



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ – СКОПЈЕ
ИНСТИТУТ ЗА ЗАВАРУВАЊЕ И ЗАВАРЕНИ КОНСТРУКЦИИ



КРИСТИЈАН ГЕОРГИЕВСКИ

МИГ И ТИГ ЗАВАРУВАЊЕ НА ЕЛЕМЕНТИ ОД ВИСОКОЛЕГИРАН ЧЕЛИК

ДИПЛОМСКА РАБОТА

Ментор:
Проф. д-р. Добре Рунчев

СКОПЈЕ, 2018

ВОВЕД

- IX век,
- 1887 – Николај Бернадос (графитна електрода),
- 1890 – Николај Славјанов (метална електрода),
- 1941 – МИГ и ТИГ,
- Легирани челици и обоени метали.



МИГ И ТИГ ПОСТАПКА НА ЗАВАРУВАЊЕ

2/57

МИГ



131 - DIN EN ISO 4063

MIG (Metal–Inert–Gas)

GMAW (Gas–Metal–Arc–Welding)

Инертни гасови

Класификација според степенот на механизација - МИГ



Полуавтоматизирано

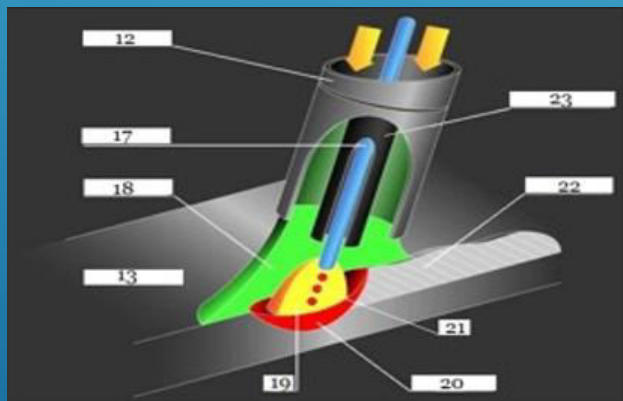
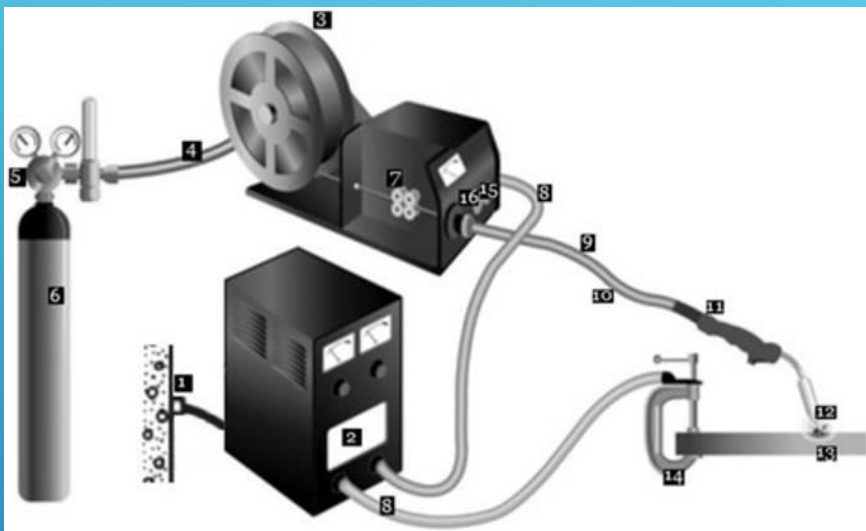


Автоматизирано



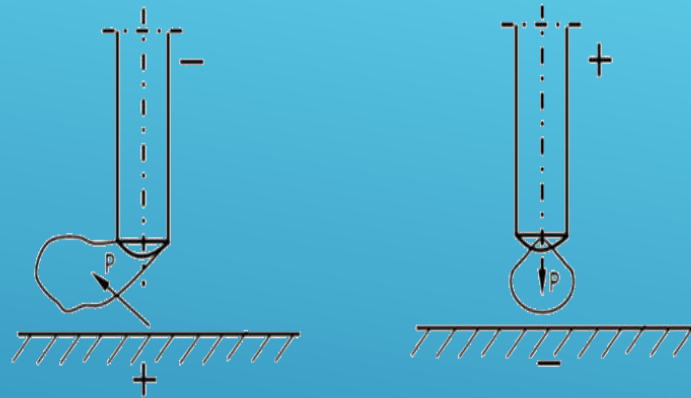
Роботизирано

Уред за МИГ заварување



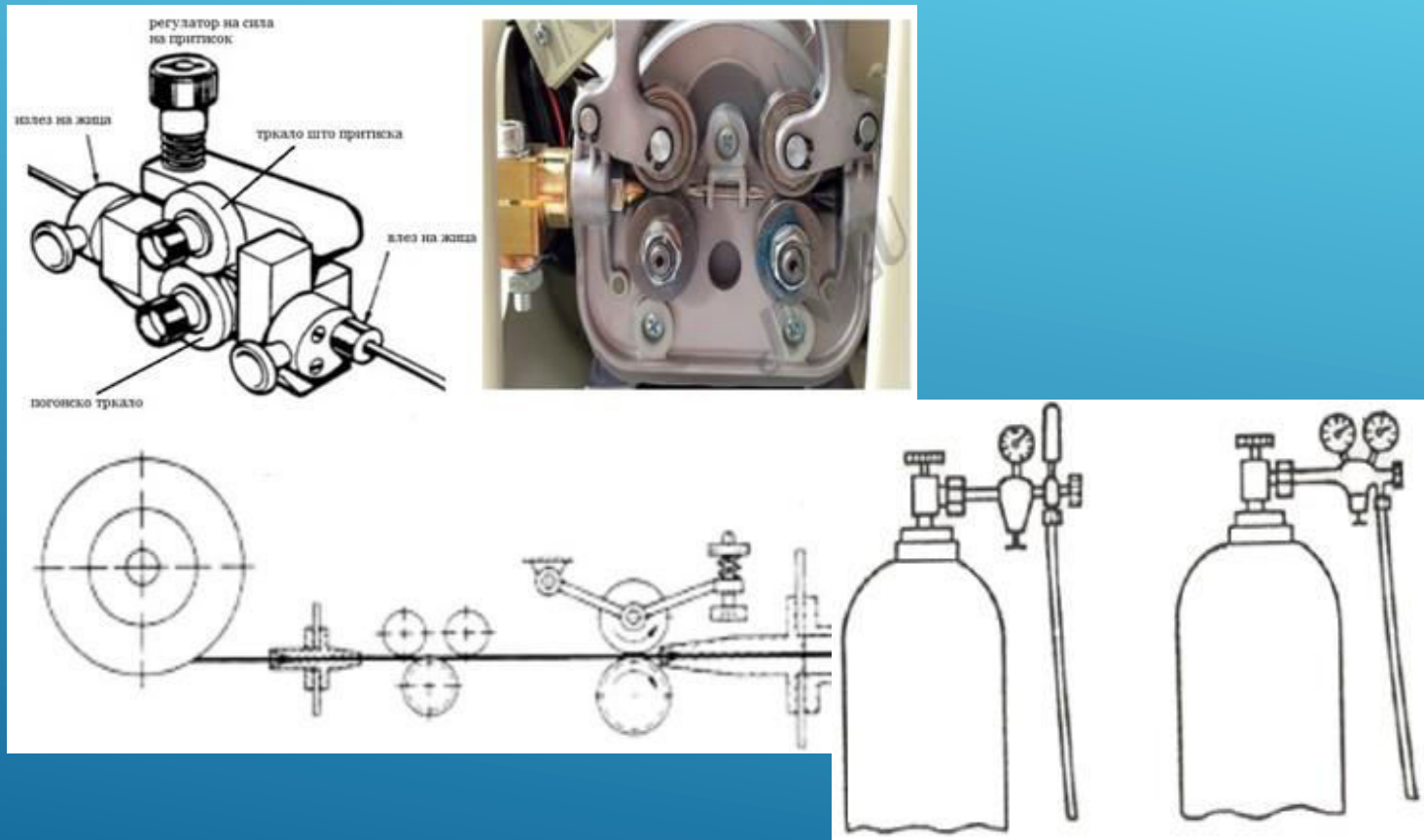
1. Приклучок за градска мрежа
2. Уред за заварување
3. Макара со додатен материјал, жица
4. Црево за довод на заштитен гас
5. Регулатор за проток на заштитен гас
6. Шише со заштитен гас
7. Уред за континуирано додавање на жицата
8. Електричен проводник за работен предмет
9. Електричен проводник за електродната жица
10. Електродна жица
11. Заварувачки пиштол
12. Чаура за довод на заштитен гас
13. Работен предмет
14. Приклучок за работен предмет
15. Регулатор на напон
16. Регулатор на брзина на буткање на жицата
17. Електродна жица
18. Заштитен гас
19. Електричен лак
20. Заварувачко купатило - растопен метал
21. Капки од растопената електрода
22. Зацврснат метал
23. Контактна чаура за довод на струја

Вид на електрична струја и поларитет

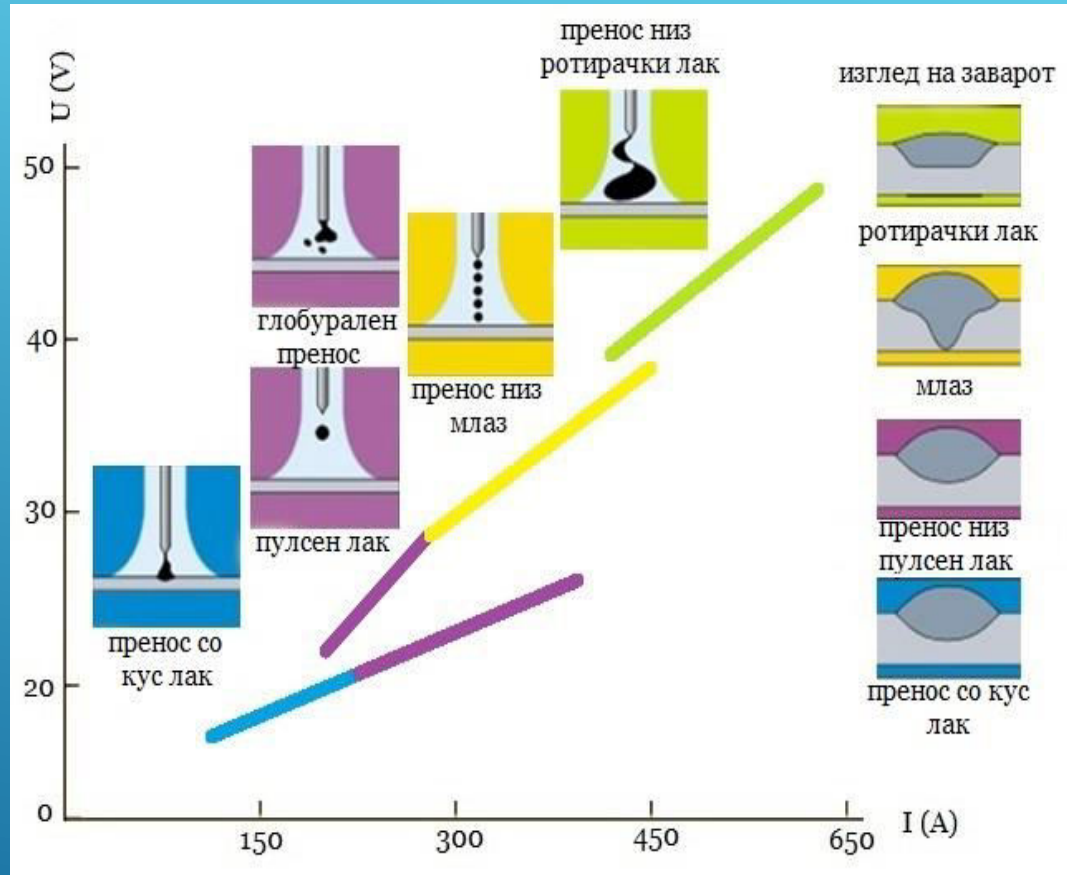


- Еднонасочна струја
- Директен поларитет
- Индиректен поларитет

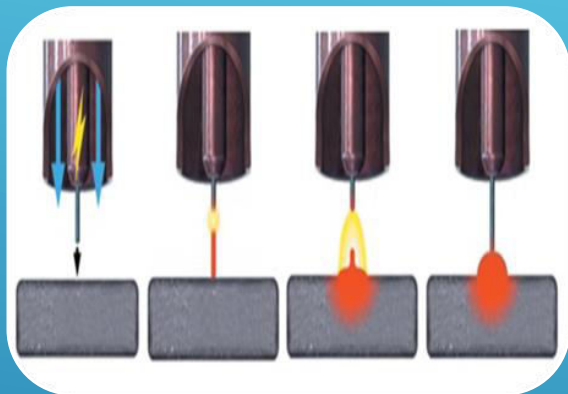
Систем за континуирано додавање на додатниот материјал и заштитен гас



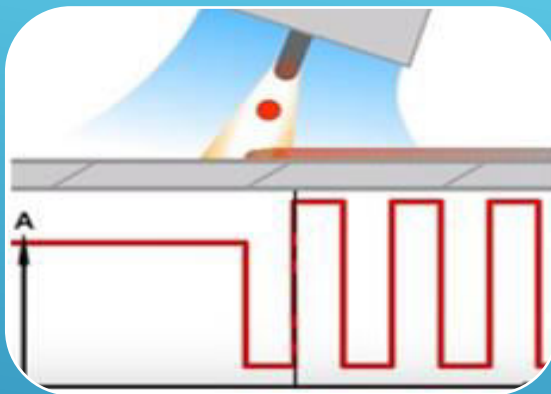
Начин на пренос на растопениот додатен материјал кај МИГ заварувањето преку електричниот лак



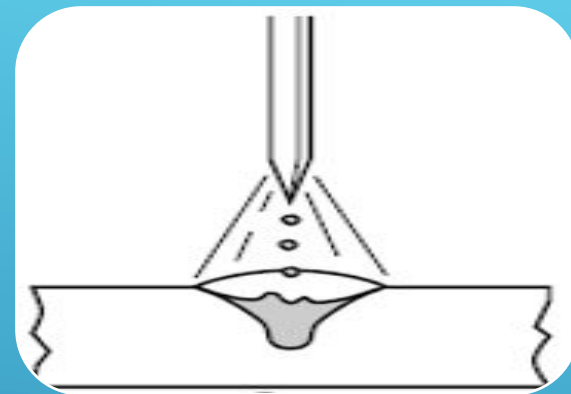
- Напонот во ел. лак,
- Заштитниот гас,
- Јачината на струјата,
- Хемискиот состав на ДМ,
- Слободен крај на електроодната жица.



**МИГ_к—пренос на додатен
метал со кус лак
(Short Arc)**



**МИГ_р—пренос на додатен
метал низ пулсен лак
(Pulsed Spray Transfer)**



**МИГ_с - пренос на додатен
метал во млаз
(Axial Spray Transfer)**

Додатни материјали (жици) кај МИГ заварувањето



AWS/ASME	EN ISO	Вид на жици за заварување
SFA-5.9	14343	Жици за заварување на високолегирани челици
SFA-5.10	18273	Жици за заварување на Al и Al-легури
SFA-5.7	24373	Жици за заварување на Cu и Cu-легури
/	18274	Жици за заварување на Ni и Ni-легури

ТИГ



TIG (Tungsten–Inert–Gas)

WIG (Wolfram–Inert–Gas)

GTAW (Gas–Tungsten–Arc–Welding)

Инертни гасови

141 - DIN EN ISO 4063

11/57

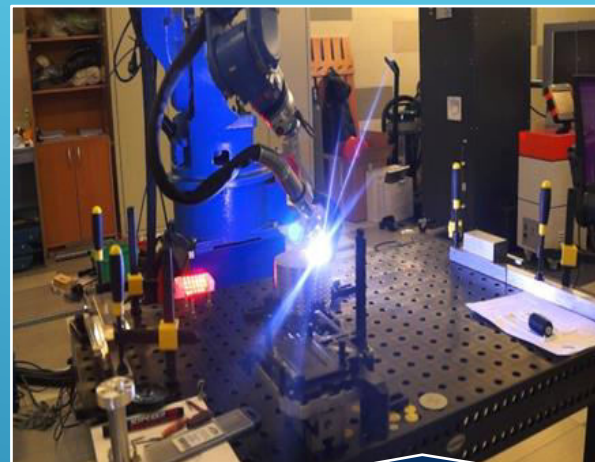
ТИГ заварувањето може да биде:



Рачно

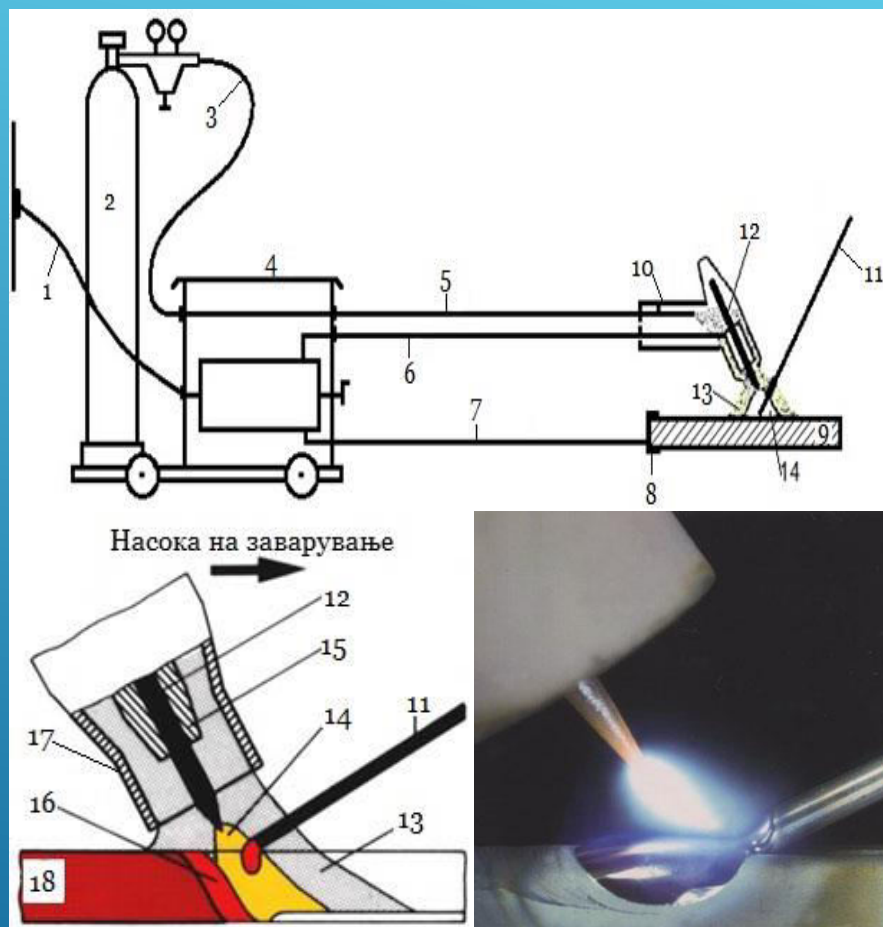


Полуавтоматизирано



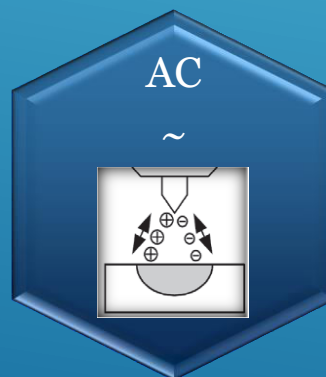
Автоматизирано

Уред за ТИГ заварување



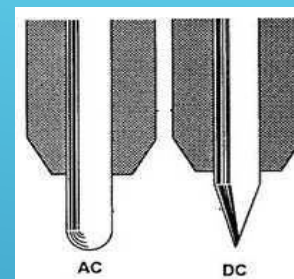
1. Приклучок за градска мрежа
2. Шише со заштитен гас
3. Црево за заштитен гас
4. Уред за заварување
5. Црезо за заштитен гас и вода за ладење
6. Електричен проводник за волфрамова електрода
7. Електричен проводник за работен предмет
8. Приклучок за работен предмет
9. Работен предмет
10. Горилник
11. Додатен материјал–метална прачка
12. Нетоплива волфрамова електрода
13. Заштитен гас
14. Електричен лак
15. Контактна чаура–цевка за довод на струја
16. Заварувачко купатило–растопен метал
17. Керамичка чаура за довод на заштитен гас
18. Стврднат метал на заварот

Вид на струја и поларитет

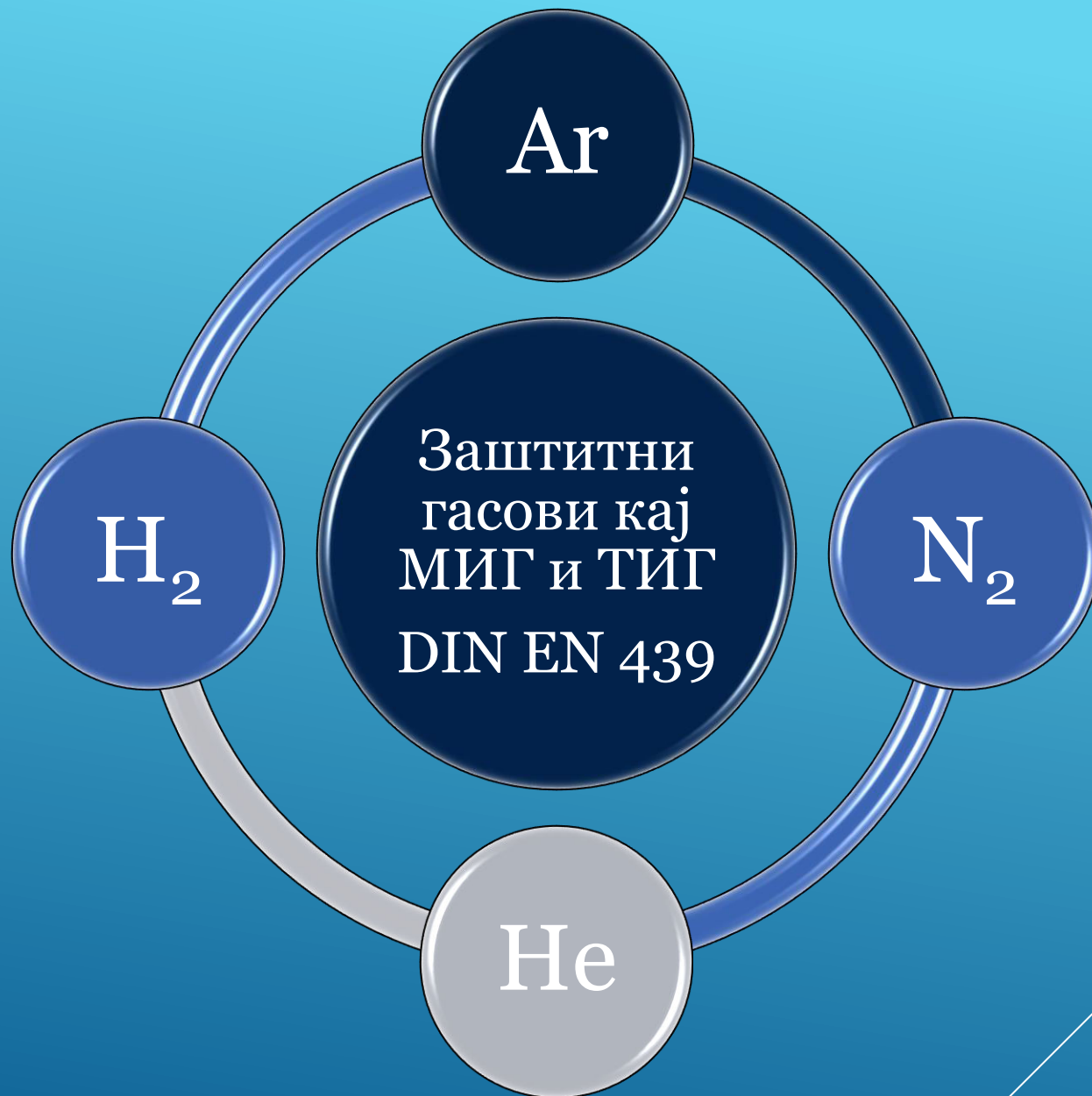


Електроди и додатни материјали кај ТИГ заварувањето

Ознака	Хемиски состав	Нечистотии	Боја
W	100%W	<0.20%	зелена
WC10	99%W, 1%Ce	<0.20%	виолетова
WC20	98%W, 2%Ce	<0.20%	сива
WT10	99%W, 1%Th	<0.20%	жолта
WT20	98%W, 2%Th	<0.20%	црвена
WT30	97%W, 3%Th	<0.20%	светло виолетова
WT40	96%W, 4%Th	<0.20%	портокалова
WZ3	99,7%W, 0.3%Zr	<0.20%	кафеава
WZ8	99,2%W, 0.8%Zr	<0.20%	бела
WL10	99%W, 1%La	<0.20%	црна
WL15	98,5%W, 1.5%La	<0.20%	златна
WL20	98%W, 2%La	<0.20%	сина



Хемискиот состав и механичките особини на додатниот материјал се исти или подобри од оние на основниот материјал. Додатниот материјал може да биде во форма на прачка или жица.



ЧЕЛИЦИ

17/57

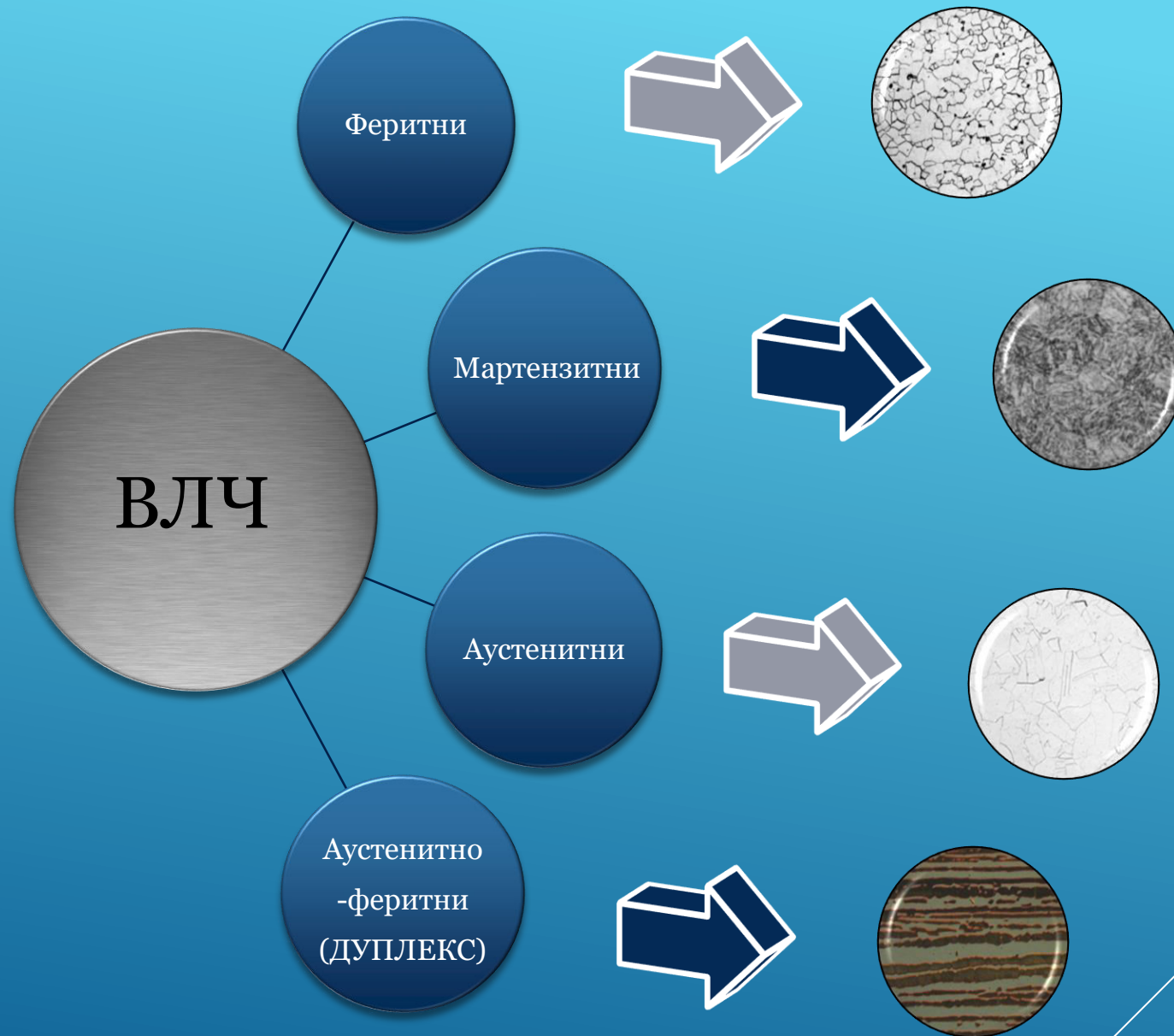
DIN EN
ISO 10020



Јаглородни
челици

Легирани
челици





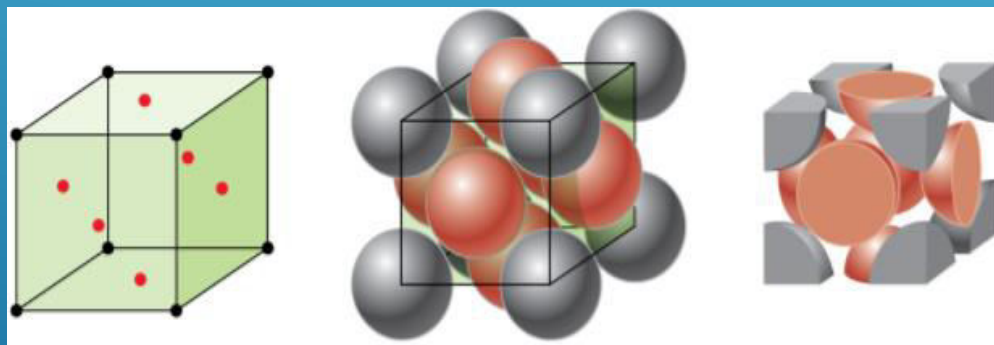
Легирачки елементи кај високолегираните челици

- Cr, Ni, Mo, Mn, Si.

- W, V, Co, Ti, Cu, Al, Nb, B.

Високолегиран хром–никел челик

EN	AISI	DIN
X2CrNi18-9	304L	W. Nr. 1.4307

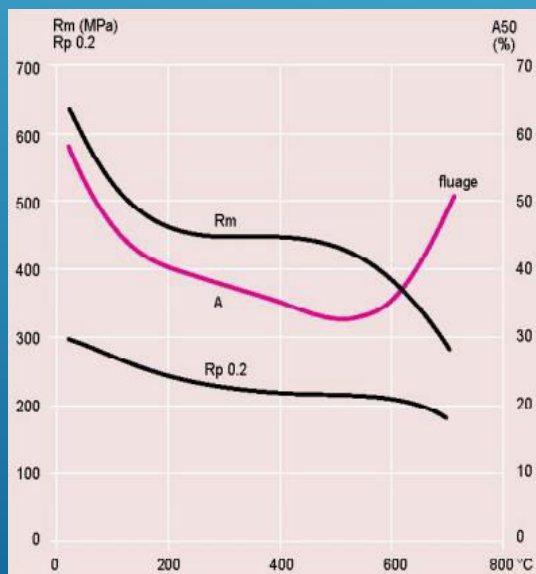


Хемиски состав

C% _{max}	Si% _{max}	Mn% _{max}	P% _{max}	S% _{max}	Cr%	Ni%	N% _{max}
0,03	1,00	2,00	0,045	0,015	17,5-19,5	8,0-10,5	0,11

Механички особини

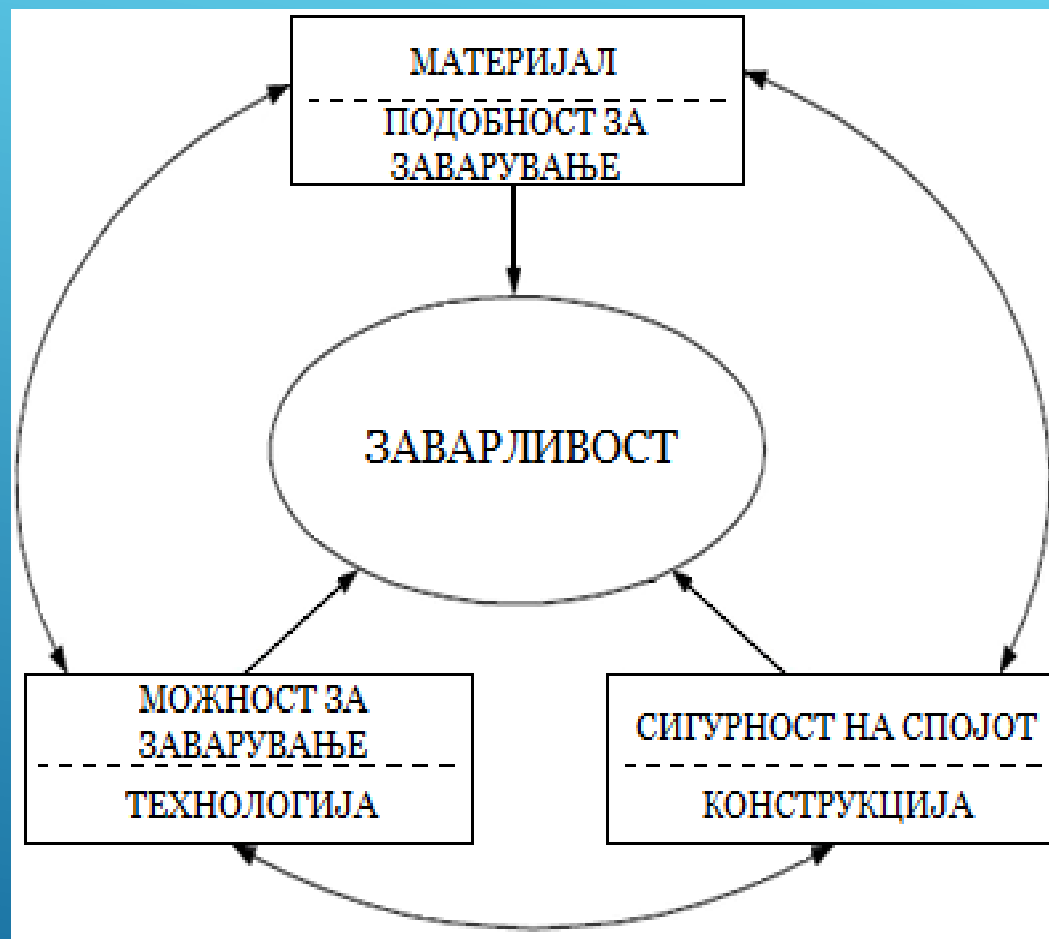
Тврдост	HB	max 215
Максимална затег.јакост R _m	N/mm ²	450-680
Граница на течење R _{p0,2}	N/mm ²	≥175
Релативно издолжување A ₅	%	45-60



Овој челик има добра антикорозивност и наоѓа голема примена во петрохемиската, прехранбената, фармацевската индустрија, а исто така се изработуваат и разни вентили, цевки за транспорт на флуиди, кујнски прибор, резервоари и т.н.

ЗАВАРЛИВОСТ

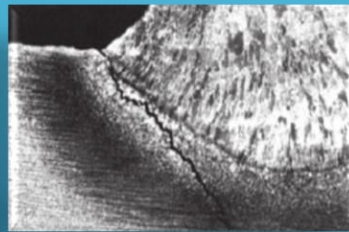
23/57



Заварливост на аустенитен хром-никел челик **EN-X2CrNi18-9/AISI-304L/DIN-W. Nr. 1.4307**

Заварливоста на високолегираните челици ја карактеризираат четири феномени

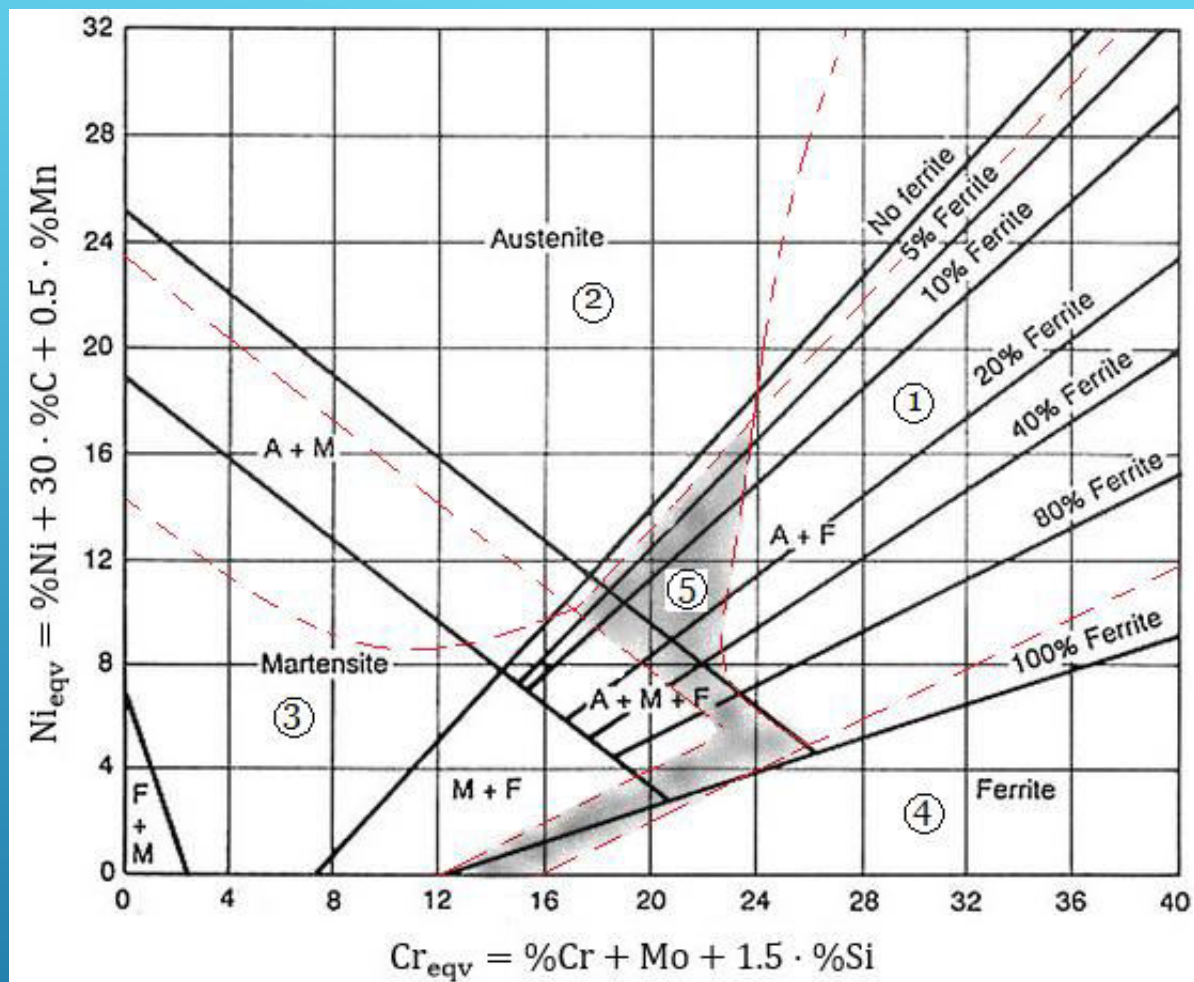
1. Склоност кон појава на пукнатини во металот на заварот или во ЗВТ,



2. Издвојување на карбид на хром во цврст раствор на температури од 450°C до 900°C,



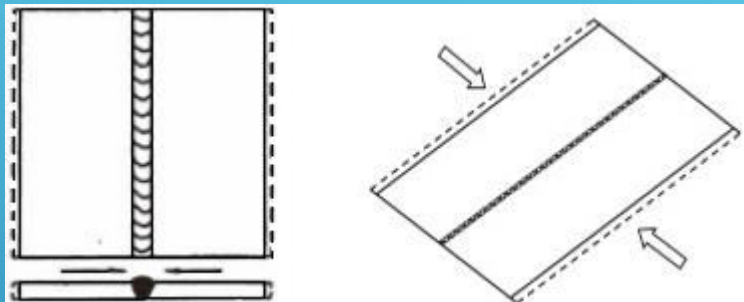
3. Формирање на тврдо и крто соединение, сигма-фаза (σ -фаза/650-800°C),
4. Порсат на кристалните зрна на температура над 1150°C.



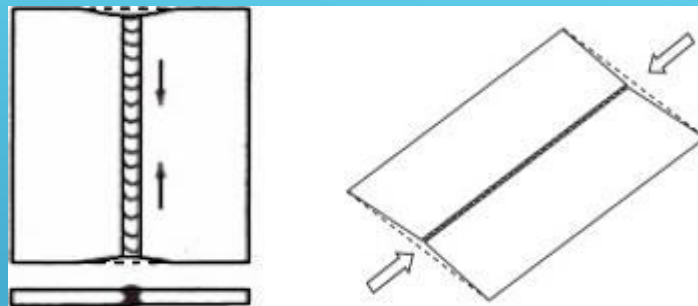
1. σ фаза, зголемување на крстоа во температурен интервал од 500–900°C;
2. подрачје на образување на топли пукнатини;
3. пукнатини во мартензитот (под 400°C), предгревањето е неопходно;
4. окрупнување на зрното на температура над 1150°C, мала жилавост на собна температура;
5. подрачје без пукнатини.

ДЕФОРМАЦИИ ПРИ МИГ И ТИГ ЗАВАРУВАЊЕ НА ВЛЧ СО МАЛА ДЕБЕЛИНА

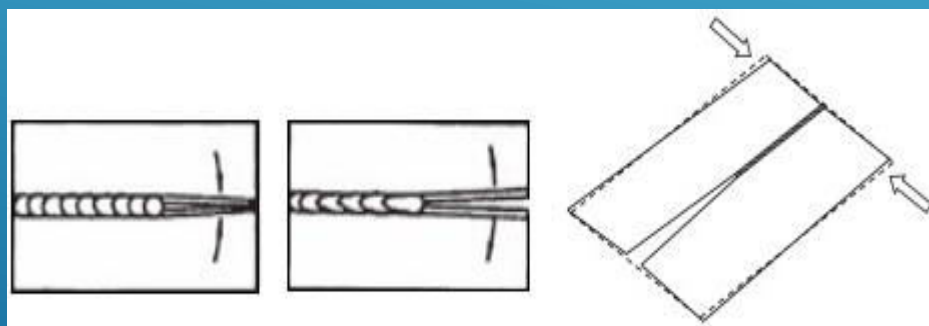
Напречна деформација



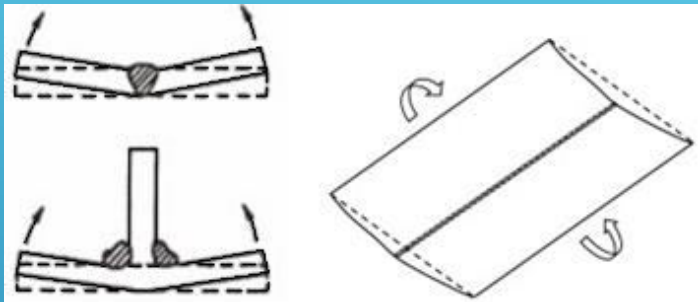
Надолжна деформација



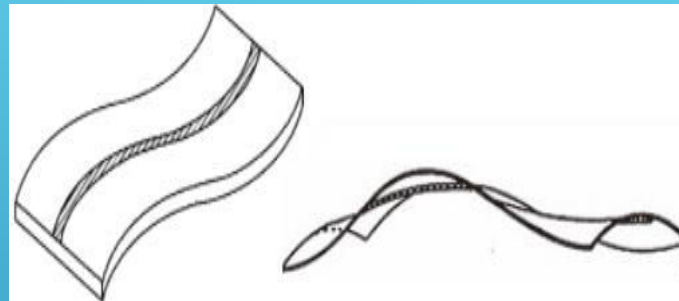
Ротациона деформација



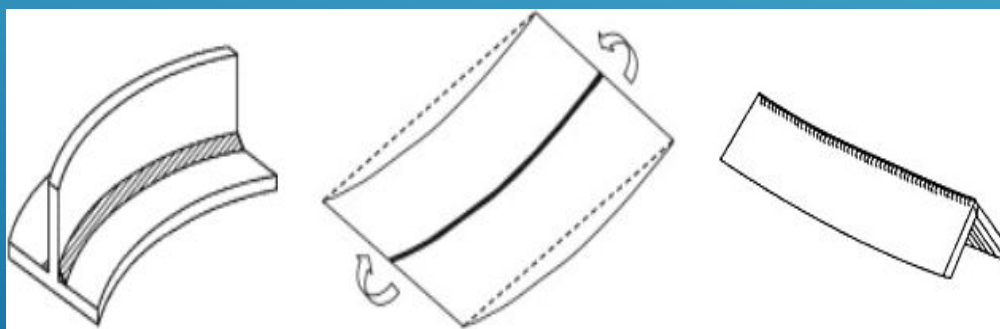
Аголна деформација



Деформација од извиткување

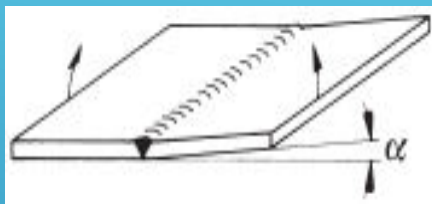


Деформација од надолжно свиткување



Големина и вид на деформацијата во зависност од начинот на подготовка на рабовите и редоследот на заварување

Аголна деформација



$3,5^\circ$



0°



7°

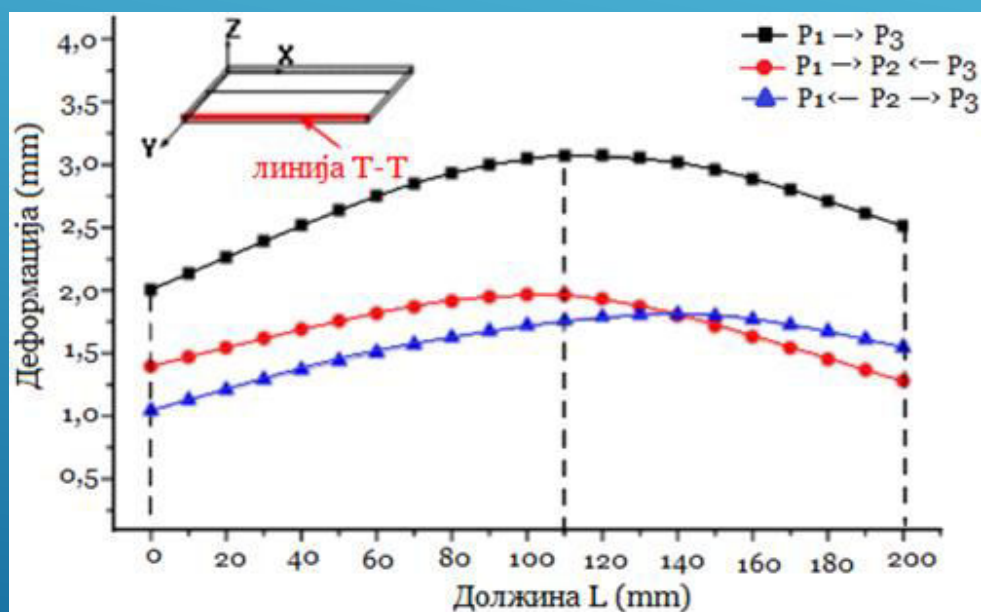
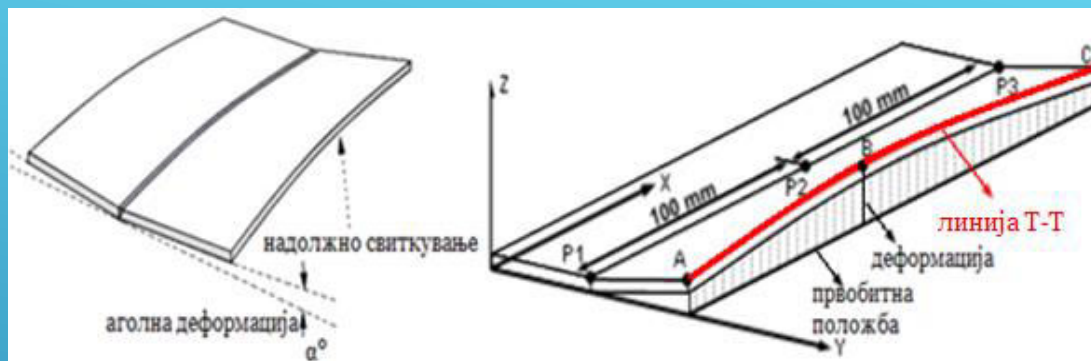


13°



0°

Деформација од надолжно свиткување



SHIMADZU

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

32/57

- ➡ ВЛЧ - EN – X2CrNi18-9, AISI 304L, DIN – W. Nr. 1.4307 (5mm)
- ➡ МИГ и ТИГ
- ➡ 2 Испитни плочи
- ➡ 6 заварени проби (деформации)
- ➡ Ar 100%
- ➡ Епрувети за испитување со разорување

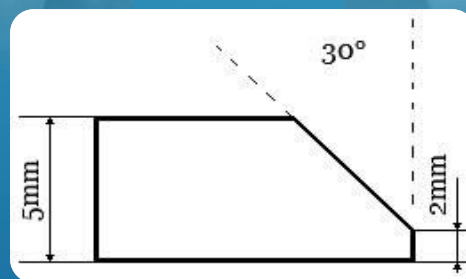
Технички податоци за основниот материјал

Хемиски состав		Механички осонини	
C% _{max}	0,03		
Si% _{max}	1,00	HB	max 215
Mn% _{max}	2,00	Rm (N/mm ²)	450-680
P% _{max}	0,045	Rp _{0,2} (N/mm ²)	≥175
S% _{max}	0,015	A ₅ (%)	45-60
Cr%	17,5-19,5		
Ni%	8,0-10,5		
N% _{max}	0,11		

Сечење на елементите



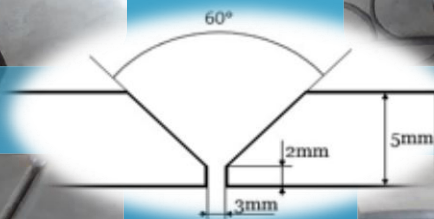
Подготовка на рабовите на елементите



У подготовка

35/57

Припојување на елементите МИГ и ТИГ



Заварување на елементите

Параметри на заварување

МИГ

- Проток на заштитен гас 15 (l/min)
- Дијаметар на додатен материјал–жица $\varnothing 1,2$ (mm)
- Брзина на додавање на додатниот материјал–жица

$\frac{0}{0}$ 5m/min

ТИГ

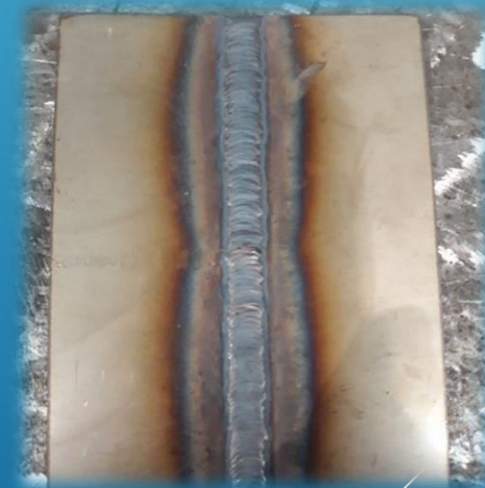
- I_z 80 (A)
- Проток на заштитен гас 15 (l/min)
- Дијаметар на додатен материјал–жица $\varnothing 2,3$ (mm)

Заварени проби

МИГ



ТИГ

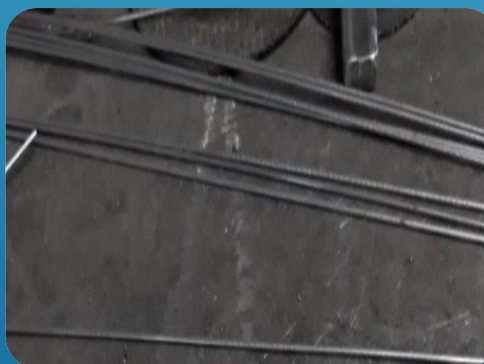


Додатен материјал

- AISI 308L, Ø1,2mm / МИГ



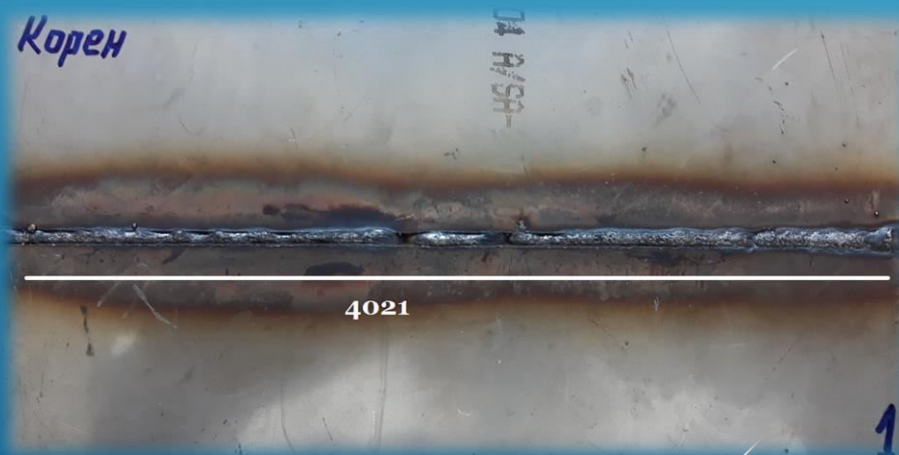
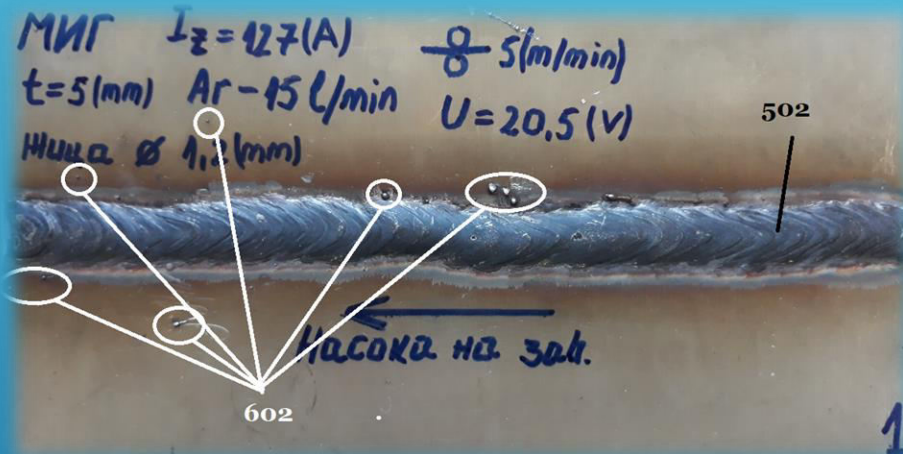
- AISI 304, Ø2,3mm / ТИГ

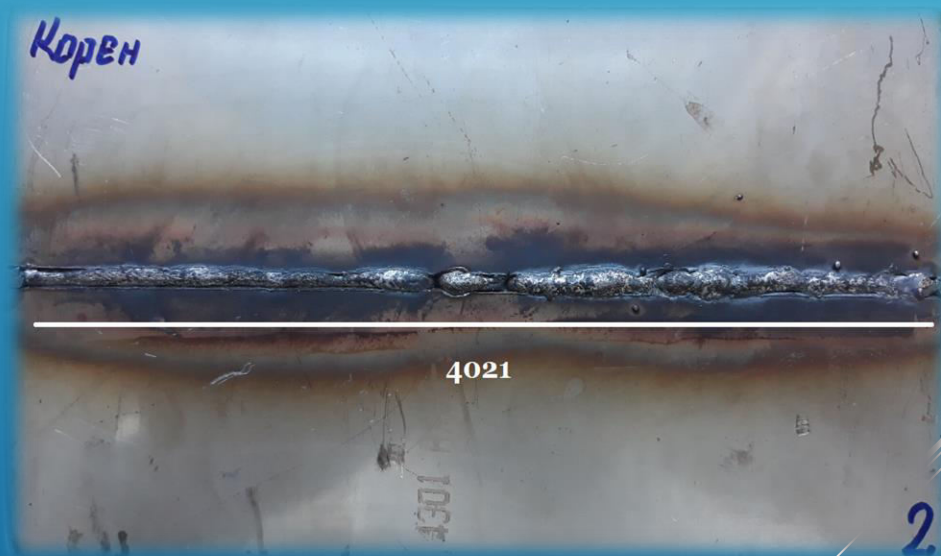
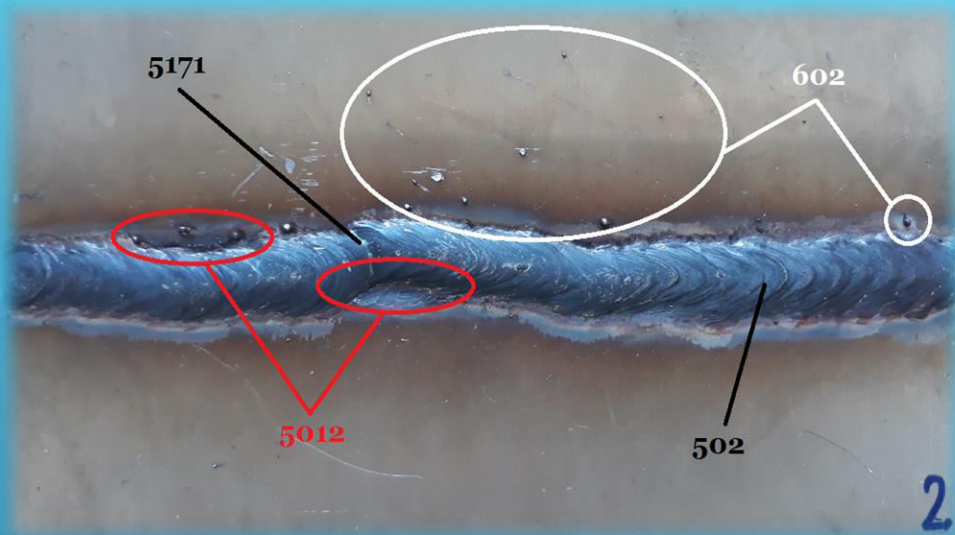


Визуелен преглед на заварените проби со МИГ и ТИГ постапка

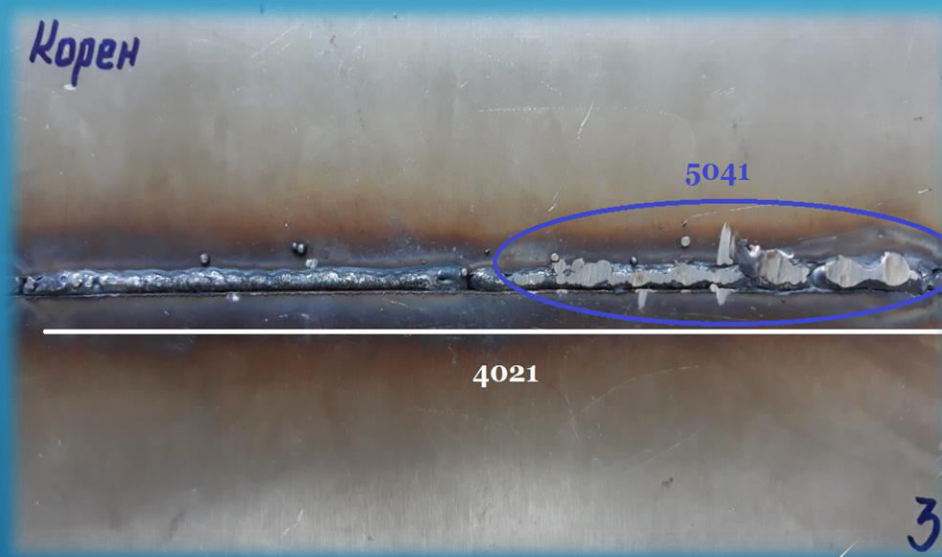
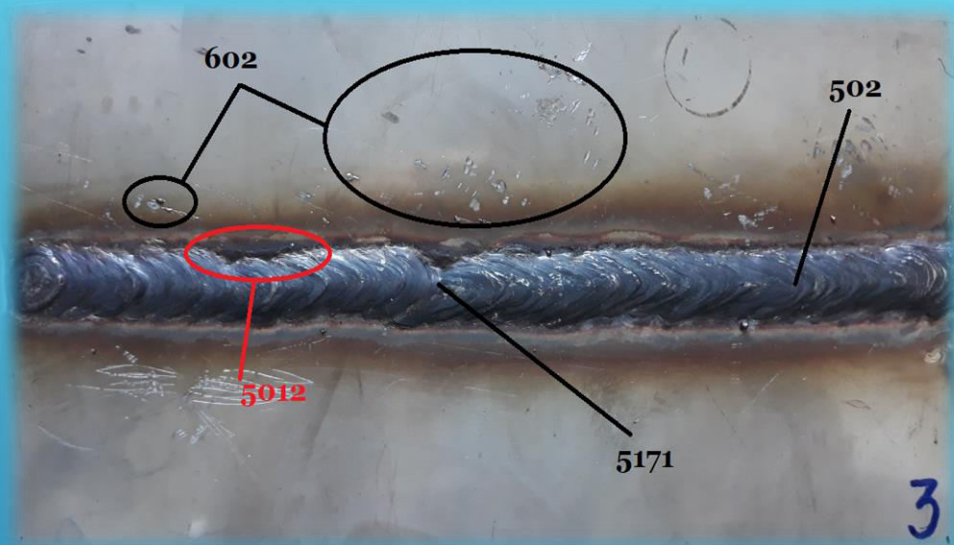
- МКС Ц.Т3.020 и DIN EN ISO 6520-1 од 2007 година.

МИГ постапка



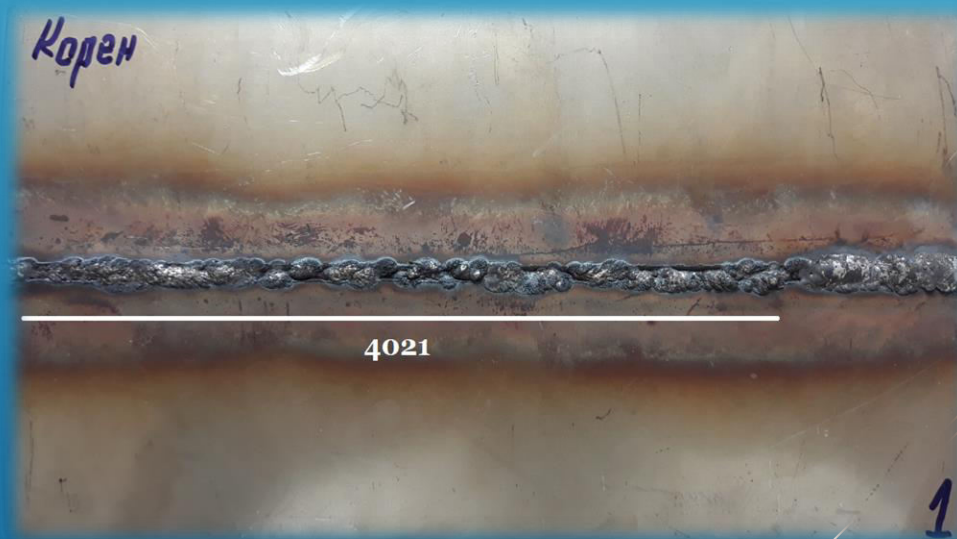
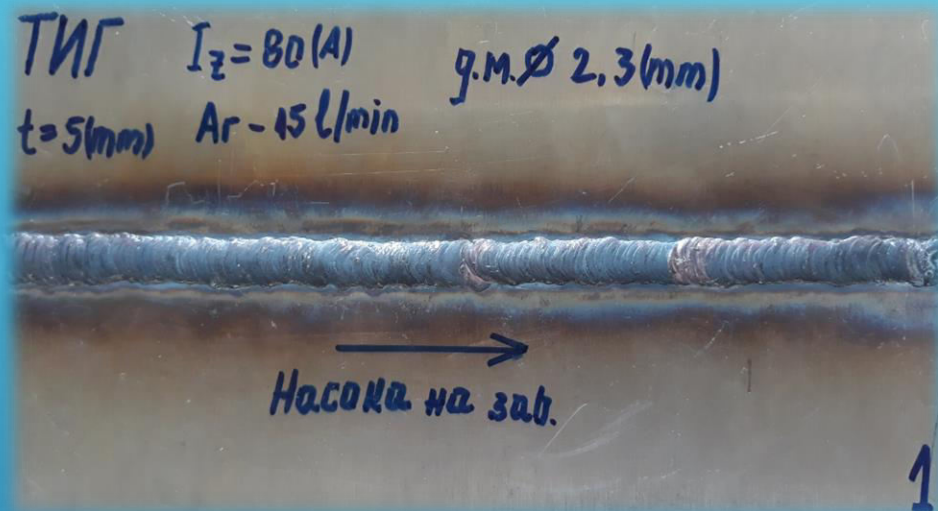


41/57



42/57

ТИГ постапка



43/57



44/57



Деформации од заварувањето



Аголна деформација кај МИГ и ТИГ заварени проби



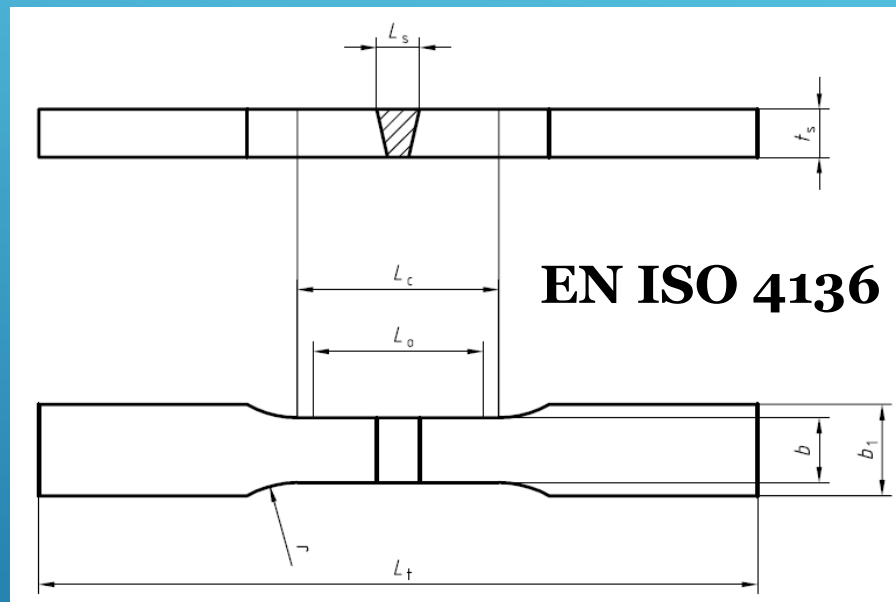
Заварена проба	Широчина b(mm)	Отклон h(mm)	Агол $\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\prime\prime})$
МИГ 1	51,5	4	4,46	27,41	25
МИГ 2	51,5	6,5	7,25	15,27	16
МИГ 3	51,5	5	5,57	34,46	27
ТИГ 1	51,5	6	6,69	41,63	38
ТИГ 2	51,5	6	6,69	41,63	38
ТИГ 3	51,5	6,5	7,25	15,27	16

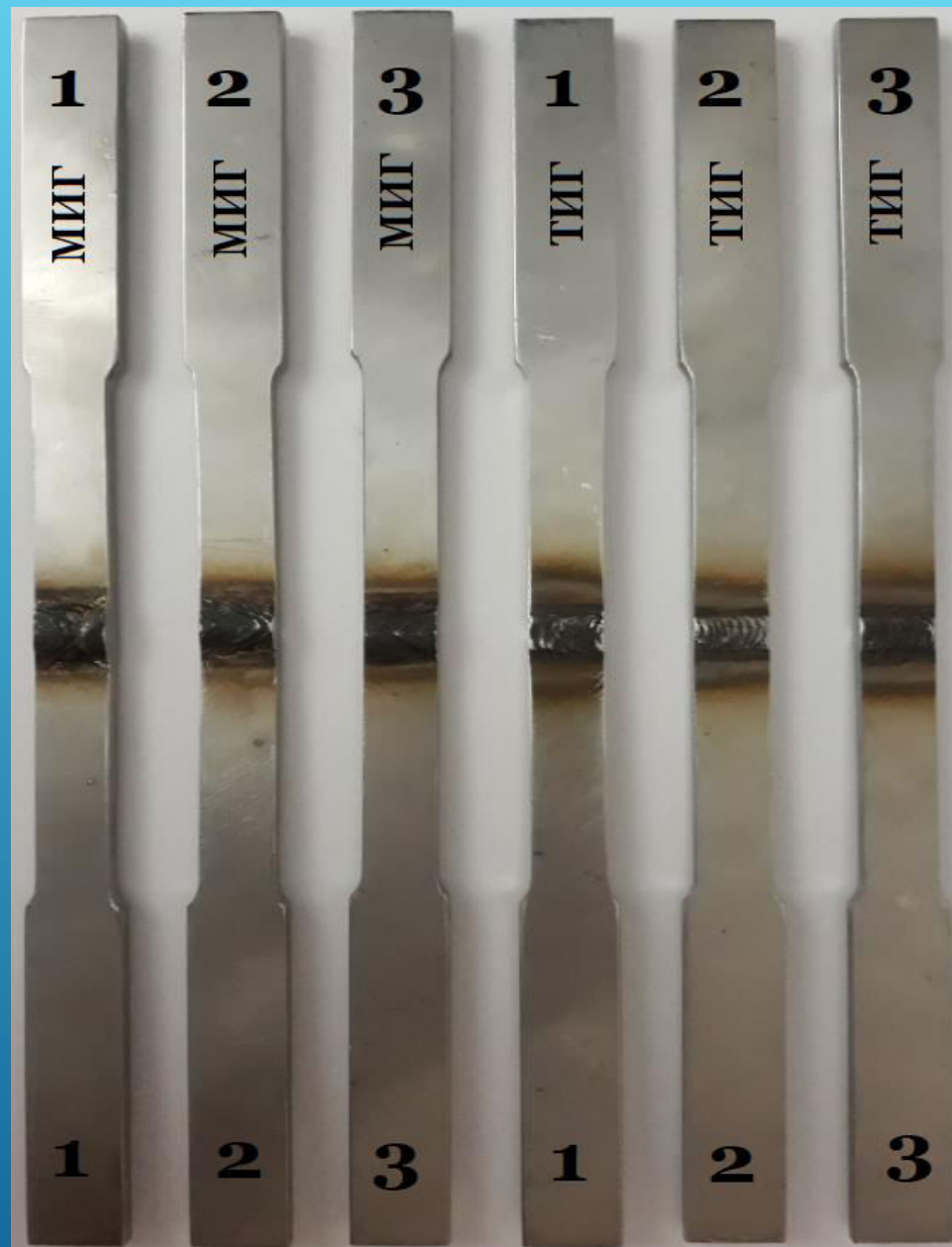


Заварена проба	Широчина b(mm)	Отклон h(mm)	Агол $\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\alpha(^{\prime\prime})$
МИГ 1	100	3	1,72	43,20	12
МИГ 2	100	4	2,29	17,62	37
МИГ 3	100	3,2	1,83	50,08	5
ТИГ 1	100	2	1,15	8,79	48
ТИГ 2	100	2,5	1,43	26,00	60
ТИГ 3	100	2,5	1,43	26,00	60

Испитување на затегнување

Епрувети за испитување на затегнување

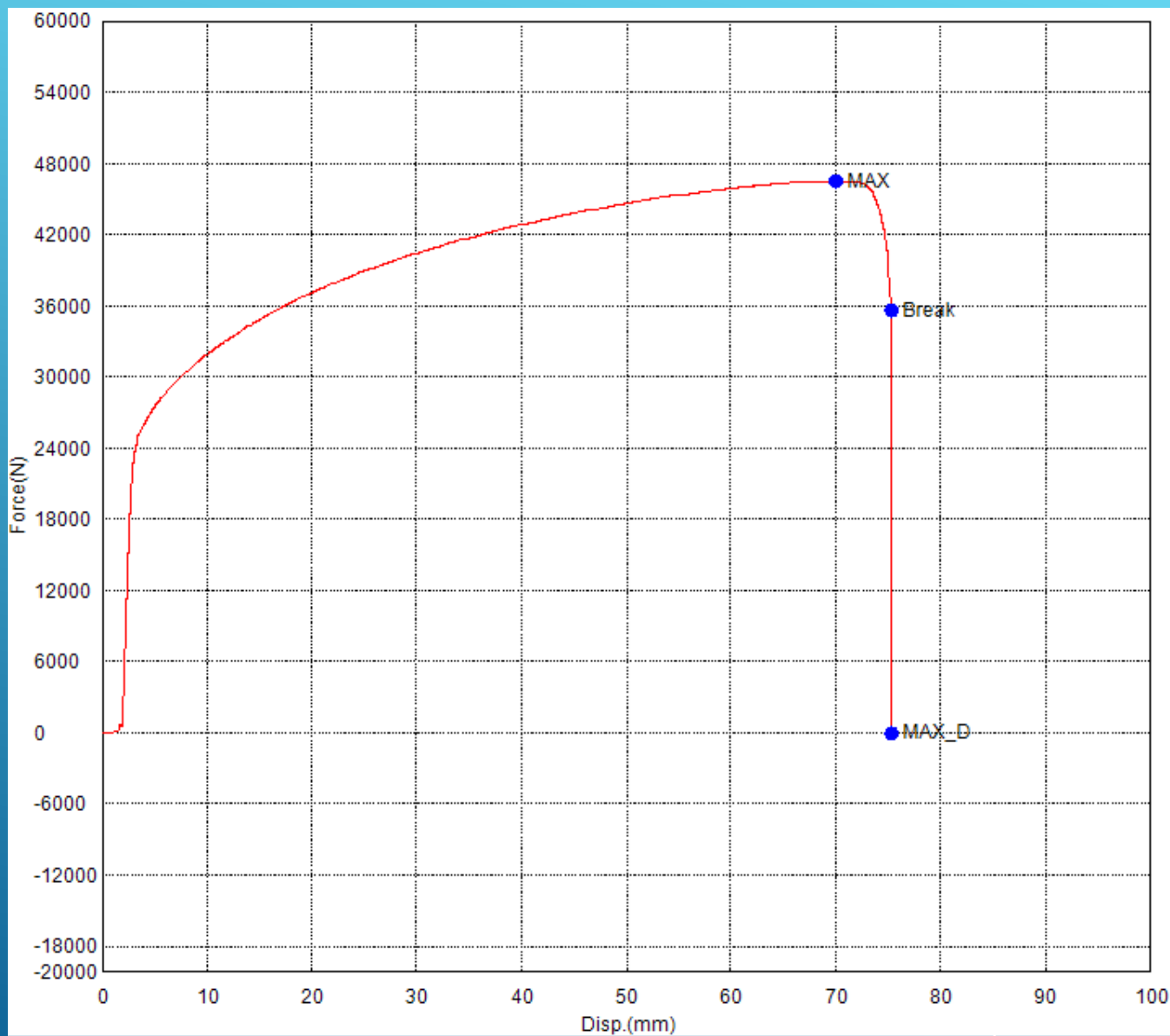






50/57

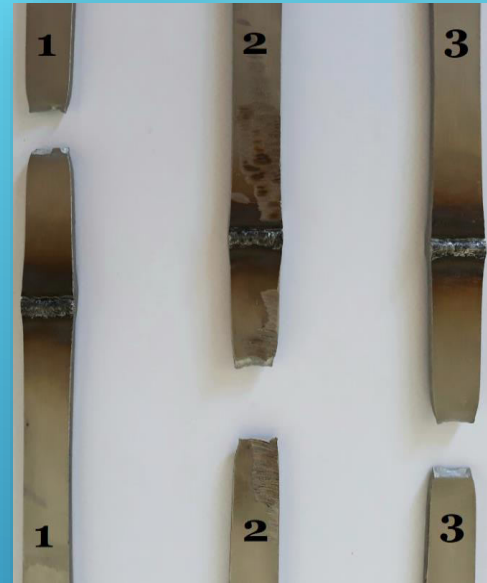
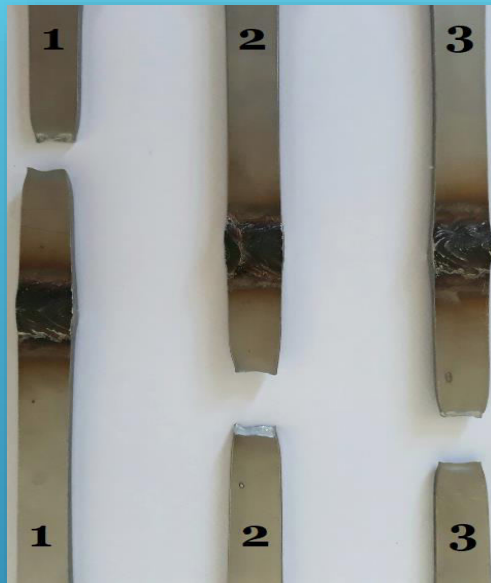
Резултати од испитувањето на затегнивање



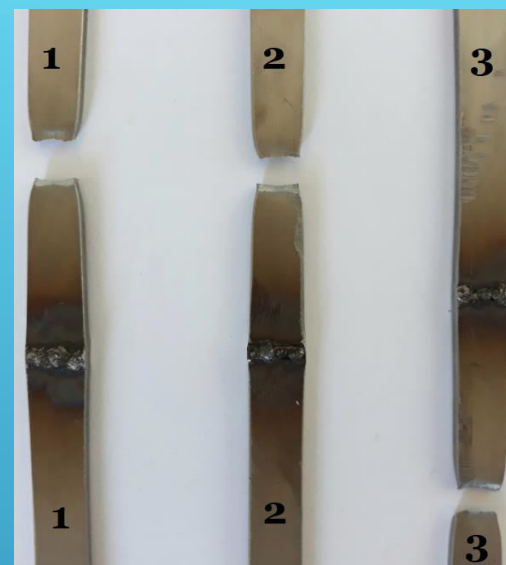
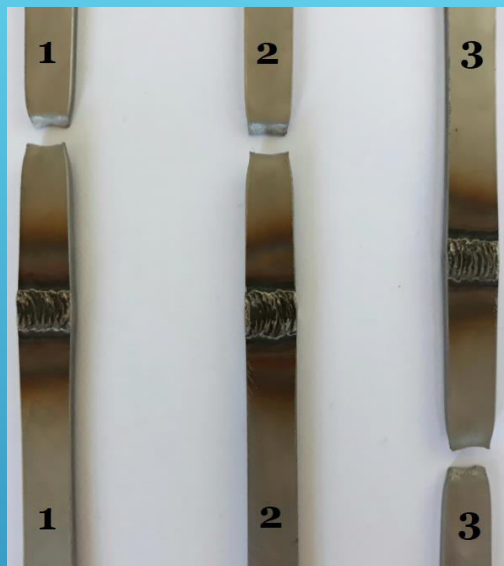
Speed 40mm/min

	Max_Force (N)	Break_Force (N)	Max_Stroke (mm)	Max_Displacement (mm)
MIG/1	46417.5	35562.7	70.0063	75.3926
MIG/2	45828.5	37449.3	61.8157	66.1084
MIG/3	45959.3	34980.0	66.5557	71.8484
TIG/1	45747.4	34267.2	64.8356	69.9217
TIG/2	46113.7	35060.5	66.8557	71.7618
TIG/3	45987.3	35537.6	66.5490	71.3684

МИГ

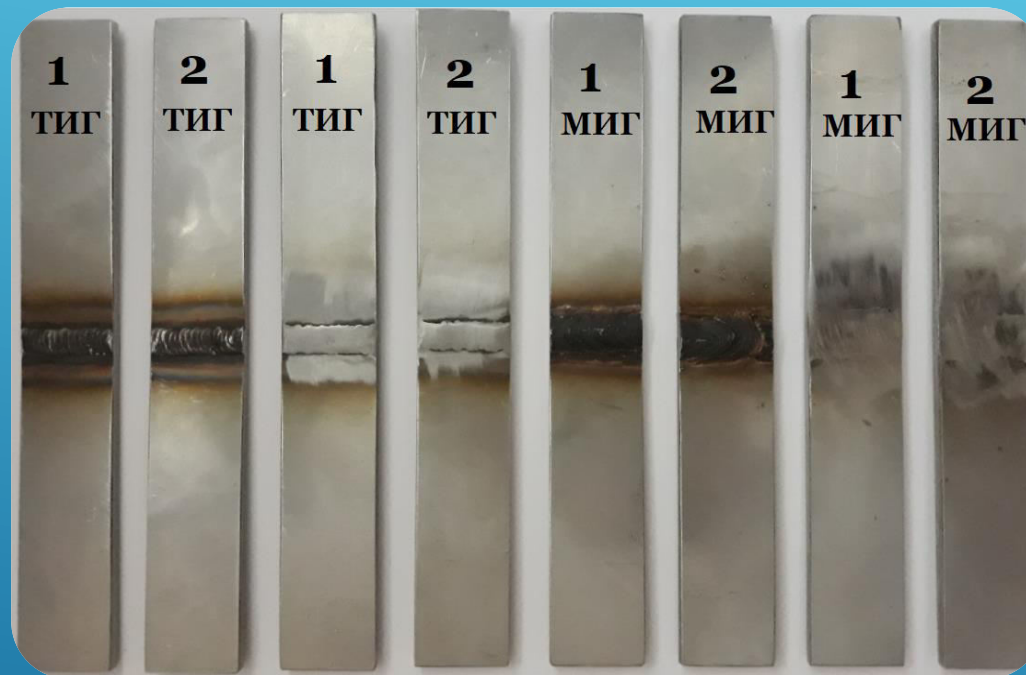


ТИГ



Испитување на свиткување

- EN ISO 910





56/57



Епрувети–МИГ	1	2	3	4
Агол $\alpha(^{\circ})$	101	103	98,5	100



Епрувети–ТИГ	1	2	3	4
Агол $\alpha(^{\circ})$	103	99	98	103

Ви благодарам
на вниманието

