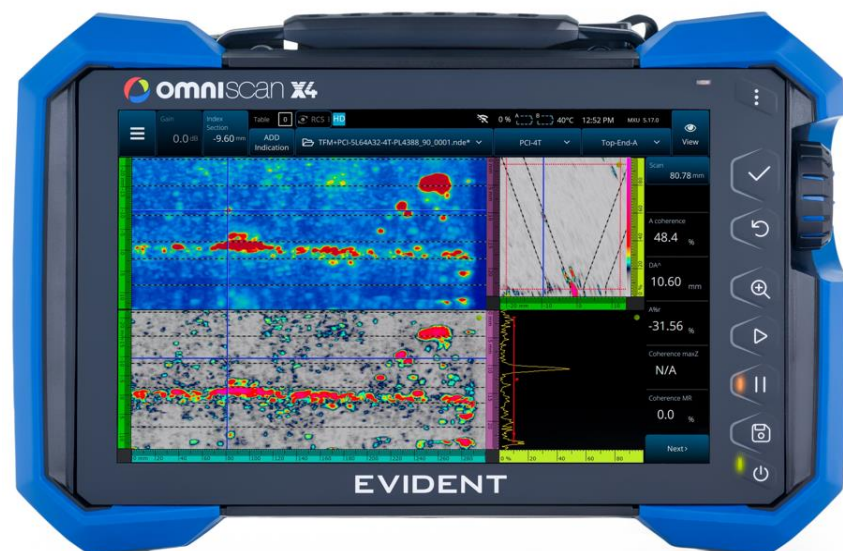
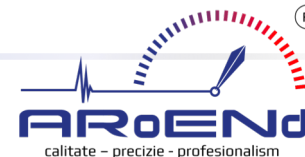




Simpozionul International



Metode Ultrasonice Avansate - Tendinte si Aplicatii

Advanced Ultrasonic Methods - Trends and Applications

Octav Teodorescu, Victor Coman



Metode Ultrasonice Avansate - Tendinte si Aplicatii

Tehnologii ultrasonice

Teste experimentale in-situ

Echipamente si metode

Teste comparative pe blocul de referinta

Exemple rezultate in-situ comparative

Concluzii

Etape

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

1. Achizitie (FMC, PWI ...)

2. Re-constructie / procesare (TFM, PCI ...)



Metode de achizitie si reconstructie

Achizitie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Metoda Capturii Matriciale Totale - FMC (Full Matrix Capture)

Metoda Imagisticii cu Unde Plane - PWI (Plane Wave Imaging)



Metode de achizitie si reconstructie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Achizitie: Metoda Capturii Matriciale Totale - FMC (Full Matrix Capture)

Ce este?

O metodă completă de achiziție a datelor în care **fiecare element** al traductorului transmite individual, iar **toate celelalte elemente** recepționează ecourile pentru fiecare transmisie.

Cum funcționează?

Dacă ai un array cu 64 de elemente:

Se vor face 64 de transmisii (câte una pe element),

Pentru fiecare transmisie, se vor colecta 64 de recepții → $64 \times 64 = 4096$ semnale în total.

Avantaje:

Extrem de precisă

Ideală pentru procesare / reconstructie cu metoda TFM

Permite focalizare totală în post-procesare

Dezavantaje:

Achiziție lentă

Cantitate mare de date → necesită mai multă putere de procesare



Metode de achizitie si reconstructie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Achizitie: Metoda Imagisticii cu Unde Plane - PWI (Plane Wave Imaging)

Ce este?

O metodă în care se transmit **unde plane** prin activarea simultană a mai multor elemente (sau a întregului array), sub un anumit unghi, și se colectează datele de la toate elementele în același timp.

Cum funcționează?

Se trimit unde plane la diferite unghiuri (de exemplu 15°, 30°, 45°). Pentru fiecare unghi, toate elementele primesc semnalul simultan.

Avantaje:

Mult mai rapidă decât FMC

Permite achiziția datelor în timp real

Mai eficientă pentru aplicații dinamice sau în producție

Dezavantaje:

Ușor mai puțină precizie comparativ cu FMC, în unele cazuri

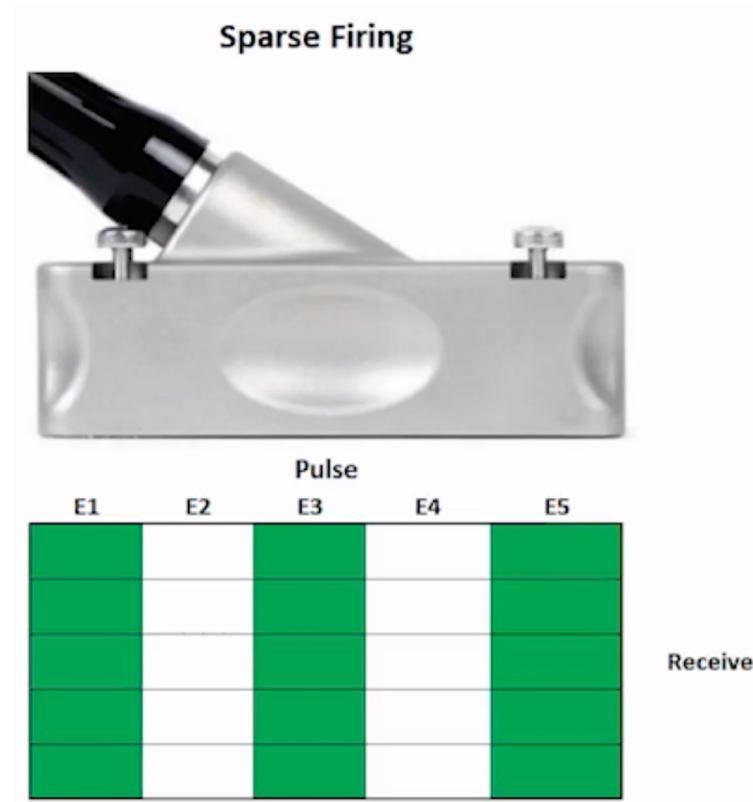
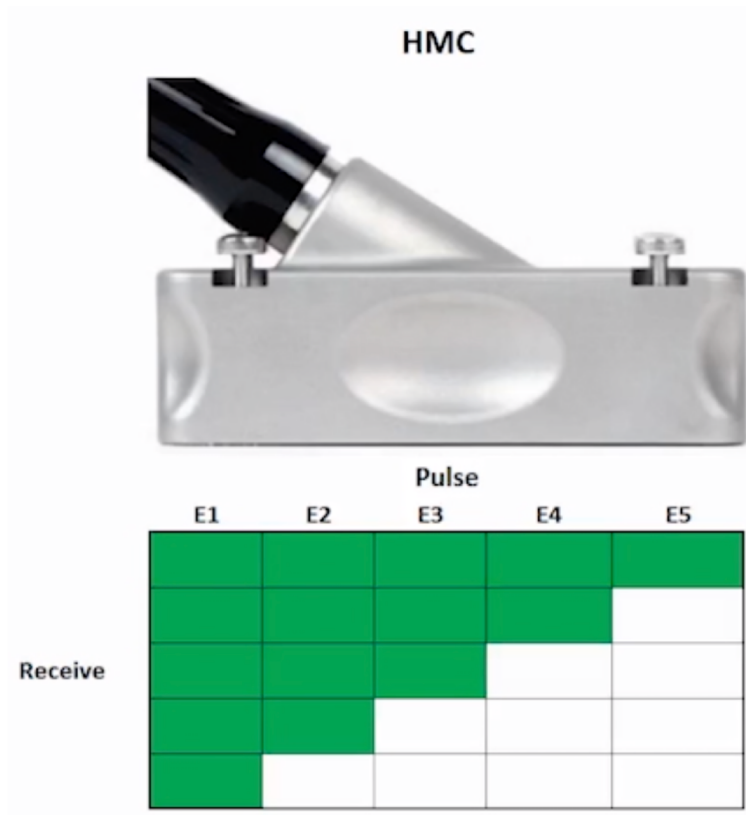
Performanța poate depinde de configurația unghiurilor și algoritmi de reconstrucție



Metode de achizitie si reconstructie

Achizitie FMC – HMC vs SPARSE

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI



Metode de achizitie si reconstructie

Procesare / Reconstructie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

1

PCI

- Detecteaza reflexii si difractii pe varful discontinuitatilor
- Imagini mai clare ale discontinuitatilor de dimensiuni reduse

2

TFM

- Imagini focalizate in intreaga zona de interes
- Detectabilitate ridicata si dimensionare precisa

3

PAUT

- Tehnica bazata pe amplitudine
- Viteza si flexibilitate
- Acoperire mare

4

ToFD

- Semnale de difractie
- Dimensionare precisa, ne-afectata de orientarea discontinuitatilor



NAMICON

Metode de achizitie si reconstructie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Reconstructie: Metoda Focalizarii Totale - TFM (Total Focusing Method)

Ce este?

TFM este o tehnică de reconstrucție a imaginii care folosește datele brute dintr-o achiziție FMC sau PWI pentru a focaliza „numeric” în fiecare punct dintr-o zonă de interes.

Cum funcționează?

Se calculează timpul de zbor (TOF – Time of Flight) pentru fiecare combinație TX-RX (transmițător-receptor).

Pentru fiecare pixel din imagine, se adună coerent toate semnalele corespunzătoare (cu corecții de fază).

Se creează o imagine **cu focalizare completă** în toată zona (nu doar pe o singură adâncime).

Avantaje:

Rezoluție foarte mare si detecție excelentă a defectelor mici

Focalizare completă pe toată imaginea

Ideal pentru inspecții critice

Dezavantaje:

Necesită multă putere de procesare

Timp mai lung de achiziție și afișare

Necesită date FMC → fișiere mari



Metode de achizitie si reconstructie

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Reconstructie: Metoda Imagisticii cu Coerenta de Faza – PCI (Phase Coherence Imaging)

Ce este?

PCI este o tehnică care analizează **coerența de fază** a semnalelor primite de la mai multe combinații TX-RX pentru a identifica zonele în care semnalele sunt bine alinierte (coerente) – ceea ce indică prezența unui reflector (defect).

Cum funcționează?

Nu se bazează direct pe amplitudine, ci pe **coerenta fazei** semnalelor recepționate. Zonele în care semnalele sunt „în fază” sunt evidențiate ca potențiale defecte.

Avantaje:

- Îmbunătățește detecția defectelor reale (prin reducerea „zgomotului”)
- Reduce alarmele false
- Oferă contrast sporit între material fara defecte și zone cu discontinuități
- Se poate folosi împreună cu TFM

Dezavantaje:

- Nu generează imagine completă de sine stătător (se folosește ca filtru)
- Poate fi sensibil la variații de fază din cauza geometriei



Comparatie PAUT vs TFM vs PCI

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Inspectie sudura

Primele teste comparative s-au efectuat pe o sudura single V cu grosime de 25.4 mm. Testele au fost efectuate cu o sonda 5L64 A32 si pana N55S.

PAUT: scanare Compound 40° ... 70° cu pas de 0.5°

FMC utilizand TFM si PCI: mod T-T (configuratie **full matrix** si **sparse**)

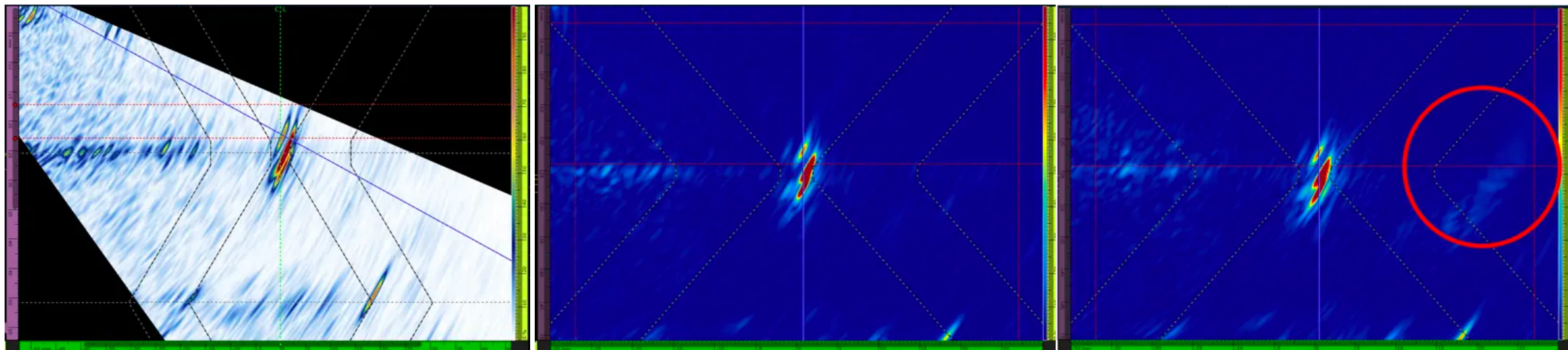
PWI utilizand TFM si PCI: mod T-T (unghiuri 40° ... 70° cu diversi pasi)



Comparatie PAUT vs TFM vs PCI

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Inspectie sudura – metode bazate pe amplitudine – PAUT si TFM



PAUT viteza scanare: 132 mm/s

FMC/TFM viteza max scanare: 18 mm/s

PWI/TFM viteza max scanare: 38 mm/s

Observăm aici că semnalele sunt comparabile între diferitele tehnologii.

PWI afișează un ecou nedorit în afara zonei de inspecție (încercuit cu roșu).

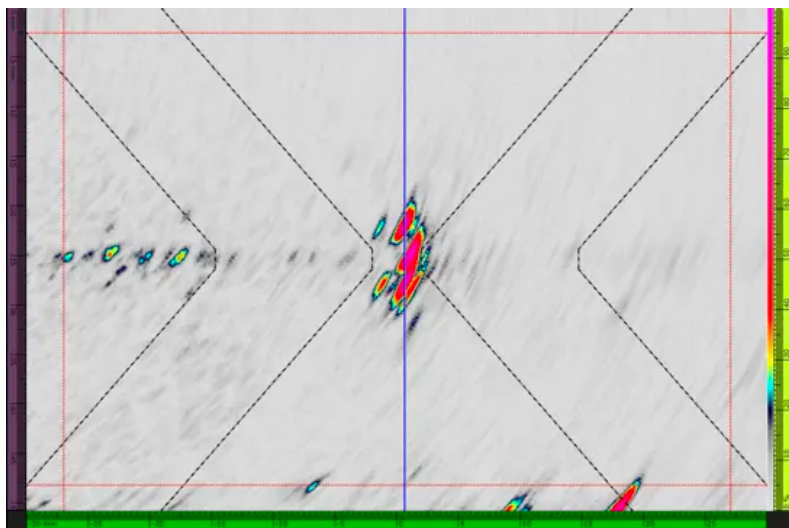
PWI permite o viteză de scanare aproximativ de două ori mai mare decât FMC.

Totuși, rezultatele PAUT sunt la fel de bune, iar viteza de inspecție este semnificativ mai bună.

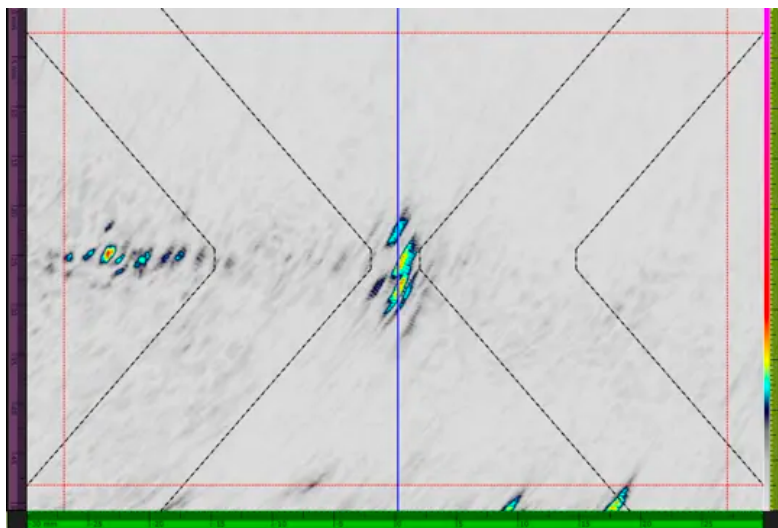
Comparatie PAUT vs TFM vs PCI

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

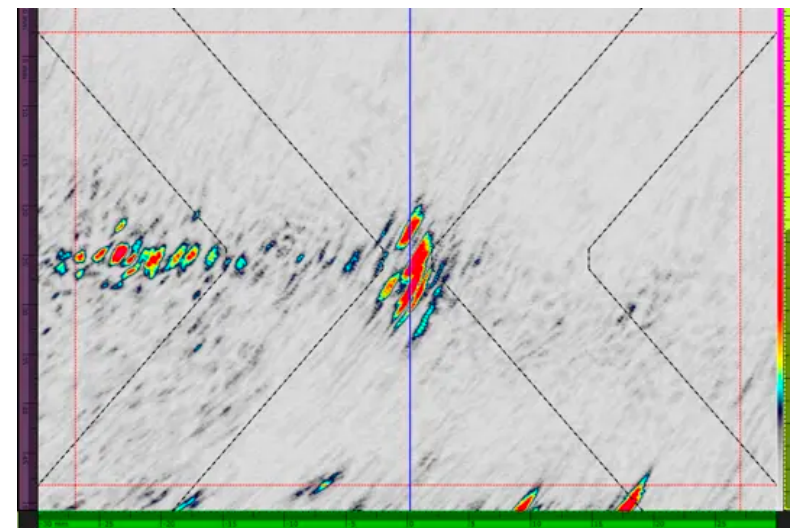
Inspectie sudura – metode bazate pe faza - PCI



FMC/PCI viteza max scanare: 17 mm/s



PWI/PCI viteza max scanare: 35 mm/s



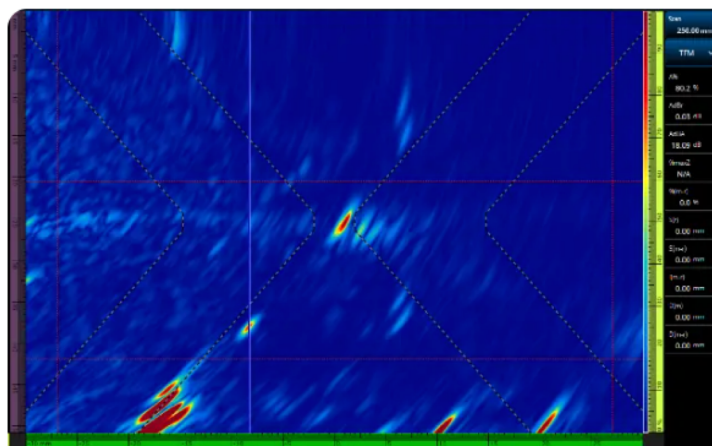
PWI/PCI viteza max scanare: 35 mm/s
Cu ajustarea paletii de culori

Observăm aici că, deși PWI permite o viteză de scanare mai mare, există un compromis semnificativ în ceea ce privește calitatea semnalului, aceasta degradându-se pe măsură ce viteza crește.

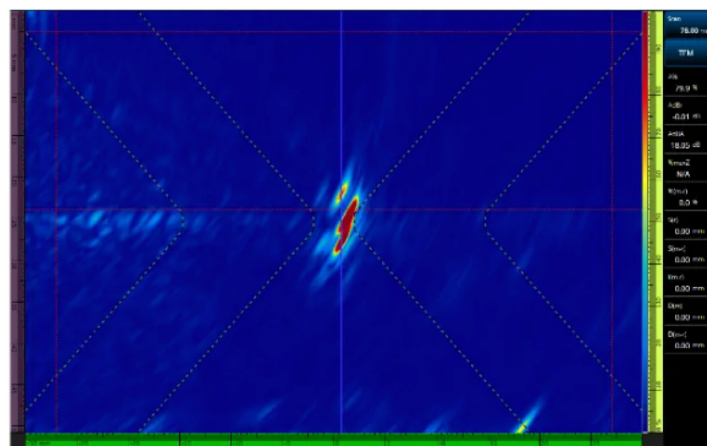
Comparatie PAUT vs TFM vs PCI

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Inspectie sudura – metode bazate pe amplitudine – TFM cu FMC si FMC Sparse 1/2

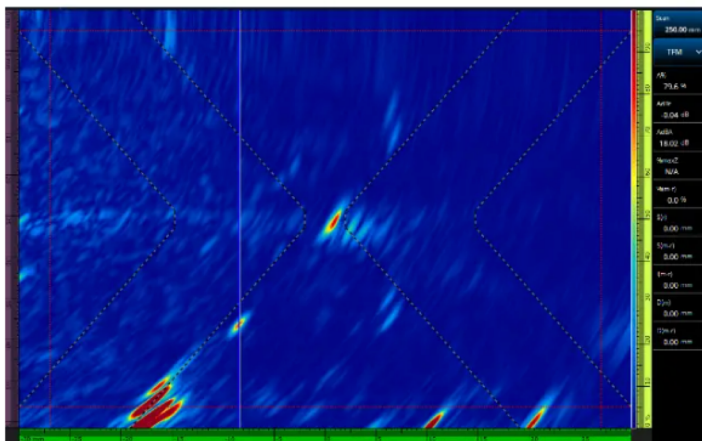


a.

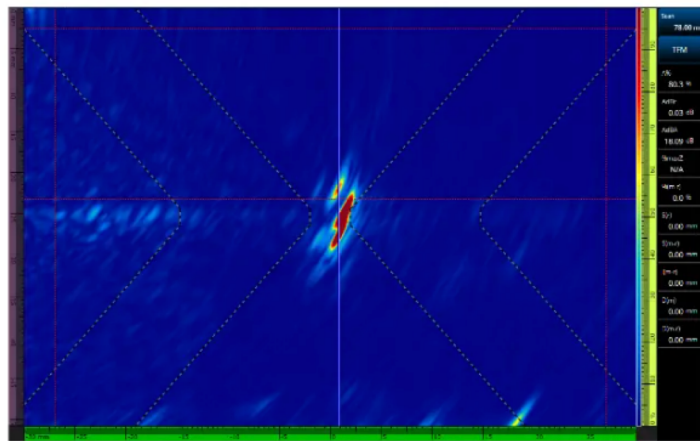


b.

FMC/TFM Full Matrix viteza max: 18 mm/s



c.



d.

FMC/TFM Sparse 1/2 viteza max: 36 mm/s

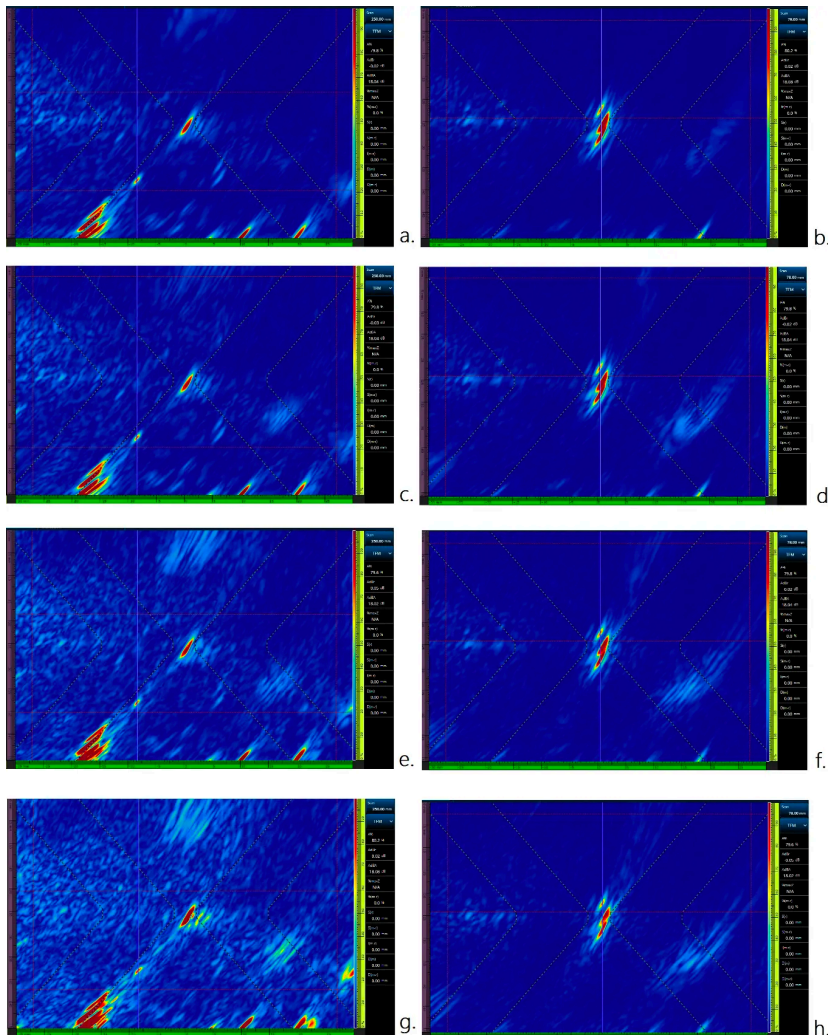
Am folosit setarea de emisie „Sparse 1/2”. Aceasta a avut un impact asupra nivelului de zgomot pentru defecte: pentru LORP, raportul semnal-zgomot (SNR) a scăzut de la 30,8 dB la 29,4 dB; iar pentru fisura „toe crack”, SNR-ul a scăzut de la 25,6 dB la 23,1 dB.

Observăm aici că viteza de scanare cu setarea Sparse 1/2 este echivalentă cu cea a PWI cu un pas de unghi de 1°, însă fără dezavantajul semnalului nedorit.

Comparatie PAUT vs TFM vs PCI

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Inspectie sudura – metode bazate pe amplitudine – TFM cu PWI cu pasi diferiti



Viteza maximă de scanare PWI/TFM în funcție de pasul unghiului:

Pas unghiular de 1°: 38 mm/s (a și b)

Pas unghiular de 2°: 73 mm/s (c și d)

Pas unghiular de 3°: 106 mm/s (e și f)

Pas unghiular de 5°: 167 mm/s (g și h)

În comparație, observăm o scădere rapidă a calității semnalului pe măsură ce pasul unghiului PWI este mărit.

Teste experimentale in-situ

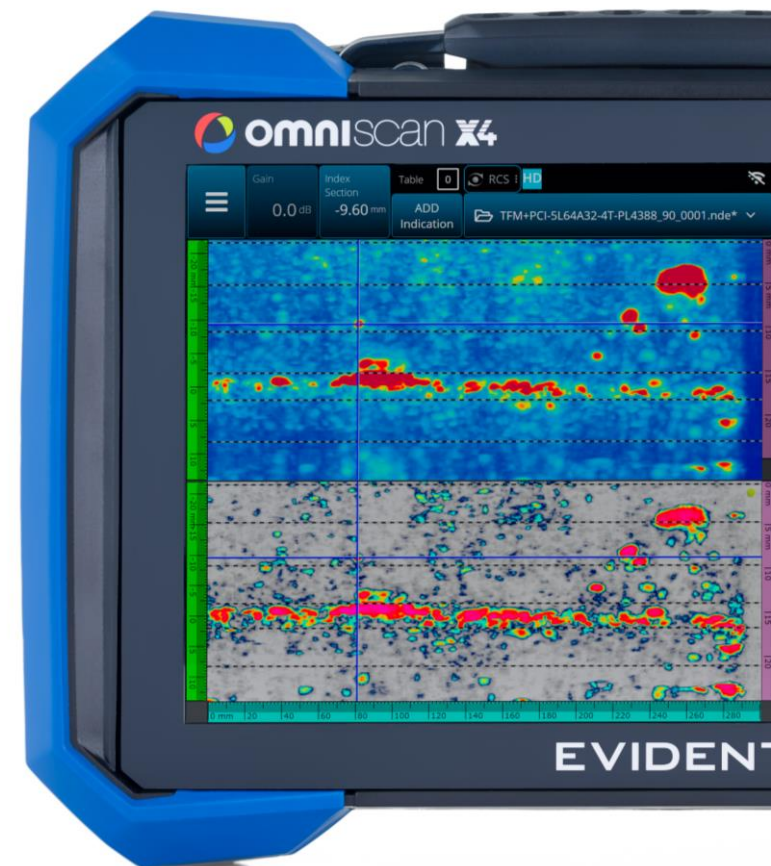
PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Materiale

Suduri: teava OD 48", grosime perete 12,5mm

Sanfren: narrow bevel

Volum: > 50 suduri / > 150 m



NAMICON

Echipamente si metode

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

Etapa 1

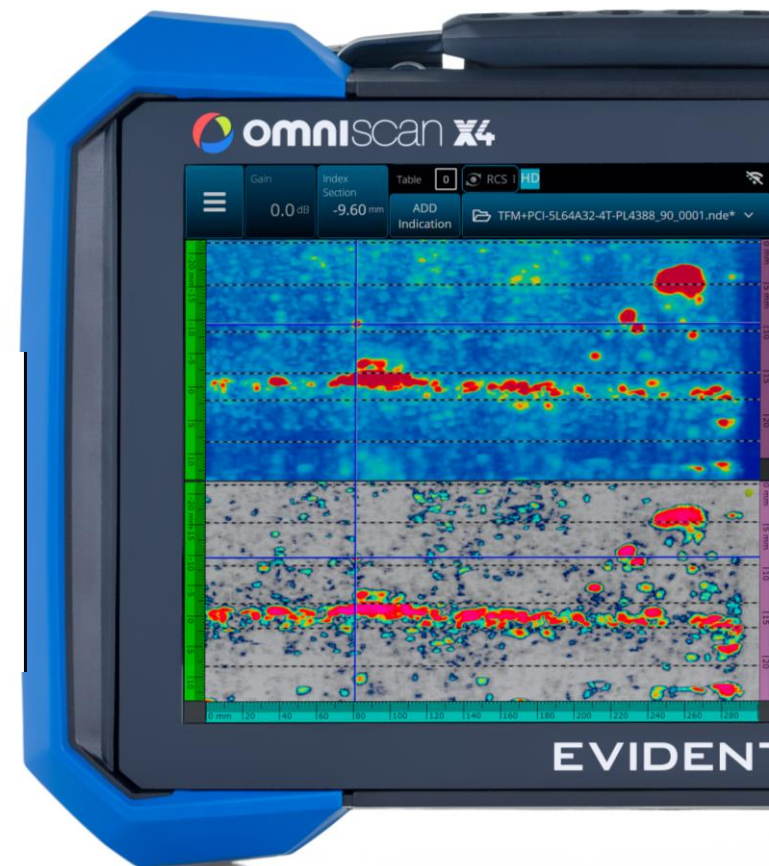
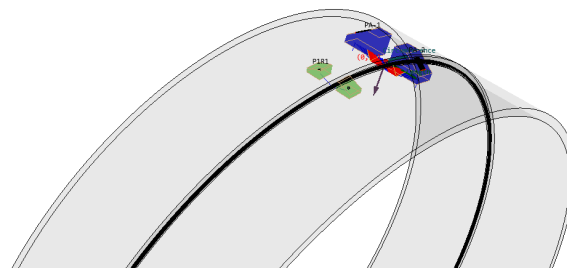
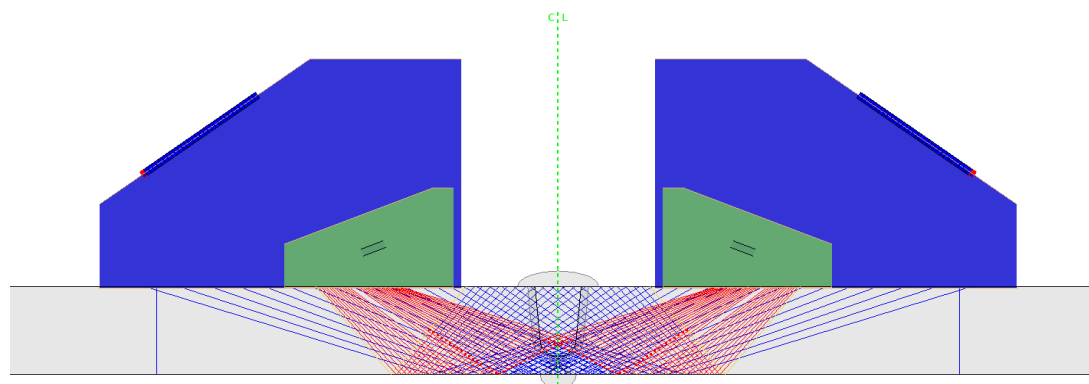
Scanare: 2 grupuri PA – Compound scan 45° ... 70°
1 grup TOFD
2 canale verificare cuplaj

Set-up PA: traductori 5L32-A31, pene SA31-N55S-IHC

Set-up TOFD: traductori C563, 10MHz, 3mm, pene ST1-70L-IHC

Defectoscop: OmniScan X4 64:128PR

Scanner: AxSEAM



Echipamente si metode

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

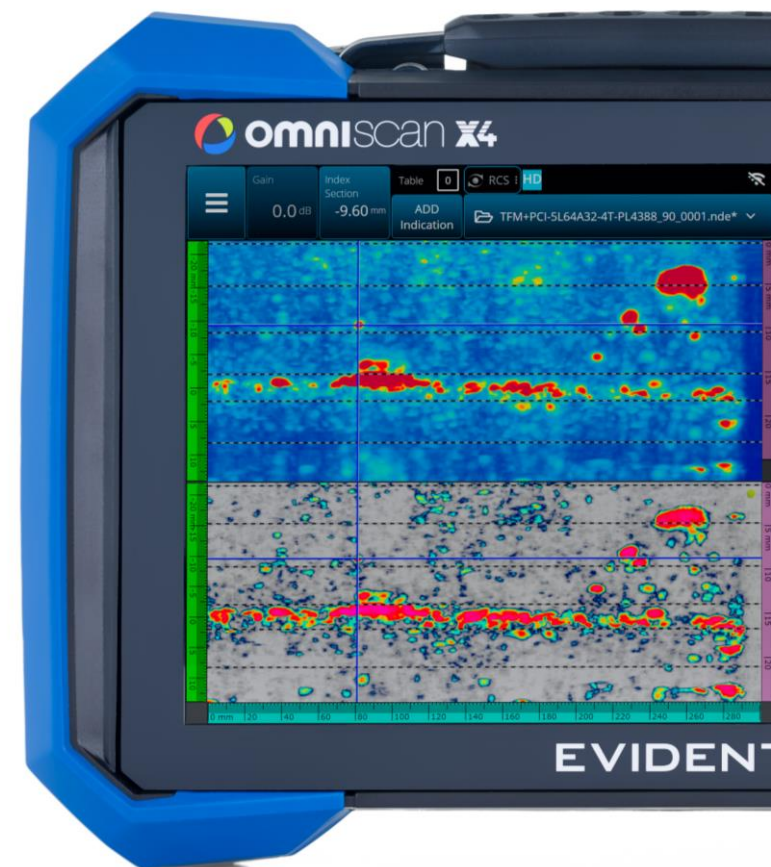
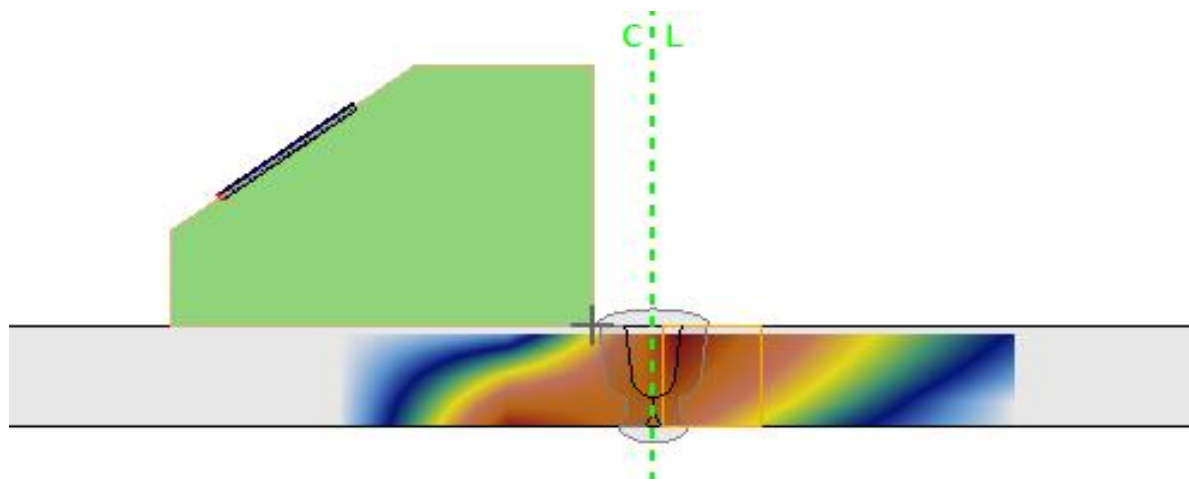
Etapa 2

Scanare: 1 grup TFM – mod de propagare TT-TT
1 grup PCI – mod de propagare TT-TT

Set-up TFM&PCI: traductor 5L32-A31, pana SA31-N55S-IHC

Defectoscop: OmniScan X4 64:128PR

Scanner: AxSEAM

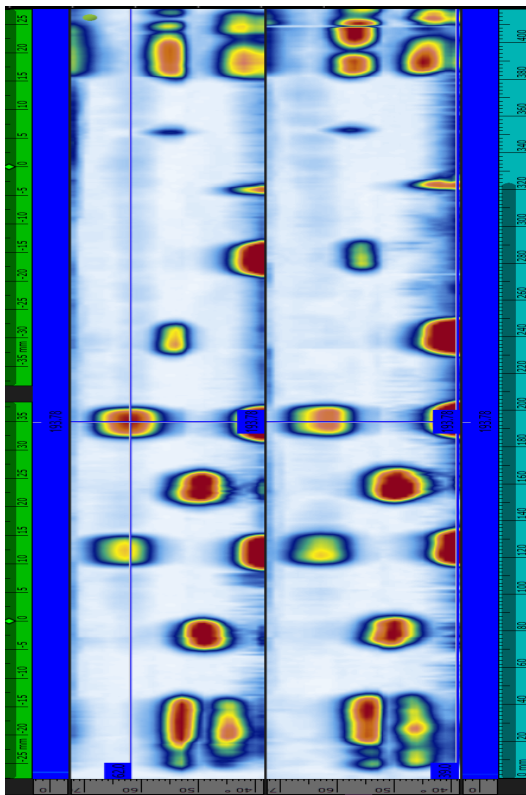


NAMICON

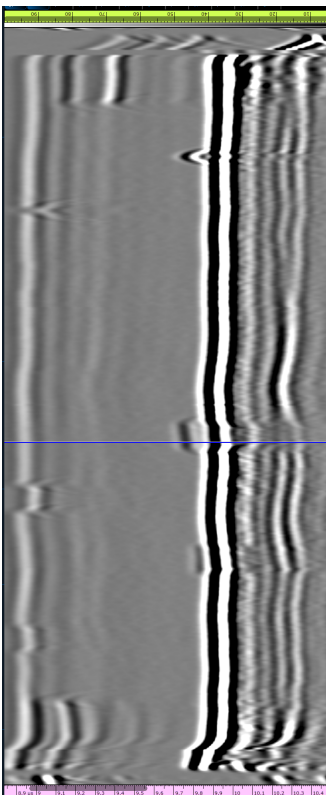
Teste comparative pe blocul de referinta

PAUT / UT / TOFD / FMC / PWI / TFM / PCI

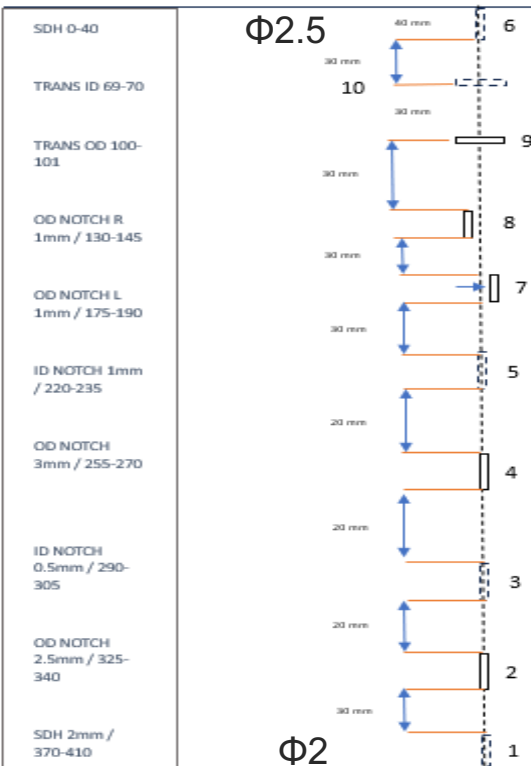
PA



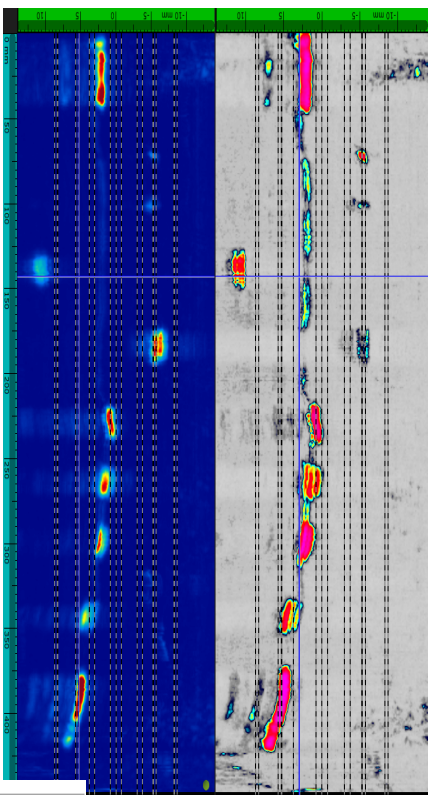
TOFD



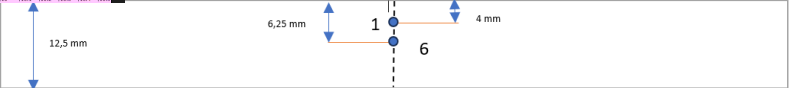
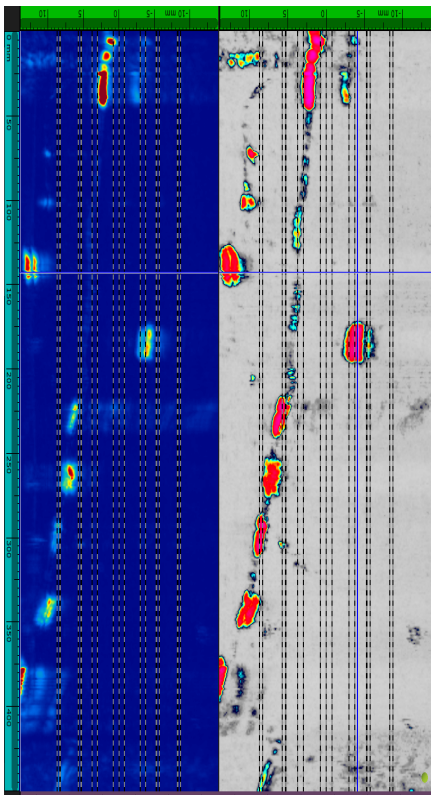
Bloc de referinta
10 discontinuitati



TFM / PCI



TFM / PCI



Testul 38 – Lipsa de topire

PCI vs TFM vs PA vs TOFD

- Discontinuitatea este detectata doar de pe partea dreapta a sudurii (skew 270°) prin metodele PCI, TFM si PA
- Examinarea de pe o singura parte nu este posibila in acest caz
- Sensibilitate ridicata pentru PCI, TFM si PA (skew 270°)
- Pentru metoda TOFD, indicatia este mascata de unda laterala

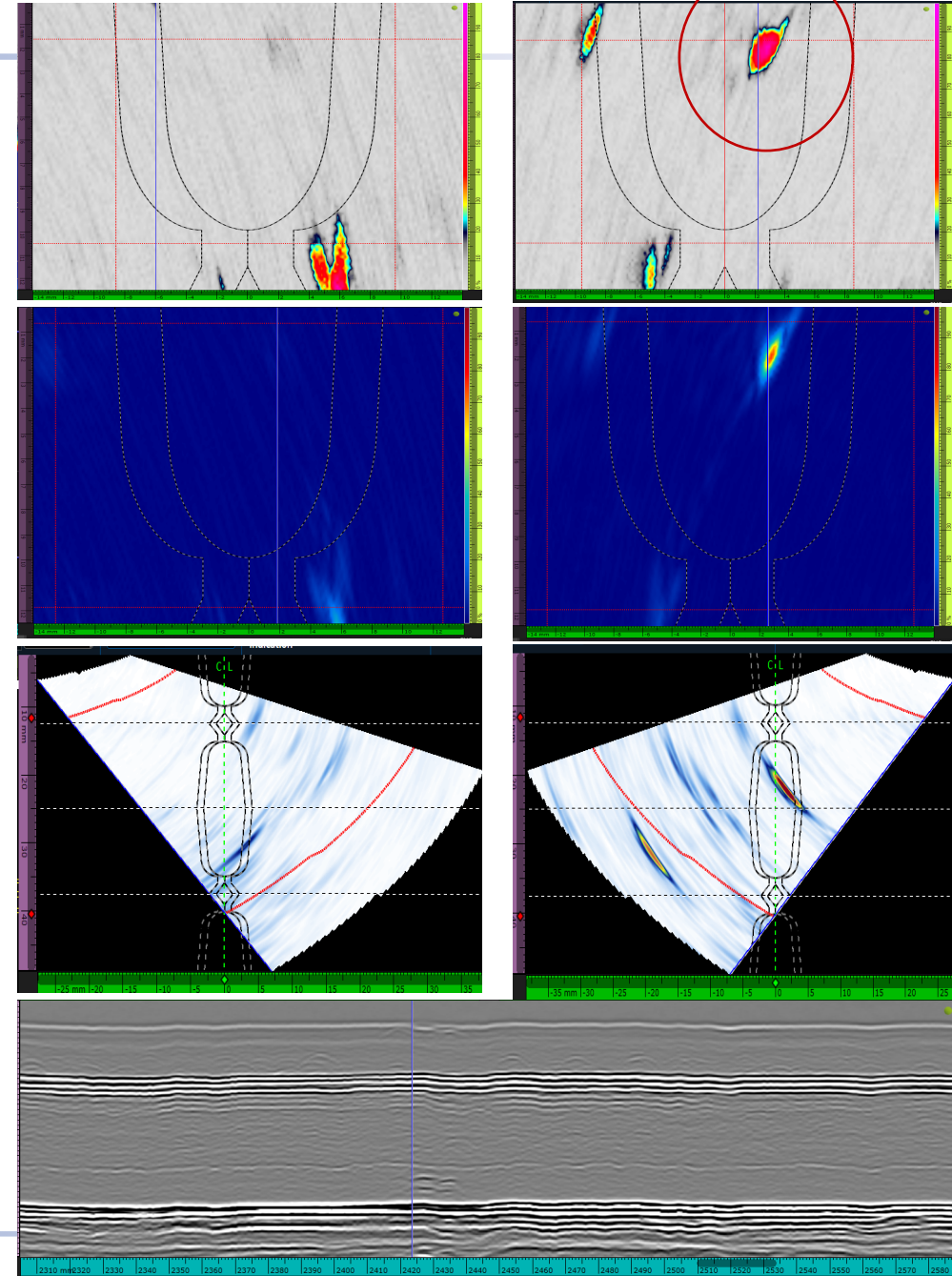
PCI

TFM

PA

TOFD

Skew 90° END views Skew 270°



Testul 44 – Porozitate

PCI vs TFM vs PA vs TOFD

- Examinarea de pe o singura parte este posibila cu metoda PCI, deoarece discontinuitatea este detectata de traductoarele de pe ambele parti
- Metodele PCI si TOFD sunt mai sensibile pentru detectarea porozitatilor (discontinuitati de tip difractiv) decat metodele bazate pe amplitudine

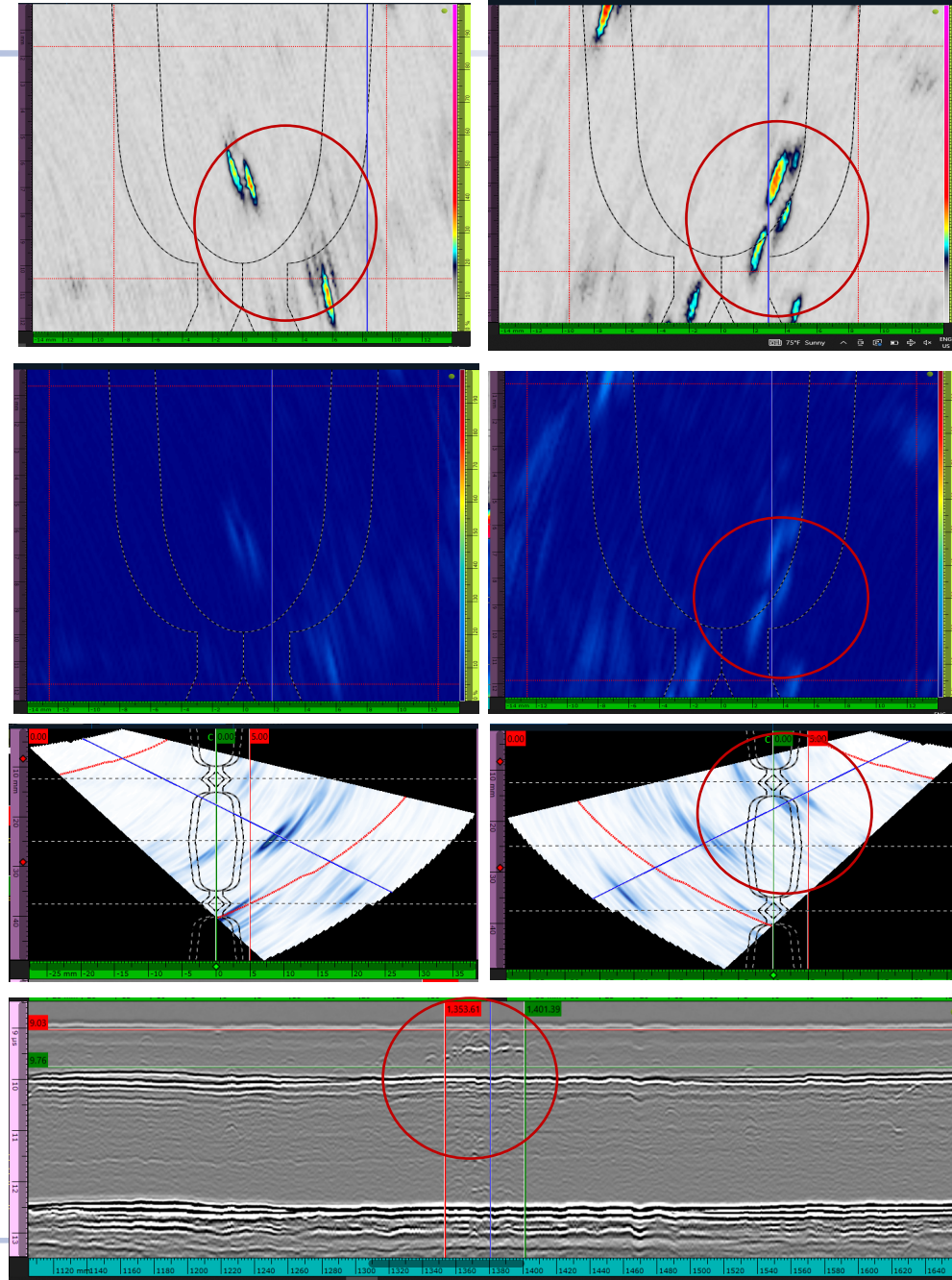
PCI

TFM

PA

TOFD

Skew 90° END views Skew 270°



Testul 47 – Concavitate

PCI vs TFM vs PA vs TOFD

- Examinarea de pe o singura parte nu este posibila in acest caz doar traductoarele de pe o parte a sudurii o detecteaza
- Indicatia este mai bine detectata prin metoda PCI si TOFD (side view / B-scan) decat prin metodele bazate pe amplitudine, TFM si PA

PCI

TFM

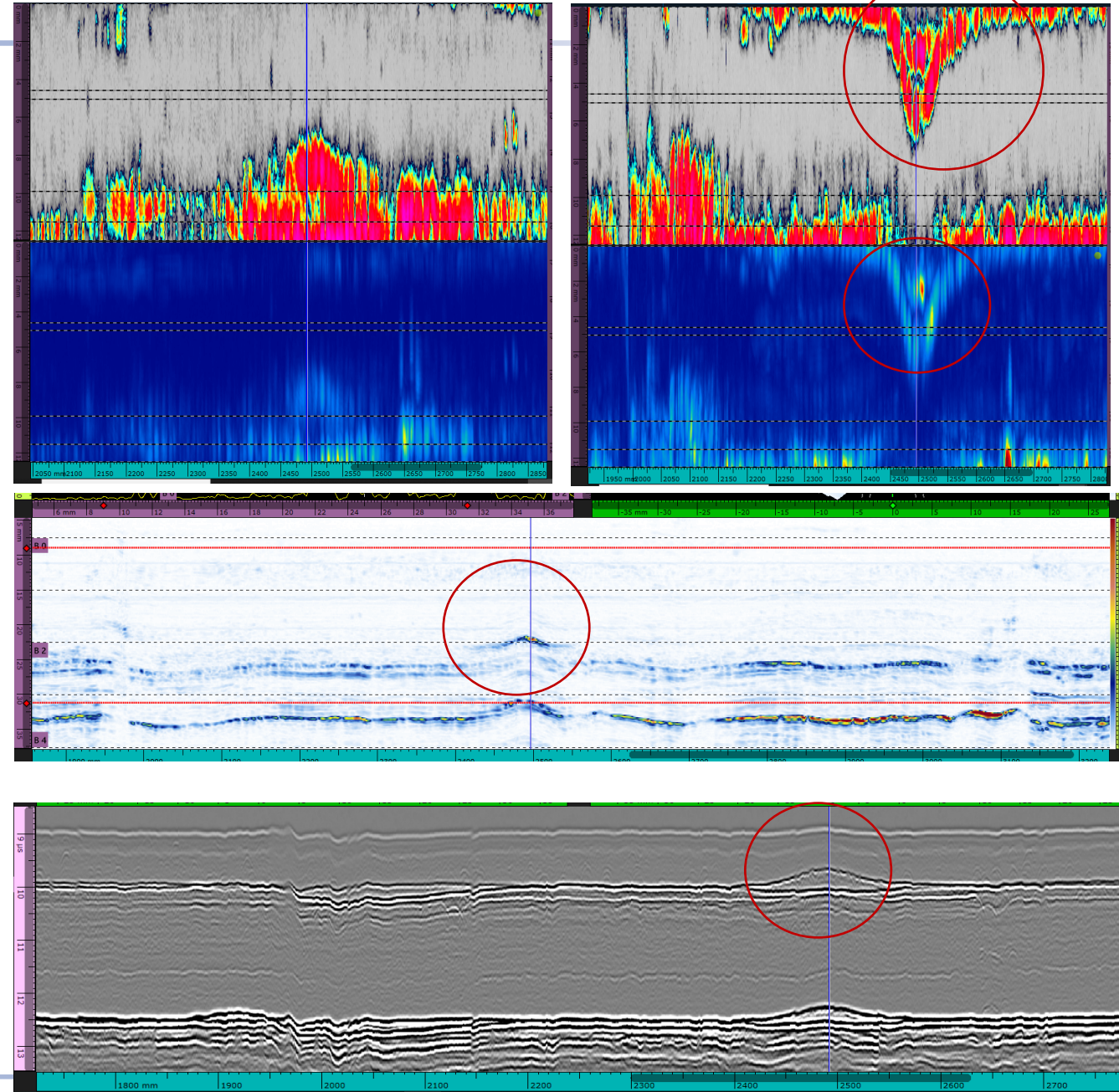
PA

TOFD

Skew 90°

SIDE views

Skew 270°



Testul 48 – Lipsa de topire

PCI vs TFM vs PA vs TOFD

- Prin metoda PCI se evidentiaza 2 ecouri de difractie distincte – acest lucru permite masurarea inaltimii discontinuitatii intre cele 2 ecouri de difractie
- Examinarea de pe o singura parte este posibila in acest caz
- Nu exista o zona moarta (spre deosebire de metoda TOFD unde indicatia este mascata de unda laterala)

PCI

TFM

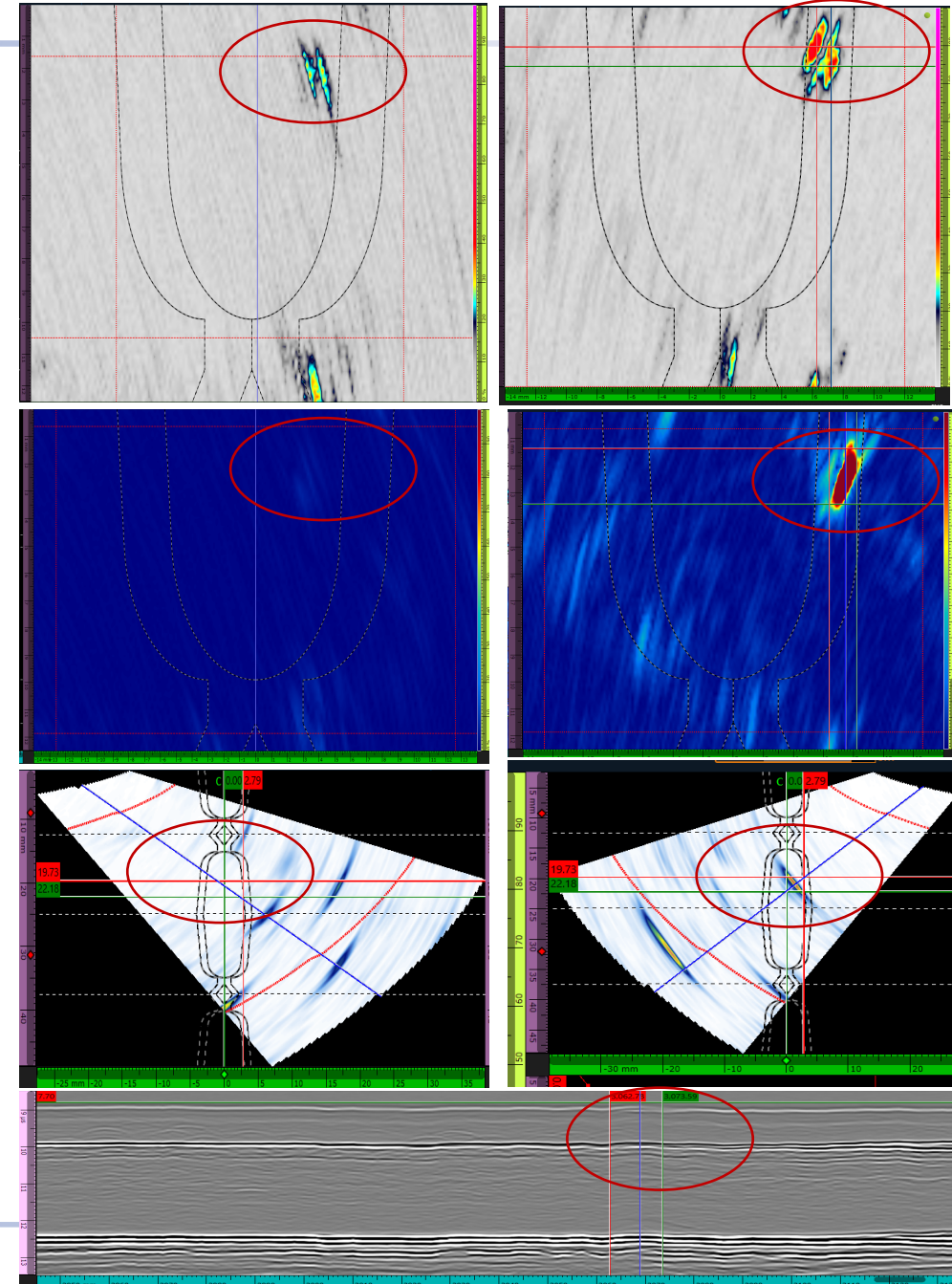
PA

TOFD

Skew 90°

END views

Skew 270°



Concluzii – metoda PCI

PROS:

- Deoarece este o metodă de imagistică care nu se bazează pe amplitudine, interpretarea imaginii nu se bazează pe semnale calibrate în amplitudine, ceea ce reprezintă un avantaj față de metoda TFM convențională bazată pe amplitudine.
- Sensibilitate mai mare pentru discontinuitățile înguste și ascuțite și, în general, la geometriile difractive.
- Permite dimensionarea precisă a defectelor tip creștătură / fisură fără a utiliza considerații semi-empirice care ar putea fi ușor alterate de un proces de calibrare sau de atenuare a materialului.
- Nu necesită o procedură de calibrare, ceea ce face dimensionarea creștăturii / fisurii mai ușoară și mai precisă în comparație cu metoda TFM convențională.
- Amplificarea poate fi setată la o valoare foarte scăzută, prevenind saturarea semnalului.
- În plus, un instrument cu un procesor suficient de puternic, cum ar fi defectoscopul OmniScan X4, generează imagini PCI live, astfel încât rezultatele sunt afișate imediat în timpul inspecției.

CONS:

- Reproduce slab reflectoarele plane.
 - Raportul semnal-zgomot (SNR) al PCI este mai mic decât metodele bazate pe amplitudine. Dar acesta nu este un dezavantaj major, deoarece PCI face ușor deosebirea zonelor coerente, indicând prezența defectelor, de zonele incoerente corespunzătoare zonelor de zgomot ale imaginii.
-

Concluzii – metoda PCI

Metoda PCI este deci o tehnică complementară care oferă capacități de dimensionare mai bune pentru lipsa de topire (LOF – Lack of Fusion) și fisurile de-a lungul cordonului de sudură, deoarece ecourile de difracție de la vârfurile defectelor sunt mai bine detectate.

Imagistica cu coerență de fază PCI oferă o vizualizare mai bună a porozităților fără a fi necesară creșterea amplificării. Metoda PCI este deasemenea mai puțin sensibilă la orientarea de-a lungul planului pasiv.

Deoarece imagistica cu coerență de fază PCI elimină semnalele care provin de la geometria piesei, metoda este mai bună pentru detectarea defectelor mici aproape de peretele de fund atunci când se efectuează inspecția L0 (cum ar fi defectele de tip HTHA).



Studiile vor continua cu testarea si altor tipuri de suduri si materiale, inclusiv folosind metoda de achizitie PWI.

Inspectii in-situ





THANK YOU!