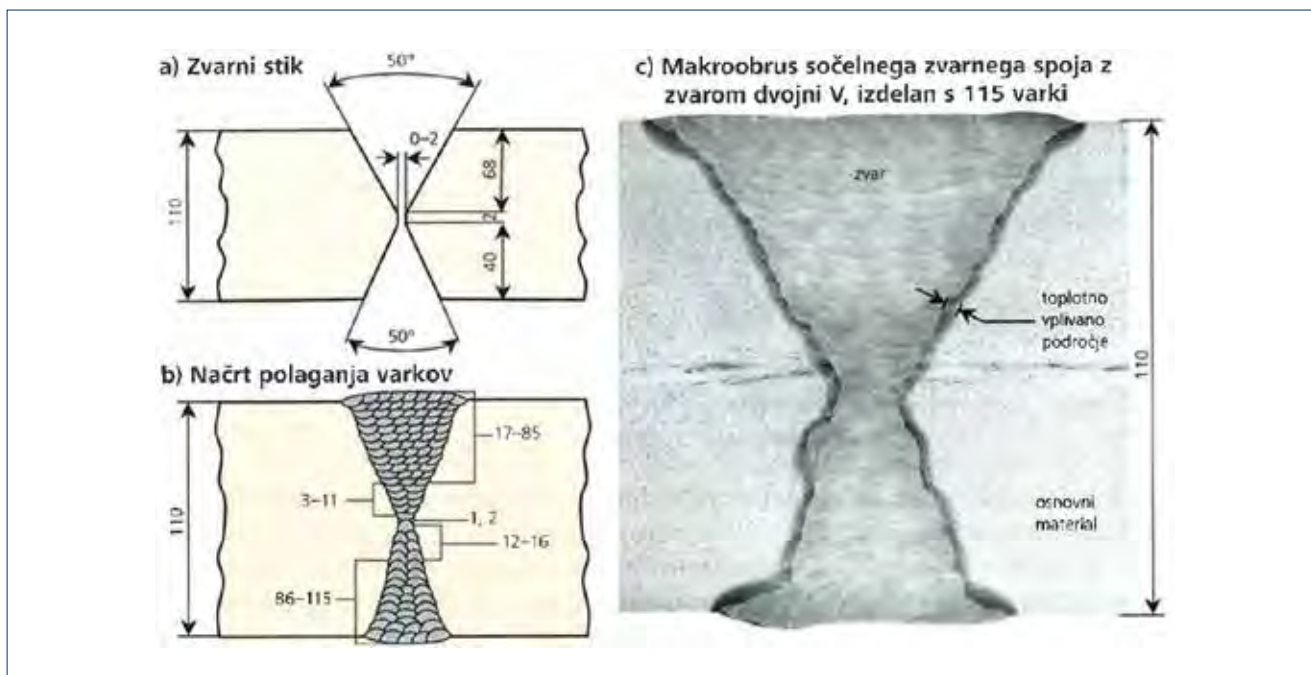
Poleg izjemno skrbne priprave tehnologije varjenja in ustreznega certificiranega varilca za izvedbo varjenja moramo po varjenju tako zahtevne zvarne spoje pregledati z neporušnimi metodami. Ker nas zanima predvsem nastanek morebitnih razpok na površini zvarnega spoja oziroma v njegovi okolici, sta najprimernejši metodi preiskava z magnetnimi delci in vizualna kontrola s penetranti. Obe metodi sta enostavni in hitri za izvedbo ter cenovno zelo ugodni.

Pri uporabi penetrantov zvarne spoje najprej dobro očistimo s čistilcem in tako odstranimo maščobe in druge nečistoče. V naslednji fazi nanese penetrant, ki se zaradi sposobnosti penetriranja vpije v morebitne razpoke. Po določenem času površino dobro očistimo, da z nje odstranimo odvečni penetrant. Zatam na površino nanese razvijalec, da povleče penetrant iz morebitnih razpok in jih obarva, da postanejo jasno vidne.

Druga možnost pa je preskus z magnetnimi delci, pri katerem s pomočjo majhnih magnetnih delcev in umetno ustvarjenega magnetnega polja odkrivamo



Slika 3 : Prikaz pripravljenih zvarnih stikov in zvarov priključka z vilicami nosilnosti 30×10^3 kg



Slika 4: Shematski prikaz sočelnega zvarnega stika, izdelava zvara z načrtom polaganja varkov in fotografski posnetek makrobrusa sočelnega zvarnega spoja z zvarom dvojni V [8]

na površino odprte napake, kot so razpoke. Možno pa je tudi kontrolirati nastajanje razpok in drugih nepravilnosti tik pod površino. Ker temelji metoda na uporabi magnetnih delcev, jo lahko uporabljamo zgolj na feromagnetnih materialih. V našem primeru kontrolo izvedemo tako, da feromagnetne delce nanesimo na površino zvarnega spoja in s pomočjo indukcije ustvarimo magnetno polje. Ob njegovem nastanku se feromagnetni delci nakopičijo na morebitnih napakah, ki tako postanejo dobro vidne s prostim očesom [3, 12].

5 Zaključek

Varjenje priključkov z vilicami za pretovarjanje kamnitih blokov s pomočjo kolesnih nakladalnikov predstavlja svojevrsten izziv. Skoraj vsak priključek je zaradi množice različnih variant prikljopov na kolesni nakladalnik in velikosti ter nosilnosti vilic poseben in unikaten primer, ki zahteva svoj in poseben pristop. Vsak priključek z vilicami je sestavljen iz elementov iz različnih vrst jekla, kar zahteva od nas dobro poznavanje njihovih lastnosti ter lastnosti zvarnih spojev med njimi. Le tako lahko izdelamo kvalitetne zvarne spoje, ki so sprejemljivi in zanesljivi za uporabo. Pomembno je tudi, da je izdelava celotnega priključka z vilicami finančno sprejemljiva. Avtorji članka se z opisano problematiko ukvarjajo že desetletja, kar pomeni, da priprava tehnologije varjenja, izbira varilnega postopka, izbira materialov in vse drugo temelji na praktičnih izkušnjah.

Literatura

- [1] Pisno gradivo: Balavto, d. o. o., Ajdovščina: Balavto production, Custom-made forks for stone blocks, Tovarniška cesta 5B, 5270 Ajdovščina, Slovenia, 2017.
- [2] <http://www.forks.com/international/en-gb/products/special-forks/bigforks>. Slikovni prikaz in opis priključkov z vilicami. Ogled 21. 1. 2018.
- [3] <http://www.us.forks.com/us/home/?L=8>. Navodila za varjenje večjih vilic za prenos tovarov. Ogled 18. 03. 2018.
- [4] SIST EN 10025-2: Vroče valjani izdelki iz konstrukcijskih jekel – 2. del: Tehnični dobavni pogoji za nelegirana konstrukcijska jekla. Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana, 2004.
- [5] SIST EN 10025-6: Vroče valjani izdelki iz konstrukcijskih jekel – 6. del: Tehnični dobavni pogoji za ploščate izdelke iz konstrukcijskih jekel z veliko plastično trdnostjo v kaljenem in popuščnem stanju. Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana, 2004.
- [6] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=405. Kemična sestava jekel. Ogled 28. 1. 2018.
- [7] SIST EN 10083-3: Jekla za poboljšanje – 3. del: Tehnični dobavni pogoji za legirana jekla. Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana, 2006.
- [8] J. Tušek: Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo. Univerza v

Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2014.

- [9] N. N.: Messer Group GmbH: Ferroline, MAG welding of unalloyed steels: Gahling spfad 31 47803 Krefeld, Nemčija, 2015.
- [10] N. N.: Bohler Thyssen Schweissttechnik Deutschland GmbH: Katalog Welding filler metals. Düsseldorf, Nemčija, 2015.
- [11] J. Tušek: Praktične in računske naloge iz tehnike spajanja. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2006.
- [12] Več avtorjev: ASM Handbook: Volume 17 Nondestructive Evaluation and Quality Control, Ohio, ZDA, 1992.

Welding technology of a special attachment with forks for transshipment of stone blocks

Abstract:

The article presents the course of making a special attachment with forks for a wheel loader. With its help in quarries, mines and stone processing plants, we load stone blocks of larger dimensions and weights up to 160-103 kg, which are further used in the primary construction industry. Because the attachment with forks is made of different types of steels of larger thicknesses, the weldability of such a weld is very difficult. The article presents in detail the welding technology, which includes the selection of the welding process and the filling material, and the preparation of welds and the quality control of the welded joints after welding

Keywords:

welding, connection forks, loader, welding, welding of various materials, weldability, quality of welded joints



strojnistvo.com
knjižnice strojnikov

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

VENTIL

časopis **industrija**

Vaša sigurna pot do tržišča v Srbiji



**Promovišite svoj posao i predstavite
Vašu kompaniju!**

**Najnovije vesti, intervjui, reportaže
sa sajmova u Srbiji i regionu,
predstavljanje kompanija, sve na
jednom mestu.**

www.industrija.rs
www.facebook.com/casopis.industrija

Pokličite nas:

ČASOPIS INDUSTRIJA	tel/fax. + 381 11 305 88 22
Lazara Kujundžića 88,	mob. + 381 60 344 84 28
11030 Beograd, Srbija	e-mail: office@industrija.rs