



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – СКОПЈЕ

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ - СКОПЈЕ

ПРВ ЦИКЛУС ЧЕТИРИГОДИШНИ СТУДИИ

БОЈАН ЗАФИРОВСКИ



ЗАВАРУВАЊЕ СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР ВО ТОЧКА НА ТЕНКИ ЛИМОВИ ОД НЕРЃОСУВАЧКИ ЧЕЛИК

ДИПЛОМСКА РАБОТА

Ментор: проф. д-р **ДОБРЕ РУНЧЕВ**

КРАТОК ВОВЕД

- Заварување
- Што е ?



НЕРЃОСУВАЧКИ ЧЕЛИК

- Не'рѓосувачки челик е термин што се користи за да се опише исклучително разноврсно семејство на инженерски материјали, кои се избираат првенствено поради нивната корозивност и отпорност на топлински својства.
- Видови на нерѓосувачки челици
 - Феритни челици (**Cr = 12,5 - 17 % и Fe**),
 - Мартензитни челици (**C = 0,2 - 1,0 %**, **Cr = 10,5 - 18 % и Fe**),
 - Аустенитни челици (**Cr = 16 - 26 %**, **Ni = 6 - 25 % и Fe**),
 - Дуплекс челици (**Cr = 18 - 26 %**, **Ni = 4 - 7 %**, **Mo = 0,1 - 4 %**, **Cu и Fe**).



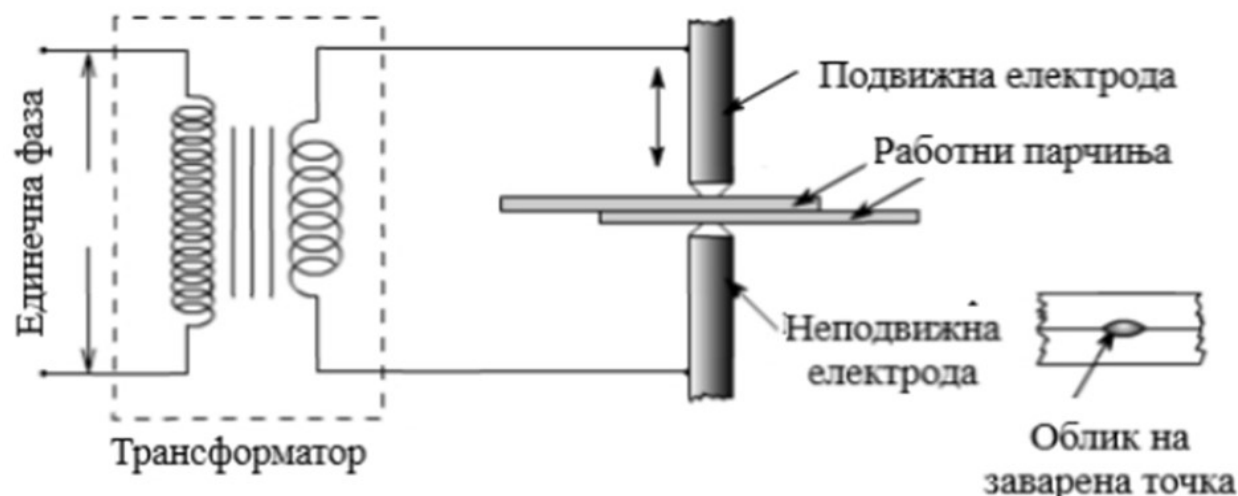
ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ЗАВАРУВАЊЕТО СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР

- Цуловиот закон: $Q = I^2 * R * t (J)$
- Каде што :
 $Q (J)$ – Количество на топлина,
 $I (A)$ - Јачина на струја на заварување,
 $R (\Omega)$ - Електричен отпор,
 $t (s)$ - Време на проток на електрична струја.
- Поделба на основните постапки на заварувањето со електричен отпор.

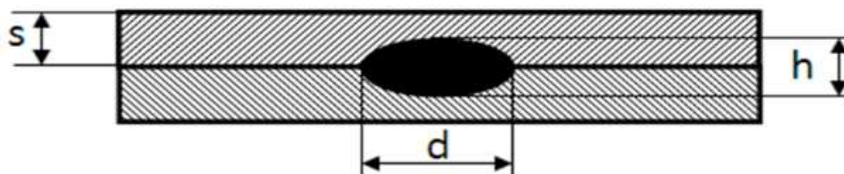
Вид на спојот	Постапка на заварување	Начин на изведување	Начин на загревање
Преклопно	Точкесто	Со еден пар електроди	На принцип на електричен отпор
		Со повеќе парови електроди	
		Со дискови	
	Шевно	Со два диска	
		Со еден диск и во рамнина	
	Брадавичесто	На уред за брадавичесто заварување	
Челно	Челно заварување со чист отпор	На уред за челно заварување	На принцип на електричен отпор
	Челно заварување со искрење		Со искрење

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ЗАВАРУВАЊЕТО СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР

- Заварување со електричен отпор во точка

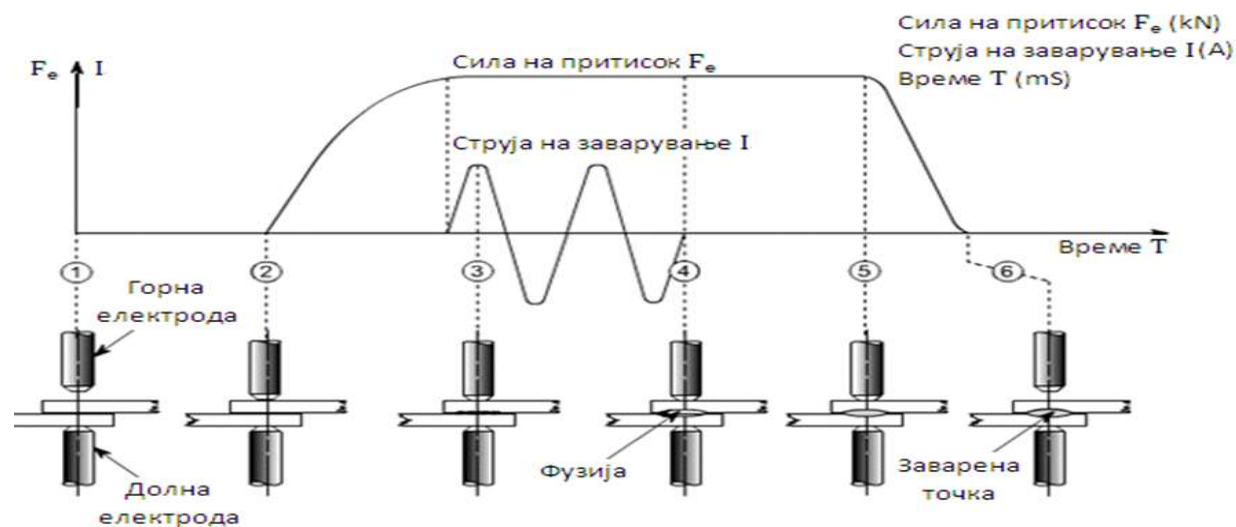


- Заварениот спој при ова заварување е во облик на леќа со две димензии , каде што пресекот со рамнината која е паралелна со рамнината на преклопот е круг(d), а пресекот со рамнина нормална на рамнината на преклопот е елипса(h).



ЗАВАРУВАЊЕ СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР ВО ТОЧКА

- Циклусот на изведба на една заварена точка го прижаува деталниот процес на заварувањето со електричен отпор во точка.
 - Сила на притисок на електродите,
 - Јачина на струјата,
 - Време на протекување на електричната енергија.



ЗАВАРУВАЊЕ СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР ВО ТОЧКА

• Испитување на заварени споеви во точка

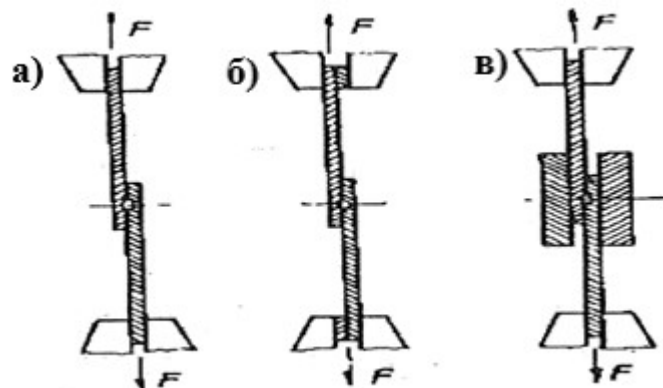
Испитување со разорување

Испитување на смолкување на заварен
спој во точка **(а)**

Испитување на торзија на заварен спој
во точка **(б)**

Испитување со корнење(откопчување)
на заварената точка **(в)**

Металографски испитувања



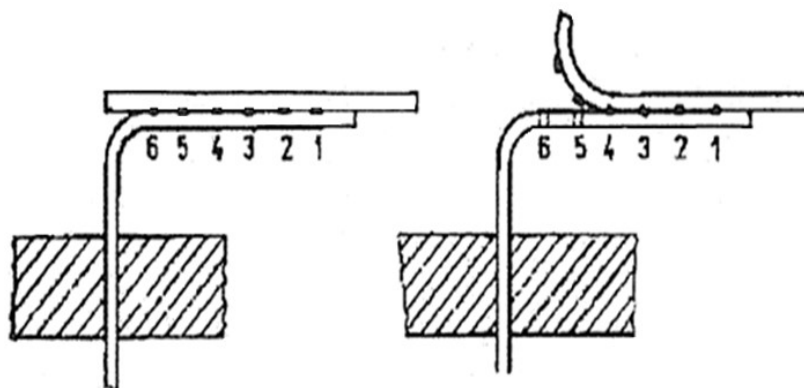
Испитување без разорување

Испитување со
пенетранти

Испитување со
магнетски методи

Испитување со
ултразвук

Радиографски
испитување



ЗАВАРУВАЊЕ СО ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР

- **Примена на заварувањето со електричен отпор**
 - Прав развој доживува почнувајќи од 1925 година.
 - Најбрзите уреди за заварување со електричен отпор постигнуваат и брзина од 300-350 заварени точки во минута, при заварување на тенки ЛИМОВИ.
 - Предности
 - Широка примена (автомобилската,градежништвото...)



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

- Основен материјал – **Челик ASTM 304/ EN 1.4301**

Механички особини на челик EN 1.4301/ ASTM 304.

Затегачка јакост (R_m)	Граница на развлекување (R_p)	Тврдина (Бринел -HB)
500-700 MPa	190 MPa	215

Хемиски состав на челик EN 1.4301/ ASTM 304.

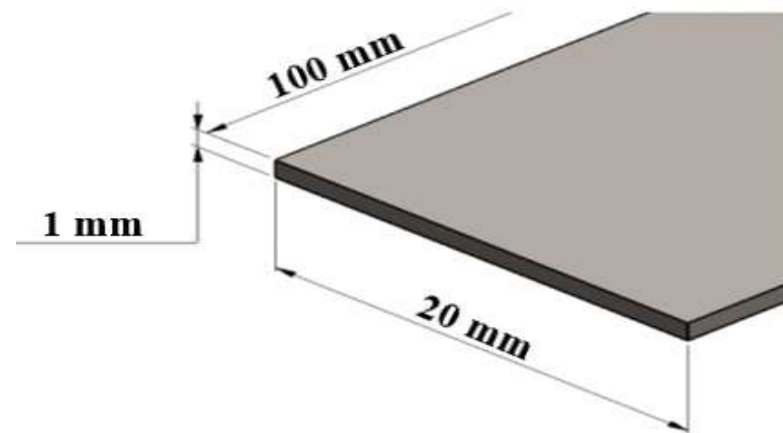
Cr	Ni	Mn (max.)	Si (max.)	C (max.)
17-19.5 %	8-10.5 %	2%	1%	0.07%

- Уредот за заварување со електричен отпор во точка
 - Компанија „NIMAK“ (PMP 4/70),
 - Номиналната моќност (70 kVA).



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

- **Задачата за оваа дипломска работа беше ?**
 - 50 проби од нерѓосувачки челик (инокс ASTM 304)
- **Избраните проби беа со димензии:**
 - Дебелина – 1 (mm),
 - Широчина – 20 (mm),
 - Должина – 100 (mm),
- **Главни режими на заварување**
 - Јачина на струјата на заварувањето (I_z),
 - Времето на проток на струјата (t_z), каде што времето на проток на струја се мери во периоди, па за се претвори периодата во секунда се користи:



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ (s)} \quad \text{или една периода е } 2 \text{ (ms).}$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

- Со овие два режими на заварување, направивме табела со пет различни комбинации, каде што последната комбинација ќе биде средишната вредност на I_z и t_z .

Комбинации	I_z	t_z
1	-1 ($I_{z \min}$)	-1($t_{z \min}$)
2	-1 ($I_{z \min}$)	+1($t_{z \max}$)
3	+1 ($I_{z \max}$)	-1 ($t_{z \min}$)
4	+1 ($I_{z \max}$)	+1($t_{z \max}$)
5	0 ($I_{z sr}$)	0 ($t_{z sr}$)

- Каде што:
 - $I_{z sr} = 45 (\%) = 4,5 \text{ (kA)}$; $t_{z sr} = 30 \text{ (per.)} = 0,6 \text{ (s)}$
 - $I_{z \min} = 35(\%) = 3,5 \text{ (kA)}$; $t_{z \min} = 20 \text{ (per.)} = 0,4 \text{ (s)}$
 - $I_{z \max} = 55(\%) = 5,5 \text{ (kA)}$; $t_{z \max} = 40 \text{ (per.)} = 0,8 \text{ (s)}$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

- **Текот на процесот**
 - Компанијата „Van Hool“,



МЕТАЛОГРАФСКИ ИСПИТУВАЊА

- Металографските испитувања се прават со цел да се одреди структурата на заварената врска и зоната под влијание на топлина во однос на основниот материјал.
- Сечење,
- Брусење,
- Полирање,
- Нагризување,
- Набљудување.

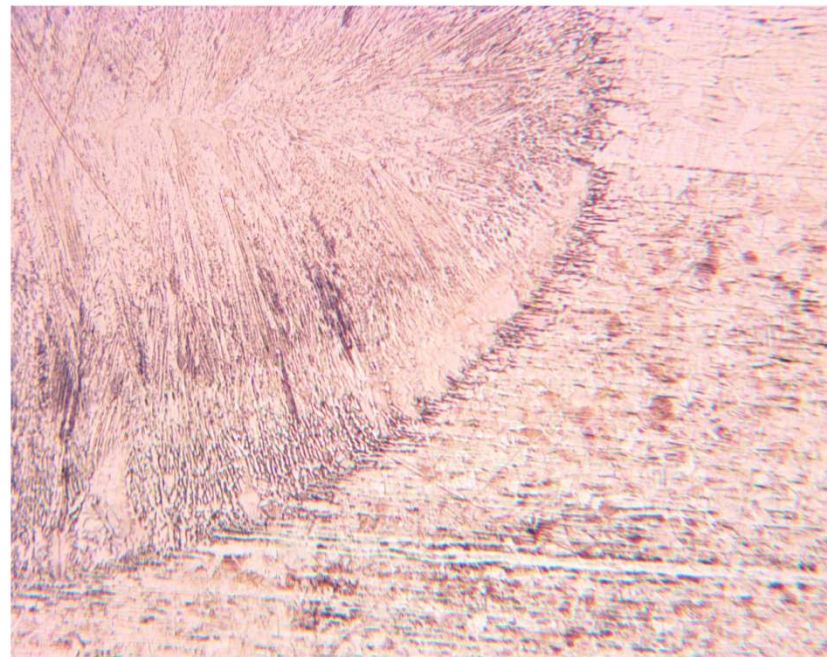
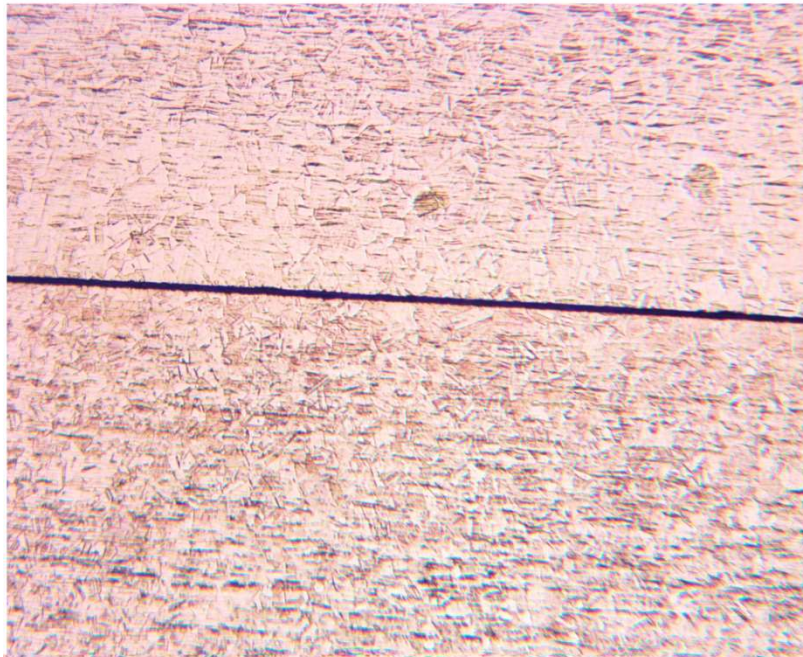


Брусење на металографските проби.

	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4	Фаза 5	Фаза 6
Подлога	Mirka WPF	Mirka WPF	Mirka WPF	Mirka WPF	Mirka WPF	Mirka WPF
Големина на зрната	100	240	400	500	800	1000
Време(min)	До сјајна површина	До сјајна површина	2x3	2x3	2x3	2x3

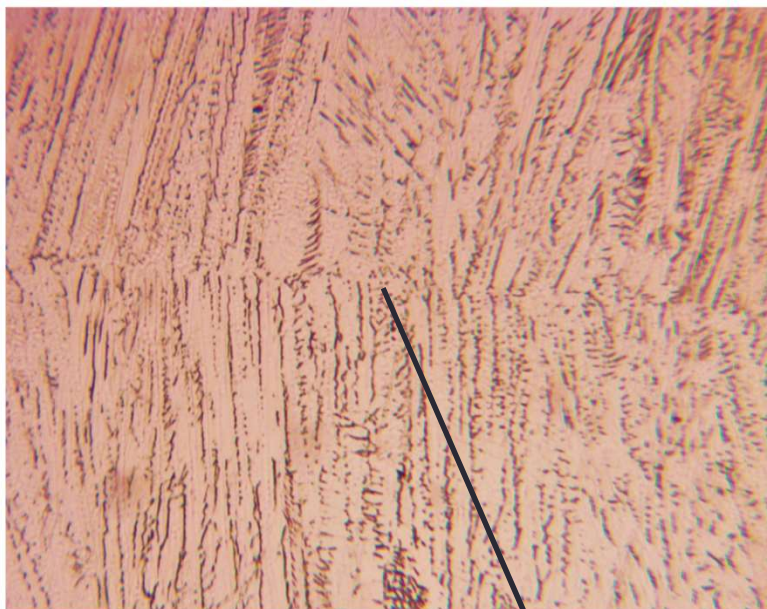
МЕТАЛОГРАФСКИ ИСПИТУВАЊА

- **Макроснимки на испитуваната проба со зголемување 100 пати.**
 - Основниот материјал
 - Преодната зона

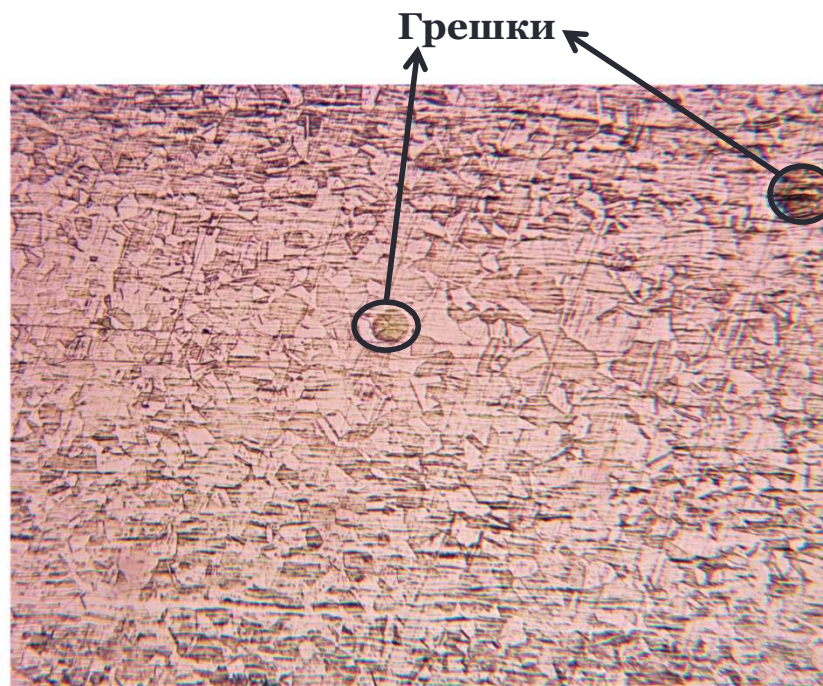


МЕТАЛОГРАФСКИ ИСПИТУВАЊА

- **Макроструктура на пробата 3 со зголемување 400 пати**, каде што работните лимови се заварени со зголемена јачина на струјата и намалено време на проток на струја.
- Насочени дендриди, Структурата.



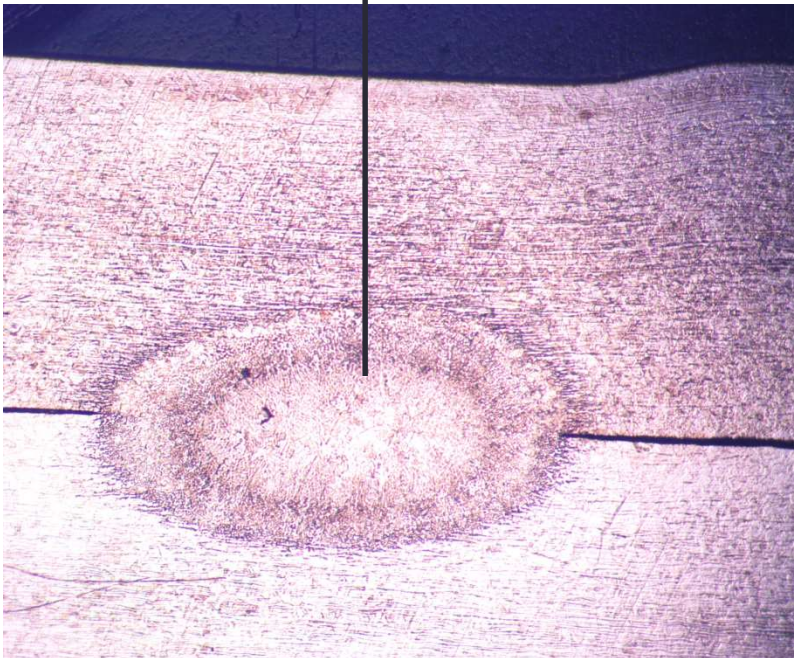
Линија на спојување



МЕТАЛОГРАФСКИ ИСПИТУВАЊА

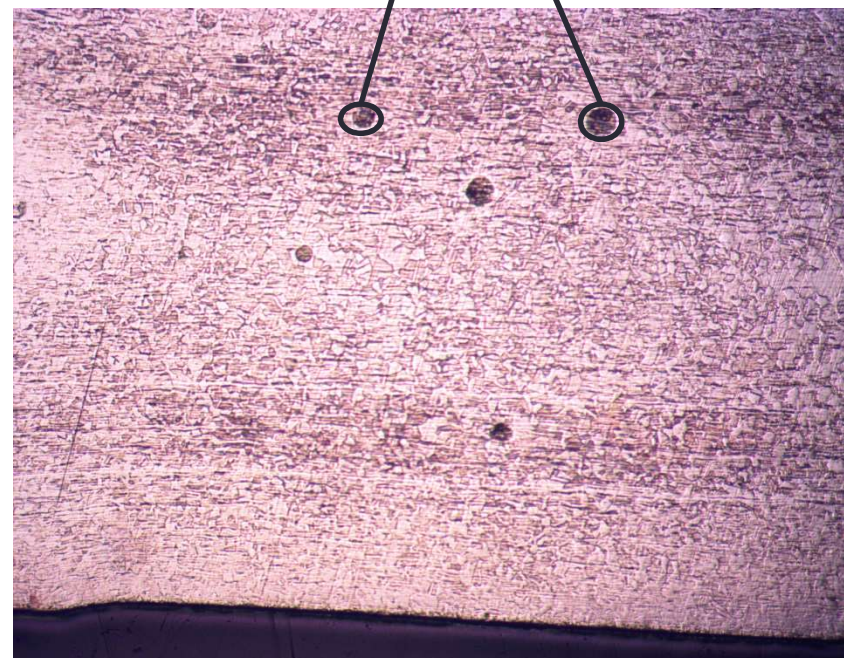
- Макроснимки на пробите со зголемување 50 пати.

Завар

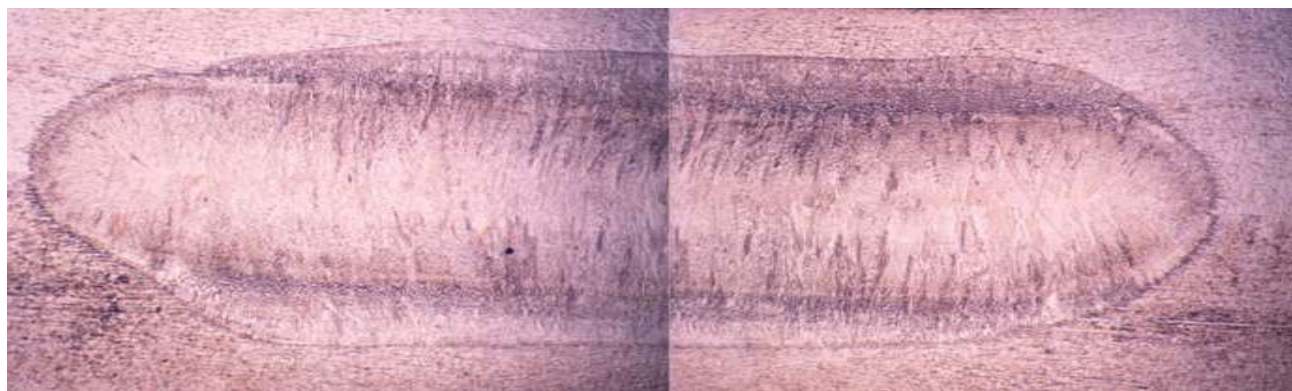


Комбинација 1

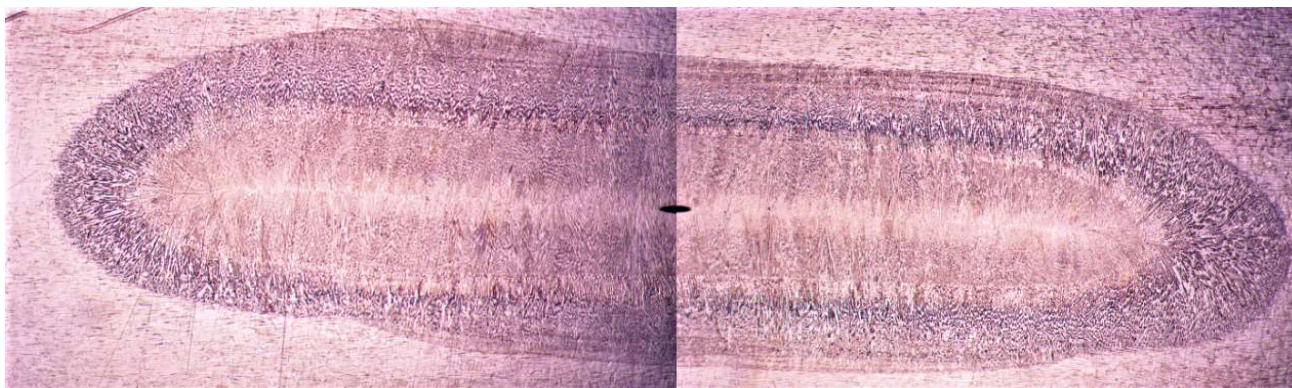
Грешки



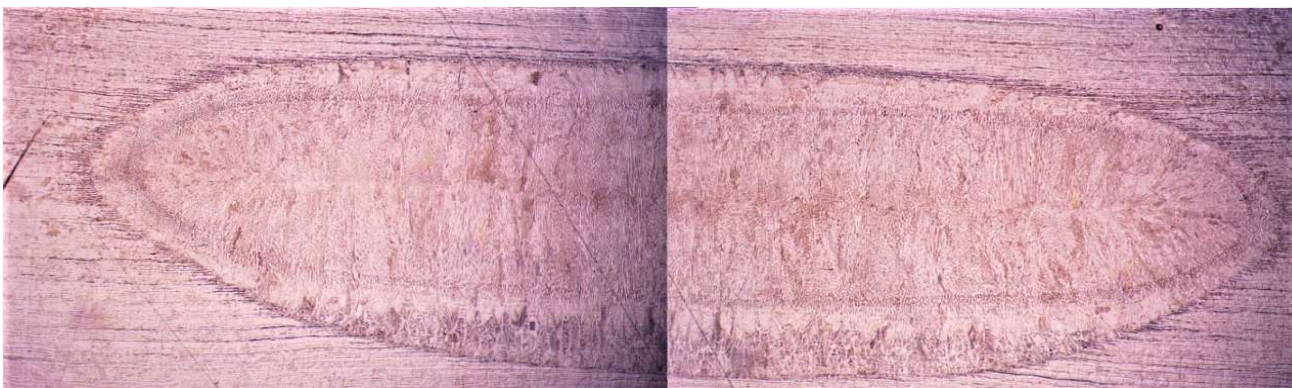
Комбинација 2



Комбинација 3



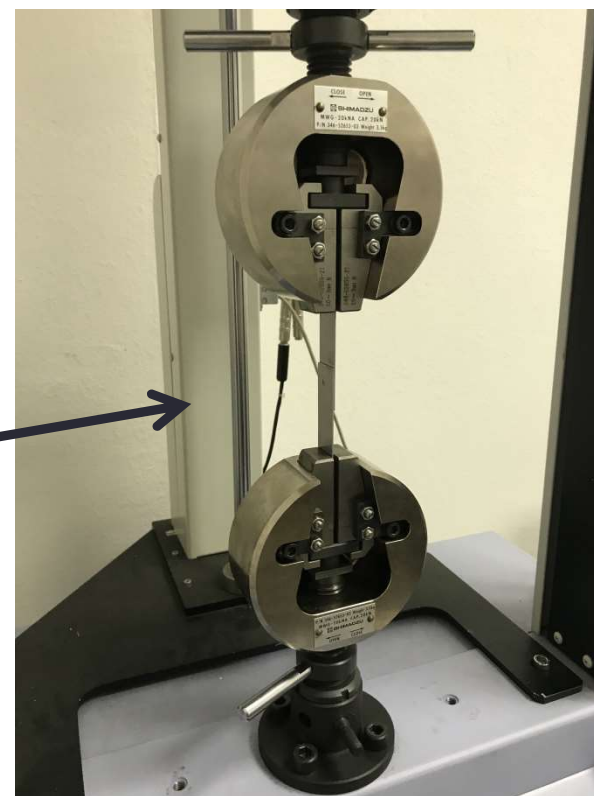
Комбинација 4



Комбинација 5

ИСПИТУВАЊЕ СО КИНЕЊЕ

- Испитувањето со кинење се прави за утврдување на квалитетот или откривање на постоечки грешки во заварените точки.
- Изразени деформации,
- Киналката Shimadzu Autograph AGS-X,



ИСПИТУВАЊЕ СО КИНЕЊЕ

- За добри завари при овие испитувања настанува кинење во облик на копче што на едниот лим се формира дупче со дијаметар на електродите во контактната зона, а на другиот лим копче со иста димензија во облик на копче.



РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊЕТО СО КИНЕЊЕ

- **Модулот од обработка** на експерименталните податци:

$$Fk_{zt} = 1885,6590 \times I_z - 6,589 \times t_z + 6,3162 \times I_z \times t_z - 4175,69 (N)$$

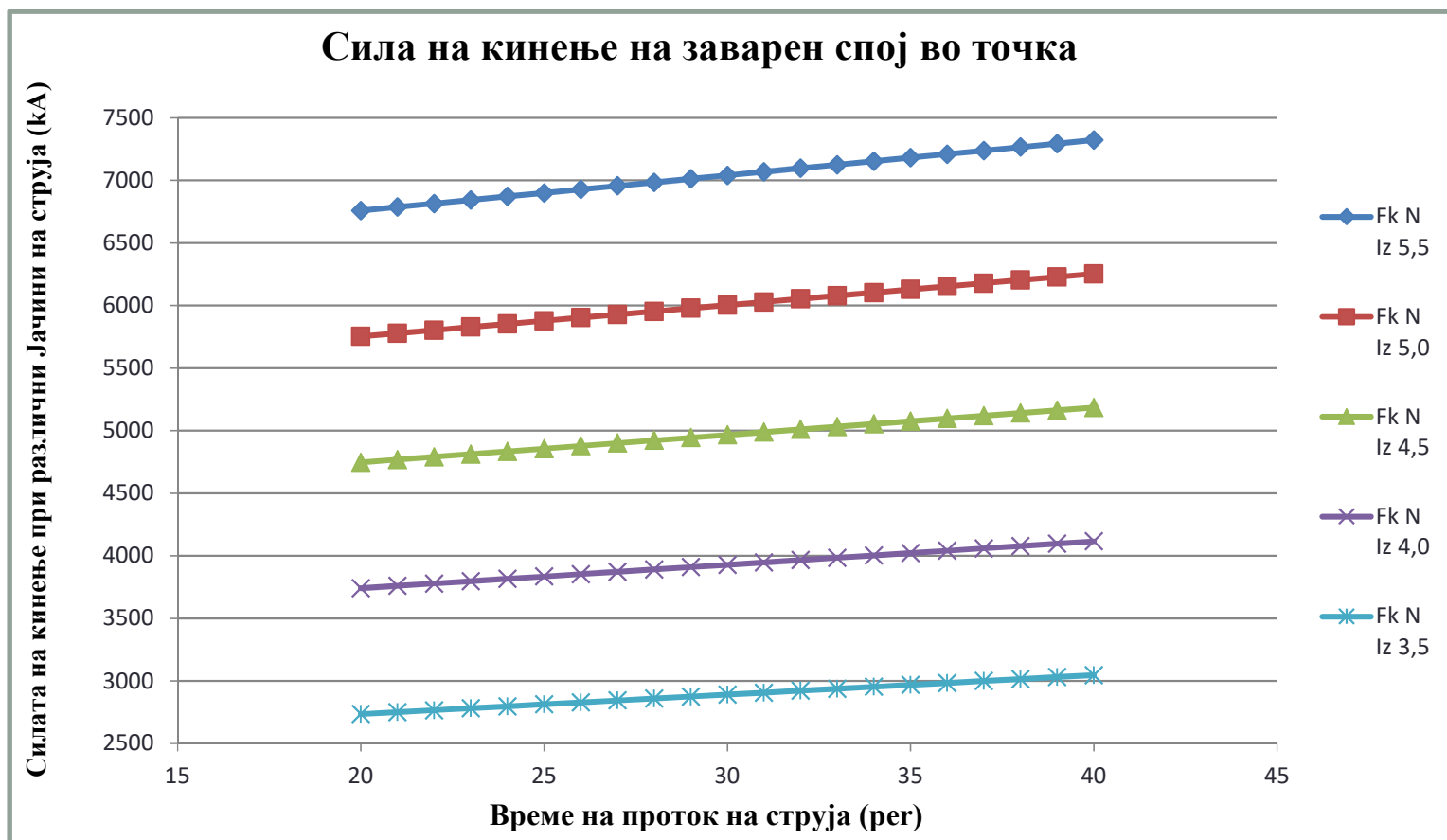
- Кога ќе се заменат експерименталните податоци во модулот се добиваат пресметани резултати и колку ќе биде отстапувањето кое е изразено во проценти.

Споредба на експерименталните податоци со пресметаните резултати.

експериментални резултати			пресметани	отстапување во %		
2703.15	2769.06	2733.64	2735.280	1.17	-1.23	0.06
6929.37	6638.83	6709.56	6759.249	-2.52	1.78	0.74
2952.02	3068.69	3118.61	3046.440	3.10	-0.73	-2.37
7716.92	7196.90	7055.35	7323.059	-5.38	1.72	3.66

РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊЕТО СО КИНЕЊЕ

- Дијаграм на добиени резултати за сила на кинење на заварен спој во точка во зависност од времето на проток на струја при заварување.



ЗАКЛУЧОК

- Техниката на заварување со електричен отпор во точка, овозможува брзо и квалитетно спојување на преклопно поставени тенки делови. Според тоа се применува за спојување на конструкции со тенки сидови, за најразлична намена,
- Од резултатите добиени од последниот дијаграма, може да се каже дека овие резултатите можат да се применат кај конструктивни изведби со различен степен на доверливост.

**ВИ БЛАГОДАРАМ НА
ВАШЕТО ВНИМАНИЕ !**

**БОЈАН ЗАФИРОВСКИ 1122 МСКИ
27.9.2019**