



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ



МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ - СКОПЈЕ

ПРВ ЦИКЛУС ЧЕТИРИГОДИШНИ СТУДИИ

ДИПЛОМСКА РАБОТА

ОДРЕДУВАЊЕ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЖИВОТЕН ВЕК НА ЧЕЛИК 14MoV6-3 СО ЛАРСОН-МИЛЕРОВ ПАРАМЕТАР

RESIDUAL LIFE ASSESSMENT OF STEEL 14MoV6-3 WITH LARSON-MILER PARAMETER

ДАНИЕЛА ПАНА

Ментор: проф. д-р **ДОБРЕ РУНЧЕВ**

1

Челици за работа на високи температури

2

Влијание на одделни легирачки елементи

3

Промена на особините и ползење на челиците

КРАТОК ВОВЕД

4

Ларсон – Милеров параметар

5

Карактеристики на заварените споеви

6

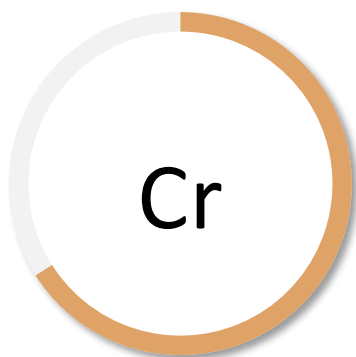
Испитувања и резултати

ЧЕЛИЦИ ЗА РАБОТА НА ВИСОКИ ТЕМПЕРАТУРИ

- Од материјалите за ваква намена се бара висока отпорност на ползење, огноотпорност и топлостостојаност.
- Топлостостојаноста се одредува преку отпорот на ползење, временска јакост и граница на ползење.
- Челици за котловски лимови
- Нисколегирани Cr-Mo и Cr-Mo-V челици
- Високолегирани мартензитни челици
- Високолегирани аустенитни челици
- Огноотпорни челици



ВЛИЈАНИЕ НА ОДДЕЛНИ ЛЕГИРАЧКИ ЕЛЕМЕНТИ



- До околу 1 % влијае поволно
- При околу 7 % Cr доаѓа до намалување на отпорноста на ползење
- Замена на еден вид карбид со друг вид на карбид на хромот



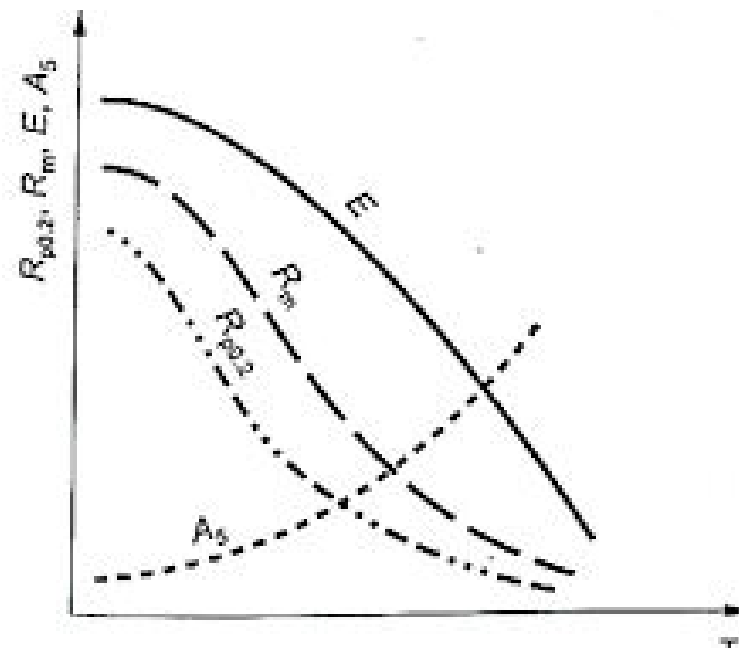
- Содржина: од 0,25 % до 1,2 %
- Зголемување на температурата на рекристализација
- Изразито ги зголемува механичките особини при високи температури, долготрајната јакост и отпорноста на ползење



- Содржина: од 0,15 % до 0,35 %
- Способност да образува термички постојани карбиди кои го спречуваат развивањето на процесот на лизгање при пластична деформација на челикот

Промена на механичките особини

ПРИ ПОРАСТ НА
ТЕМПЕРАТУРАТА

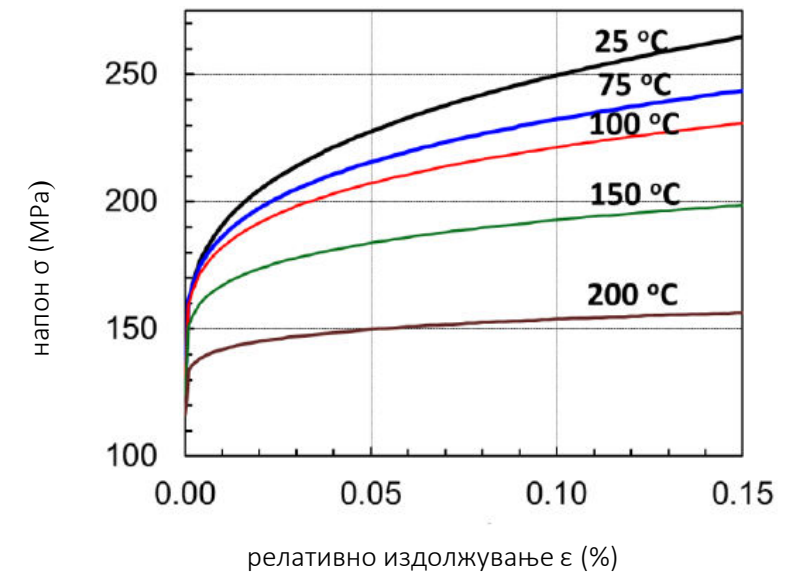


ПРИ ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА:

Јакостните карактеристики како затегнувачката јакост, границата на еластичност, границата на течење и модулот на еластичност главно се намалуваат, додека деформационите особини како издолжувањето и контракцијата на материјалот, се зголемуваат.

Промена на механичките особини

ПРИ ПОРАСТ НА
ТЕМПЕРАТУРАТА



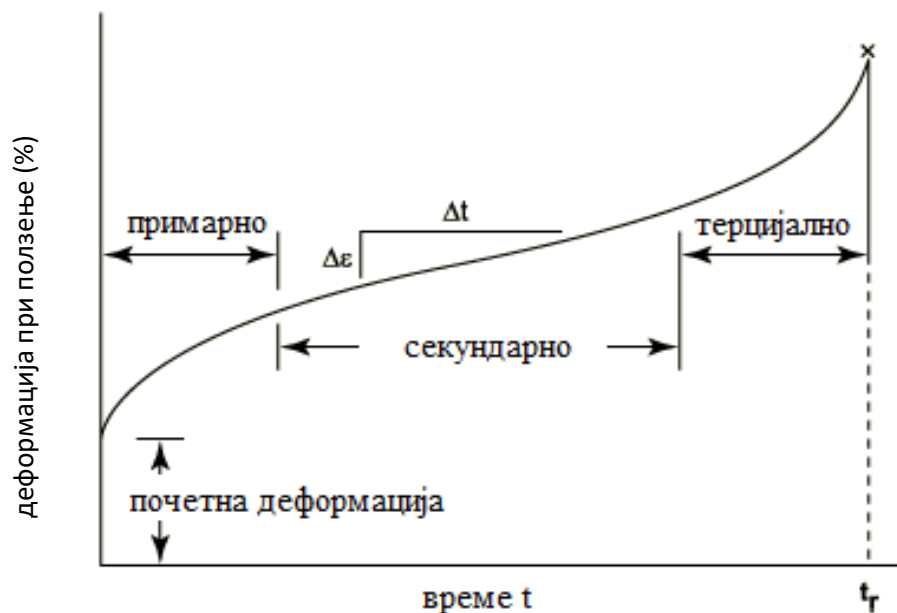
Намалување на границата на течење со зголемување на температурата

Границата на развлекувањето со зголемување на температурата постојано се намалува, со тоа што во почетокот поблаго опаѓа, за до после 300 °C произразено се намалува, при што на дијаграмот σ - ϵ се помалку е изразена.



ПОЛЗЕЊЕ НА МАТЕРИЈАЛОТ

СТАДИУМИ НА ПОЛЗЕЊЕ

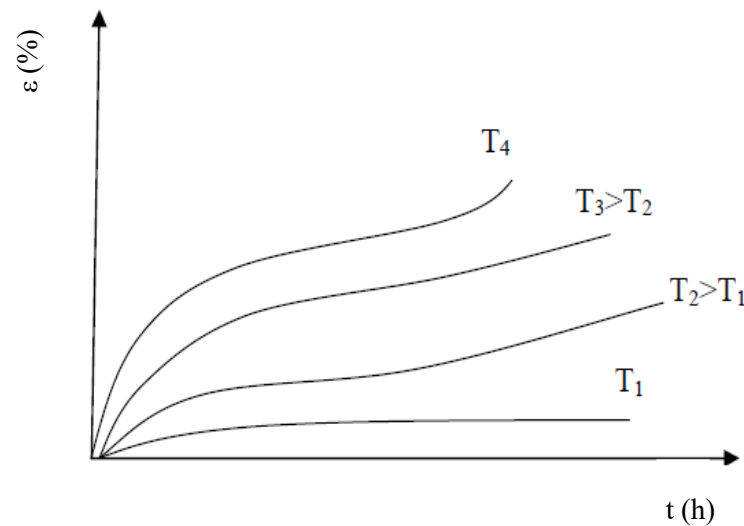


Типична крива на ползење $\epsilon-t$

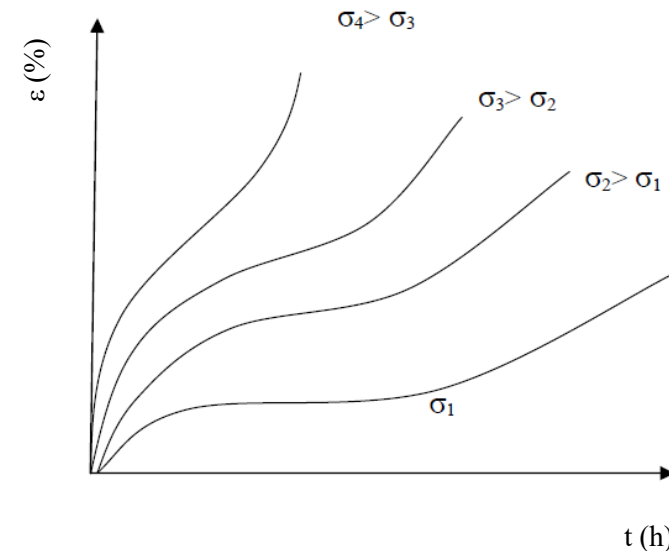
- **Почетна деформација**
(збир од еластична и пластична деформација)
- **Прв стадиум**
(постојано намалување на градиентот на брзината)
- **Втор стадиум**
(константна брзина на деформација при ползење)
- **Трет стадиум**
(забрзано ползење и лом на материјалот)

ВЛИЈАНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА И НАПОНОТ

ВРЗ КРИВАТА НА ПОЛЗЕЊЕ



ВЛИЈАНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА



ВЛИЈАНИЕ НА НАПОНОТ

- Големината и брзината на ползење се зголемуваат со зголемување на напонот и температурата. Со зголемување на температурата се намалува отпорот на материјалот на пластично деформирање и ползењето се јавува при помали напони.
- При многу високи температури и високи напони, вториот стадиум може да не се јави, при што на кривата на ползење се согледува само првиот и третиот стадиум.

ОДРЕДУВАЊЕ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЖИВОТЕН ВЕК

ЛАРСОН – МИЛЕРОВ ПАРАМЕТАР

- Најпозната параметарска равенка е равенката на Ларсон-Милер, која го дава температурно - временскиот параметар LMP (Larson-Miller Parameter).
- Преку LMP може да се одреди преостанатиот животен век за одреден број работни часови во експлоатација

$$LMP = T(\ln(t) + A)$$

каде:

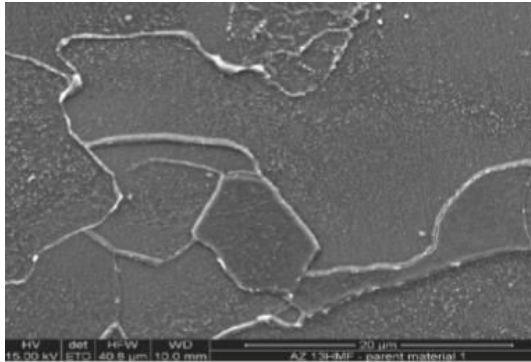
T – температура (K)

t – референтно време (h)

A – константа на материјалот која за нисколегирани челици (12X1МФ, ГОСТ) се зема 20 или 20,62

КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗАВАРЕНИТЕ СПОЕВИ

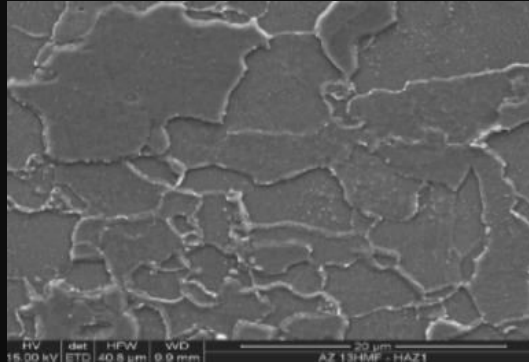
Заварен спој изведен со орбитално заварување на челик 14MoV6-3 кај цевки кои веќе работат 200 000 h во експлоатација, на работна температура од 540 °C и работен притисок од 14,5 MPa



ОМ 1

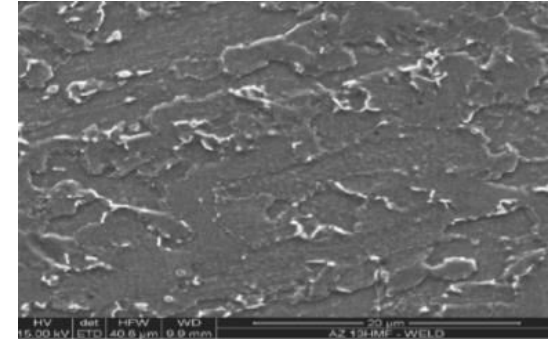
Феритно-баинтна структура.

По границите на феритните зрна се забележува издвојување на карбидите во различна големина



ЗВТ 1

Не се пронајдени дисконтинуитети или микропукнатини во микроструктурата



МЗ

Не се пронајдени дисконтинуитети или микропукнатини во микроструктурата

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ



НАСТАНАТ ДЕФЕКТ

ПРИЧИНИ за испитување

- Кај доставената цевка – штуцер за испитување, настанат е дефект предизвикан од недостаток на потребна дебелина на сид на цевката која долготрајно е изложена на работни температури и на температури на прегревање.
- Дефект од типот “Рибина уста” со дебели сидови, се појавил како последица на долготрајно прегревање.

ХЕМИСКА АНАЛИЗА НА МАТЕРИЈАЛОТ

Табела 1. Хемиски состав на челик 12Х1МФ (14МоV6-3) (EN 10216-2)

Ознака на челикот	Хемиски елемент (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	V
12Х1МФ	0,1	0,15	0,40	max.	max.	0,9	0,25	max.	max.	max.	0,22
12Н1МФ	-	-	-			-	-				-
14МоV6-3	0,15	0,35	0,70	0,025	0,020	1,2	0,70	0,3	0,040	0,30	0,28

Табела 2. Хемиски состав на здрав дел

ЗДРАВ ДЕЛ	Хемиски елемент (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	V
12Х1МФ	0,122	0,25	0,52	0,012	0,009	0,92	0,265	0,07	0,013	0,18	0,183

Табела 3. Хемиски состав на стариот скршен дел

СКРШЕН ДЕЛ	Хемиски елемент (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	V
12Х1МФ	0,156	0,31	0,54	0,01	0,019	0,85	0,272	0,17	0,011	0,19	0,221

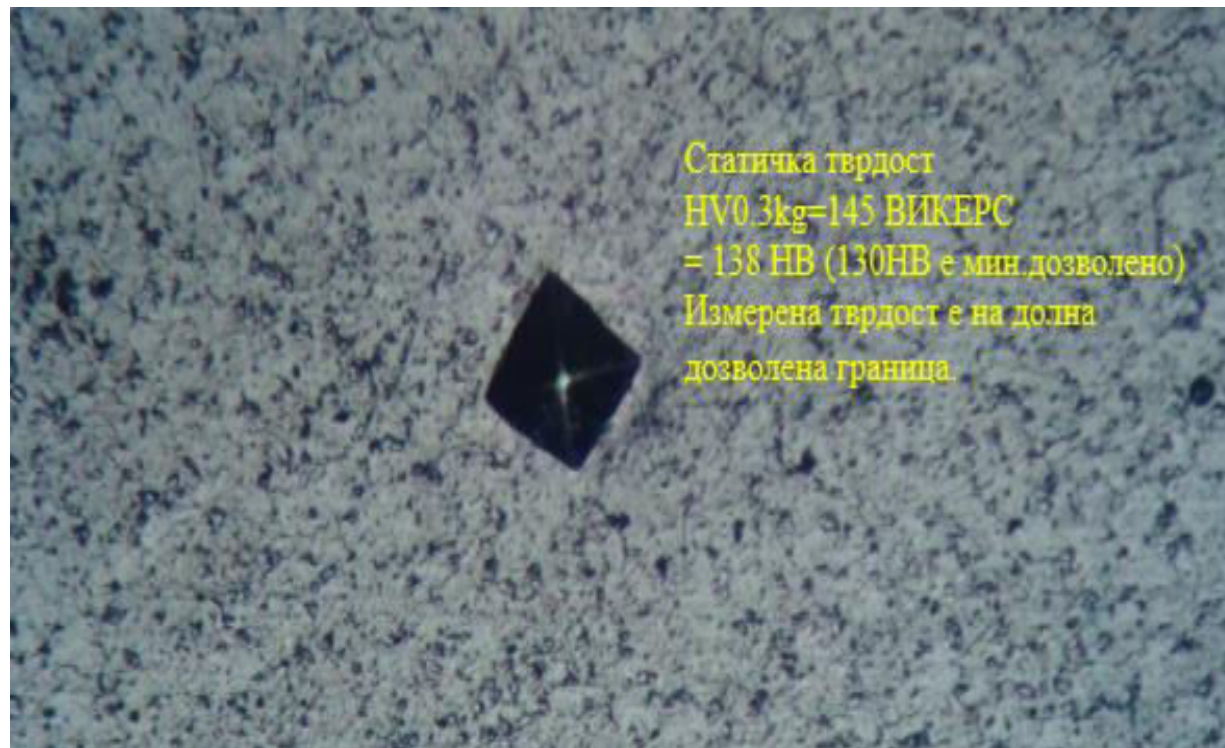


ИСПИТУВАЊЕ НА ТВРДОСТ

ВИКЕРСОВ МЕТОД

Кај Викерсовиот метод како втиснувач се користи дијамантска пирамида со квадратна основа и агол на врвот меѓу спротивните страни од 136° .

Врвот на пирамидата, под дејство на силата F , се втиснува во материјалот и прави траен отпечаток со дијагонали d .



ИЗМЕРЕНА СТАТИЧКА ТВРДОСТ

1



2



3



ИСПИТУВАЊЕ НА ЗАТЕГНУВАЊЕ

ПРИПРЕМА И ИСПИТУВАЊЕ
НА ЦЕВКАТА КАКО
ЕПРУВЕТА

1. Примерок и адаптери
2. Универзална машина за испитување
3. Поставена цевка за испитување

ИСПИТУВАЊЕ НА ЗАТЕГНУВАЊЕ

Табела 4. Механички карактеристики на челик 12X1МФ (14MoV6-3) (EN 10216-2)

Ознака на челикот	Број на челикот	Механички особини										
		R _m (N/mm ²) при 20 °C	R _{p0.2} (N/mm ²) при °C			R _{p1/10000} (N/mm ²) при °C			A (%)		KV (J)	
			20	300	500	500	550	600	Л**	Т***	Л**	Т***
14MoV6-3	1.7715	460-610	320	225	200	249	143	74	20	18	40	27

Табела 5. Добиени вредности при испитувањето

14MoV6-3	R _{p0.2} (N/mm ²)	R _m (N/mm ²)	A (%)	T (°C)
	405	607	25	+20



Особини на јакост :

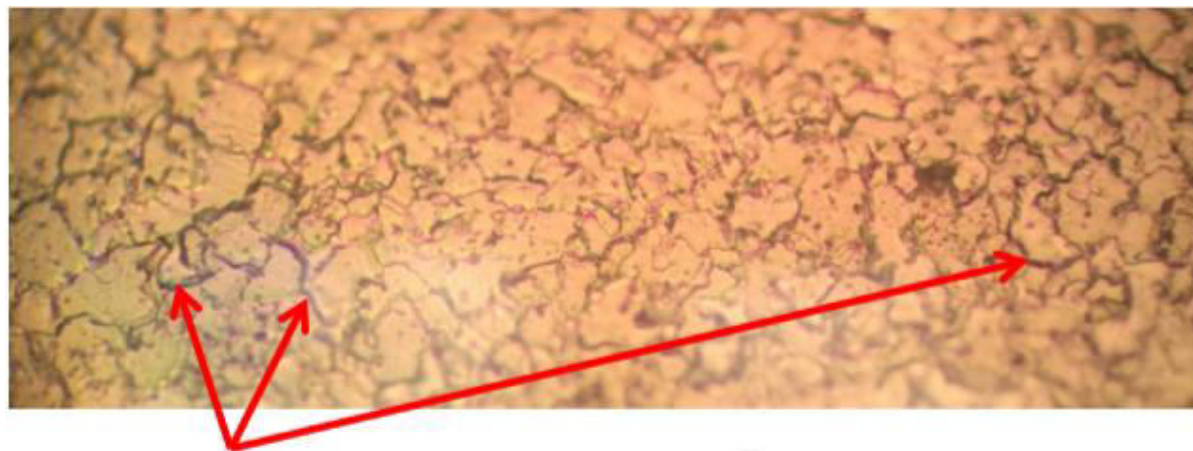
- Затегнувачка јакост
- Граница на развлекување
- Граница на еластичност
- Граница на пропорционалност
- Модул на еластичност.

Особини на пластичност :

- Издолжување
- Стеснување (контракција)

МЕТАЛОГРАФИЈА

- Сечење
- Брусење
- Полирање
- Нагризување
- Миење
- Набљудување



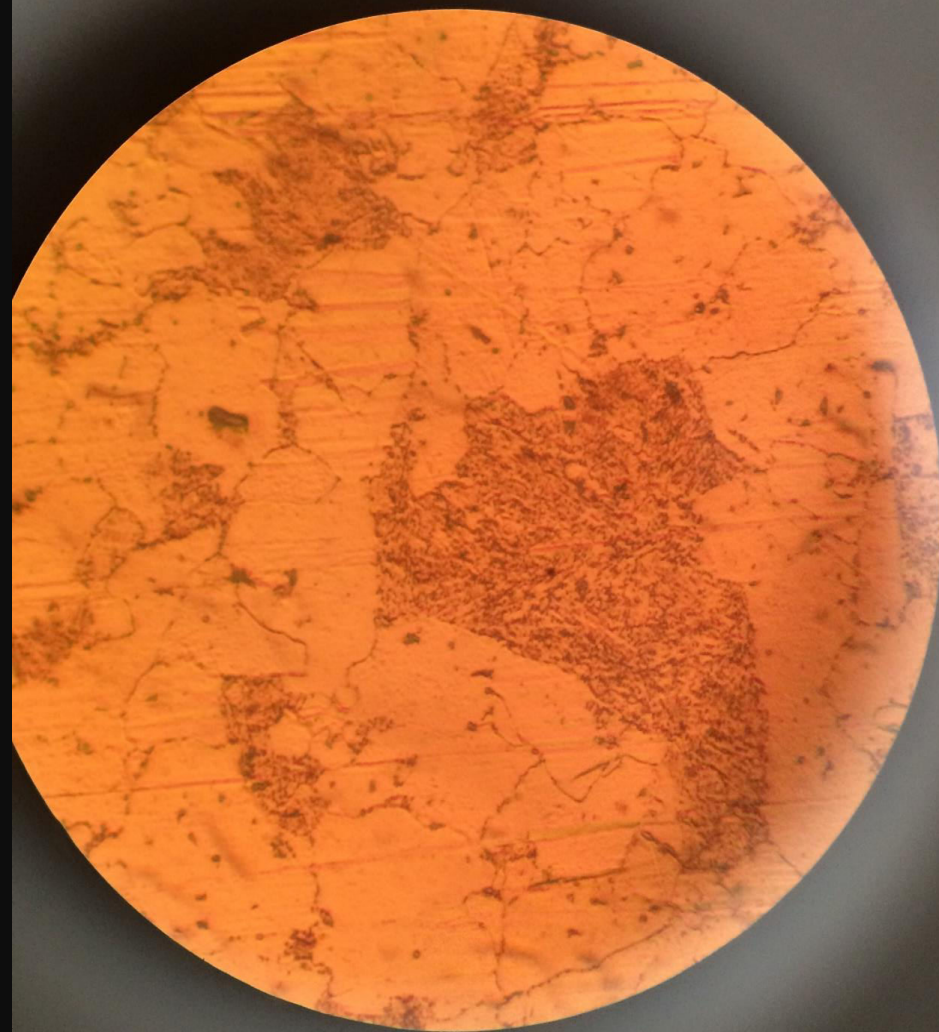
Меѓу-кристално раздвојување по траки од карбиди (x500)



Интензивна коагулација на карбиди по границите на зрната (x500)

МЕТАЛОГРАФИЈА

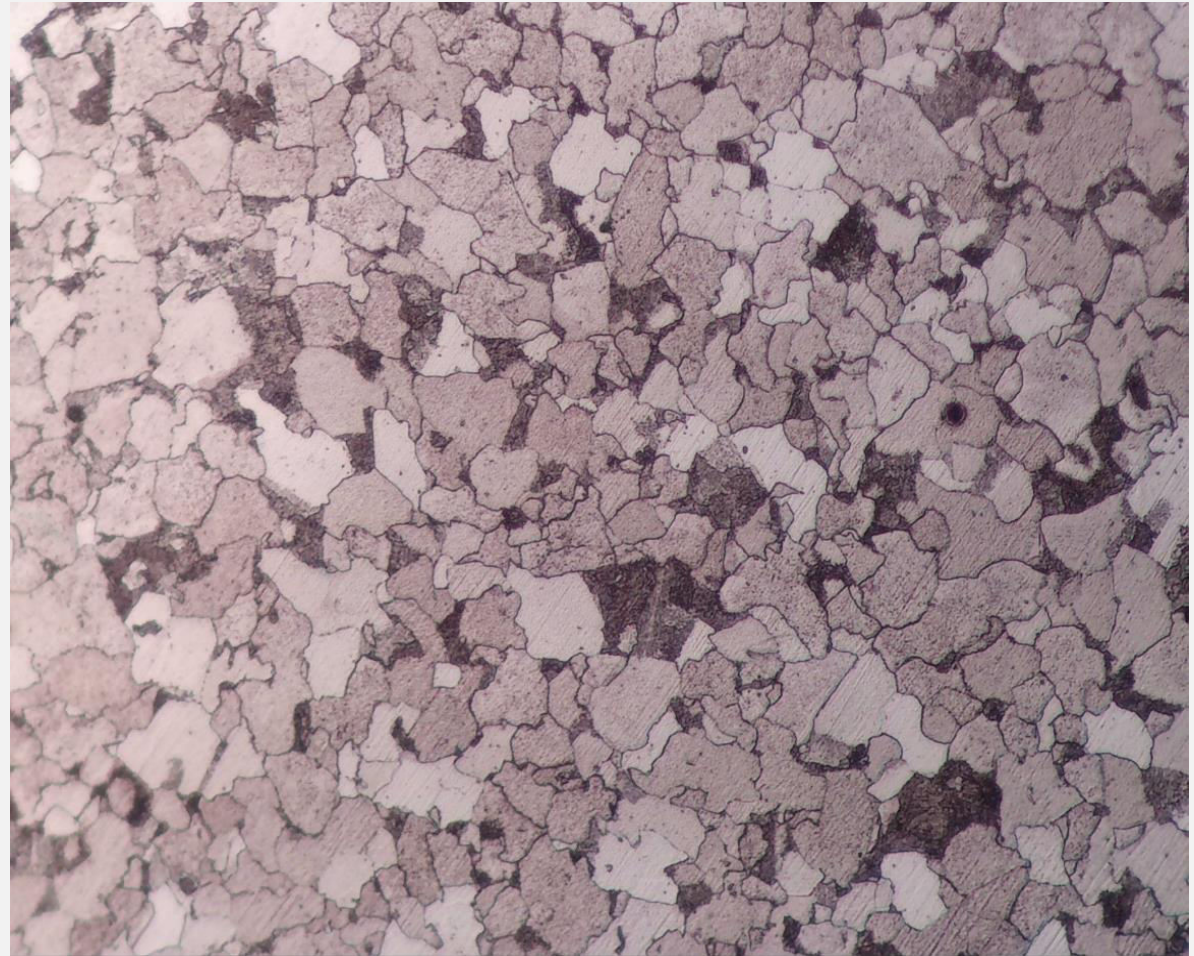
СПОРЕДБА - НОВ МАТЕРИЈАЛ



НЕРАЗГРАНЕТО ЗРНО НА
БАИНИТ (50X25)

МЕТАЛОГРАФИЈА

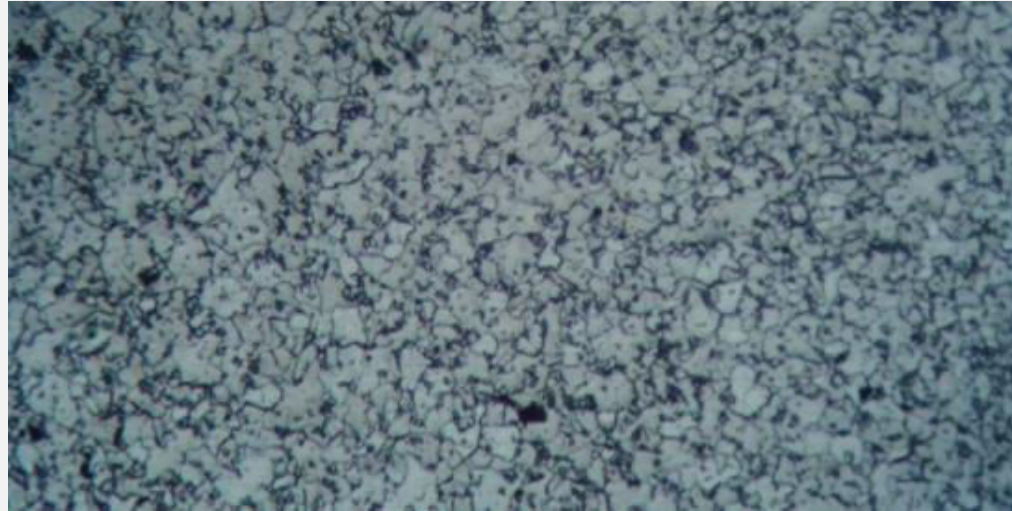
Микроструктурата е важен параметар за одредување на преостанатиот животен век на материјалите во експлоатација



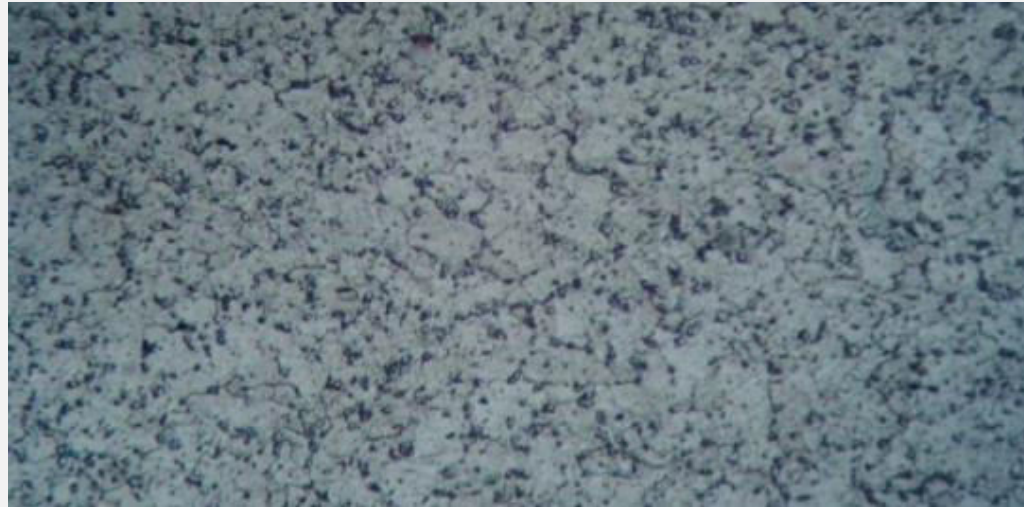
МИКРОСТРУКТУРА НА НОВ МАТЕРИЈАЛ КОЈ НЕ БИЛ ВО ЕКСПЛОАТАЦИЈА (X200)

МЕТАЛОГРАФИЈА

ДЕГРАДАЦИЈА НА МИКРОСТРУКТУРА



80 % разградена микроструктура (x200)



Тешко нагризување на границите на зрната (x200)

ОДРЕДУВАЊЕ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЖИВОТЕН БЕК



РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ

РАБОТЕН ПРИТИСОК И
РАБОТНА ТЕМПЕРАТУРА

НАПОН ВО СИДОТ НА ЦЕВКАТА

$$\sigma = \frac{p(D - 2s)}{2s} + \frac{p}{2} \quad (MPa)$$

ПРЕСМЕТКА НА LMP

$$LMP(\sigma) = C_0 + C_1 \times \log(\sigma) + C_2 \times (\log(\sigma))^2 + \dots + C_n \times (\log(\sigma))^n$$

ПРЕСМЕТКА НА ВРЕМЕТО ДО ЛОМ

$$\ln(t_r) = \frac{LMP}{T} - A$$

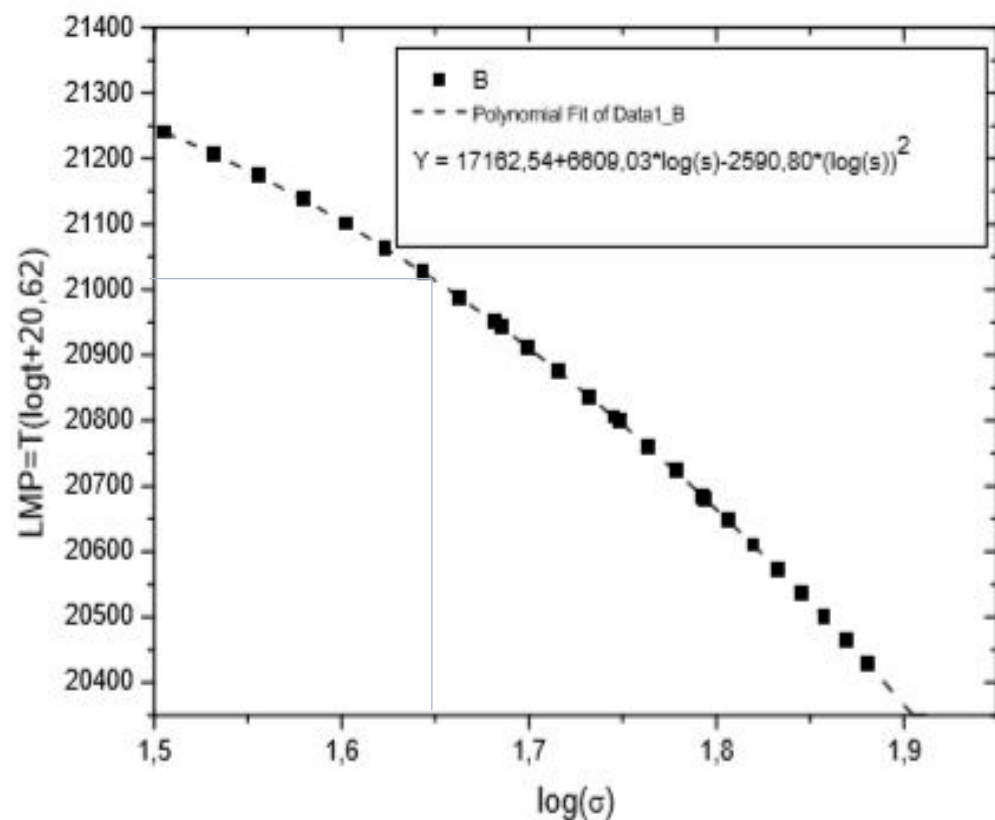
РЕЗУЛТАТИ ОД ПРЕСМЕТКИТЕ

Математички пресметки за одредување на преостанатиот животен век со помош на Ларсон – Милеров параметар

Табела 6. Вредности за LMP и времето до лом

	РАБОТЕН НАПОН σ (MPa)	LMP	ВРЕМЕ ДО ЛОМ (h)	ВРЕМЕ ДО ЛОМ (y)
ПРЕСМЕТКА 1	45,13	20 998	158 489	18
ПРЕСМЕТКА 2	45,13	21 043	158 489	18
ПРЕСМЕТКА 3	45,13	21 695	1 000 000	114

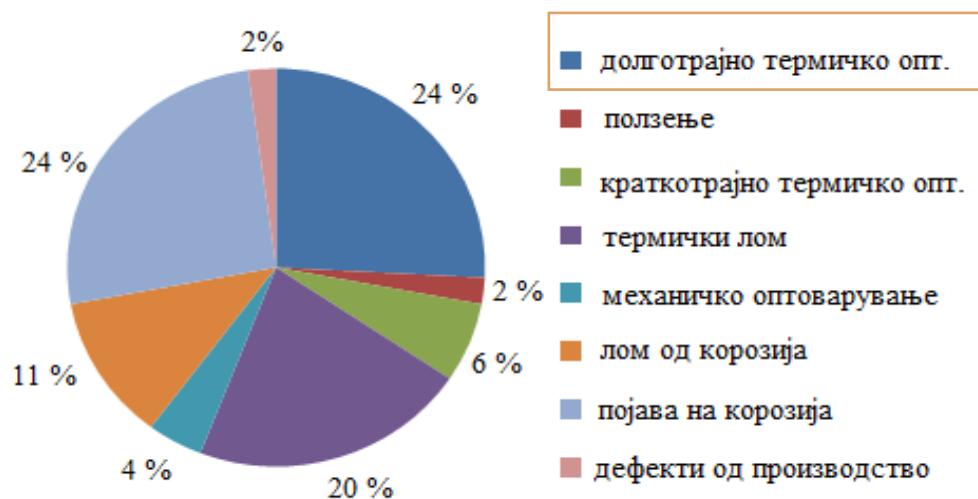
ДИСКУСИЈА



LMP во функција од $\log(\sigma)$ на 540°C за
челик 12X1МФ

$$\begin{aligned} \text{LMP} &= T(A + \ln(t)) \\ 21\,020 &= (540 + 273)(20,62 + \ln(t)) \\ t_r &= 158\,489 \text{ (h)} \approx 18 \text{ (y)} \end{aligned}$$

“ ЗАКЛУЧОК



Механизми на настанување на откази кај цевки во котел

- Процесот е забрзан поради абразија и намалување на дебелината на сидот, односно трошење на материјаот
- Се изнесува дека цевките можат да бидат во експлоатација уште 18 години пред да настане целосно разорување на материјалот
- Појавата на “Рибина уста” со дебели сидови како главно настанат дефект е последица на долготрајното термичко оптоварување.
- За доставениот штуцер се констатира дека материјалот има уште 20 % ресурс под услов доколку има потребна минимална дебелина и стационарен режим на работа.

**ВИ БЛАГОДАРАМ НА
ВНИМАНИЕТО !**

ДАНИЕЛА ПАНА 1322 МСКИ
09.07.2019