



УНИВЕРЗИТЕТ “СВ.КИРИЛ И МЕТОДИЈ”



МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ- СКОПЈЕ

ДИПЛОМСКА РАБОТА

ТЕМА: ТИГ ЗАВАРУВАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИ ЦЕВКИ

Кандидат: Васе Додевски

Ментор: проф. Д-р Добре Рунчев

Добивање и категоризација на челикот

Претставува легура од железо и останати легирачки елементи, меѓу кои јаглерод како водечки елемент во одредување на механички особини. Постојат два вида на поделби и тоа:

Според содржина на јаглерод:

- Нискојаглеродни ($C < 0,25\%$)
- Среднојаглеродни ($0,25\% < C < 0,50\%$)
- Високојаглеродни ($C > 0,50\%$)

Според содржина на легирачки елементи:

- Нисколегирани($<5\%$)
- Среднолегирани($5\%- 10\%$)
- Високолегирани($>10\%$)

Влијание на легирачки елементи кај котелскиот челик

Ознака по JUS	Хемиски состав во %						
	C	Si	Mn	Pmax	Smax	Cr	Mo
Č.7400	0,10-0,18	0,15-0,35	0,40-0,70	0,040	0,040	0,70-1,00	0,40-0,90

C – подобрена тврдост и кртост, намалена заварливост

Si - зголемена јакост, тврдост и еластичност за сметка на жилавоста и пластичноста.

Mn – зголемена јакост и тврдост, делува како десулфуризатор

Cr – подобрена јакост, огноотпорност, отпорност кон ползење и антикорозивност

ТИГ техниката на заварување

4/14

- ❑ Техника во која се употребува нетоплива волфрам електрода
- ❑ Користи инертен заштитен гас аргон (Ar) или хелиум (He)
- ❑ Со или без употреба на додатен материјал
- ❑ Рачен и автоматизиран процес на заварување
- ❑ Користи еднонасочна или наизменична струја за заварување



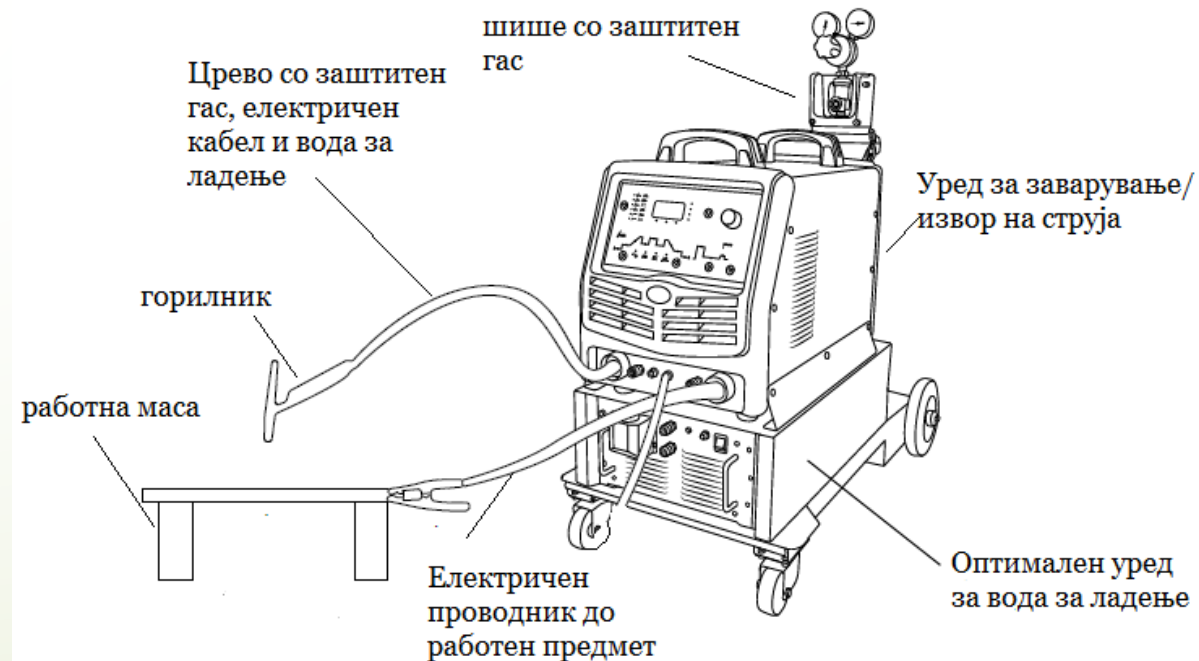
Опрема за ТИГ заварување на челици

5/14

- ❖ Уред за заварување
- ❖ Шише со инертен заштитен гас
- ❖ Црево за заштитниот гас од шишето до горилникот
- ❖ Горилник

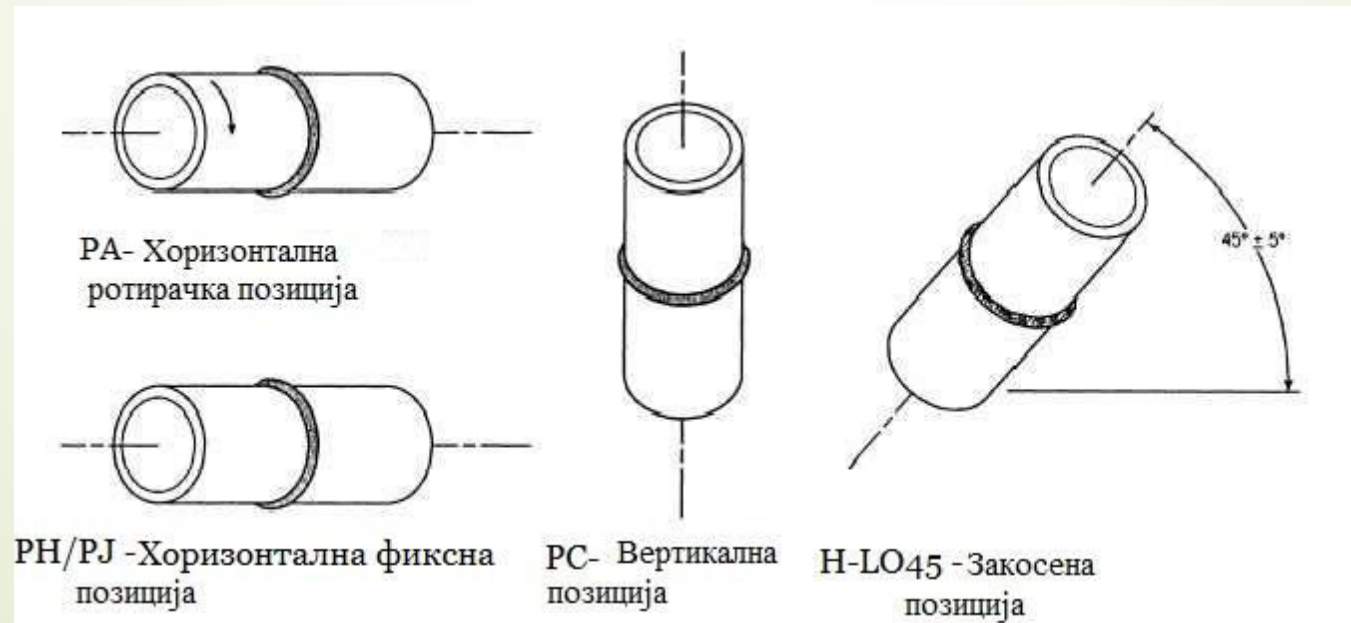
❖ Електричен проводник во работниот предмет

- ❖ Уред за разладување на уредот за заварување



Позиции на заварување на цевки

- PA (IG) – Во хоризонтална позиција каде цевката ротира за време на заварувањето
- PC (2G)– Во вертикална фиксна позиција
- PH/PJ (5G)– – Во хоризонтална позиција каде цевката е фиксирана
- H-LO45 (6G)– Во наклонета позиција под агол од $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$



Експериментален дел

Испитување на цевки изработени од котелски челик и заварени со ТИГ техниката

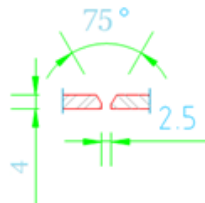
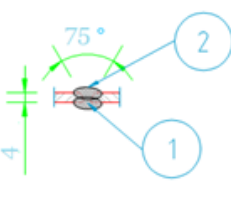
7/14

- Заварувањето е извршено во РЕК “Осломеј” - Кичево.
- Заварувани се 5 челични цевки со постапка 141 по стандардот EN 3834-1 со надворешен дијаметар 38mm и дебелина на сид 4mm користејќи ја ТИГ техниката со рачно заварување.
- Изведено во РЈ положбата, со фиксирани цевки и насока на заварување од горе-надолу.
- Користен е инертен гас аргон со највисок квалитет А(100% Ar) и проток 5-8 l/min. Употребен е и проток во внатрешниот дел на цевките за заштита на коренот.
- Заварувањето е изведено со еднонасочна струја и индиректен поларитет.
 - Користен е напон од 9V до 11V
 - Јачина на струја е различна за секоја проба и тоа:
 - Проба 1 – 85-95 A
 - Проба 2 – 90-100 A
 - Проба 3 – 95-105 A
 - Проба 4 – 100-110 A
 - Проба 5 – 105- 115 A



Изработен WPS за заварените цевки

8/14

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION				ОБ 10.2/1 Верзија 01 Важи од 01.02.2022	
Процес на заварување / Welding process 141		Положба на заварување / Welding position PJ		PWPS 0001/20-01 Rev.: WPAR No. Data: 22.09.2022	
Нарачател: Customer: Васе Додевски				Цртеж бр. / Drawing no.	
Тип на спој / Joint design Челен/ V spoj		Подлога: Тип / Type: Backing: NO		Основен материјал: Base material: 13CrMo4-5	
Вид на припрема и чистење: Сечење, брусење, чистење Seam preparation:		Дебелина на плоча / Plate thickness: 4		Дијаметар на цевка / Pipe diameter Φ38x4	
Oznaka na zavarot: Weld mark: 1		Чекори: 2 Sequence:		Забелешка: Remarks: /	
Облик на заварениот спој / Weld joint form		Чекори на заварување / Welding sequence:			
					
Додатен материјал / Filler material: S/					
Опис Pass	EN 14343-A	SFA	AWS Ознака:	Гас/ Gas: Заштитен гас: Ar100% Shielding:	Проток: Flow rate: 5-8 l/min
Корен/root:	GZ CrMo1 Si			Заштита на корен: Backing: Ar100%	Проток: Flow rate: 5-8 l/min
Исполна/fill:				Топлинска обработка на заварот: Post weld heat treatment:	
Лице/cover:	GZ CrMo1 Si			Сушење на електродите: Redrying:	
Начин на предгревање: Preheating process:		Температура на предгревање: Preheating temp.:			
Ниво: Layer:	Постапка: Process:	Ø дод. мат. Ø filler:	Вид напон Type of current	Струја: Current	Напон/Динамика: Voltage/Dynamics
					Движење на жица: Wire feed
					Бнес на топлина: Heat input
					Брзина на движење: Travel speed:
1	141	1.6	DC-	85-95 A	9.0-11
2	141	1.6	DC-	85-95 A	9.0-11
Завар/ String or weave bead: String				Нишање: Oscillation: /	
Почетно и меѓуфазно чистење: Initial and interpass cleaning: Чистење, брусење					
Единечен или повеќеслоен премин Single or Multiple pass per side: единечен/Single				Меѓуслојна температура: Interpass temp.: /	
Работно растојание: 2 mm Contact tube to work distance:					
Жлебење:		Чистење: челична четка Cleaning:		Гасен конус: Orifice or gas cup size:	
Gauging:				Чистење: Peening:	
Контрола / Inspection:				Процент / Score:	
Забелешки: Remarks:					
Волфрам електрода: Tungsten electrode dia.: 2.4		Керамичка млазница: Ceramic nozzle: 8		Припремил / Prepared by:	
Класификација според: STANDARD: EN 3834-1		Останато / Others:		Дата: 22.09.2022	
				Одобрил / Approver: Дата: 22.09.2022	

Радиографско испитување на заварените цевки

9/14

На заварените споеви на цевките е направено радиографско испитување.

- ❖ Истото е направено во просториите на ЈУГ- Институт за заварување според стандард EN ISO 10675-1
- ❖ Извор на зрачење е Se75 со јачина од 28Ci (Кири) и времетраење од 2 минути и 15 секунди
- ❖ Пронајдена е грешка во заварот на петтата цевка со ознака 2011- присуство на сферична гасна пора



ИНСТИТУТ ЗА ЗАВАРУВАЊЕ ЈУГ АД СКОПЈЕ THE WELDING INSTITUTE JWG s.c.SKOPJE																																																																																																																																																	
1000 СКОПЈЕ ул.15 Корпус бр.1 п.фах 269 Цен. 3171-033 Директор 3171-193 Факс 3172-469 e-mail:info@institutjug.mk Жиро с-ка 300000000094029 Далочен бр. МК 4030979264292 Делописат на Комерцијална банка Скопје																																																																																																																																																	
РАДИОГРАФСКИ ИЗВЕШТАЈ RADIOGRAPHIC TEST REPORT																																																																																																																																																	
Извештај бр.:		Report No. : RT20220909		Процедура: RT-IJZ PR0902 0300 REV 00		Procedure : RT-IJZ PR0902 0300 REV 00																																																																																																																																											
Датум:		Date : 09.09.2022		Страна бр. 1		Page No. :		Место : Скопје		Договор бр. :																																																																																																																																							
Contract No. :																																																																																																																																																	
Проект : Испитување на цевки Ø 32x4																																																																																																																																																	
Клиент :																																																																																																																																																	
Договарач : Институт за заварување ЈУГ АД Скопје																																																																																																																																																	
Код на клиентот :																																																																																																																																																	
Забелешки :																																																																																																																																																	
Material :																																																																																																																																																	
Дебелина: 5.0mm																																																																																																																																																	
Термичка обработка: да ☐ не ☒																																																																																																																																																	
Heat treatment : yes ☐ no ☒																																																																																																																																																	
Контрола според : EN 17636-1																																																																																																																																																	
ACC Стандард според : EN ISO 10675-1																																																																																																																																																	
Test according to :																																																																																																																																																	
И извор: Se75 Активност : 28 Ci																																																																																																																																																	
Source : Активност : 28 Ci																																																																																																																																																	
Филм: Kodak																																																																																																																																																	
Film: T200																																																																																																																																																	
Напон(густина):																																																																																																																																																	
Density:																																																																																																																																																	
Острота																																																																																																																																																	
Expos. Time: 2min 15sec																																																																																																																																																	
EXP. TECH. BILD NO. SWSI/DWSI /DWDI																																																																																																																																																	
<table border="1"><thead><tr><th>Опис</th><th>Стр.</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th><th>Зона</th></tr><tr><th>Item</th><th>Joint</th><th>Welder</th><th>Defect</th><th>Thickens</th><th>IQI %</th><th>Зачувана</th><th>Грешки</th><th>Заклучок</th><th>Забелешки</th><th>Remarks</th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>Ø 32x4</td><td>W1</td><td>0°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W1</td><td>90°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W2</td><td>0°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W2</td><td>90°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W3</td><td>0°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W3</td><td>90°</td><td></td><td>5.0</td><td>15</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W4</td><td>0°</td><td></td><td>5.0</td><td>16</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W4</td><td>90°</td><td></td><td>5.0</td><td>16</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W5</td><td>0°</td><td></td><td>5.0</td><td>16</td><td>2.3 - 4.0</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ø 32x4</td><td>W5</td><td>90°</td><td></td><td>5.0</td><td>16</td><td>2.3 - 4.0</td><td>2011</td><td>X</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>												Опис	Стр.	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Item	Joint	Welder	Defect	Thickens	IQI %	Зачувана	Грешки	Заклучок	Забелешки	Remarks		Ø 32x4	W1	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W1	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W2	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W2	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W3	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W3	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W4	0°		5.0	16	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W4	90°		5.0	16	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W5	0°		5.0	16	2.3 - 4.0		X			Ø 32x4	W5	90°		5.0	16	2.3 - 4.0	2011	X		
Опис	Стр.	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона	Зона																																																																																																																																						
Item	Joint	Welder	Defect	Thickens	IQI %	Зачувана	Грешки	Заклучок	Забелешки	Remarks																																																																																																																																							
Ø 32x4	W1	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W1	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W2	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W2	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W3	0°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W3	90°		5.0	15	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W4	0°		5.0	16	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W4	90°		5.0	16	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W5	0°		5.0	16	2.3 - 4.0		X																																																																																																																																									
Ø 32x4	W5	90°		5.0	16	2.3 - 4.0	2011	X																																																																																																																																									
Место и дата																																																																																																																																																	
Date: 09.09.2022																																																																																																																																																	
Стр. 1																																																																																																																																																	
Испитувач																																																																																																																																																	
Operator																																																																																																																																																	
Овластено лице за Институтот																																																																																																																																																	
Authorized signature																																																																																																																																																	
Одобрено од клиент																																																																																																																																																	
Approved for client by																																																																																																																																																	
Име																																																																																																																																																	
Name																																																																																																																																																	
Потпис																																																																																																																																																	
Sign																																																																																																																																																	
Дејан Раистовски																																																																																																																																																	
Горан Ангеловски																																																																																																																																																	



Изработка на епрувети

10/14

- ✓ Изработката е направена во лабараторијата на РЖ Техничка Контрола АД, Железара- Скопје
- ✓ Цевките се поставени на пила за сечење на челици и се исечени на половина
- ✓ Едните половици се поставени на глодалка и се изглодани на ширина од 24-27mm, на 35mm по должина од заварот.
- ✓ Направено е завршно чистење со брусење
- ✓ За можно кинење на киналката, на краевите на епруветите се заварени челични чепови во лабараторијата на Машински факултет- Скопје



Конечен изглед на епруветките

11/14



12/14

Кинење на епруветите

- Кинењето е направено во лабораторијата на Машински факултет – Скопје
- Времетраење на едно кинење од 40-50 секунди
- Сите епрувети се скинати во основниот материјал



Резултати од испитувањето

Проби	Широчина на пробите(s) (mm)	Површина S_0 (mm ²)	Сила на кинење (kN)	Напон на кинење R_m (MPa)	Забелешка
1.	24,6	73,9	50	676,5	Сите епрувети се скинаа во основниот материјал
2.	27,2	83,8	54	644,3	
3.	26,8	82,2	53	644,7	
4.	24,9	75,0	52	693,3	
5.	24,8	74,7	50	669,3	

Ви благодарам на вниманието!