



Универзитет “Св. Кирил и Методиј”- Скопје
Машински факултет - Скопје



Дипломска работа

Примена на техника со вртложни струи за испитување на изолирани цевководи

Кандидат:
Филип Серафимовски
Бр. Инд. 1272 МСКИ

Проф. Д-р Марјан Гаврилоски

Скопје 2024

Корозијата во нафтената индустрија

- Корозијата претставува закана кон човечкиот живот и животната средина
- Трошоците кои се појавуваат како резултат на корозијата се проценуваат на еден трилион долари
- 40% до 60% од годишните трошоци се за одржување на цевководи
- 10% од годишните трошоци се резултат на корозија под изолација

Категории на корозија:

- Генерална корозија
- Локализирана корозија (Pitting Corrosion)
- Ерозија
- Галванска корозија
- Корозија под изолација (CUI – Corrosion Under Insulation)

Деградирањето на цевковод изложен на корозија под изолација е до 20 пати поголем во споредба на не изолиран цевковод.

CUI – се појавува како резултат на течност во изолациониот материјал



Техники за испитување на корозија под изолација

Ефективен начин за спречување на корозија под изолација е навремена детекција и поправка.

Инtruзивен начин на детекција на корозија е отстранување на изолацијата и ултразвучна инспекција.

- Висока цена
- Долго времетраење на инспекцијата

Испитување со ултразвук

Предност:

- Висока прецизност
- Мерење на дебелина на материјал
- Локација за мониторирање на состојбата

Недостатоци:

- Мала површина
- Можност за оштетување на изолацијата

Алтернативни не-инtruзивни методи:

- Профилна радиографија
- Радиографија во вистинско време
- Ултразвук
- Пулсирачки вртложни струи



Профилна радиографија и радиографија во вистинско време

Профилна радиографија се дели на:

- Компјутерска радиографија
- Дигитална радиографија

Предности:

- Висока прецизност
- Мерење на дебелината на цевката
- Брза анализа на резултати
- Архивирање

Недостатоци:

- Ограничен на мали сегменти
- Радијација
- Ограничен на цевки со дијаметар до 168.3 mm

Радиографија во вистинско време

Предности:

- Висока прецизност
- Брза анализа на резултати
- Архивирање
- Брзина на скенирање



Недостатоци:

- Скрининг техника
- Радијација
- Цена



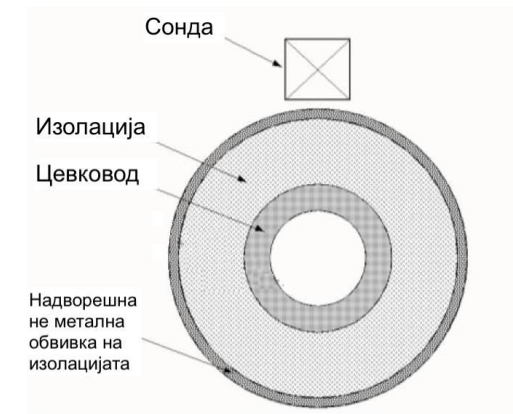
Пулсирачки вртложни струи

Техниката за инспекција со пулсирачки вртложни струи претставува скрининг метода за детектирање на корозија и оштетувања што може да се појават во изолирани цевководи и садови под притисок изработени од јаглороден челик.

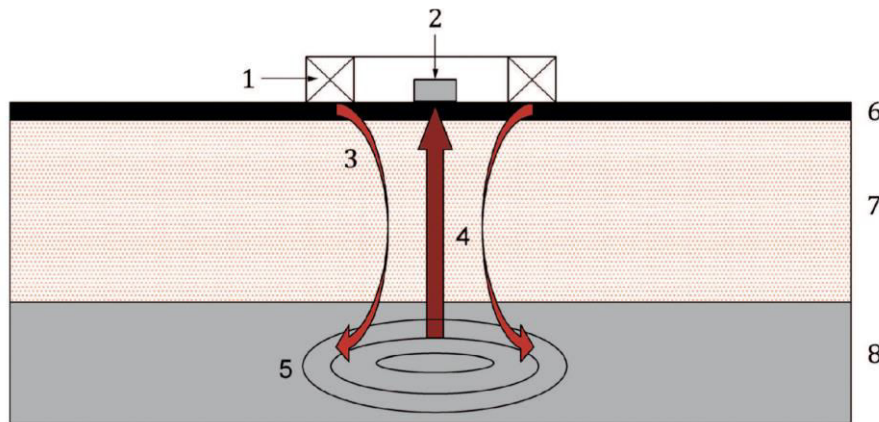
Процесот функционирање на оваа техника е со генерирање на вртложни струи во материјалот со помош на електромагнетна индукција, и мерење на времето на распаѓање на истите.

Се избегнува директен контакт меѓу сондата и материјалот кој се испитува.

Се користи кај изолација од различен вид без притоа да има ефекти на мерењето.

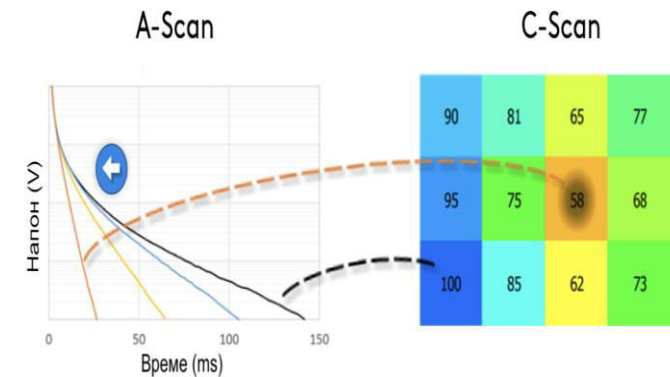
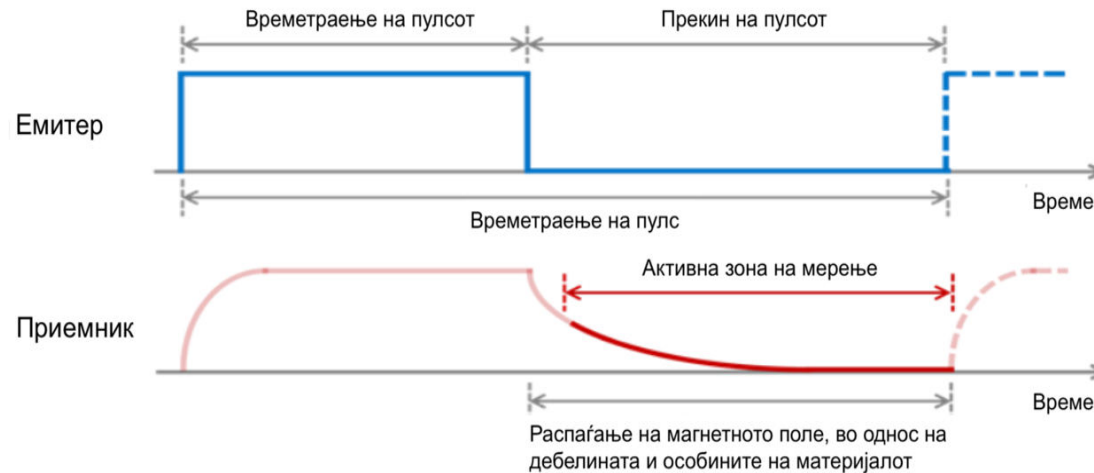


Принцип на работа



- 1 – Намотка која генерира примарно магнетно поле
- 2 – Намотка која го мери секундарното поле
- 3 – Примарно магнетно поле
- 4 – Секундарно магнетно поле
- 5 – Вртложни струи
- 6 – Надворешна обвивка на изолацијата (алуминиум/не'рѓосувачки челик)
- 7 – Изолација
- 8 – Компонент кој се испитува

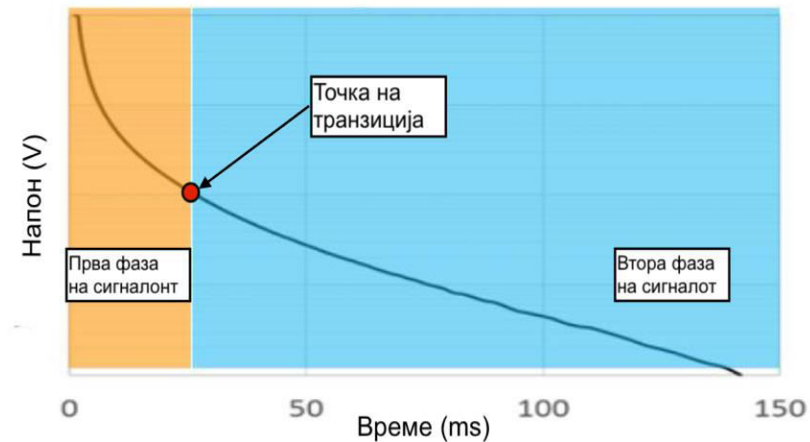
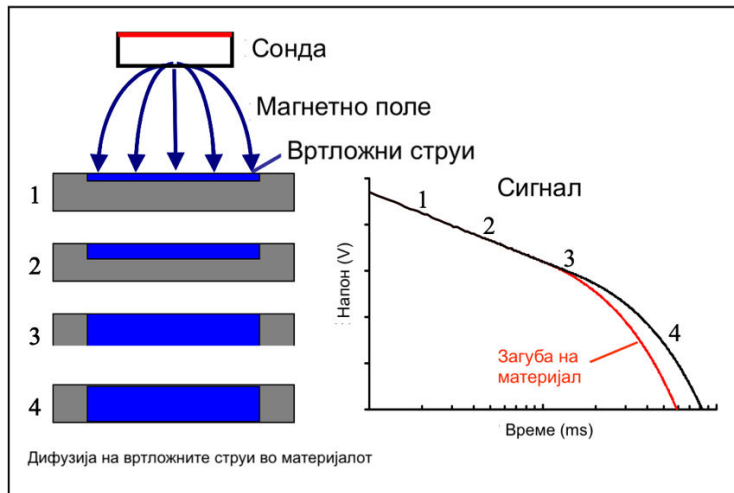
- Емисија на пулс
- Прекин
- Мерење



Анализа на сигналот

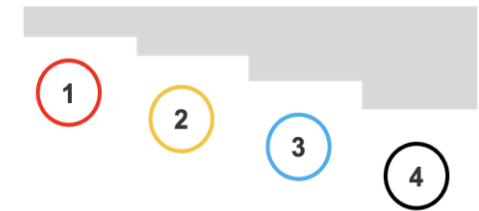
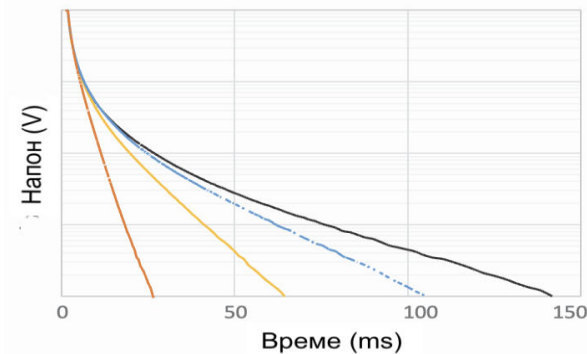
Фаза 1 – Дифузија на вртложните струи во материјалот

Фаза 2 – Степен на распаѓање на вртложните струи во материјалот



Степенот на распаѓање на вртложни струи зависи од:

- Дебелина на материјалот
- Електрична спроводливост на материјалот
- Магнетна пропустливост на материјалот



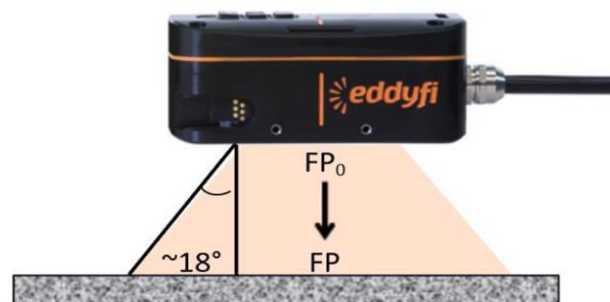
Чекор на сондата и површина на материјалот опфатена со сондата

Чекорот на сондата зависи од:

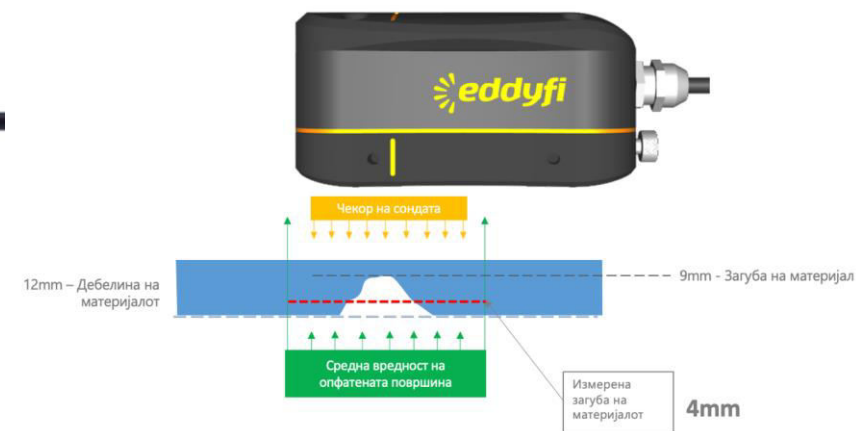
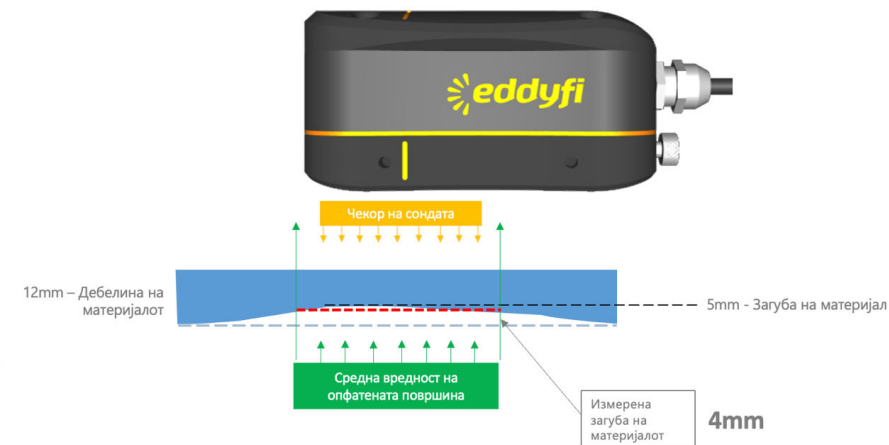
- Големината на сондата
- Висина на изолацијата
- Дебелина на материјалот

$$FP = (0.65 \cdot LO) + FP_0$$

- PEC-025 – $FP_0 = 35 \text{ mm}$
- PEC-089 – $FP_0 = 62 \text{ mm}$
- PEC-152 – $FP_0 = 100 \text{ mm}$



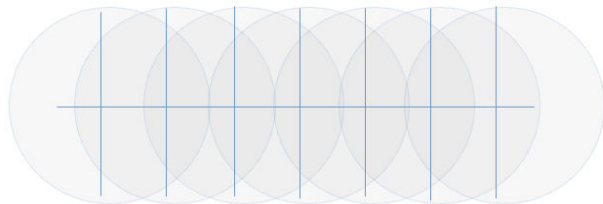
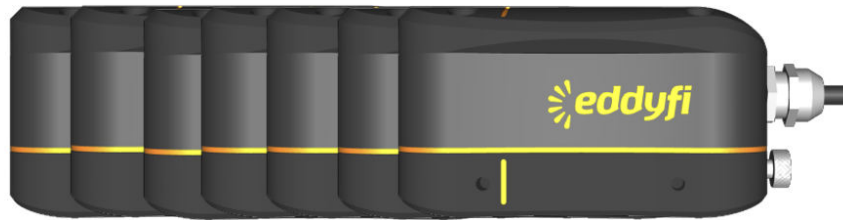
$$AvgA = 1.8 \cdot FP$$



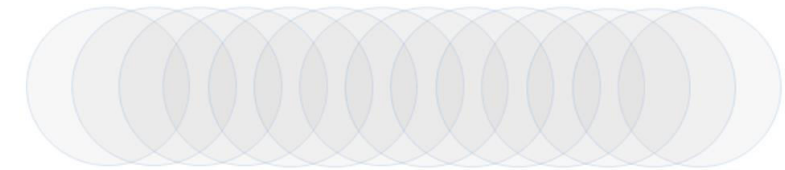
Резолуцијата на скенираниот материјал

Се разликуваат два вида на скенирање:

- Скенирање во точки
- Динамично скенирање (со енкодер)



Скенирање во точки



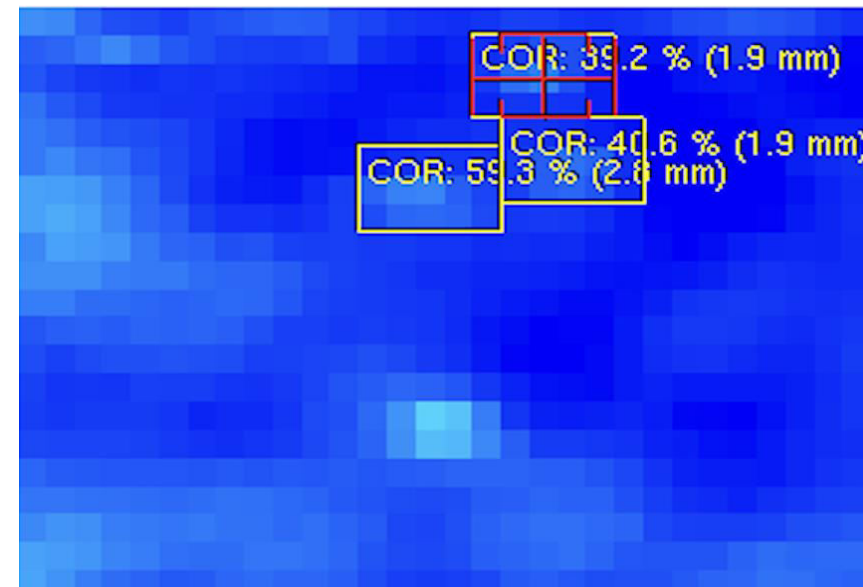
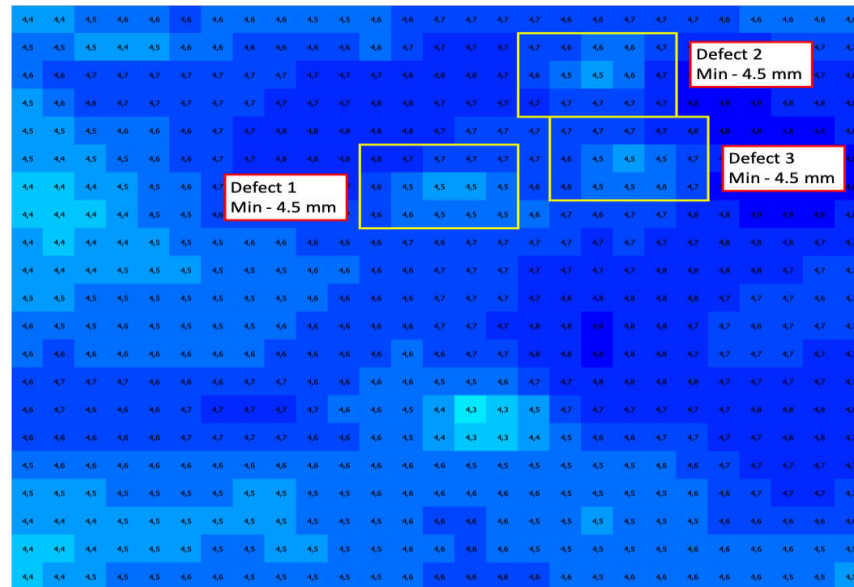
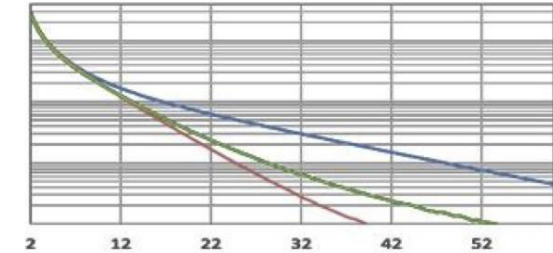
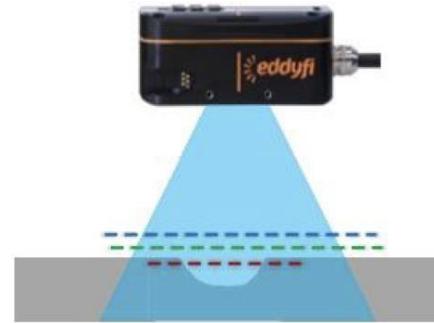
Динамично скенирање со CWT опција

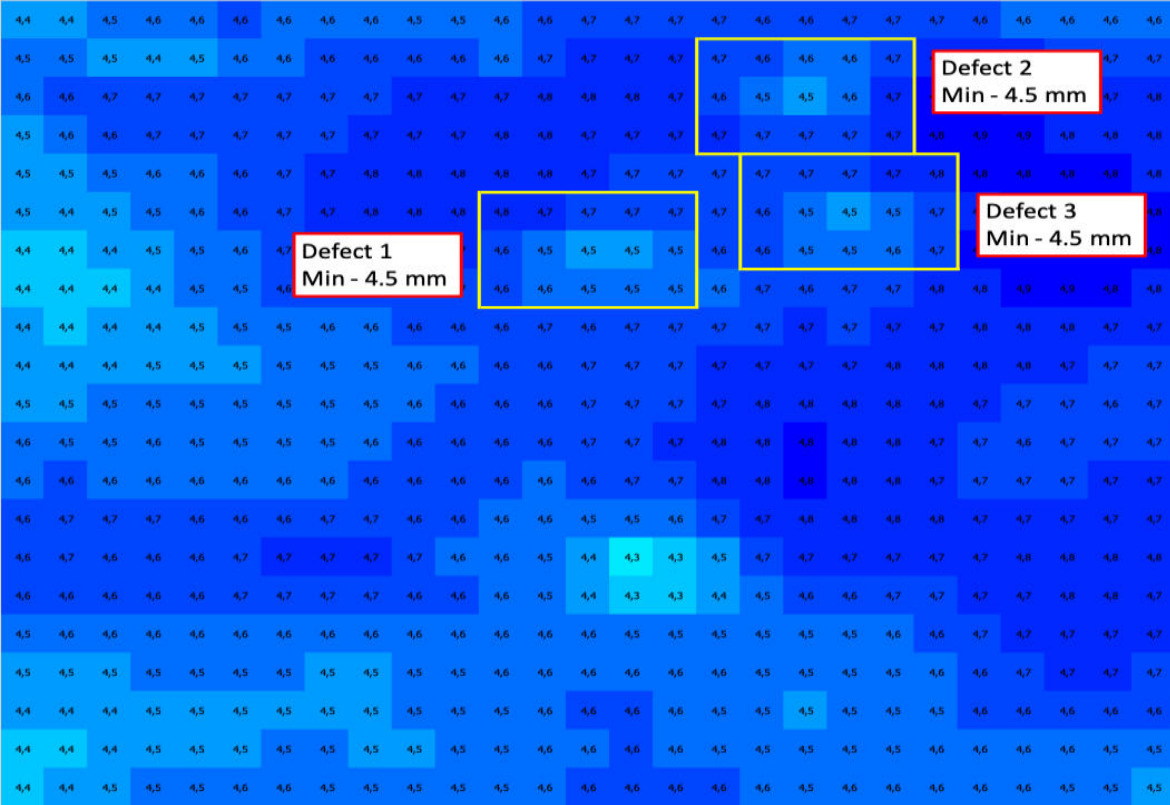


Динамично скенирање со висока резолуција

Компензирана дебелина на сидот (CWT – Compensated Wall Thickness)

Пост процесирачка опција за
детектирање на дефект со димензии
помали од чекорот на сондата





дефект

оваа техника изнесува

		Најмала длабочина на дефектот											
		10%		20%		30%		40%		50%		60%	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
40	1.6	49	1.9	35	1.4	28	1.1	24	1.0	22	0.9	20	0.8
50	2.0	61	2.4	43	1.7	35	1.4	31	1.2	27	1.1	25	1.0
60	2.4	73	2.9	52	2.0	42	1.7	37	1.4	33	1.3	30	1.2
70	2.8	86	3.4	61	2.4	49	1.9	43	1.7	38	1.5	35	1.4
80	3.1	98	3.9	69	2.7	57	2.2	49	1.9	44	1.7	40	1.6
90	3.5	110	4.3	78	3.1	64	2.5	55	2.2	49	1.9	45	1.8
100	3.9	122	4.8	87	3.4	71	2.8	61	2.4	55	2.2	50	2.0
110	4.3	135	5.3	95	3.8	78	3.1	67	2.7	60	2.4	55	2.2
120	4.7	147	5.8	104	4.1	85	3.3	73	2.9	66	2.6	60	2.4
130	5.1	159	6.3	113	4.4	92	3.6	80	3.1	71	2.8	65	2.6
140	5.5	171	6.8	121	4.8	99	3.9	86	3.4	77	3.0	70	2.8
150	5.9	184	7.2	130	5.1	106	4.2	92	3.6	82	3.2	75	3.0
160	6.3	196	7.7	139	5.5	113	4.5	98	3.9	88	3.5	80	3.1
170	6.7	208	8.2	147	5.8	120	4.7	104	4.1	93	3.7	85	3.3
180	7.1	220	8.7	156	6.1	127	5.0	110	4.3	99	3.9	90	3.5
190	7.5	233	9.2	165	6.5	134	5.3	116	4.6	104	4.1	95	3.7
200	7.9	245	9.6	173	6.8	141	5.6	122	4.8	110	4.3	100	3.9

НАСОБНА



Длабочина на дефектот = 60%
Дијаметар на дефектот = 47.5 mm

Длабочина на дефектот = 20%
Дијаметар на дефектот = 82.0 mm

Опрема за испитување со пулсирачки вртложни струи

Опрема која се користи за испитување со вртложни струи:

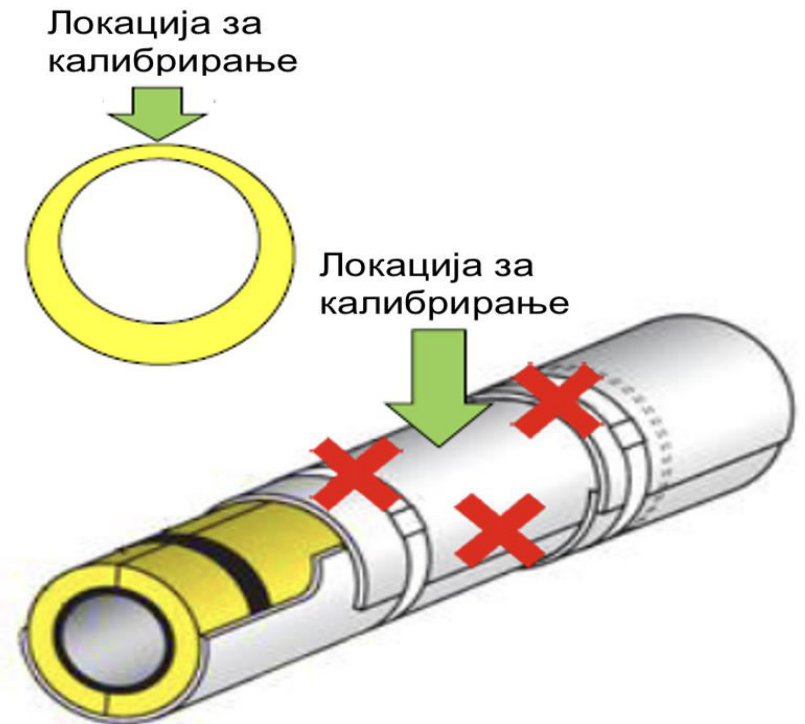
- Уред Eddyfi -Lyft
- Сонда

	Година на воведување во употреба	Брзина на инспекција (отчитување/ден)	Дебелина на ѕид (mm)	Висина на изолација (mm)	Дијаметар на најмал детектиран дефект (Како % од висина на изолација)	Конзистентност на резултати	Опсег на работна температура (°C)	Опција за динамично скенирање	Опција за инспекција на галванизирана заштита на изолацијата
RTD-INCOTEST	1990	~1500	65	200	/	+/-2%	500	He	He
TUV Rheinland/Shell PEC	1996	~2000	35	200	50	+/-2%	500	He	He
Eddyfi Lyft	2016	~12500	102	305	50	+/-1%	500	Да	Да



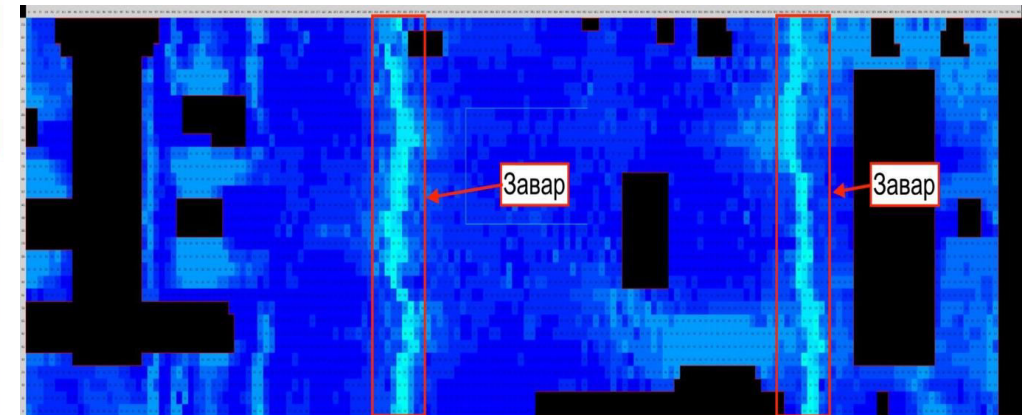
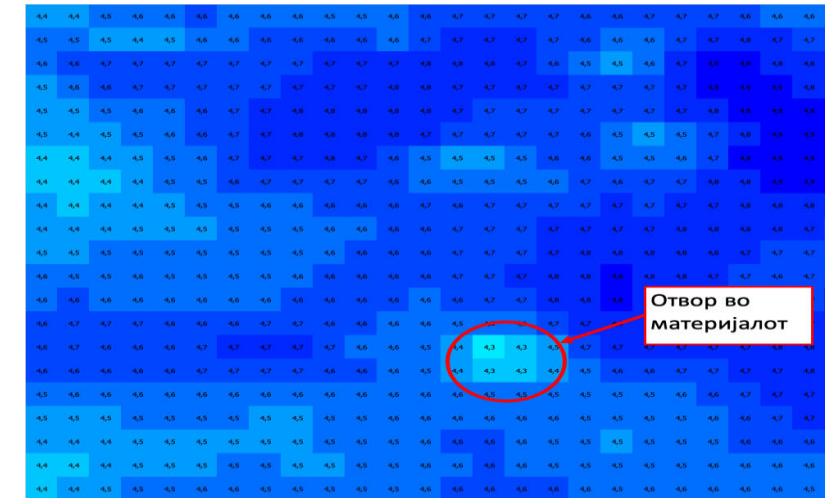
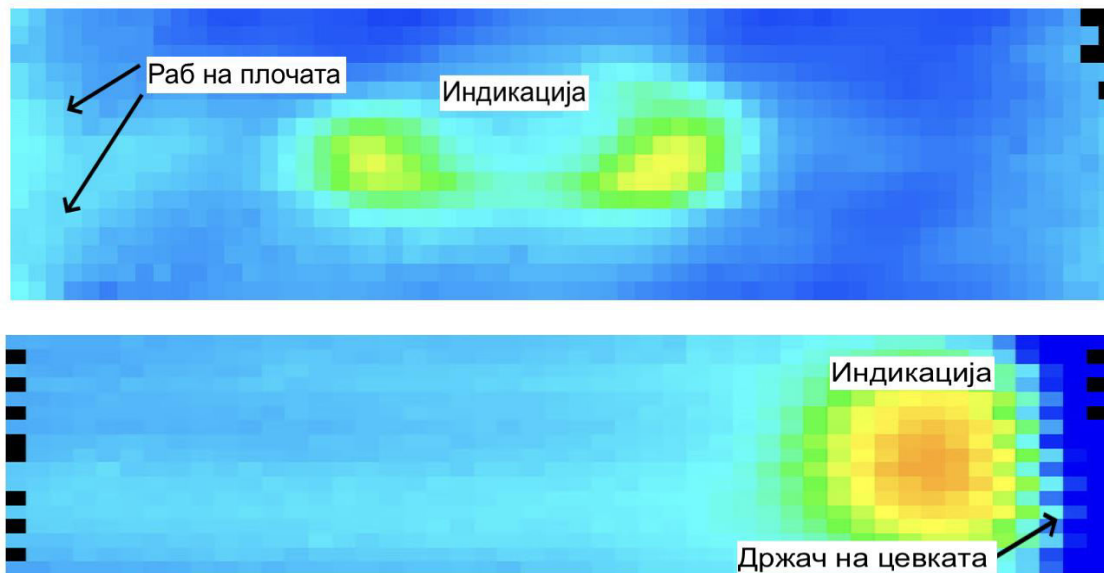
Калибрирање на уредот

- Калибрирање на површина на компонентот од цевководот кој не е склон на оштетување од корозија/ерозија.
- Избегнување на метални елементи/рабови (фланша, убод, држачи, Т-конекции)
- Избегнување на извори на вибрации
- Избегнување на преклопена надворешна обвивка на изолацијата, како и држачи на изолацијата.



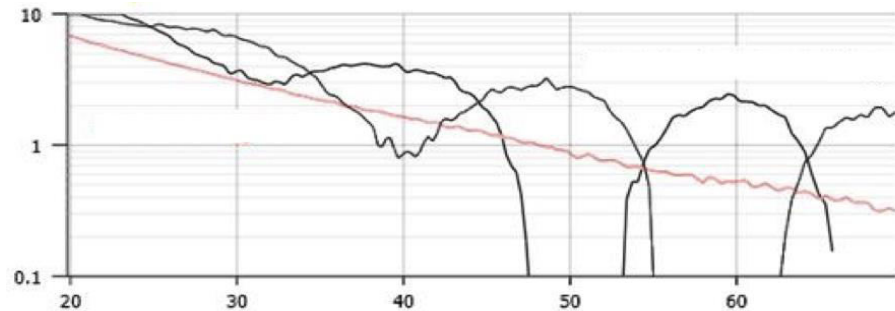
Влијанието од геометријата на добиениот сигнал

- Намалување на резултатите од мерењето како резултат на геометријата (Edge Effect).
- Зголемување на резултатите од мерењето како резултат на геометријата (Mass Effect).
- Влијание од завар
- Отвор во материјалот кој се испитува



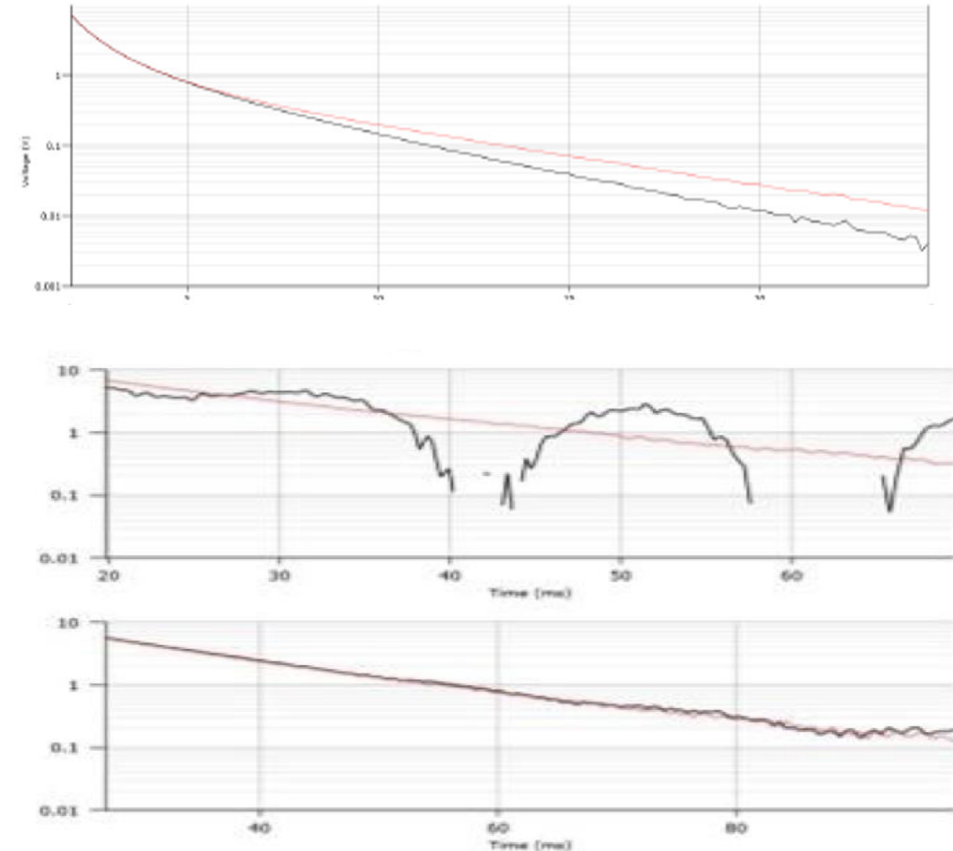
Фактори кои влијаат на квалитетот на сигналот

- Вибрации
- Висока амплитуда на сигналот (Signal saturation)
- Слаб сигнал
- Скенирање со зголемена брзина (Overspeed)
- Искривување (прекинување) на сигналот (Signal distortion)
- Несоодветно совпаѓање на сигналот (Bad fit)

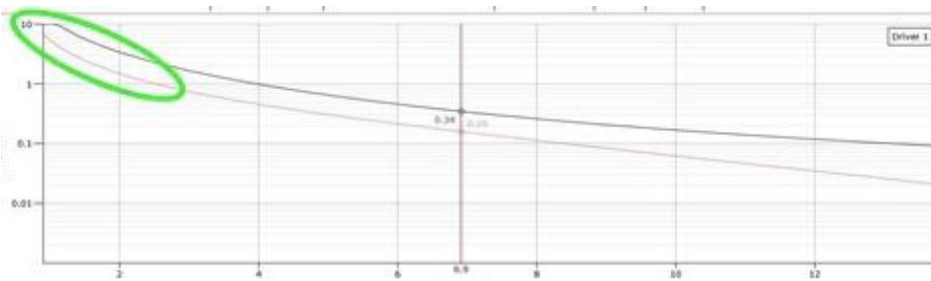


Се појавува поради вибрации и бучава предизвикани од околината: пумпи, опрема што ротира, проток на флуид итн.

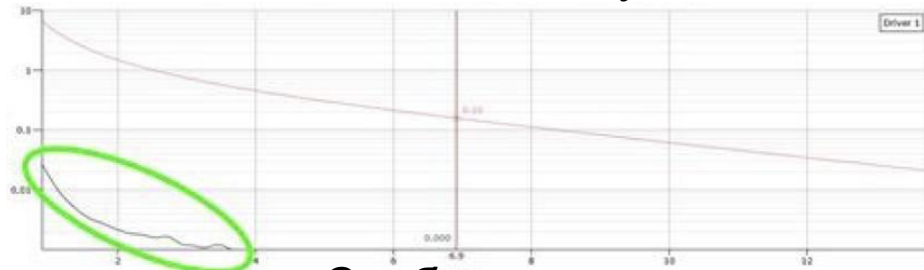
Се надминува со зголемување на бројот на електромагнетни пулсеви во еден чекор на сондата или отстранување на изворот на вибрации.



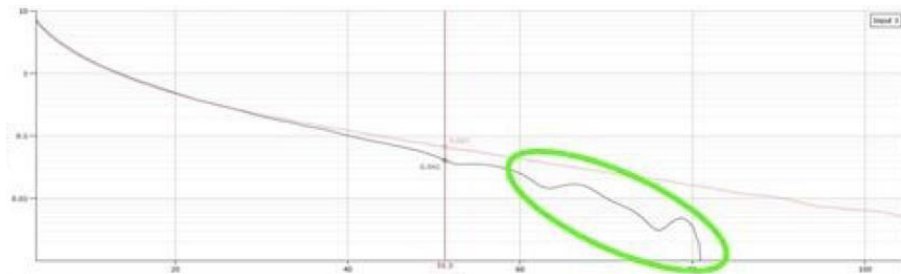
Фактори кои влијаат на квалитетот на сигналот



Висока амплитуда



Слаб сигнал



Скенирање со зголемена брзина

Надминување на амплитудата од 10V, предизвикана од:

- Варијации во висина на изолацијата
- Локализирани промени во особините на материјалот
- Преклопување на надворешната обвивка на изолацијата

Се надминува со повторна калибрација во друга зона од цевководот.

Сигнал со амплитудата од помала од 1V, предизвикана од:

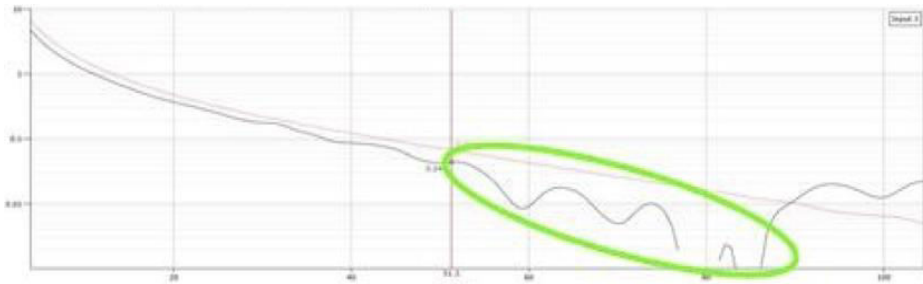
- Драстично зголемување на висината на изолација од првичната зона на калибрација

Се надминува со повторна калибрација во друга зона од цевководот.

Се добива при скенирање со динамичен начин (со енкодер).

Се надминува со намалување на брзината на скенирање.

Фактори кои влијаат на квалитетот на сигналот

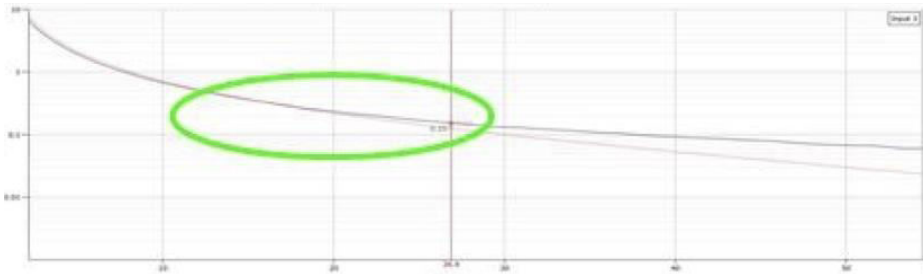


Искривување (прекинување) на сигналот

Се предизвикува од:

- Голема брзина на скенирање
- Движење/вибрации на сондата
- Зона со зголемена бучава

Се надминува со зголемен број на електромагнетни пулсеви во еден чекор на сондата и стабилизирање на сондата



Несоодветно совпаѓање на сигналот

Добиениот сигнал не се совпаѓа со калибрациониот сигнал:

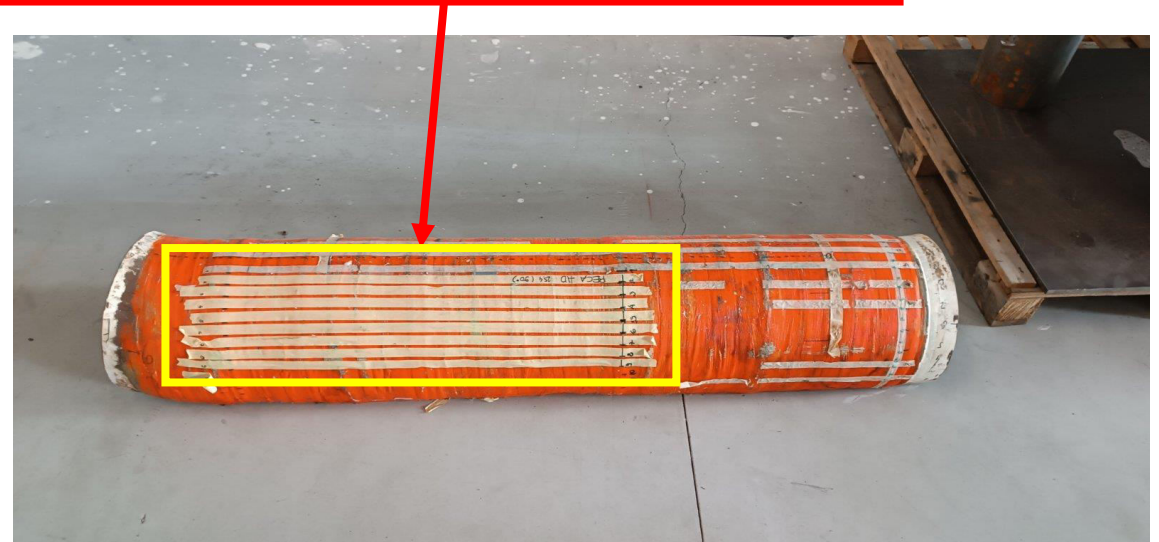
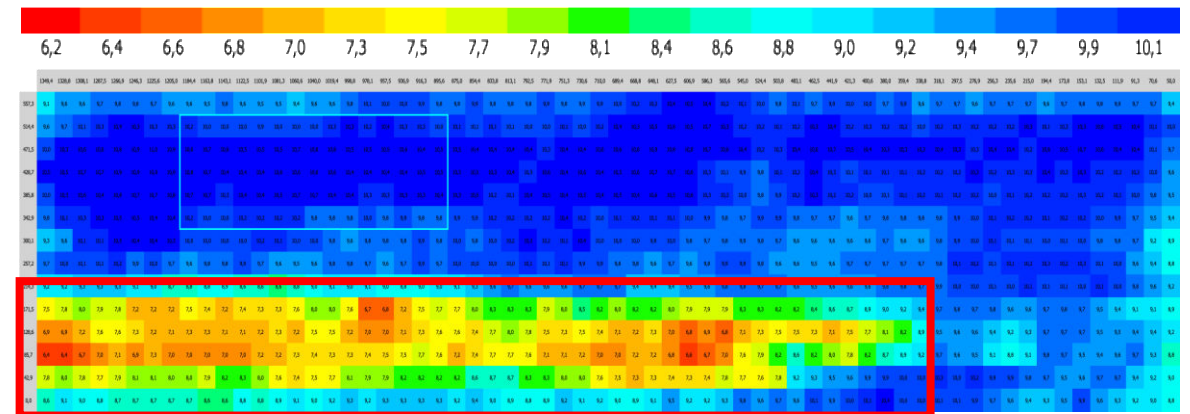
- Зголемена бучава и вибрации
- Метални елементи во внатрешноста на изолацијата
- Заостанати магнетни сили во материјалот
- Несоодветна калибрација

Се надминува со зголемен број на електромагнетни пулсеви во еден чекор на сондата или повторна калибрација.

Примери за употреба на техниката

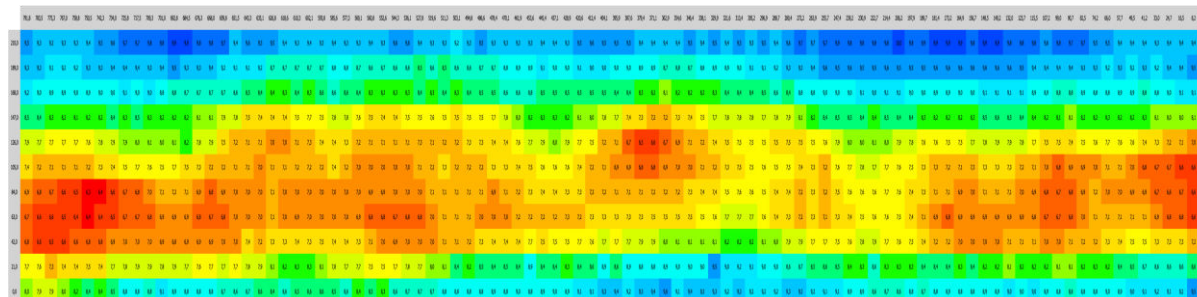
Технички податоци за цевката :

- Дијаметар на цевката: 323.9 mm
- Номинална дебелина на сидот од цевката: 10.3 mm
- Должина на цевката: 1420 mm
- Дебелина на композитната обвивка: 10 mm



Минимална дебелина во сегментот со дефект – 4.5 mm.

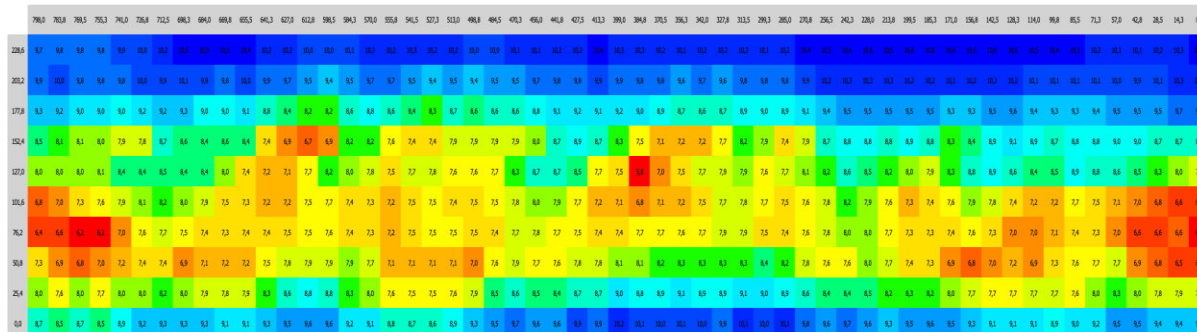
Примери за употреба на техниката



Резултати добиени со сонда со еден елемент.

РЕС-025 Сонда, скенирање со висока резолуција

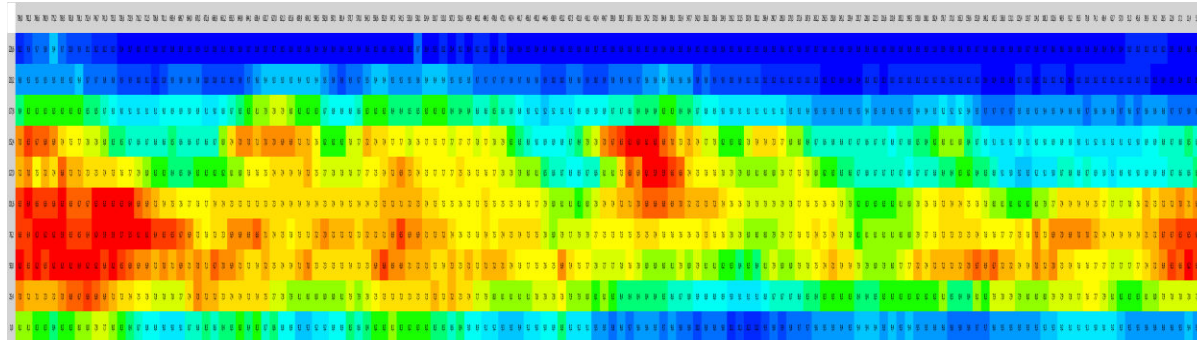
Минимална дебелина – 6.4 mm.



Резултати добиени со сонда со три двојни елемент.

РЕСА-HR Сонда, скенирање со CWT опција.

Минимална дебелина – 5.8 mm

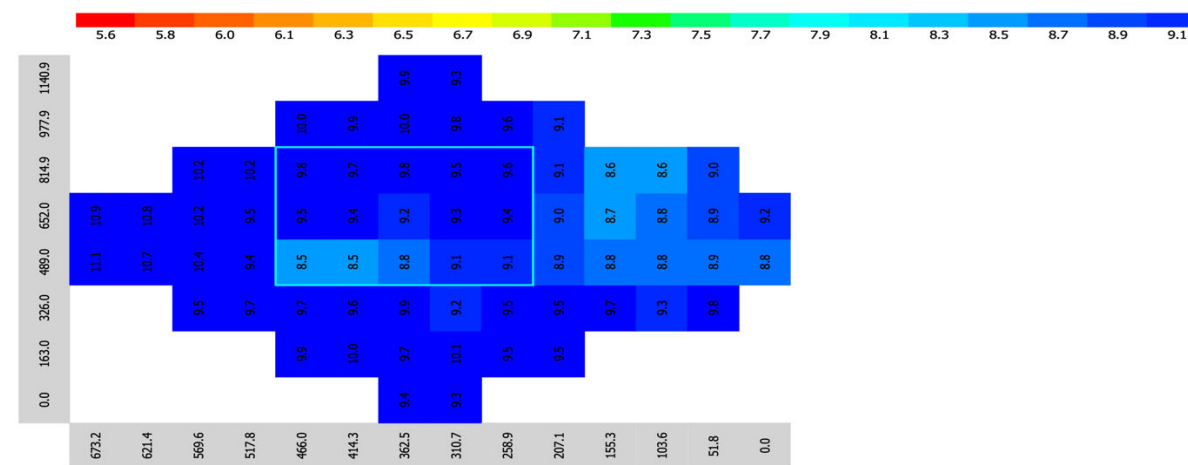
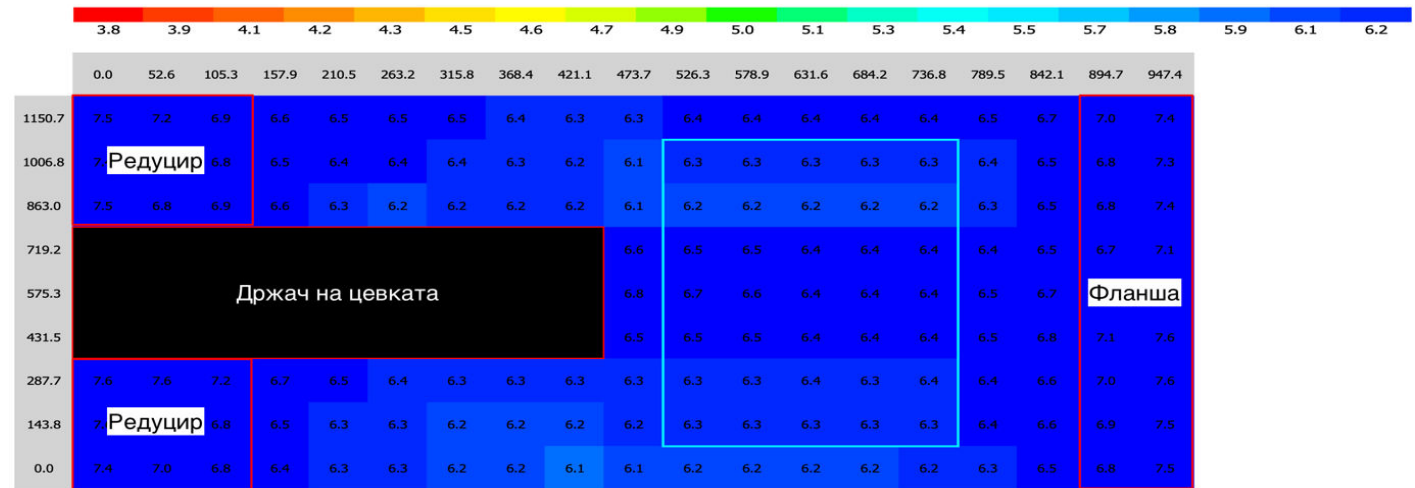


Резултати добиени со сонда со три двојни елемент.

РЕСА-HR Сонда, скенирање со висока резолуција.

Минимална дебелина – 5.5 mm

Примери за употреба на техниката



Заклучок

Пулсирачки вртложни струи

Предности:

- Брзина на скенирање
- Функционира без директен контакт
- Добра прецизност
- Се користи на површини со висока температура
- Се користи од цевки со дијаметар од 33.4 mm па се до рамна површина

Недостатоци

- Скрининг метода
- Се користи само кај јаглороден челик
- Чувствителна техника (вибрации, фланши, убод, рабови)
- Не разликува внатрешно/надворешно оштетување
- Резултатите се средна вредност од скенирана површина
- Висока цена на опремата

Ви благодарам на вниманието!