

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

KONTROLA ZVARNIH SPOJEV MAG VARJENJA

Kandidat: Robert Dajčman
Študent izrednega študija
Številka indeksa: 11190040059
Program: strojništvo
Mentorica: dr. Marija Kisin

Maribor, september 2013

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisan Robert Dajčman z vpisno št. 11190040059 sem avtor diplomske naloge z naslovom KONTROLA ZVARNIH SPOJEV MAG VARJENJA.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, september 2013

Podpis:

.....

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, dr. Mariji Kisin za pomoč in vodenje pri pisanju diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem podjetju metalna IMPRO in Lenartu Knezu, ki mi je omogočil, da teorijo podkrepim s praktičnim primerom.

Posebno zahvalo namenjam družini za razumevanje in prijateljem za vso pomoč ter spodbudo.

HVALA!

POVZETEK

V diplomski nalogi obravnavam področje priprave, izvedbe in kontrole zvarnih spojev MAG varjenja.

V prvem delu je predstavljen postopek priprave tehnične dokumentacije, ki nastane na podlagi zahtev naročnika ali pa jo proizvajalec izdelava sam. V nadaljevanju je opisan postopek MAG varjenja; prav tako so predstavljene neporušitvene metode preverjanja zvarnih spojev, s katerimi preverjamo kakovost zvarnih spojev; opisane so tudi napake, ki se pogosto pojavijo v samih zvarnih spojih.

V zaključku je predstavljena povezava med teoretičnim delom, ki je predstavljen na začetku in se nadaljuje v praktični del s praktičnim primerom v prilogi.

Ključne besede:

varjenje, penetrant, zahteva naročnika, varilni dnevnik, razpoka, proizvajalčevo navodilo

ABSTRACT

CONTROL OF WELDS MAG WELDING

In the diploma work, I discuss the field of preparation, implementation and control of MAG welding welded joints.

In the first part, there is presented the technical documentation preparation procedure, elaborated on the basis of client's requests or the manufacturer elaborates it by himself. There is further described the MAG welding procedure, and likewise presented non-destructive methods of welded joints testing, by which we test the welded joints quality. There are also described errors, which frequently appear in welded joints respectively.

In the conclusion, there is presented a connection between theoretical work, which is presented in the beginning, and is extended into practical work with a convenient sample in the Annex.

Keywords:

welding, penetrant requires contracting, welding journal, crack, manufacturer's operating instructions

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE.....	9
1.2	NAMEN DIPLOMSKE NALOGE	9
1.3	CILJI DIPLOMSKE NALOGE.....	9
1.4	OSNOVNE TRDITVE V DIPLOMSKI NALOGI	10
1.5	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	10
2	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA	11
2.1	ZAHTEVA NAROČNIKA	11
2.2	IZDELAVA PROIZVAJALČEVEGA NAVODILA ZA VARJENJE.....	11
2.3	ODOBRITEV VARILNEGA POSTOPKA	13
2.4	TERMINSKI NAČRTI	14
2.4.1	<i>Terminski načrt izvedbe del.....</i>	<i>14</i>
2.4.2	<i>Terminski načrt kontrole varilskih del.....</i>	<i>15</i>
2.4.3	<i>Zapisnik o kontroli.....</i>	<i>16</i>
2.5	VARILNI DNEVNIK	16
3	IZBRANI VARILNI POSTOPEK.....	17
3.1	POSTOPEK VARJENJA MAG	17
3.1.1	<i>Oblok.....</i>	<i>17</i>
3.1.2	<i>Varilne naprave.....</i>	<i>17</i>
3.1.3	<i>Zaščitni plin.....</i>	<i>18</i>
3.1.4	<i>Varilni tok.....</i>	<i>19</i>
3.1.5	<i>Dodajni material.....</i>	<i>19</i>
3.1.6	<i>Vpliv varilnih parametrov.....</i>	<i>19</i>
3.1.7	<i>Prednosti varjenja v zaščiti CO2.....</i>	<i>20</i>
4	NEPORUŠITVENE KONTROLE POSTOPKA VARJENJA	21
4.1	NEPORUŠITVENE METODE RAZDELIMO NA PROSTORSKE IN POVRŠINSKE.	21
4.1.1	<i>Prostorske.....</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>Površinske.....</i>	<i>21</i>
4.1.3	<i>Ostale metode</i>	<i>21</i>
4.2	VIZUALNA PREISKAVA (VT)	23
4.3	PREISKAVA Z MAGNETNIMI DELCI (MT)	23
4.4	PENETRANTSKA PREISKAVA(PT)	26

4.4.1	<i>Delitev penetrantov na osnovi barve:</i>	26
4.4.2	<i>Delitev penetrantov na osnovi vrste odstranjevalca:</i>	27
4.4.3	<i>Delitev penetrantov po občutljivosti:</i>	27
4.4.4	<i>Delitev na osnovi oblike in agregatnega stanja razvijalca:</i>	27
4.5	RADIOGRAFSKA PREISKAVA (RT)	29
4.6	ULTRAZVOČNA PREISKAVA (UT)	30
4.7	MAGNETNA PREISKAVA Z VRTINČNIMI TOKOVI (ET)	32
5	NAPAKE, KI SE POJAVLJAJO PRI VARJENJU	34
5.1	VZROKI ZA NASTANEK NAPAK	34
5.2	KLASIFIKACIJA NAPAK	34
5.2.1	<i>Razpoke</i>	35
5.2.2	<i>Plinske votlinice</i>	35
5.2.3	<i>Trdni vključki</i>	36
5.2.4	<i>Zlep in pomanjkljiva prevaritev</i>	36
5.2.5	<i>Napake v obliki in dimenzijah</i>	37
6	ZAKLJUČEK	38
7	UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI	39
7.1	VIRI	39
7.2	LITERATURA	39
8	PRILOGE	41
8.1	PROIZVAJALČEVO NAVODILO	42
8.2	NAČRT KONTROLE	43
8.3	DOKUMENTACIJA ODOBRITVE VARILNEGA POSTOPKA	44

KAZALO SLIK

SLIKA 1: VZOREC PROIZVAJALČEVEGA NAVODILA.....	12
SLIKA 2: TERMINSKI NAČRT IZVEDBE DEL.....	14
SLIKA 3: VZOREC NAČRTA KONTROLE ZVAROV	15
SLIKA 4: UPORABLJENA METODA IN LEPO VIDNE PREČNE RAZPOKE	24
SLIKA 5: SHEMAJSKI PRIKAZ DELOVANJA MAGNETNEGA JARMA	25
SLIKA 6: MAGNETNI JAREM V PRAKSI	25
SLIKA 7: PRIKAZ NAPAKE, KI SE POKAŽE	25
SLIKA 8: FLUORESCENTNI PENETRANTI.....	27
SLIKA 9: POTEK PENETRANSKE METODE	28
SLIKA 10: NANOS RAZVIJALCA, PRAKTIČNI PRIKAZ VIR: LASTEN	28
SLIKA 11: NANOS PENETRANTA, PRAKTIČNI PRIKAZ VIR: LASTEN.....	28
SLIKA 12: POVEČAN PRIKAZ NEPRAVILNOSTI.....	28
SLIKA 13: PRIKAZ NEPRAVILNOSTI V PRAKSI	28
SLIKA 14: RADIOGRAFSKI POSNETEK Z VIDNIMI NAPAKAMI	30
SLIKA 15: PRIKAZ NAPAČ, KI JIH VIDIMO NA EKRANU APARATA	31
SLIKA 16: ELEKTROMAGNETNI POJAVI PRI KONTROLI IN MOTNJE VRTINČASTIH TOKOV, KI POKAŽEJO NEPRAVILNOST	33
SLIKA 17: PRIMER PREČNE RAZPOKE.....	35
SLIKA 18: PRIMER VZDOLŽNE RAZPOKE.....	35
SLIKA 19: RENTGENSKI POSNETEK PLINSKIH POR.....	36
SLIKA 20: PRIMER NEPRIVARJENE STENE	36
SLIKA 21: RENTGENSKA SLIKA NEPRIVARJENEGA KORENA.....	36

1 UVOD

1.1 Opredelitev obravnavane zadeve

V diplomski nalogi obravnavam področje načrtovanja varjenja, izvedbe varjenja in kontrole zvarnih spojev. Varjenje je eden izmed najpogostejših načinov spajanja jeklenih konstrukcijskih elementov v nerazstavljivo celoto. Zahteve po čim boljšem izkoristku materiala narekujejo visoko izkoriščenost nosilnih konstrukcijskih elementov ter posledično s tem tudi varjenih spojev. Zaradi zahtev po zanesljivosti in visokem izkoristku je vse manj dopustne rezerve za napake v varjenih spojih.

1.2 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je preučiti strokovno literaturo in predstaviti postopek priprave ter izvedbe varjenja in način kontrole zvarnih spojev. Če hočemo z veliko verjetnostjo govoriti o kakovostnih spojih, moramo vzpostaviti sistem dela, ki nam omogoča odpravljanje vzrokov nastanka napak v vseh fazah izdelave zvarnega spoja. Zato mora biti izbrana varilna tehnologija ustrezna, preizkušena in verificirana ter v skladu z zahtevanimi in s standardi; prav tako tudi navodila za delo varilcev, ki morajo biti jasno opredeljena, napisana in med delom nadzorovana oziroma kontrolirana. Pogoj, da bo delo kakovostno izvedeno, je med drugim tudi vestno in strokovno delo varilcev.

1.3 Cilji diplomske naloge

V diplomski nalogi bom predstavil postopek varjenja v zaščiti aktivnega plina ali krajše MAG postopek varjenja, možnost napak in izbiro ustrezne metode preizkušanja le-teh; prav tako bom predstavil, kako kontrolirati in odkrivati napake po varjenju z neporušitvenimi metodami ter oceno le-teh.

1.4 Osnovne trditve v diplomski nalogi

Izbrani in predpisani postopek varjenja mora zagotoviti kakovostne zvarne spoje. Izvedba postopka varjenja v zaščiti aktivnega plina je odvisna od priprave, načrtovanja, izvedbe in kontrole zvarnega spoja. Zagotovitev kakovosti, ki se začne z načrtovanjem izdelka, ima v varilski proizvodnji velik pomen. Čim več vložimo v zagotovitev kakovosti, nižji so lahko stroški preizkušanja oziroma kontrole.

1.5 Predpostavke in omejitve

Predpostavke, ki sem jih uporabil pri proučevanju problema, so:

- razpoložljivost tuje in domače strokovne literature;
- razpoložljivost in točnost podatkov.

Nekatere omejitve so:

- omejenost na razpoložljivo literaturo;
- zaupnost podatkov;
- zaradi obsežnega področja tematike so nekatera področja omejeno predstavljena.

2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

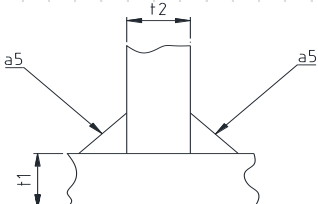
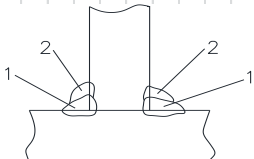
2.1 Zahteva naročnika

Kadar proizvajalec sam ne izdela načrtov in dokumentacije, se vse začne pri naročniku oziroma pri njegovih tehničnih zahtevah. Zahteva je sestavljena iz splošnega dela, kjer naročnik v uvodu opiše namen in uporabo, za kaj se bo neka jeklena konstrukcija – izdelek uporabljala. V uvodu nam razloži pomen kratic, če jih uporablja, in zelo pomembno je, da vemo, katere standarde ter predpise uporablja. V nadaljevanju tehničnih zadev nam poda obseg dobave, izbor materiala, izdelavo, toplotno obdelavo, če je potrebna, samo obdelavo, po končani izdelavi barvanje in končni prevzem.

2.2 Izdelava proizvajalčevega navodila za varjenje

Na podlagi zahtev naročnika ali tehnične dokumentacije, če smo izdelek načrtovali sami, sledi izdelava proizvajalčevega navodila za varjenje ali z drugimi besedami popis varilnega postopka. Imenujemo ga lahko tudi varilni plan. Kratica za postopek je WPS in izhaja iz standarda EN ISO 15609 ter pomeni Welding procedure specification.

Navodilo za varjenje vsebuje način priprave robov, gradnjo varkov, parametre varjenja, vrsto dodatnega materiala, način varjenja in obdelavo zvarov. Navodilo se mora nahajati na varilnem mestu in biti mora dostopno vsem, ki ga potrebujejo. Podjetja običajno shranjujejo popise postopkov v katalogu varilnih postopkov. Na Sliki 1 je prikazan vzorec proizvajalčevega navodila.

WPS		ml-03-12 EN ISO 15609-1		Proizvajalčevo navodilo za varjenje					
PQR		193/12 Rev.02		Welding Procedure Specification					
Rev.		Date:							
Naročnik Customer				Project Title					
Izvedbeni standard Design Code				EN ISO 19902		Vrsta priprave in čiščenja Type of preparing and cleaning		flame cutting and grinding	
Ref. specifikacija Ref. Specification				EP Standard - SKID		Specifikacija osnovnega materiala Material specification		S355K2 Gr.No.: 1.2	
Način varjenja Welding Process				GMAW (135)		Debelina obdelovanca (mm) Thicknes range (mm)		t1, t2 = 7.5 - 30	
Vrsta spoja Type of Joint				T joint		Zunanji premer (mm) Pipe Dia. Range (mm)		/	
Oznaka zvara Type of Weld				fillet weld (FW)		Položaj varjenja Welding position		1F, 2F	
Oblika vara / skica Joint detail						Vrstni red varjenja/skica Welding sequence			
									
Varilni sloj Weld layer	Proces Proces	Premier dod. materiala Diameter of filler metal	Jakost toka (A) Current (A)	Napetost (V) Voltage (V)	Vrsta toka / polariteta Type / polarity	Hitrost dod. žice Wire feed speed	Varilna hitrost Welding speed (cm/min)	Vnos toplote Heat input (kJ/cm)	
1,2	GMAW	Ø1.2	251-268	27.3-29.6	DC/+	8	30.7-47.46	7-12.4	
Dodajni material - razvrstitev in znamka Filler material / Specification and trade name				Koren / Root		Polnilni sloj / Filler passes			
				BÖHLER: EMK 6 AWS A5.18: ER70S-6		BÖHLER: EMK 6 AWS A5.18: ER70S-6			
Contact tip to work distance (mm)			15 - 18						
Mode of metal transfer			spray arc						
Zaščitni plin - varilni prašek Protective gas / Welding flux			82%Ar + 18%CO2 (M21)						
Zaščitni plin (l/min) Flow rate (l/min)			12-15						
Temperatura predgrevanja Preheat temperature			Tp min. 15°C						
Temperatura vmesnega sloja Interpass temp.			Ti max. 240°C						
Toplotna obdelava po varjenju - čas, temp., postopek Postweld heat treatment / Temperature - time			580±20°C/3h						
Heating and cooling rate			max. 50°/h						
Method of temperature control			termocouples						
Izdela:			Potrdil:						
Prepared by:			Approved by:						
Ime, datum in podpis			Ime, datum in podpis						
Name, date and signature			Name, date and signature						

Slika 1: Vzorec proizvajalčevega navodila

Vir: Lasten

2.3 *Odobritev varilnega postopka*

Odobritev varilnega postopka (WPQR) je poročilo o rezultatih ocenjevanja vsakega posameznega vzorca, vključujoč ponovne preizkuse.

Poleg tega morajo biti vključene ustrezne postavke, navedene za popis varilnega postopka (WPS), vključno s podrobnostmi o kakršnihkoli lastnostih, ki bi bile glede na določene zahteve nesprejemljive.

Če takih nesprejemljivih lastnosti ali testnih rezultatov ni, je zapis o odobritvi varilnega postopka (WPQR), ki podrobno navaja rezultate preizkusov ustreznosti varilnega postopka, odobren in ga mora podpisati ter datirati preizkuševalec ali preizkusni organ.

Uporabiti je potrebno obrazec zapisa o odobritvi varilnega postopka (WPQR), na katerem se zapišejo podrobnosti o varilnem postopku in rezultatih preizkusa.

Nato se ustvari mapa, ki zajema naslednje dokumente:

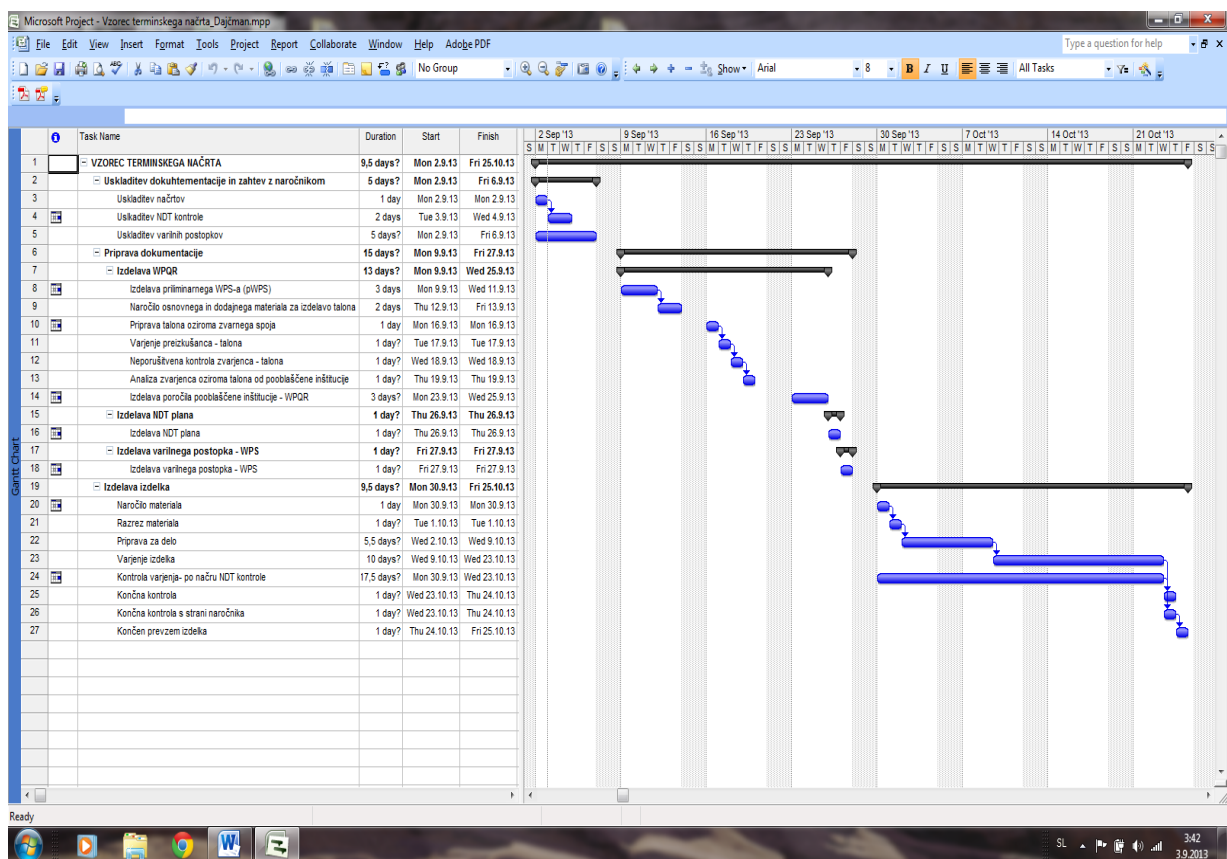
- izjavo, po katerih standardih in pogojih je bilo opravljeno testiranje;
- podrobnosti o preizkusu zvara;
- podrobnosti o varjenju;
- o rezultatih preizkušanja;
- poročila o preizkušanju varilnega postopka;
- proizvajalčeva navodila;
- podatke o varjenju;
- certifikat o skladnosti dodajnega materiala;
- poročilo o preizkusu varilca.

2.4 Terminski načrti

Po odobritvi postopkov varjenja se na podlagi naše ali naročnikove tehnične dokumentacije izdela terminski načrt izvajanja del, v katerem lahko po fazah opredelimo trajanje postopkov, izvedbo in kontrolo.

2.4.1 Terminski načrt izvedbe del

Po zbrani dokumentaciji, ki je potrebna za varilni postopek, izdelamo terminski načrt del, ki zajema načrt izvedbe del. V terminskem načrtu določimo, kdo bo izvajalec del in na kakšen način se bo neko delo opravilo v skladu s tehnično dokumentacijo. V spodnji preglednici je prikazan primer terminskega načrta.



Slika 2: Terminski načrt izvedbe del

Vir: Lasten

2.4.2 *Terminski načrt kontrole varilskih del*

Načrt kontrole varilskih del se izdela na podlagi zahtev, ki jih poda naročnik, ali pa so predpisane za neki izdelek. Za izvajanje kontrole varilskih del uporabljamo tako imenovane neporušitvene metode. Z njimi si pomagamo odkrivati nepravilnosti v zvarih. Pri načrtu se sklicujemo na varilni postopek, ki je bil uporabljen za določen var. Na spodnji sliki je vzorec načrta kontrole.

 		PLAN NDT KONTROLE NDT - POSITION - PLAN				Stran: 1 od 1 Page:
Naročnik: Client:		Komponenta: Component:				REV.
Objekt: Project:		Št. Načrta: Dwg. Nr.:				Datum: Date:
Št. No.	Št. PNV WPS No.	RT %	UT%	MT%	PT%	Opomba: Remarks:
1	mI-85-13			10		1. VT 100%, acceptance criteria: EN ISO 5817: C 2. MT/PT, acceptance criteria: NORSOK M-101: category D
2	mI-04-13			100		
3	mI-08-13			10		
4	mI-04-13			100		
5	mI-11-13				100	
Izdelal: Prepared by:		Kraj/Datum Place/Date:		Potrdil: Approved by:		

Slika 3: Vzorec načrta kontrole zvarov

Vir: Lasten

2.4.3 Zapisnik o kontroli

Vsa varilska dela je potrebno nadzorovati in kontrolirati. Vodja varilnih del vizualno in dimenzijsko kontrolira vse zware. Kontrola se izvaja pred varjenjem, med njim in po njem. O ugotovitvah se izdelata pisni dokument, poročilo o opravljeni kontroli.

2.5 Varilni dnevnik

Varilni dnevnik se vodi na gradbišču oziroma takrat, kadar izvajamo varilska dela na terenu. Uporabljamo pa ga tudi v proizvodnji. Vanj varilni delovodja zapisuje podatke o izvedbi del.

Varilski dnevnik vsebuje:

- kraj in čas varjenja;
- ime in priimek varilca;
- uporabljene materiale;
- pogoje varjenja;
- oznako popisa varilnega postopka;
- oznake zvara in zapis o opravljeni kontroli.

3 IZBRANI VARILNI POSTOPEK

3.1 Postopek varjenja MAG

»Oznaka MAG pomeni: metal activ gas. Kot polavtomatski postopek je bil razvit za varjenje malo legiranega konstrukcijskega jekla tanke in srednje debeline. Pred ročnim obločnim postopkom ga odlikuje predvsem večja produktivnost, ki se poveča še posebej v primerih, ko je proces varjenja popolnoma avtomatiziran. Pri tem načinu gori oblok med dodajno žico in varjencem v zaščiti plina CO₂.«(Čretnik ,1996, 125)

3.1.1 Oblok

»Oblok, ki se izpostavi med dotekajočo žico in osnovnim materialom, je obdan z aktivnim plinom. Kot aktivni plin uporabljamo tudi plinske mešanice: Ar + O₂, Ar + CO₂, CO₂ + O₂, Ar + CO₂ + O₂. Dodatek kisika k zaščitnemu plinu povzroči drobnejši prehod kapljic v električnem obloku. Enak vpliv ima tudi gostota električnega toka. Pri kritični gostoti toka preide grobo kapljičasti prehod v drobno kapljičastega.« (Čretnik ,1996, 125)

»Pri visoki temperaturi električnega obloka se CO₂ plin razkroji v ogljikov monoksid in kisik. Kisik, ki se pri tem procesu sprošča, nekoliko oksidira talino, vendar je večina nastalih oksidov topljiva v jeklu in dodatne žice imajo legirne dodatke (Si, Mn) za dezoksidacijo taline; poleg tega monoksid pri nižjih temperaturah ponovno reagira z oksidi in jih reducira.« (Čretnik, 1996, 125)

3.1.2 Varilne naprave

»Varilne naprave so avtomatizirane. Mehanizem za pogon žice je zaradi funkcionalnosti različno vgrajen v varilno napravo. Pogosto je stisnjen v stroju ali vgrajen v posebni omarici. Razdalja od stroja do omarice lahko znaša tudi do 30 metrov in od tam do gorilnika še 3 metre. Pogonski mehanizem sestavljajo: kolut, na katerega nastavimo kolobar dodajne žice;

vodilna šoba, ki vodi žico v ravnalni sistem; ravnalni sistem, ki omogoča lahek tek in nepretrgano varjenje.« (Čretnik, 1996, 126)

»Pogon žice je izdelan z enojnim ali dvojnim kolutnim parom, od katerih žene elektromotor na enosmerni tok, preko katerega se spreminja hitrost vrtenja in s tem hitrost žice. V pogonskem kolutu je vrezan žleb, v katerem se nahaja varilna žica do polovice premera. Ploskev zgornjega koluta je ravna. Pritisk med pogonskimi kolesi mora biti optimalen; če je premajhen, žica neenakomerno teče; če je prevelik, se žica splošči in zaustavi, ko pride do kontaktne šobe. V gorilniku sta najpomembnejša elementa kontaktne šoba za prehod električnega toka na žico in plinska šoba za pravilen dovod zaščitnega plina na zvarno mesto. Kontaktne šobe so iz bakra, še boljše so iz bakrovih zlitin: CuCr, CuCrZr, CuBe, CuW in CuWAg, ki imajo dobro električno prevodnost in so odporne proti obrabi pri visokih temperaturah. Premer kontaktne šobe naj bo za 0,2 mm večji od premera žice. Vzdržljivost šobe povečuje vodno hlajenje in zaščitni plin. Držalo gorilnika mora biti dobro izolirano in pri vodno hlajeni izvedbi mora dobro tesniti.« (Čretnik, 1996, 126)

3.1.3 Zaščitni plin

»Zaščitni plin je v jeklenkah v tekočem ali plinastem stanju. Plin CO₂ je v tekočem stanju. Pritisk plina reguliramo z reducirnim ventilom, hitrost pretoka pa s posebnimi merilci, ki jih namestimo na izstopno stran reducirnega ventila. Odvzem CO₂ plina iz jeklenke naj ne bo večji od 10 % vsebovane količine na uro. Pri večjih odvzemih se plinska armatura začne ohlajati. V tem primeru smo prisiljeni zmanjšati pretok ali pa moramo montirati še električni grelec. Namestimo ga med jeklenko in reducirnim ventilom.« (Čretnik, 1996, 126)

»Pri pravilni izvedbi varjenja in nastavljenih parametrih dobimo kljub delni oksidaciji taline brezhlebne zware, z zadovoljivo trdnostjo, žilavostjo in nepropustnostjo. Uporabljati moramo ustrezne žice. Ogljikov dioksid je mnogo cenejši od argona. Plin CO₂ je 1.5-krat težji od zraka. Zbira se na dnu zaprtega prostora, kjer izpodriva zrak in s tem ustvarja pogoje za zadušitev. Zračenje prostora in odsesavanje pri varjenju je nujno potrebno. Čistoča CO₂ naj bo večja od 98.8%, odvisna je od načina proizvodnje plina. Kisik, dušik, vodik in vodna vlaga v plinu škodljivo vplivajo na zvar.« (Čretnik, 1996, 127)

3.1.4 Varilni tok

»Za varjenje v zaščiti C02 pride v poštev samo enosmerni tok in plus pol na varilni žici. Napetost praznega toka je največ 100 V. Na stroju nastavljena napetost se s spreminjajočo jakostjo varilnega toka malo spreminja. Za večino del zadoščajo jakosti tokov do 500 A, največ uporabljamo žice premera 0,6, 0,8, 1,0, 1,2, 1,6 in 2,4 mm.« (Čretnik, 1996, 127)

3.1.5 Dodajni material

»Pri MAG varjenju mora biti žica legirana do stopnje, ki jo zahteva legiranje zvara in s tem pričakovane mehanske lastnosti. Uporabljamo varilne žice, legirane s Si in Mn, Si vpliva na viskoznost taline. Dodajnim materialom se dodaja tudi Ni, Ti in Al, ki nastopajo kot dezoksidanti. Ogljik v talini povzroča brizganje in tvorbo ogljikovih oksidov, zato naj bo v intervalu 0,06–0,10 %. Dodajni material prehaja v obliki kapljic. Znani so: pršeči prehod, grobo kapljičasti prehod, kratkostični prehod in pulzirajoči prehod. Pod pršečim prehodom razumemo veliko število drobnih kapljic, ki pridejo v časovni enoti z žice v zvar. Za pršeči prehod so značilne visoke jakosti toka in ustrezni zaščitni plin, ki mora biti bogat z argonom, vsebnost C02 naj bo pod 20 %. Zaradi visoke temperature obloka bomo varili le debele materiale.« (Čretnik, 1996, 127)

3.1.6 Vpliv varilnih parametrov

»Za grobo kapljičasti prehod so značilne posamične debele kapljice, ki »letijo« v talilno kopel brez kratkega stika. Varimo z enakimi plinskimi mešanicami kot pri pršečem prehodu, le vsebnost C02 lahko preseže 20 %.

Pri kratkostičnem prehodu kapljica vedno sklene tokovni krog s talilno kopeljo. Oblok ugasne in temperatura pade. Napetost in jakost varilnega toka sta nizki. Varimo z majhnimi premeri žic. Uporabljamo ga za varjenje majhnih dimenzij materiala in za varjenje v prisilnih legah. Pulzirajoči prehod materiala omogoča bolj kontroliran prehod kapljic z žice v talilno kopel. Varimo v vseh legah, oblok je stabilen, brizganja ni.« (Čretnik, 1996, 128)

»Velika akumulacija toplotne energije pri MAG varjenju povečuje površino preseka uvara. Le-ta je odvisen od osnovnih parametrov varjenja in tudi od toplotne prevodnosti uporabljenega zaščitnega plina. Pri razkroju CO₂ plina nastali CO zgori v prvotno stabilno obliko. Reakcija je eksotermna, nastala toplota se izkoristi predvsem za taljenje osnovnega materiala.

Zaradi globokega uvara lahko varimo pločevine brez priprav robov do debeline 6 mm, če varimo samo z ene strani. Pri varjenju z obeh strani pa lahko varimo do debeline 12 mm. Pod špranjo je priporočljivo podložiti bakreno letev, ker nam to olajša delo. Varimo lahko v vseh legah, toda za vertikalno in nad glavno varjenje je potrebno zmanjšati jakost toka. Močno legirana jekla po tem postopku ne varimo. Po MAG postopku tudi ne smemo variti aluminija, ker ogljikov dioksid reagira z njim.« (Čretnik, 1996, 128)

3.1.7 Prednosti varjenja v zaščiti CO₂

Med prednosti varjenja v zaščiti CO₂ štejemo:

- postopek je bolj ekonomičen kot varjenje v zaščiti drugih plinov;
- velika hitrost taljenja žice in zato velika hitrost varjenja;
- dobre mehanske lastnosti zvarov in globok uvar, mogoče je variti v vseh legah;
- čiščenje žlindre ni potrebno;
- možna je avtomatizacija postopka.

4 NEPORUŠITVENE KONTROLE POSTOPKA VARJENJA

4.1 Neporušitvene metode razdelimo na prostorske in površinske.

4.1.1 Prostorske

Ultrazvočna preiskava (UT)

Radiografska preiskava (RT)

4.1.2 Površinske

Vizualna preiskava (VT) predhodni vsem ostalim metodam preiskave

Penetrantska preiskava (PT)

Preiskava z magnetnimi delci (MT)

Preiskava z vrtinčnimi tokovi (ET)

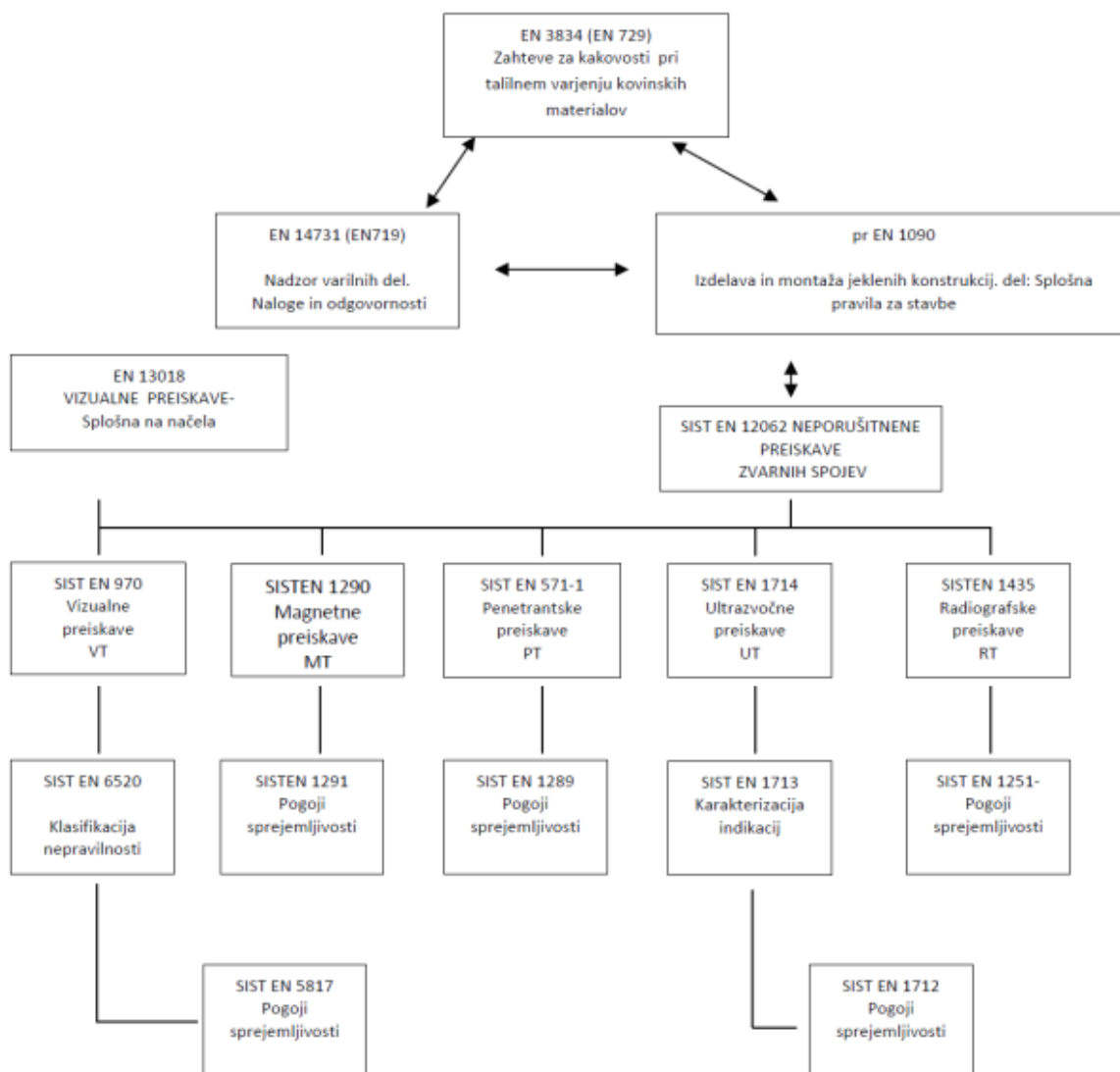
4.1.3 Ostale metode

Preiskava tesnosti (LT)

Preiskava z akustično emisijo (AET)

Termografska preiskava (TT)

Metode in pogoji pri preizkušanju morajo biti mednarodno primerljivi. Pri tem se naslanjamo na mednarodne standarde. Na voljo imamo standarde za nekatere pomembnejše neporušitvene preiskovalne metode.



Slika 4: Pregled veljavnih standardov za nekatere pomembnejše neporušitvene metode

Vir: Malovrh, idr., 2006, 3

4.2 Vizualna preiskava (VT)

Vizualna kontrola je najstarejša in istočasno najbolj razširjena neporušna metoda preiskave materiala. Po izvedbi je zelo enostavna, lahko in hitro izvedljiva ter običajno ne stane veliko. Tudi, če se na izdelku izvajajo nekatere druge neporušne metode, je zaželeno, da se najprej opravi vizualna preiskava. Na ta način se dajo odkriti vse večje napake na površini materiala, kar avtomatično zmanjšuje obseg drugih tipov preiskav, ki so bolj zamudni in precej dražji. Vizualna preiskava je z uporabo različnih pripomočkov našla svoje mesto tudi pri odkrivanju manjših napak. Ta oprema ima zelo visoko natančnost, po drugi strani je enostavna za uporabo. V to opremo spadajo ogledala, lupe, prizme, boroskopi ter različna merila in merilni instrumenti. Bolj sodobno opremo predstavljajo CCD kamere, ki se uporabljajo v kompletu z video rekorderji in mikroprocesorji.

Osnovne lastnosti predmetov, ki vplivajo na vizualno kontrolo, so:

- čistoča površin;
- barva osvetlitve glede na barvo površine objekta;
- oblika objekta;
- temperatura objekta;
- tekstura;
- atmosfera.

Zaradi vseh navedenih pogojev dela mora imeti kontrolor dobre psihofizične sposobnosti. Neprimerna osvetljenost povzroča utrujenost oči. Pozicija objekta glede na oddaljenost in kot opazovanja je predpisana s standardom. Priporočljiva maksimalna oddaljenost objekta pri vizualni kontroli je 600 mm, kot opazovanja pa ne sme biti manjši od 30° standard SIST EN 970.

4.3 Preiskava z magnetnimi delci (MT)

S to metodo kontroliramo nepravilnosti na površinah ali neposredno pod samo površino v feromagnetnih materialih. Z nanosom feromagnetnih delcev in vzpostavitevijo magnetnega

polja se delci kopičijo na mestih, kjer je prišlo do distorzije magnetnega polja, in formirajo vidno magnetno indikacijo. Metoda temelji na naslednjem principu: »Ko se feromagnetni material magnetizira, napake, ki ležijo prečno na smer magnetnega polja, izzovejo preusmeritev linij polja okoli nepravilnosti. Ko feromagnetni prah posujemo po površini vzorca, ki je magnetiziran, se delci postavijo po linijah magnetnega polja. Vsako odstopanje od pravilne smeri se takoj pokaže kot nepravilnost v zbiranju delcev. Na ta način dobimo položaj, obliko in velikost napake. Za boljšo občutljivost se uporablja tudi prah s fluorescentnimi delci.

Pri širokih napakah na odprti površini ne bo prišlo do indikacije napake, če delci ne morejo premostiti napake. Če so nepravilnosti manjše in ostre ter zaprte pod površino vzorca, kot so nekovinski vključki, bo indikacija zelo jasna. Pri kontroli z magnetnimi delci prah lahko nasujemo na vzorec, ko magnetni tok še teče, ali potem, ko ga prekinemo. Prvi način je znan kot kontinualna metoda, drugi pa kot rezidualna. Rezidualna metoda se lahko uporablja samo pri materialih, ki imajo dovolj dober magnetni spomin. Pogosto ima trši material boljši spomin. Kontinualna metoda se uporablja pri nizko ogljičnih jeklih ali železu s slabim magnetnim spominom. Pogosto se uporablja v kombinaciji z izmeničnim tokom, ker je zagotovljena dobra mobilnost delcev. Take naprave imajo široko uporabo. Najbolj uporabljeni so ročni jarmi, ki uporabljajo utripni tok v kombinaciji s suhim prahom. Glavna pomanjkljivost prenosne opreme je v omejenosti toka. Zato za napake, ki so globlje pod površino, uporabljamo opremo z močnejšim tokom na izhodu.



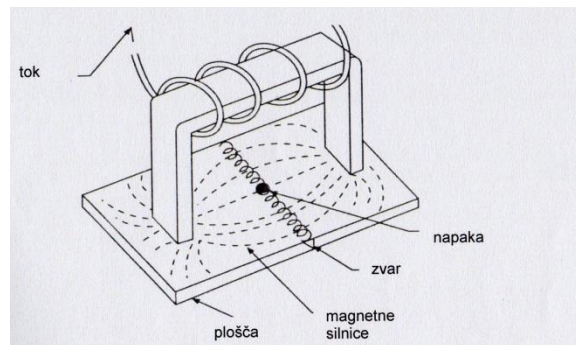
Slika 4: Uporabljena metoda in lepo vidne prečne razpoke

Vir: Lasten

Magnetni delci so lahko v dveh oblikah, in sicer:

- suhi (v prahu);
- suspenzije (kerozin, lahko olje).

Giblјivost delcev je v suspenzijah boljša, vendar »mokra« metoda ni uporabna pri kontroli korozijsko občutljivih površin, niti pri delu na visokih temperaturah. Optimalna oblika delcev je sferična, kar predstavlja kompromis med mobilnostjo in privlačno silo. Najboljšo mobilnost imajo okrogli delci, najlažje pa je privlačiti dolge, vitke in robate delce.



Slika 5: Shematski prikaz delovanja magnetnega jarma

Vir: Malovrh, idr., 2006, 6

f



Slika 6: Magnetni jarem v praksi

Vir: Lasten



Slika 7: Prikaz napake, ki se pokaže

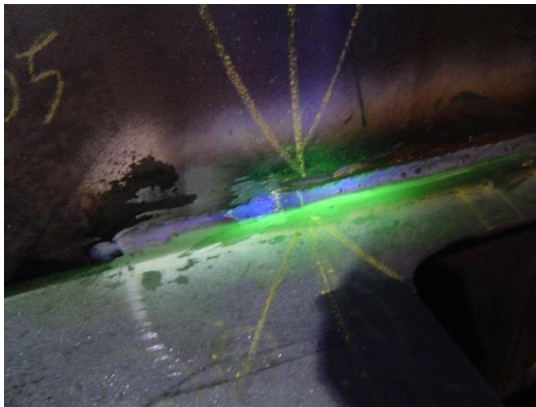
Vir: Lasten

4.4 Penetrantska preiskava(PT)

Penetranti so tekočine, ki imajo sposobnost, da na osnovi kapilarnega efekta prodrejo v diskontinuitete. Potem, ko se s površine preizkušanca odstrani višek penetranta, le-ta začne izhajati iz diskontinuitete na površino preizkušanca, sam proces pa dodatno pospešuje substanca, ki ji rečemo razvijalec. Izhajanje penetranta na površino preizkušanca se imenuje penetrantska indikacija, ki naj bi predstavljala dejansko napako v materialu. Namen kontrole materialov s tekočimi penetranti je odkrivanje na površino odprtih napak, kot so razpoke, zlepi in poroznosti v samih spojih, ali laminacije na robovih pločevine. Penetrantska kontrola se lahko izvaja na različnih materialih, kot so aluminij, vse vrste jekla, baker, titan, pa tudi keramika in plastika. Značilnost penetrantov je, da se zelo lahko širijo po površini preizkušanca zaradi dobre omečitve, kar je zaželen lastnost penetrantov. Velikost neke napake, ki jo je mogoče odkriti, je odvisna od tega, kako dobra je omečitev penetranta na nekem materialu, ter od kapilarnih sil, ki povlečejo penetrant v razpoko. Prehajanje (vstop) penetranta v napako in iz nje povzroča kapilarni efekt. Penetrantski sistem je sestavljen iz več komponent, in sicer iz: čistilca za pripravo površine, penetranta, odstranjevalca penetranta (ki je lahko enak kot čistilec) in razvijalca. Vrste penetrantov in razvijalcev definirajo tudi tehnike penetrantske kontrole. Tehnike kontrole pa so odvisne od vrste oz. barve penetrantov, metode odstranjevanja, nivoja občutljivosti penetranta in uporabne oblike ter agregatnega stanja razvijalca (stand. MIL-1- 25135E).

4.4.1 Delitev penetrantov na osnovi barve:

- obarvani (barvno-kontrastni) penetranti;
- fluorescentni penetranti (visoko občutljivi);
- "dual mode"penetranti.



Slika 8: Fluorescentni penetranti

Vir: Lasten

4.4.2 Delitev penetrantov na osnovi vrste odstranjevalca:

- z vodo pralni penetranti;
- s čistilcem odstranljivi penetranti;
- postemulgirajoči penetranti (lipofilični ali hidrofilni) – visoko občutljivi.

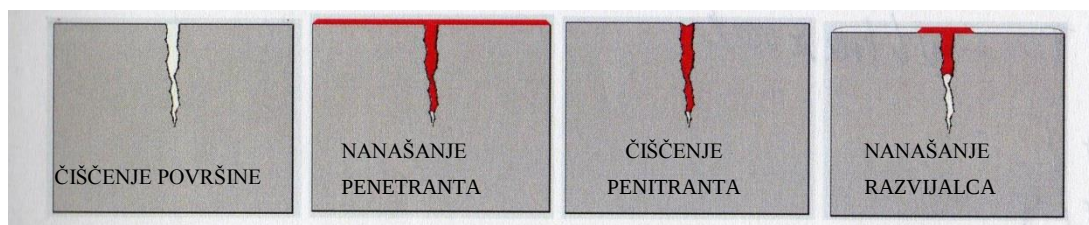
4.4.3 Delitev penetrantov po občutljivosti:

- ultra-nizka;
- nizka;
- normalna;
- visoka;
- ultra-visoka.

4.4.4 Delitev na osnovi oblike in agregatnega stanja razvijalca:

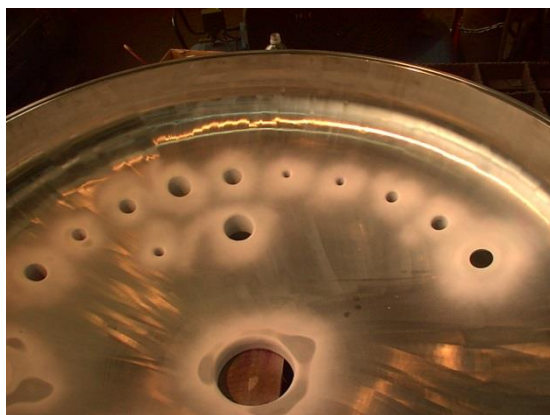
- suhi razvijalci v prahu;

- vodotopni razvijalci;
- suspenzija razvijalcev v tekočin;
- nevodotopni razvijalci;
- razvijalci za posebne namene.



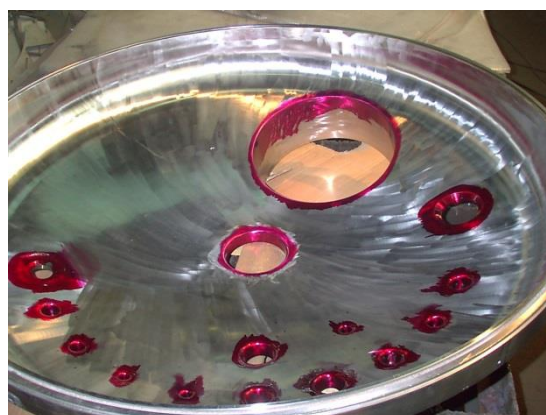
Slika 9: Potek penetranske metode

Vir: Malovrh, idr., 2006, 5



Slika 10: Nanos razvijalca, praktični prikaz

Vir: Lasten



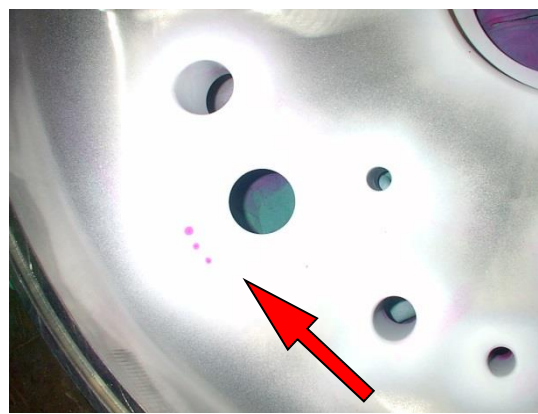
Slika 11: Nanos penetranta, praktični prikaz

Vir: Lasten



Slika 13: Prikaz nepravilnosti v praksi

Vir: Lasten



Slika 12: Povečan prikaz nepravilnosti

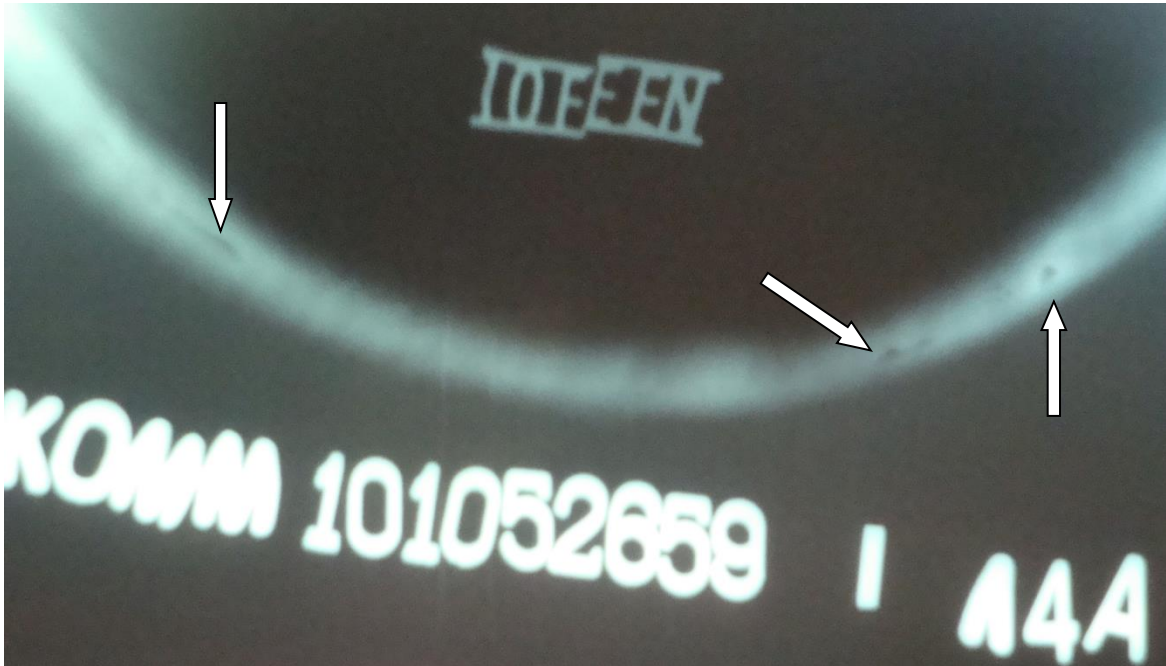
Vir: Lasten

4.5 Radiografska preiskava (RT)

Odkritji X žarkov (Roengten, 1895) in radio aktivnosti (Becquerel, 1896) predstavljata osnovo za razvoj ter za uporabo industrijske radiografije. To je najširše uporabljana neporušna metoda za odkrivanje notranjih napak v materialu, kot so poroznost in praznine. Z uporabo pravilne usmeritve žarkov radiografija omogoča tudi odkrivanje ravninskih napak. Uporablja se tudi pri odkrivanju sprememb v sestavi materiala, merjenju debeline in pri lociranju neželenih komponent izdelka. Glavna prednost uporabe ionizirajočega sevanja v neporušni kontroli je v širini območja uporabe, od mikro elektronskih delov do ogromnih objektov, kot so ladje. Še ena prednost radiografije je uporaba za vse vrste kovin, od aluminija, berilija, magnezija, preko jekla, niklja do težjih elementov. V kontrolo so vključeni ulitki, zavarjeni kosi, kompozitni materiali in zmontirani elementi.

Rentgenski žarki nastanejo pri udaru pospešenih elektronov na materijo. Elektron se v električnem polju med dvema elektrodama rentgenske cevi pospešuje in pridobiva kinetično energijo. Pri udaru v anodo se elektron zaustavi – zavre, pri čemer se lahko del njegove kinetične energije spremeni v rentgensko žarkovje. Kako velik je ta del energije, je odvisno od tega, kako je elektron zadel atomsko zgradbo anode; če elektron pri vstopu v anodo vdre med atome, ne da bi zadel kak elektron, kar se zgodi z 99 % verjetnostjo, povzroči nihanje kristalne mreže in nastane toplota. V primeru, če elektron zadane v atomsko zgradbo, izbije kak elektron iz atoma, se vsa kinetična energija spremeni v energijo elektromagnetnega valovanja (rentgensko sevanje). V rentgenski tehniki se uporabljajo rentgenski žarki z valovnimi dolžinami od 0,1 do 0,005 nm. Pospeševalne napetosti, ki so za to potrebne, dosežemo s transformacijo izmenične napetosti. Rentgenografija je način preiskave, pri katerem se pokažejo razlike v slabitvi žarkov v materialu na fotografskem filmu (Slika 6). Pri klasični radiografiji kontrolirani objekt obsevamo z x ali y žarki. Del žarkov absorbira objekt, ostanek pa zadeva film. Pri osvetlitvi z rentgenskimi žarki pride v fotografski emulziji do filma, ki je sestavljen iz želatine in molekul AgBr, zaradi ionizacije do razrahljanja vezi med srebrom in bromom. Govorimo o latentni sliki. Šele takrat, ko potopimo eksponirani film v raztopino kemikalij (razvijalo), se reducira srebrov ion osvetljene molekule AgBr do metalnega srebra. Področje na filmu, na katerega je padla večja količina žarkov, je zaradi večje količine metalnega srebra temnejše (negativ). Fotografski posnetek z rentgenskimi žarki

imenujemo rentgenogram. Slika predmeta, izpostavljenega x ali y žarkom, bo povečana. Razlog za to je zahteva za čim bolj ostro in jasno sliko.



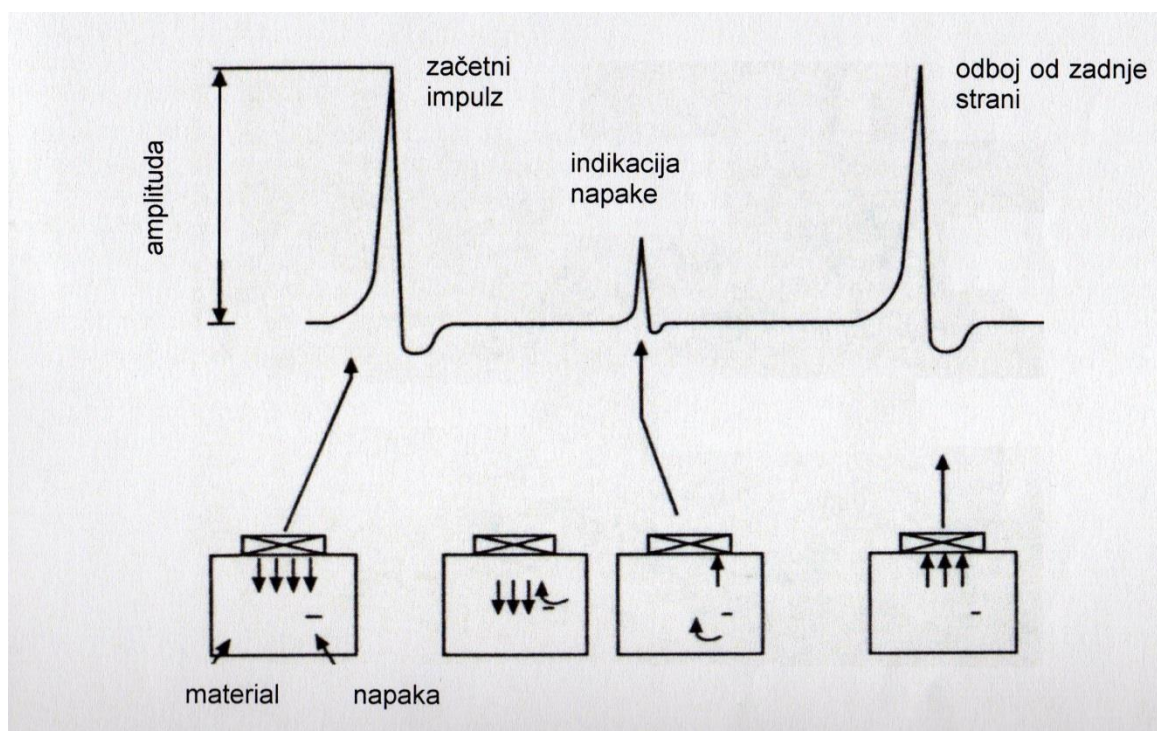
Slika 14: Radiografski posnetek z vidnimi napakami

Vir: Lasten

4.6 Ultrazvočna preiskava (UT)

Ultrazvočna kontrola je prava prostorska metoda kontrole notranjosti materialov in konstrukcij. To je neporušni postopek kontrole, pri katerem se visokofrekvenčni zvočni valovi uvajajo v pregledovani material z namenom odkrivanja notranjih nepravilnosti in lastnosti materiala. Pri potovanju skozi material se zvočni valovi odbijajo od mejnih površin, pri čemer se tanjšajo in s tem izgubljajo del energije. Odbiti snop zvočnih valov zaznamo in ga potem analiziramo s ciljem ugotavljanja prisotnosti napak. Zvočni valovi se v celoti odbijajo od mejne površine kovina – plin, a samo delno od površin kovina – tekočina in kovina – trdno telo. Napake, kot so razpoke, praznine krčenja, zlepi, pore in napake v vezavi, se obnašajo kot

kovina – plin površina in jih je relativno lahko odkriti. Vključke in druge nehomogenosti v materialu odkrivamo z delno refleksijo ali razpršenjem zvočnih valov.



Slika 15: Prikaz napak, ki jih vidimo na ekranu aparata

Vir: Malovrh, idr., 2006, 8

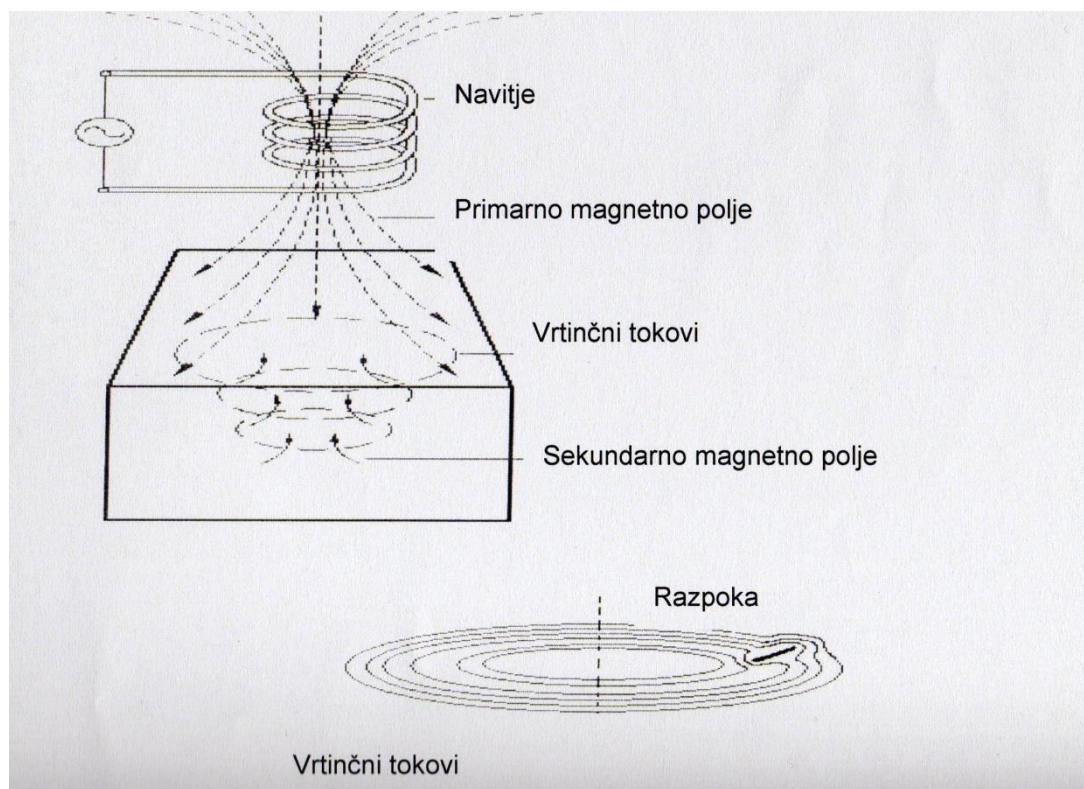
Ultrazvočna kontrola ima široko uporabo pri definiranju karakteristik spoja, merjenju debeline materiala, oceni korozije, določanju fizikalnih lastnosti, mikrostrukture, velikosti zrna in elastičnih komponent. Pri tem se uporabljajo frekvence velikosti od 1 do 25 MHz. V mnogih pogledih je snop ultrazvočnih valov podoben svetlobnemu snopu. Pri obeh je hitrost gibanja odvisna od homogenosti medija, po katerem se gibljeta. Tudi ultrazvočni valovi se odbijajo od površin, lomijo se pri prehodu iz ene snovi v drugo, lomijo se pri udaru ob robove in ovire. Pri širjenju po neravnih površinah prihaja do izgube energije ultrazvočnih valov. Ultrazvočni valovi se delijo na podlagi načina osciliranja delcev medija na longitudinalne, transverzalne in površinske. Ultrazvočni valovi se ustvarjajo s pomočjo piezoelektričnih sond, ki visokofrekvenčni električni signal pretvarjajo v mehansko vibracijo. Tako nastale vibracije tvorijo valovno fronto, ki se povezuje s komponento, ki jo kontroliramo. Glede na obliko in

položaj napak obstaja nekaj načinov kontrole s pomočjo valov. Longitudinalni, transversalni in površinski valovi se uporabljajo ločeno za različne tehnike odkrivanja napak, ki so lahko glede na površino, s katere se kontrola izvaja, paralelne, pod določenim kotom ali blizu površine. Pri največjem deležu pregledov se uporabljajo sonde z odbojnimi impulzi, pri čemer so lahko ravne z longitudinalnimi valovi ali zarežane s transversalnimi valovi. Za izdelavo sond se uporabljajo tri vrste piezo-električnih materialov, in sicer kvarc, litijev sulfat in polarizirana keramika. Od keramik se uporabljajo barijev titanat, svinčev metaniobat in svinčev cirkonat titanat. Pomembne lastnosti ultrazvočnih sond so občutljivost, ločljivost, mrtva cona in efekt bližnjega polja.

4.7 Magnetna preiskava z vrtinčnimi tokovi (ET)

To je elektromagnetna neporušitvena metoda, ki ima široko uporabo v nuklearni, letalski, petrokemični ter energetski industriji. S to metodo kontroliramo kovinske plošče, pločevino, cevi, palice ... z namenom odkrivanja prisotnosti in velikosti napak pri izdelavi ter med uporabo izdelka. Podobno kot penetrantska in magnetna kontrola, je tudi kontrola z vrtinčnimi tokovi površinska metoda, s katero odkrivamo površinske in plitve napake, kot so razpoke zaradi utrujenosti in interkristalne korozije ter podpovršinske napake (vključki, praznine itn.) do globine 6 mm. Kontrola z vrtinčnimi tokovi je zasnovana na principih elektromagnetne indukcije. Ko na navoj (palica, senzor) dopeljemo izmenični sinusoidni tok, frekvenca 50 Hz–50 MHz, se okoli navoja ustvari primarno magnetno polje, ki v vzorcu inducira vrtinčaste tokove (»eddy current«). Vrtinčni tokovi naprej v materialu inducirajo sekundarno magnetno polje, ki ima nasprotno usmeritev glede na primarno. To izzove spremembo impedance navoja, ki jo izmerimo in potem analiziramo. Spremembo impedance povzročijo električna prevodnost, magnetna permeabilnost in geometrija materiala, frekvenca kontrole ter razdalja med navojem in materialom. Frekvenca kontrole določa globino delovanja vrtinčastih tokov v materialu. Gostota vrtinčastega toka se eksponentno zmanjšuje od površine k notranjosti materiala in je odvisna od frekvenca, električne prevodnosti ter permeabilnosti materiala. To je edini parameter, ki ga je mogoče spreminjati med kontrolnim postopkom. Globina

prodiranja vrtnčastega toka v material je pomemben faktor. V primeru, da se ne ustvari zadostna globina, se lahko zgodi, da spregledamo kakšno napako.



Slika 16: Elektromagnetni pojavi pri kontroli in motnje vrtnčastih tokov, ki pokažejo nepravilnost

Vir: Malovrh, idr., 2006, 7

5 NAPAKE, KI SE POJAVLJAJO PRI VARJENJU

5.1 Vzroki za nastanek napak

Vzroki za nastanek napak oz. nepravilnosti v zvarnih spojih so lahko zelo različni.

Napake zvarnih spojev se lahko pojavijo že zaradi nepravilnega načrtovanja varjenja. Neustrezna tehnologija varjenja (neustrezna priprava zvarnega žleba, neustrezna gradnja varkov, premalo število varkov, nepravilna izbira dodatnega materiala, odsotnost predgrevanja, nezadostno sušenje elektrod) je lahko že vzrok, da varilec ne more dobro opraviti svojega dela. Tudi pogoji dela, v katerih varilec svoje delo opravlja (mraz, prepih, varjenje v prisilnih legah, neustrezni varilni aparati) so lahko eden od vzrokov večjega števila napak.

Vendar še tako dobra varilna tehnologija ni zagotovilo, da bo varilec svoje delo dobro opravil. Zato je pomembno, kako je varilec za svoje delo usposobljen in da svojo usposobljenost periodično dokazuje s preskusom svojega znanja (teoretično in praktično). Varilec mora poznati materiale, ki jih vari, in varilni postopek, ki ga uporablja pri varjenju. Poznati mora tudi napake, ki se pri določenem varilnem postopku najpogosteje pojavljajo.

5.2 Klasifikacija napak

Klasifikacija geometrijskih nepravilnosti v kovinskih materialih je podrobneje opisana v standardu SIST EN ISO 6520-1:2008 [7].

Nepravilnost je vsako odstopanje od idealnega zvara. Napaka je nesprejemljiva nepravilnost.

Klasifikacija nepravilnosti je razvrščena v šest skupin, in sicer:

- 1 – razpoke
- 2 – votlinice
- 3 – trdni vključki

4 – zlepi in pomanjkljiva prevaritev

5 – napake v obliki in dimenzijah

6 – različne nepravilnosti

5.2.1 Razpoke

Razpoke so mesta prekinitev v zvaru v toplotno vplivnem področju ali v osnovnem materialu. So vzdolžne, prečne ali zvezdaste, makroskopske ali mikroskopske, interkristalne, nastale v toplem, v času ohlajanja ali v hladnem.



Slika 18: Primer vzdolžne razpoke

Vir: Lasten

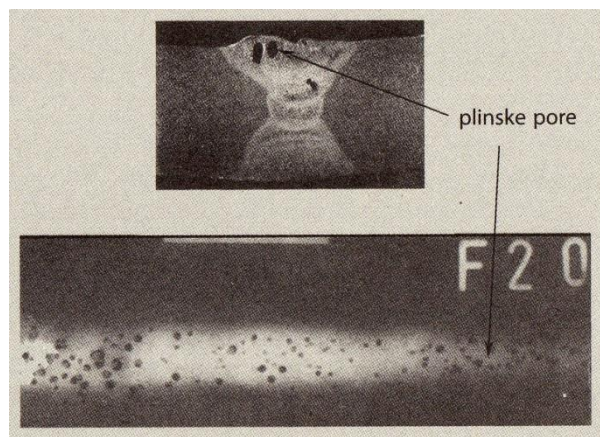


Slika 17: Primer prečne razpoke

Vir: Lasten

5.2.2 Plinske votlinice

Votlinice so mehurčki ali pore, napolnjene s plinom, ki je po strjevanju ostal v zvaru ali izstopa na površino. Nastajajo zaradi nečistoče osnovnega materiala, dolgega obloka, velikega varilnega toka, velike hitrosti varjenja, pri varjenju z neustrezno polariteto, napačno nastavitvijo zaščite obloka. Plinski vključki so lahko tudi enakomerno porazdeljeni po varu, razlikujejo se od niza por do gnezda por. Lahko je tudi površinska pora, črvasta pora, podolgovata votlinica, lunke, makro votlinica, votlinica v žrelcu, mikro votlinica, interdendritna mikro votlinica in transkristalna mikro votlinica.



Slika 19: Rentgenski posnetek plinskih por

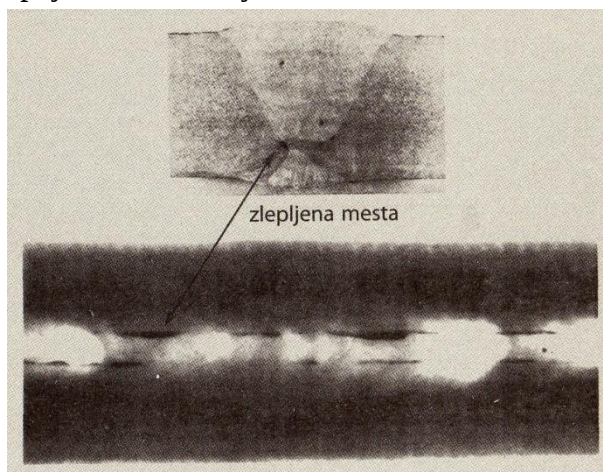
Vir: Rak, 2008,425

5.2.3 Trdni vključki

Trdni vključki so trdni nekovinski delci, ki se pri ohlajanju ujamejo v varu. Med trdne vključke se prištevajo vključek žindre, vključek talila, oksidni vključek, oksidna kožica in razni kovinski vključki.

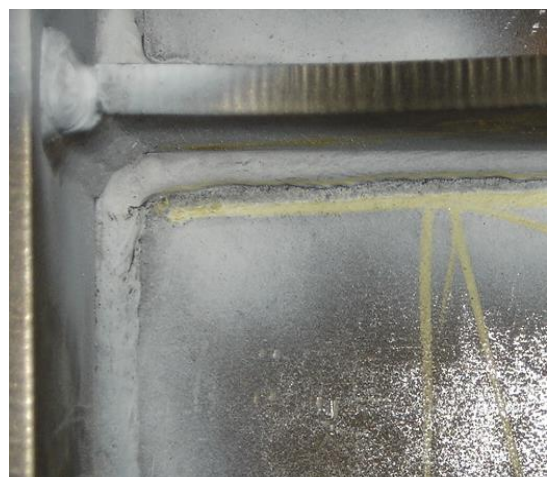
5.2.4 Zlep in pomanjkljiva prevaritev

Zlep in pomanjkljiva prevaritev sta varilski napaki v zvarnem spoju, ko ne dosežemo popolne spojitve med dodajnim in osnovnim materialom.



Slika 21: Rentgenska slika neprivarjenega korena

Vir: Rak, 2008,431



Slika 20: Primer neprivarjene stene

Vir: Lasten

5.2.5 *Napake v obliki in dimenzijah*

Napake v obliki in dimenzijah so vse nepravilne oblike zunanjih površin zvara ali nepravilna geometrija zvara. Med te napake prištevamo zajede (neprekinjene, prekinjene, v korenu, med varki, lokalno prekinjene), čezmerno vboklino zvara (temena, korena), preoster prehod temena, prelitje, zamaknitev robov, kotna zamaknitev, povešanje, pregor, nepolni zvar, neenakomerna širina zvara, pretirana asimetrija kotnega zvara, pomanjkljiv koren, napake pri začenjanju, pretirano zveženje, nepravilne dimenzije zvara, pretirana višina kotnega zvara, nezadostna višina kotnega zvara.

6 ZAKLJUČEK

Postopek obločnega varjenja v zaščitni atmosferi aktivnega plina CO₂ ali krajše MAG (Metal-Active-Gas) postopek, je v industrijski praksi eden izmed najbolj uporabljenih postopkov varjenja. Kakovost zvarnih spojev varjenih konstrukcij je odvisna od več vplivnih dejavnikov, kot so npr. izbrani postopek in parametri varjenja glede na vrsto materiala ter dimenzije varjenca, izbira ustreznega dodatnega materiala, oblika in dimenzija zvarov, predvidene obremenitve, usposobljenosti varilcev ipd. Zato je potrebno vzpostaviti tak sistem kakovosti dela, ki omogoča odpravljanje vzrokov nastanka napak v vseh fazah izdelave zvarnega spoja.

Iz teh razlogov je potrebno predhodno poskrbeti in izdelati celovit načrt postopka varjenja, tehnologije, opreme in kontrole, vključno s certifikati in z atesti.

V diplomski nalogi sem predstavil vse potrebne aktivnosti pri izbiri in pripravi ustrezne dokumentacije za izbrano tehnologijo varjenja, ki mora upoštevati tudi zahteve naročnika in zagotoviti kakovostne zware.

Pred varjenjem mora biti glede na izbrani postopek izdelana in predpisana ustrezna tehnologija varjenja, ki mora biti predhodno preizkušena ter potrjena (potrdila o ustreznosti postopka varjenja), napišejo se navodila za delo varilcev, katerih znanje in usposobljenost se tudi redno preverja (potrdilo o usposobljenosti varilca). Ob upoštevanju navodil naročnika in ustreznih standardov je potrebno izdelati tudi natančen načrt kontrole oz. preizkušanja zvarnih spojev.

V prilogi prilagam dokumentacijo, ki je nastala na primeru zahteve naročnika, in potrjuje teorijo, ki je bila napisana. Na tak način izvedeni zvarni spoji končnemu izdelku zagotavljajo načrtovane mehanske lastnosti in predvideno življenjsko dobo. S takšnim pristopom so zvarni spoji kakovostni, ustrezno preizkušeni, brez nepravilnosti in dosegajo zahtevane mehanske lastnosti.

7 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

7.1 Literatura

1. Čretnik, D.: *Tehnologija za 4 letnike srednjih šol*, SKSMŠ Maribor, Maribor, 1996.
2. Prva Zvaračka iz Bratislave, Malovrh, S., Rihar, G., Uran, M., Brezovnik, A., Samsa, N., Šprajc, P. ter Jovanovič, M.: *Metode s penetranskimi preiskavami*, , Inštitut za varilstvo, Ljubljana, 2006.
3. Slovensko društvo za varilno tehniko: *Dan varilne tehnike 2012*, Grafika Gracer, Celje, 2012.
4. Rak, I.: *Tehnologija varjenja 1. izdaja*, Modrijan, Ljubljana, 2008.
5. Kraut, B.: *Krautov strojniški priročnik*, Tehniška založba, Ljubljana, 2007.

7.2 Viri

1. Standard SIST EN 287-1, Qualification test of welders – Fusion welding Part 1, 2004
2. Standard SIST EN ISO 15614-1, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials, 2004
1. Standard SIST EN ISO 6520-1:2008, Klasifikacija geometrijskih nepopolnosti v kovinskih materialih
2. Standard SIST EN ISO 5817:2007, Talilno varjenje – stopnje sprejemljivosti nepravilnosti
3. Standard SIST EN 12517-1:2006, Ocenjevanje zvarnih spojev
4. Standard SIST EN 970:1998, Neporušne preiskave talilnih zvarov – vizualna preiskava
5. Standard SIST EN 1435:1998, Neporušne preiskave talilnih zvarov – radiografska preiskava,

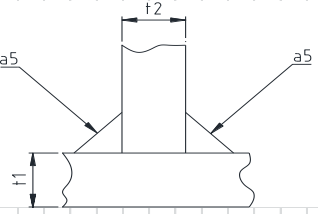
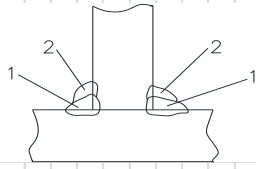
6. Standard SIST EN 571-1:1998, Neporušne preiskave talilnih zvarov – preiskave s penetranti,
7. Standard SIST EN 1289:1998, Neporušne preiskave talilnih zvarov – preiskave s penetranti – stopnje sprejemljivosti.

8 PRILOGE

Seznam prilog:

- **Proizvajalčevo navodilo**
- **Načrt kontrole**
- **Odobritev varilnega postopka WPQR**
- **Poročilo o preizkušanju varilnega postopka (podrobnosti o preizkusu zvara)**
- **Poročilo o preizkušanju varilnega postopka (podrobnosti o varjenju)**
- **Rezultat preizkušanja(vizualna in penetranska kontrola)**
- **Rezultat preizkušanja trdote**
- **Rezultat makro obrusa**
- **Poročilo o ustreznosti**

Proizvajalčevo navodilo

WPS		ml-03-12 EN ISO 15609-1		Proizvajalčevo navodilo za varjenje					
PQR		193/12 Rev.02		Welding Procedure Specification					
Rev.		Date:							
Naročnik Customer				Project Title					
Izvedbeni standard Design Code				EN ISO 19902		Vrsta priprave in čiščenja Type of preparing and cleaning		flame cutting and grinding	
Ref. specifikacija Ref. Specification				EP Standard - SKID		Specifikacija osnovnega materiala Material specification		S355K2 Gr.No.: 1.2	
Način varjenja Welding Process				GMAW (135)		Debelina obdelovanca (mm) Thickness range (mm)		t1, t2 = 7.5 - 30	
Vrsta spoja Type of Joint				T joint		Zunanji premer (mm) Pipe Dia. Range (mm)		/	
Oznaka zvara Type of Weld				fillet weld (FW)		Položaj varjenja Welding position		1F, 2F	
Oblika vara /skica Joint detail						Vrstni red varjenja/skica Welding sequence			
									
Varilni sloj Weld layer	Proces Proces	Premer dod. materiala Diameter of filler metal	Jakost toka (A) Current (A)	Napetost (V) Voltage (V)	Vrsta toka / polariteta Type / polarity	Hitrost dod. žice Wire feed speed	Varilna hitrost Welding speed (cm/min)	Vnos toplote Heat input (kJ/cm)	
1,2	GMAW	Ø1.2	251-268	27.3-29.6	DC/+	8	30.7-47.46	7-12.4	
Dodajni material - razvrstitev in znamka Filler material / Specification and trade name				Koren / Root		Polnilni sloj / Filler passes			
				BÖHLER: EMK 6 AWS A5.18: ER70S-6		BÖHLER: EMK 6 AWS A5.18: ER70S-6			
Contact tip to work distance (mm)			15 - 18						
Mode of metal transfer			spray arc						
Zaščitni plin - varilni prašek Protective gas / Welding flux			82%Ar + 18%CO2 (M21)						
Zaščitni plin (l/min) Flow rate (l/min)			12-15						
Temperatura predgrevanja Preheat temperature			Tp min. 15°C						
Temperatura vmesnega sloja Interpass temp.			Ti max. 240°C						
Toplotna obdelava po varjenju - čas, temp., postopek Postweld heat treatment / Temperature - time			580±20°C/3h						
Heating and cooling rate			max. 50°/h						
Method of temperature control			termocouples						
Izdela:			Potrdil:						
Prepared by:			Approved by:						
Ime, datum in podpis			Ime, datum in podpis						
Name, date and signature			Name, date and signature						

Načrt kontrole

				PLAN NDT KONTROLE		Stran:	1 od 1
				NDT - POSITION - PLAN		Page:	
Naročnik:				Komponenta:		REV.	
Client:				Component:			
Objekt:				Št. Načrta:		Datum:	
Project:				Dwg. Nr.:		Date:	
Št. No.	Št. PNV WPS No.	RT %	UT%	MT%	PT%	Opombe: Remarks:	
1	mI-02-13	100			100	1.VT 100%: acceptance criteria: EN ISO 5817: B 2. RT-acceptance criteria: ASME Sec.VIII, Div.1, App.4 3. PT-acceptance criteria: ASME Sec.VIII, Div.1, App.8	
2							
3							
Izdelal:		Kraj/Datum		Potrdil:			
Prepared by:		Place/Date:		Approved by:			

Odobritev varilnega postopka WPQR



Q TECHNA
Institut za zagotavljanje in kontrolo kakovosti d.o.o.
Cvetkova ulica 27, 1000 Ljubljana

WPQR
191/12 Rev. 02
Št. / No. / Nr.:

ODOBRITEV VARILNEGA POSTOPKA [WPQR]
WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD
QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS

PROIZVAJALEC: <i>Manufacturer / Hersteller:</i>	Metalna IMPRO d.o.o.
NASLOV: <i>Address / Anschrift:</i>	Zagrebska cesta 20, Maribor, SLOVENIA
DATUM VARJENJA: <i>Date of welding / Datum der Schweißung:</i>	04.04.2012
ST. WPS PROIZVAJALCA: <i>Manufacturers reference WPS No. / Beleg-Nr. des Herstellers:</i>	pWPS – ml-03-12
PRESKUŠEVALNI LABORATORIJ: <i>Testing Laboratory / Zertifizierungsstelle:</i>	Q TECHNA d.o.o., Ljubljana (TKC d.o.o., Ljubljana)
SMERNICE/PRESKUSNI STANDARD: <i>Code / Testing standard / Prüfvorschrift / Prüfnorm:</i>	SIST EN ISO 15614-1 & CLB-FC-OX-ST-SPE-0025
OBSEG ODOBRITVE / RANGE OF APPROVAL / GELTUNGSBEREICH	
NAČIN VARJENJA: <i>Welding process / Schweißprozeß:</i>	135 (MAG)
VRSTA ZVARA: <i>Joint type / Stoßart / Nahtart:</i>	FW – kotni zvar / FW – Fillet weld / FW – Kehlnaht
ENOVARKOVNO/ VEČVARKOVNO: <i>Single run/ multi run / Einlagenschweißnaht / Mehrlagenschweißnaht:</i>	☐ Enovarkovno / Single run / Einlagenschweißnaht ☒ Večvarkovno / Multi run / Mehrlagenschweißnaht
OSNOVNI MATERIAL: <i>Parent metal group(s) and subgroup(s) / Werkstoffgruppe(n) und Untergruppe(n):</i>	Jekla iz skupine 1.1 in 1.2 ($R_m \leq 355 \text{ N/mm}^2$) po standardu CR ISO 15608 / Stahle der Gruppe 1.1 und 1.2 ($R_m \leq 355 \text{ N/mm}^2$) nach Norm CR ISO 15608
DEBELINA OSN. MATERIALA (mm): <i>Metal thickness (mm) / Dicke des Grundwerkstoffes (mm):</i>	Kotni zvar / Fillet weld / Kehlnaht: $\geq 5 \text{ mm}$, a – brez omejitev / no limit / ohne Grenze
ZUNANJI PREMER (mm): <i>Outside diameter (mm) / Außendurchmesser (mm):</i>	$\geq 500 \text{ mm}$
DODAJNI MATERIAL: <i>Filler material / Zusatzwerkstoff Bezeichnung:</i>	Žica / Wire / Draht: G 42 4 M/C G3Si1 po / in acc. / nach EN ISO 14341-A AWS A5.18: ER70S-6
OZNAKA ZAŠČITNEGA PLINA/PRAŠEK: <i>Designation of shielding gas / Flux Bezeichnung des Schutzgases/Pulver:</i>	Zaščitni plin / Shielding gas / Schutzgas: M 21 metalno (MIG) 21 M 21 (82%Ar + 18 % CO₂) po / in acc. / nach EN ISO 14175
LEGE VARJENJA: <i>Welding positions / Schweißpositionen:</i>	PA in / and / und PB
VRSTA TOKA: <i>Type of welding current / Stromart:</i>	DC (+)
VNOS ENERGJE: <i>Heat input / Wärmeeinbringung:</i>	1,02 – 1,38 kJ/mm
NAČIN VARJENJA: <i>Welding process / Schweißprozeß:</i>	Temperat. predgrevanja / Preheat temperature / Vorwärmtemperatur: 150 °C Medvarkovna temperatura / Interpass temperature / Zwischenlagentemperatur: max. 240 °C,

S tem potrjujemo, da so bili preskusni zvari pripravljeni, varjeni in preskušeni v skladu s pogoji zgoraj omenjenih smernic oz. standarda za preskušanje.

Certified that test welds were prepared, welded and tested satisfactory in accordance with the requirements of the code/ testing standards indicated above.

Hiermit wird bestätigt, daß die Prüfungsschweißungen in Übereinstimmung mit den Bedingungen der vorbezeichneten Regeln bzw. Prüfnormen zufriedenstellend vorbereitet, geschweißt und geprüft worden sind.

Ljubljana, 29.05.2012

Kraj / Location / Ort
Datum / Date / Datum der Ausstellung



dr. Andrej LESNJAK, univ. dipl. inž. – EWE
Ime in primarnem pisnem zapisu / Name in primary written record
Podpis / Signature / Unterschrift

2

Institut za zagotavljanje in kontrolo kakovosti d.o.o.
Cvetkova ulica 27, 1000 Ljubljana

Poročilo o preizkušanju varilnega postopka (podrobnosti o preizkusu zvara)



POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR

191/12 Rev. 02

Št. / No. / Nr.:

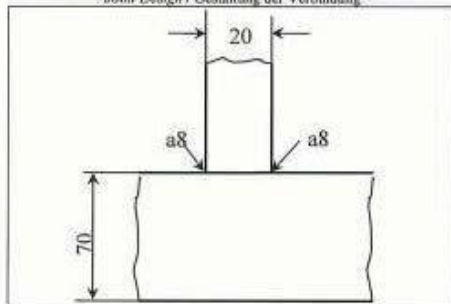
PODROBNOSTI O PRESKUSU ZVARA

WELD TEST DETAILS / EINZELHEITEN ZUR PRÜFSTÜCKSCHWEISSUNG

DELOVNI NALOG Work order Auftrags-Nr.	11174	
VARILNI POSTOPEK PROIZVAJALCA Manufacturer's Welding Procedure Beleg-Nr. Des Herstellers	pWPS – ml-03-12	
PROIZVAJALEC Manufacturer Hersteller	Metalna IMPRO d.o.o, Zagrebška cesta 20, Maribor, SLOVENIA	
IME IN PRIIMEK VARILCA Welder's name Name des Schweißers	Andrej KRAMBERGER	
NAČIN VARJENJA (SIST EN 24063) Welding process Schweißprozess	135 (MAG)	
OBLIKA VZORCA Base metal shape Form des Prüfstückes	Plošča / Plate / Blech	
VRSTA ZVARA Joint type Stoßart / Nahtart	FW – kotni zvar / Fillet weld / Kehlnaht	☐ Enovarkovno / Single run / Einlagenschweißnaht ☒ Večvarkovno / Multi run / Mehrlagenschweißnaht
PRIPRAVA ZVARNEGA ROBU (skica) Weld Preparation Details (Sketch) Fugenvorbereitung (Skizze)	Brušenje / grinding / Schleifen – ščetkanje / brushing / Bürsten	
LEGE VARJENJA Welding positions / Schweißpositionen	PB	
SPECIFIKACIJA OSNOVNEGA MATERIALA Base metal specification Grundwerkstoff (Spezifikation)	1. Plošča / Plate / Blech: s = 20,0 mm, S355J2+N (W.Nr. 1.0570), Št. šarže / Charge No. / Schmelze -Nr.: 1108245, atest / cert. / Zert.: 16012060668, MARCEGAGLIA – 2. Plošča / Plate / Blech: s = 70,0 mm, S355J2+N (W.Nr. 1.0570), Št. šarže / Charge No. / Schmelze -Nr.: 923663, atest / cert. / Zert.: 20261208, ArcelorMittal	
DEBELINA OSNOVNEGA MATERIALA (mm) Base metal thickness (mm) Dicke des Grundwerkstoffes (mm)	20,0 mm in/und/und 70,0 mm	
ZUNANJI PREMER (mm) Outside Diameter (mm) Außendurchmesser (mm)	/	
SPECIFIKACIJA DODAJNEGA MATERIALA Filler Material Specification Zusatzwerkstoff / Bezeichnung	Žica / wire / draht VAC 60 Ø 1,2 (EN ISO 14341-A; G 42 4 M/C G3Si1); Št. šarže / Charge No. / Schmelze -Nr.: 609678, atest / cert. / Zert.: 71-11-02137, Elektrode Jesenice, SLO ; AWS A5.18: ER70S-6	
VRSTA PREHODA DODAJNEGA MATERIALA Mode of metal transfer / Art des Tropfenüberganges:	Spray arc	

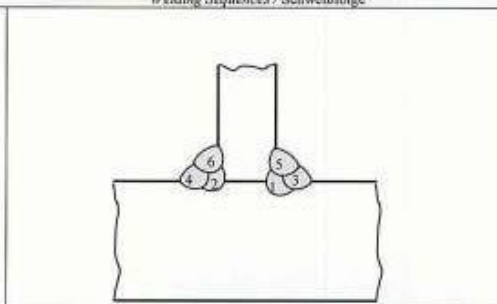
PRIPRAVA SPOJA

Joint Design / Gestaltung der Verbindung



ZAPOREDJE VARJENJA

Welding Sequences / Schweißfolge



DRUGE INFORMACIJE / Other information / Sonstige Angaben: N/A

Poročilo o preizkušanju varilnega postopka (podrobnosti o varjenju)



POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR

191/12 Rev. 02

Št. / No. / Nr.:

PODROBNOSTI O VARJENJU

WELDING DETAILS / EINZELHEITEN ZUR PRÜFSTÜCKSCHWEISSUNG

VAREK Run Lage	NAČIN Process Prozess	DODAJNI MATERIAL Filler material Schweißzusatz	JAKOST TOKA Current Stromstärke	NAPETOST Voltage Spannung	VRSTA TOKA / POLARITETA Type of current/ polarity Stromart/Polung	HITROST VARJENJA Travel speed Schweiß- geschwindigkeit (cm/min)	HITROST DODAJANJA ŽICE Wire feed speed Drahtvorschub (cm/min)*	VNOS ENERGIJE Heat Input Wärme- einbringung (kJ/mm)*	TEMPERAT./Te operational/ Temperatur [°C]
		Ø (mm)	(A)	(V)					
1 - 2	135	Ø 1,2	261-266	29,0 -29,6	DC (+)	26,5	/	1,72 -1,73	200 -227
3 - 4	135	Ø 1,2	252-253	29,6 -29,7	DC (+)	39,0	/	1,27 -1,30	229 -240
5 - 6	135	Ø 1,2	258-260	29,3 -29,9	DC (+)	39,0	/	1,42 -1,48	224 -232

++ W = korenski varek - Wurzellage - Root Pass Weld - K = varjenje z nasprotno strani - Gegenlage - Capping Pass -
F = polnilni varek - Füllage - Filler Pass Run - P = platinano - Plattierung - Cladding
D = pokrovni varek - Decklage - Cover Pass - ali/oder -or št./Nr. na skici / gem. Zeichnung - or No. according sketch - *)

* če je potrebno - if necessary / falls erforderlich

OSTALI PODATKI O POSTOPKU VARJENJA

Other information on welding procedure / Andere Angaben das schweißen

ZAŠČITNI PLIN/ PRETOK (L/min): Shielding gas/ Flow rate: Schutzgas/ Gasdurchflußmenge:	Ar + 18% CO ₂ (EN ISO 14175: M2.1) / 12 - 15 L/min
PRETOK ZAŠČITNEGA PLINA (L/min) / ZAŠČITA KORENA: Flow rate for shielding gas / Backing Gas: Gasdurchflußmenge / Wurzelstütze/ Gasdurchflußmenge:	/
TEMPERATURA PREDGREVANJA (°C): Preheat temperature: Vorwärmtemperatur:	150 °C
MEDVARKOVNA TEMPERATURA (°C): Interpass temperature: Zwischenlagentemperatur:	max. 240 °C
TOPLOTNA OBDELAVA: Post welding heat treatment: Wärmebehandlung:	Stress relieving
HITROSTI SEGREVANJA (°C/h): Heating rate / Aufheizrate:	46 °C/h
TEMPERATURA DRŽANJA (°C): Hold temperature: Haltezeit:	580°C / 3 ^h
ČAS OHLAJANJA (°C/h) *: Cooling rate: Abkühlrate:	37 °C/h
OSTALE INFORMACIJE*): Other information: Weitere Informationen:	WPQR upošteva zahteve specifikacije CLB-FC-OX-ST-SPE-0025 / WPQR took into consideration also requirements of the specification CLB-FC-OX-ST-SPE-0025.

* če je potrebno - if necessary / falls erforderlich

KRAJ IN DATUM VARJENJA
Date and Place of welding
Ort / Datum der Schweißung Maribor, 04.04.2012

Rezultat preizkušanja(vizualna in penetranska kontrola)



POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR

191/12 Rev. 02

Št. / No. / Nr.:

REZULTATI PRESKUŠANJA

TEST RESULTS / PRÜFERGEBNISSE

NEPORUŠITVENE PREISKAVE

Nondestructive examination / Zerstörungsfreiprüfungen

VIZUALNA PREISKAVA/ ŠT. POROČILA:

Visual Examination/ Report No.:

Sichtprüfung-Bericht Nr.:

VT – sprejemljivo /satisfactory / erfüllt

PREISKAVA S PENETRANTU/ ŠT. POROČILA:

Penetrant Test Examination/ Report No.:

Farbeindring- / Magnetpulverprüfung -Bericht Nr.*):

PT - sprejemljivo /satisfactory / erfüllt - št./No.: 36060/12

RADIOGRAFSKA PREISKAVA/ ŠT. POROČILA:

Radiographic Examination/ Report No.:

Durchstrahlungsprüfung Bericht Nr. *):

ULTRAZVOČNA PREISKAVA/ ŠT. POROČILA:

Ultrasonic Examination/ Report No. *):

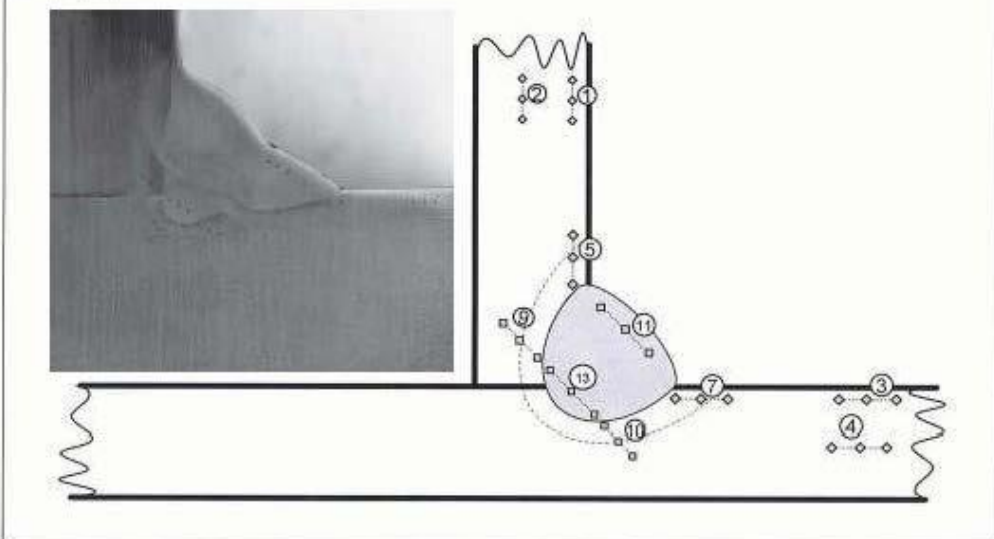
Ultraschallprüfung-Bericht Nr.*):

*) če je potrebno / if necessary / falls erforderlich

MERITEV TRDOTE: SIST EN 1043-1:95

Hardness test / Härteprüfung:

Skica leg vtiskov



Rezultat preizkušanja trdote

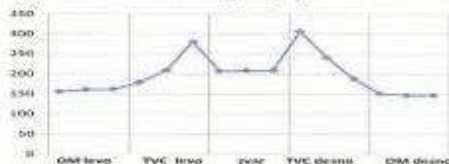
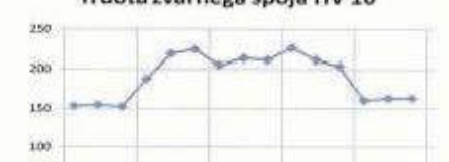


POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR

191/12 Rev. 02

Št. / No. / Nr.:

Izmerjene vrednosti Measured values Gemessene Werte				Zahteva Requirement Anforderung	
Območje Region / Gebiet		Vrednost Value / Werte		HV 10 ≤ 325 HV	
		(HV 10)			
Osnovni material (OM)	Toplotno nevpilvano področje (TNP)	1	157,162,163	Trdota zvarnega spoja HV 10 	
		3	152,148,148		
	Toplotno vplivano področje (TVP)	5	282,211,180		
		7	308,242,190		
Zvar (ČZ)		11	208,210,211		
Osnovni material (OM)	Toplotno nevpilvano področje (TNP)	2	151,164,176	Trdota zvarnega spoja HV 10 	
		4	156,149,150		
	Toplotno vplivano področje (TVP)	6	239,227,212		
		8	238,205,182		
Zvar (ČZ)		13	204,210,208		
Osnovni material (OM)	Toplotno nevpilvano področje (TNP)	1	161,162,162	Trdota zvarnega spoja HV 10 	
		3	160,155,151		
	Toplotno vplivano področje (TVP)	5	199,240,278		
		7	302,279,212		
Zvar (ČZ)		11	210,207,204		
Osnovni material (OM)	Toplotno nevpilvano področje (TNP)	2	161,162,162	Trdota zvarnega spoja HV 10 	
		4	160,155,151		
	Toplotno vplivano področje (TVP)	6	199,240,278		
		8	302,279,212		
Zvar (ČZ)		13	206,214,212		

OM = Osnovni material - Base Material (BM) - Grundwerkstoff (GW)
TVP = TVC - HAZ - WEZ
TNP = TN - WN
ČZ = Čisti zvar - Weld metal (WM) - Schweißgut (SG)

T = Teste - Face (F) - Decklage in Zugzone (D);
K = Koren - Root/Back side - Wurzel/Gegenseite in Zugzone

Rezultat makro obrusa



POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR

191/12 Rev. 02

Št. / No. / Nr.:

METALOGRAFSKA PREISKAVA / MAKROSKOPSKA PREISKAVA: SIST EN 1321

Metallographic examination / Metallographische untersuchungen / Macroscopic examination / Makrountersuchung

Jedkalo in metoda: 10% HNO₃
Caustic method / Ätzmittel:

Uporabljena makroskopska tehnika: Digitalni fotoaparati / Digital camera / Digital-Kamera
Macroscopic method used / Verwendete makroskopische Technik:

Format fotomakrografije: 6,5x8,6 cm
Macroscopic format / Makroskopisches Format:

Opis preskusa: Makroskopski pregled zvarnih spojev /
Description of examination / Zweck der Prüfung: Macroscopic / Makrountersuchung der Schweißverbindung

Morebitna odstopanja od metode:
Deviation from method / Eventuelle Abweichungen von der Methode: /

Foto št.
No. / Nr.:

OPIS

Description / Beschreibung

MAKRO OBRUS

Macrographie / Makrountersuchung

1	Vzorec: 1046/12 FW 20/70PB 1a Sample: Probe:	
	Št. povečav: ~0,85 x No. of magnify: Vergrößerung:	

Komentar - Comment - Kommentar: Zvar je brez posebnosti, sprejemljiv za razred B po SIST EN ISO 5817 /
Weld without remarks, accept. in acc. to SIST EN ISO 5817 - class B / Die geprüfte Schweißnaht ist ohne Besonderheiten. Sie entspricht die Anforderungen der SIST EN ISO 5817 - Bewertungsgruppe B.

Foto št.
No. / Nr.:

OPIS

Description / Beschreibung

MAKRO OBRUS

Macrographie / Makrountersuchung

2	Vzorec: 1046/12 FW 20/70PB 1b Sample: Probe:	
	Št. povečav: ~2,2 x No. of magnify: Vergrößerung:	

Komentar - Comment - Kommentar: Zvar je brez posebnosti, sprejemljiv za razred B po SIST EN ISO 5817 /
Weld without remarks, accept. in acc. to SIST EN ISO 5817 - class B / Die geprüfte Schweißnaht ist ohne Besonderheiten. Sie entspricht die Anforderungen der SIST EN ISO 5817 - Bewertungsgruppe B.

Poročilo o ustreznosti



POROČILO O PRESKUŠANJU VARILNEGA POSTOPKA
WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT
 QUALIFIZIERUNG DES SCHWEISSVERFAHRENS BERICHT

WPQR
191/12 Rev. 02
 Št. / No. / Nr.:

PRESKUSI SO BILI IZVEDENI V SKLADU Z ZAHTEVAMI:
Tests carried out in accordance with the requirements of:
 Die Prüfungen wurden ausgeführt in Übereinstimmung mit den Anforderungen des:

SIST EN ISO 15614-1 & CLB-FC-OX-ST-SPE-0025

LABORATORIJSKO POROČILO ŠT:
Laboratory Test Report No. / Laborbericht-Nr.:

1042/12 - R (1046/12 - FW 135 t20/70 mm)

REZULTATI PRESKUSOV SO (NE)USTREZNO PREČRTAJ:
Test results were (Delete as appropriate):
 Prüfergebnisse sind (Nicht zutreffendes streichen):

ZADOVOLJIVI
ACCEPTABLE
 ZUFRIEDENSTELLEND

NEZADOVOLJIVI
NOT-ACCEPTABLE
 NICHT-ZUFRIEDENSTELLEND

Ljubljana, 06.04.2012 - 12.05.2012

Kraj preskušanja / Test Location / Prüflort
 Datum / Date / Datum

dr. Andrej Lešnjak, univ.dipl.ing., EWE

Ime in priimek / Name and surname / Name

Podpis / Signature / Unterschrift



Institut za
 zagotavljanje in kontrolo
 kakovosti d.o.o.

2

Cvečkova ulica 27, 1000 Ljubljana