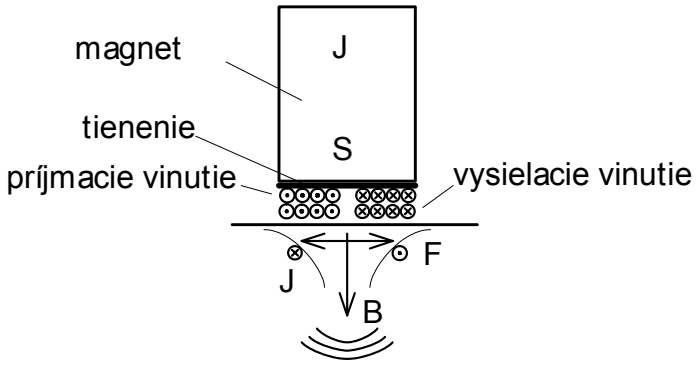
Nové trendy zisťovania korozívneho napadnutia objektov na uskladnenie a transport nebezpečných látok.

Ing. Pavol Kučík / SlovCert s.r.o., Bratislava/

Pre každé zariadenie či už je to potrubie alebo skladovacia nádrž s nebezpečnými látkami je nutné zabezpečovať pravidelnú kontrolu a údržbu. Dobrá znalosť stavu je nevyhnutná pre prevádzku. Z hľadiska pravidelnej diagnostiky je nedeštruktívne testovanie veľmi dôležité pre kontrolu najmä korózneho napadnutia. Počas odstávok alebo aj počas prevádzky je niekedy problematické použiť klasické metodiky nedeštruktívneho testovania, pretože existujú rôzne obmedzenia ako je povrch materiálu, izolácia, teplota, umiestnenie objektu a pod..
Z hľadiska samotného zisťovania a posúdenia korózneho napadnutia je častokrát použitie danej metodiky nie tou najvyššou položkou nákladov, pretože vyššiu položku tvoria náklady s odstránením izolácie a opätovným zaizolovávaním, stavby rôznych lešení, zabezpečenie výkopov, čistenie, časová náročnosť, doba odstávky zariadení a pod. Tieto niekedy tvoria až 80 % všetkých nákladov
Z tohto dôvodu bolo zavedených niekoľko nových moderných metodík monitorovania korózneho poškodenia daných objektov, kde ide najmä o zníženie nákladov a zabezpečenie dostatočnej citlivosti použitej metodiky.
Tu sú niektoré príklady špeciálnych metodík skúšania korózneho napadnutia.

1. Metodika meraní pomocou EMAT

Princíp je založený na využití sondy s elektromagnetoakustickým meničom. Sonda vytvára pomocou Lorentzovej sily šírenie vĺn vo vrstve materiálu, v ktorom tečú vírivé prúdy a ktorý je okrem toho vystavený účinku vonkajšieho magnetického poľa (Obr.1)

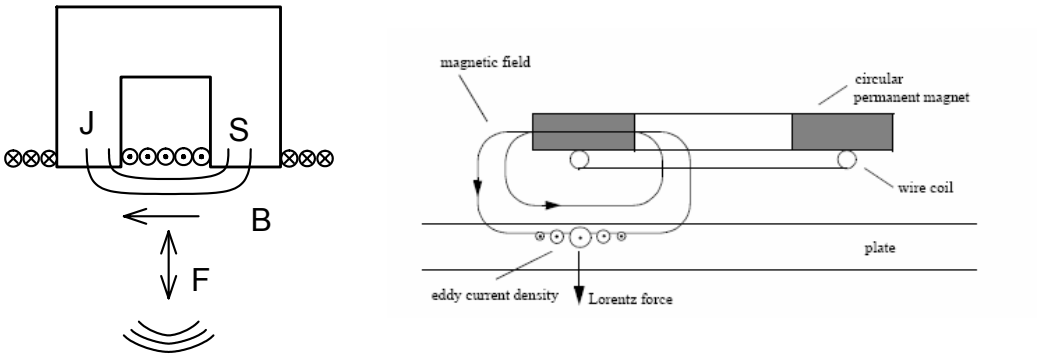


Obr.1 - Schéma elektromagnetoakustického meniča vytvárajúceho priečnu vlnu

Vonkajšie magnetické pole sa vytvára buď permanentným magnetom alebo elektromagnetom, t.j. vinutím navinutým na jadre napájaným magnetizačným prúdom nízkej frekvencie (50Hz). Pod pólom magnetu je umiestnená plochá - špirálová cievka napájaná impulzne prúdom vysokej frekvencie (typicky 500 kHz - 1,5 MHz). V kovom materiáli v blízkosti cievky sa potom indukujú impulzy vírivých prúdov. Pri usporiadaní znázornenom na Obr. 1 tak vznikajú priečne mechanické kmity - ultrazvukové vlny šíriace sa kolmo k povrchu smerom do materiálu. Pri ich odraze od prekážky a návrate k meniču dochádza k opačnému javu, t.j. mechanické kmity častíc v kvázi statickom magnetickom poli vytvárajú v materiáli vírivé prúdy, ktorých premenlivé magnetické pole indukuje v prijímacej cievke elektrické napätie. Je zrejmé, že „súčasťou meniča“ je vlastne aj samotný skúšaný materiál. Nevyhnutnou podmienkou je, aby bol skúšaný materiál elektricky vodivý. Aby sa zabránilo vybudeniu vĺn v jadre meniča, používa sa na strane jadra tieniaca, spravidla medená fólia.

U feromagnetických materiálov okrem kmitov vybudených Lorentzovou silou dochádza aj k magnetostrikcii. Je to vlastne obdoba piezoelektrického javu u feromagnetík.

Na Obr. 2 je znázornený princíp meniča EMAT pre pozdĺžne vlny. Od predošlého sa líši umiestnením cievky medzi póly jadra do oblasti, kde je pole rovnobežné s povrchom materiálu.



Obr.2 - Menič EMAT pre pozdĺžne vlny



Obr.3 - Meranie pomocou sondy EMAT a hrúbkomera 37 DL Plus fy R/D TECH

Vlastnosti metodiky:

- Prenosné zariadenia
- Snímače EMAT vyžadujú okuje na povrchu materiálu
- Meranie hrúbky od 2 – 65 mm
- Presnosť ± 0,2 mm

Výhody:

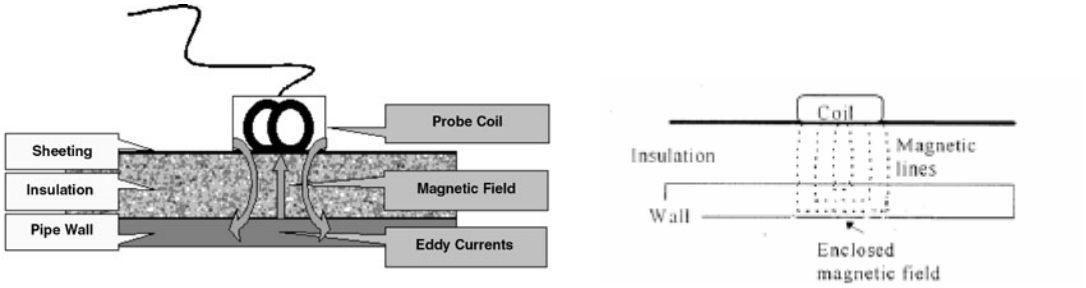
- Bezkontaktný spôsob merania
- Je možné skúšať aj cez tenkú vrstvu náteru
- Meranie pri teplotách povrchu do 200 ^{o}C

Nevýhody:

- Nízka amplitúda signálu v porovnaní s piezoelektrickými meničmi
- Na budenie meničov je nutné použiť väčšie prúdy, prístroje pre skúšanie s meničmi EMAT sú preto masívnejšie a spravidla napájané zo siete.

2. Metóda INCOTEST – Pulzné vírivé prúdy

Metodika je založená na meraní hrúbky na oceľových potrubiach a nádobách pomocou pulzných vírivých prúdov. Výhodou je, že technika umožňuje merať bezkontaktným spôsobom aj cez izoláciu a to aj za prevádzky. Základom je pôsobenie nízkofrekvenčného jednosmerného magnetického poľa, ktoré generuje v objekte vírivé prúdy. Magnetické pole pôsobí definovaný čas a po jeho vypnutí zaniknú aj generované vírivé prúdy, ktorých trvanie a silu ovplyvňuje hrúbka steny. Pôsobením týchto vírivých prúdov a porovnávaním s nakalibrovaným signálom s obdobnou vodivosťou, permeabilitou sa dá určiť priemerná hrúbka steny práve v oblasti pôsobenia priloženého magnetického poľa.



Obr.4 – Schematické zobrazenie pulzných vírivých prúdov



Obr.5 – Príklady merania pomocou pulzných vírivých prúdov.



Obr.7 - Zariadenie INCOTEST fy RTD.

Vlastnosti metodiky:

- Prenosné zariadenia
- Snímače pracujú až do vzdialenosti 25-30 m od riadiacej jednotky
- Meranie hrúbky od 6 – 65 mm, pri izolácii do 100 -150 mm
- Presnosť ± 5%

Výhody:

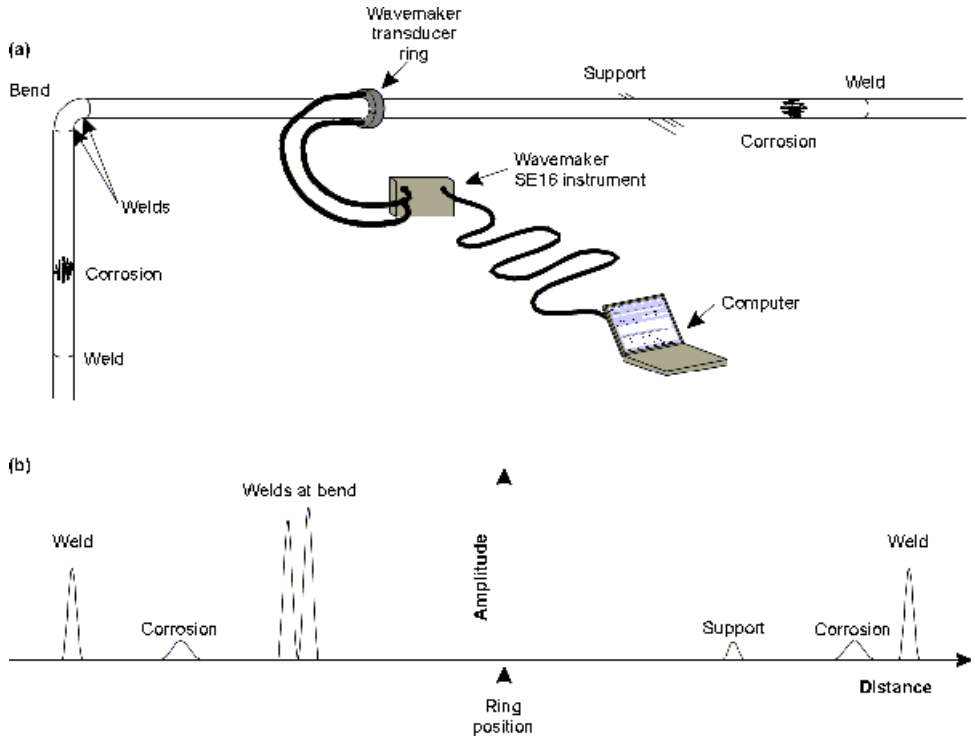
- Použitie pri meraniach na izolovaných objektoch / izolácia nevodivý nemagnetický materiál/
- Nie je vyžadovaná úprava povrchu
- Meranie pri teplotách povrchu do 400 ^{o}C

Nevýhody:

- Zisťuje sa iba priemerná hodnota korózie, erózie v meranej stope
- Nezisťuje jamkovú koróziu

3. Metodika merania pomocou "Guided waves"

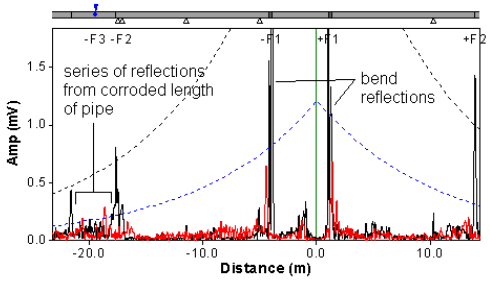
Metodika je založená na zisťovaní korózie alebo chýb typu trhlín oceľových potrubiach a nádobách v neprístupných miestach pomocou nízkofrekvenčných ultrazvukových vĺn. Tieto vlny sa šíria odlišne v porovnaní s klasickým šírením pozdĺžnych alebo priečnych ultrazvukových vĺn generovaných bežnými ultrazvukovými defektoskopmi. Ide o šírenie šmykových vĺn a to v celom priereze a po povrchu kontrolovaného materiálu.



Obr. 8 - Schematické zobrazenie merania pomocou guided waves

Zariadenia produkujú pulzné echá šmykových vĺn, ktoré sa šíria zvoleným smerom/ aj oboma/ a vykonáva sa sofistikovaná analýza prijatých signálov.





Obr.9 - Zariadenie pre guided waves a záznam s vyhodnotením

Vlastnosti metodiky:

- Použitie pre rozvodné potrubia tepelného hospodárstva
- Zisťovanie korózie aj pod izoláciou
- Meranie hrúbky potrubí priemeru 45-900 mm Presnosť ± 5%
- Dosah merania do cca 20-25 m od miesta priloženia sond

Výhody:

- Krátka doba kontroly a vyhodnotenia
- Možnosť merania za prevádzky
- Použitie pri meraniach na izolovaných objektoch /treba odstrániť len izoláciu v mieste priloženia sond/
- Meranie na neprístupných miestach
- Nie je vyžadovaná úprava povrchu
- Meranie pri teplotách povrchu do 70 ^{o}C / väčšie priemery trubiek – od 8“ až do 120 ^{o}C/

Nevýhody:

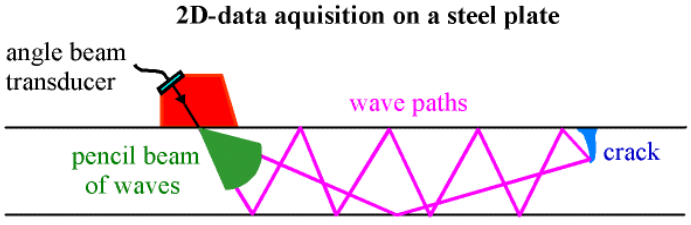
- Nerozlíši či ide o koróziu vnútornú alebo vonkajšiu
- Zisťuje sa korózia plošného charakteru
- Nezisťuje jamkovú koróziu a pittingy
- Metodika je obmedzená počtom ohybov, zvarov, prírub a type obalov a izolácie



Obr. 10 - Príklad merania pomocou guided waves na potrubiach

4. Metodika LORUS – Ultrazvukové vlny s dlhým dosahom

Metodika je založená na zisťovaní korózie alebo chýb typu trhlín oceľových platniach a dnách skladovacích nádob v neprístupných miestach pomocou ultrazvukových vĺn s dlhým dosahom. Špeciálne uhlové ultrazvukové sondy umožňujú šíriť ultrazvukové vlny do veľkej vzdialenosti a zároveň indikovať signály od korózneho napadnutia. Prezvučovanie materiálu sa deje pomocou kývavého pohybu ultrazvukovej sondy, pracujúcej na princípe pulzných ech, čím sa aj ultrazvukové vlny šíria v materiáli pod rôznymi uhlami. Odrazové echá sa zo všetkých smerov skladajú do súvislých plošných zobrazení – pôdorysných máp s identifikáciou polohy defektov, korózie.



Obr. 11 - Princíp metodiky LORUS



Obr.12 –Schematické zobrazenie použitia metodiky LORUS na dnách nádrží

Vlastnosti metodiky:

- Použitie pre dná zásobníkových nádrží, potrubie na podperách, zabetónované konštrukcie
- Meranie hrúbky v rozsahu 5-25 mm
- Dosah merania do cca 1-1,2m od miesta priloženia sond
- Meranie pri teplotách povrchu do 60 ^{o}C
- Vhodné na monitorovanie rastu korózie

Výhody:

- Meranie korózie v neprístupných miestach
- Možnosť merania za prevádzky
- Použitie pri meraniach na izolovaných objektoch /treba odstrániť len izoláciu v mieste priloženia sond/
- Indikuje jamkovú koróziu
- Rozlíši či ide o koróziu na hornom alebo dolnom povrchu

Nevýhody:

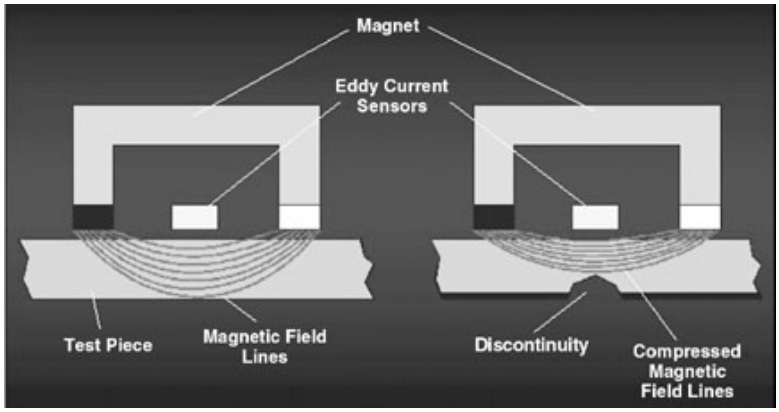
- Nerozlíši hĺbku korózie
- Povrch určený na meranie musí byť zbavený nečistôt, povrchovej korózie
- Nedobre držiaca farba a povlak, zlý stav povrchu znižuje skúšobný dosah metódy



Obr. 13 – Príklad merania metodikou LORUS

5. Metodika SLOFEC

Metodika je založená na meraní hrúbky a zisťovaní korózie pomocou magnetu a šírenia konštantného magnetického toku v stene materiálu. Základom je vytvorenie jednosmerného magnetického toku v materiáli priložením magnetických pólov magnetického jadra. V materiáli sa vytvorí rovnomerný magnetický tok, ktorý je závislý na hrúbke materiálu. Pokiaľ sa zmení hrúbka vplyvom úbytku pôsobením korózie zmení sa aj hustota magnetického toku. Práve tieto zmeny sú detekované cievkou vírivých prúdov umiestnenou medzi oboma pólmi magnetického jadra.



Obr. 15 – Princíp metódy

Vlastnosti metodiky:

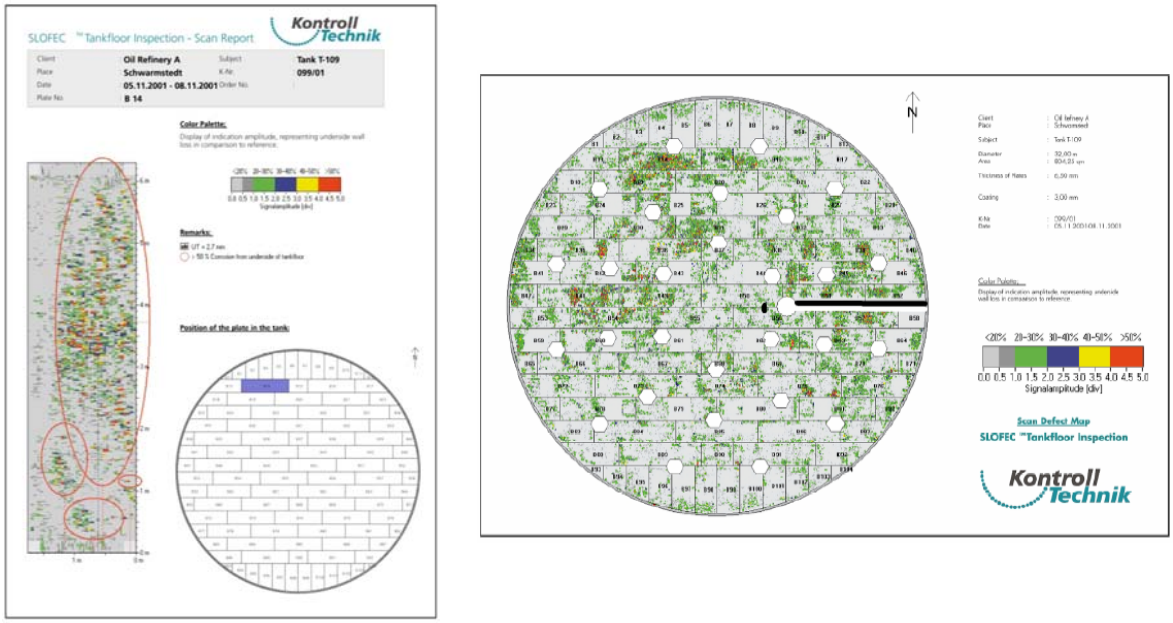
- Použitie pre kontrolu korózie na dnách oceľových zásobníkových nádrží ale aj rozvodných potrubí
- Meranie hrúbky v rozsahu 2-25 mm
- Plocha merania cca 10 – 380 mm /šírka skenu/
- Meranie pri teplotách povrchu do 40 ^{o}C

Výhody:

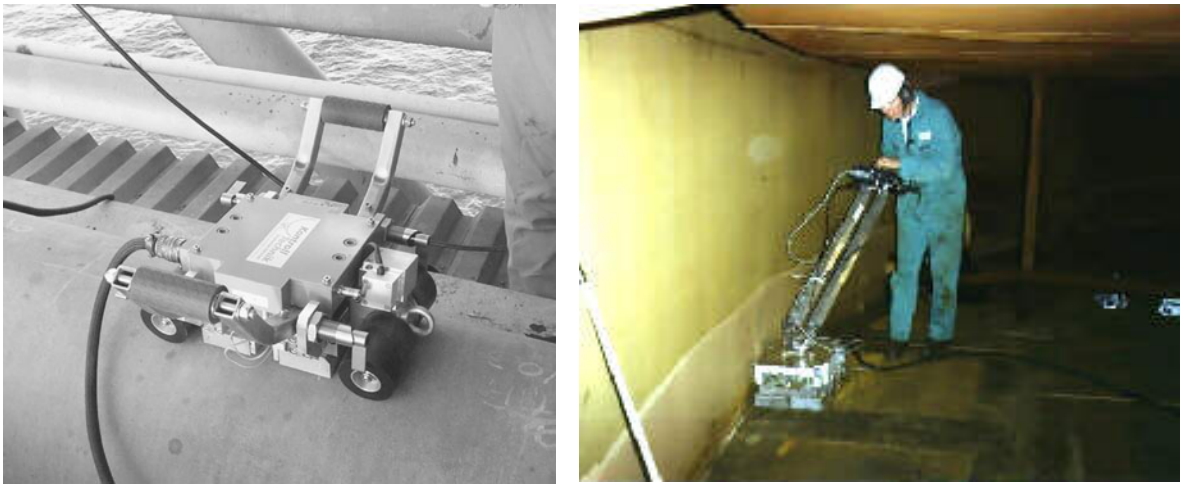
- Plošné meranie korózie
- Rozlíši či ide o koróziu na hornej alebo spodnej stene povrchu

Nevýhody:

- Vhodný len na steny z uhlíkatých ocelí s vysokou permeabilitou
- Povrch určený na meranie musí byť zbavený nečistôt, povlaky môžu byť max. do 6 mm
- Rozlíši úbytky stien až od cca 25%



Obr. 14 - Príklad spracovaných protokolov pri meraní dna metódou SLOFEC



Obr. 16 – Meranie hrúbky na potrubí – merací vozík.



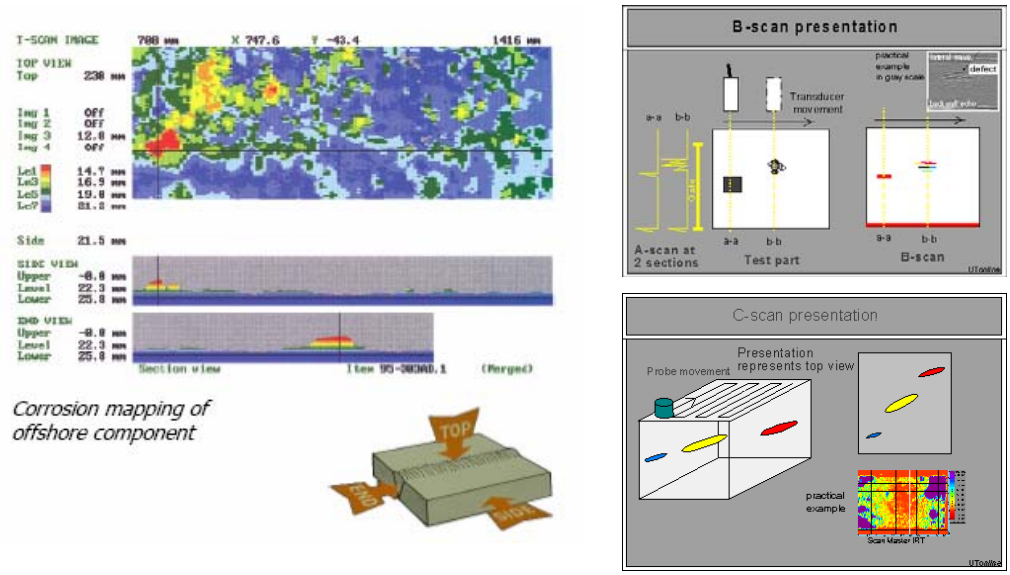
Obr.17 - Meranie na dne nádrže



Obr. 18 - Nastavenie skenera na potrubí

6. Metodika Mapscan

Na základe požiadavok mechanizovaného skúšania a mapovania korózie nádrži a potrubí sa vytvorili systémy pre kombináciu klasického merania hrúbky ultrazvukom kde sonda je spojená s polohovacím zariadením a celý záznam mapovania je prevádzané do súradnicového plošného záznamu. Záznamy predstavujú merania na rozsiahlych plochách a v zázname je prezentovaná nameraná každá hrúbka rozdielnou farebnou škálou



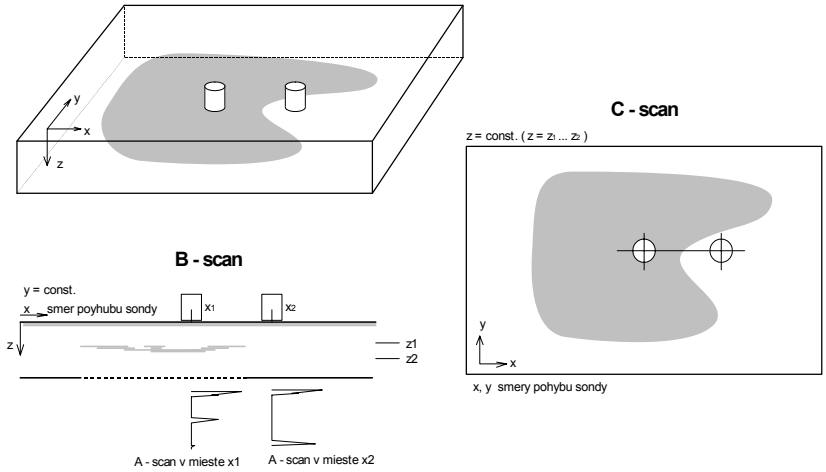
Obr. 19 - Zobrazenie záznamu korózneho mapovania

Korózne mapovanie je nevyhnutné zabezpečiť vhodným ultrazvukovým zariadením, polohovacím zariadením – skenerom, riadiacim PC a vyhodnocovacím software. Tento software umožňuje potom spoľahlivo priradiť konkrétnej polohe konkrétnu nameranú hrúbku, zobraziť si aj jednotlivé profilové rezy.

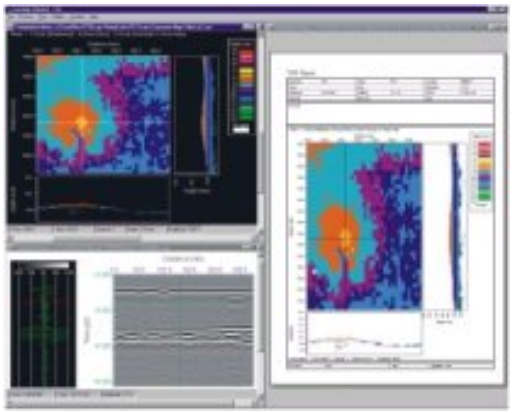
Z hľadiska použitia ultrazvukových sond možno skenovať:

- Jednomeničovými sondami / resp. dvojitými sondami/
- Sondami typu phased array

A. Mapovanie jednoduchými jednomeničovými sondami:







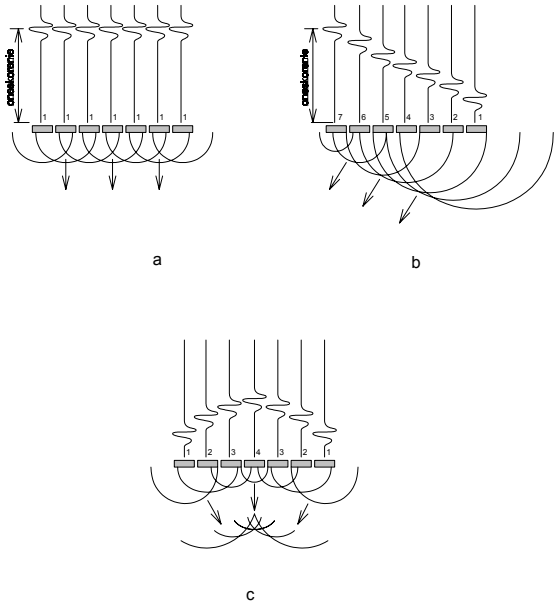
Obr. 20 – Schéma merania a mapovanie korózie dna nádrže v petrochemickom priemysle.



Obr. 21 - Zariadenie na korózne mapovanie dvojitou ultrazvukovou sondou a skenerom

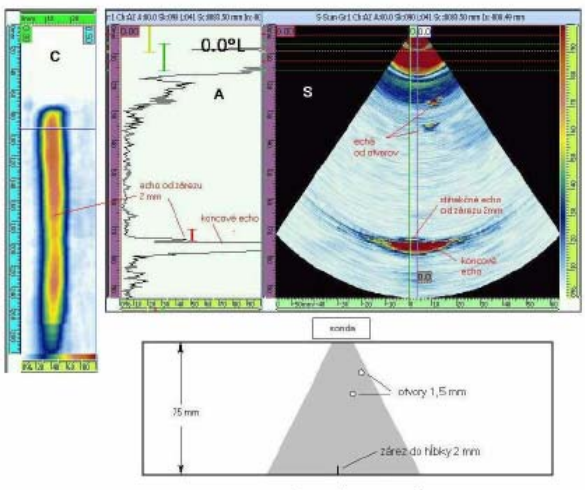
B. Mapovanie sondami Phased array:

Sondy Phased Array sú špeciálne sondy, používané buď na laboratórne účely, alebo pri automatizovanom skúšaní. Sonda je zložená z viacerých malých meničov, pričom meniče sú budené nie v jednom okamihu, ale v určitej voliteľnej časovej postupnosti (Obr.22), čím sa získa sonda s variabilným zväzkom, ktorý možno elektronicky fokusovať alebo meniť jeho uhol a to bez pohybu sondy. Tento princíp umožňuje napr. vytvoriť obraz celého sektoru skúšaného materiálu.



Obr. 22 - Princíp fázovanej sústavy meničov (phased array)
a - vysielanie priameho zväzku, b - vysielanie šikmého zväzku,
c - vysielanie fokusovaného priameho zväzku

V súčasnosti sa vyrábajú sondy s fázovanou sústavou až 128 meničov. Pri takomto počte meničov možno už vytvoriť „pohybujúci sa zväzok“ s premenlivým bodom výstupu zo sondy, a tak vylúčiť jeden smer pohybu sondy po skúšobnom povrchu - napr. pri skúšaní zvarov pohyb od a ku zvaru. Ďalšia výhoda je, že pri príjme signálu môže byť aktívna celá sústava, takže napr. pri ozvučení chyby zväzkom 45° možno prijímať echá odrazené aj pod iným uhlom a to znamená potvrdiť aj výrazne malé pittingy. Použitie týchto sond je predovšetkým v náročných aplikáciách pri mechanizovanom skúšaní.

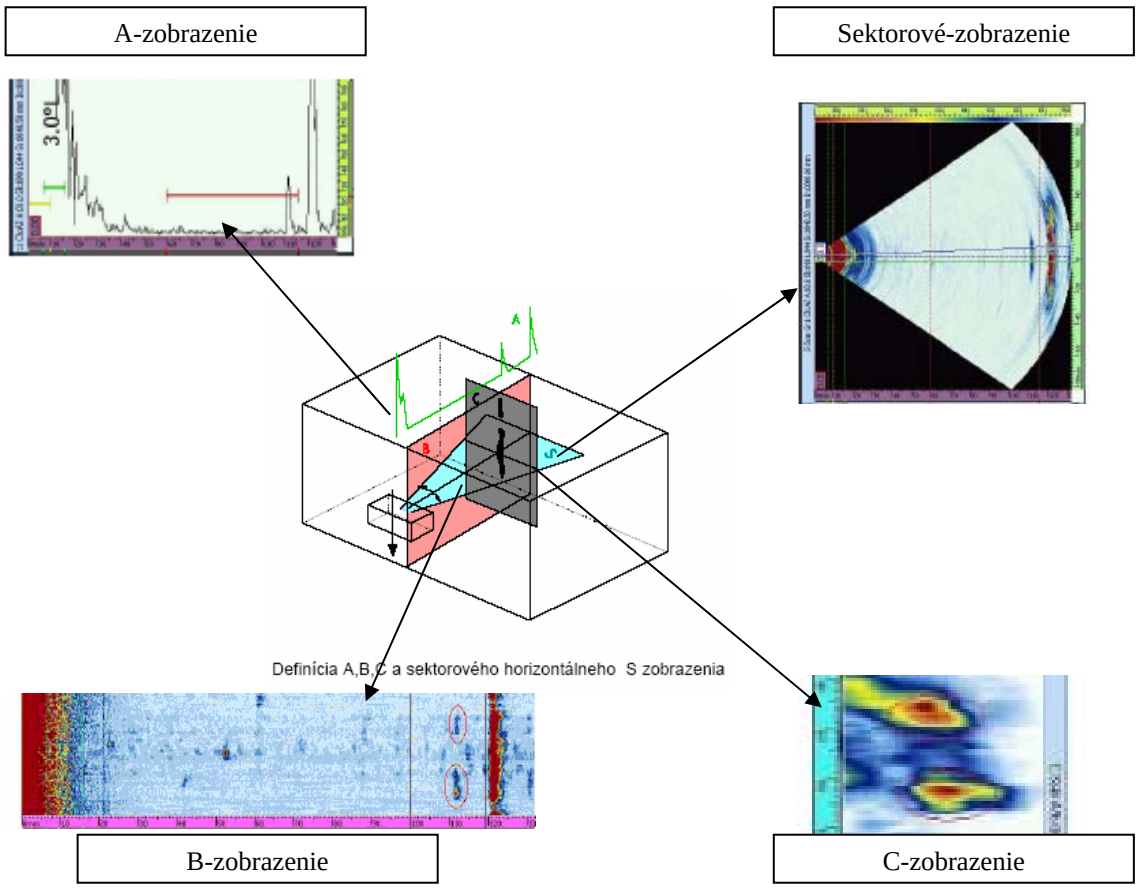


Obr.3 C scan, A - scan a S-scan kolmého zárezu do hĺbky 2 mm na mierke

Obr. 23 - Príklad sektorového zobrazenia sondy Phased Array a zároveň aj A, C- skenu zariadením Omniscan.



Obr. 24 - Multifunkčný prístroj Omniscan – lineárne skenovanie a použitie metodiky TOFD



Obr. 25 - Príklady zobrazení prístrojom OMNISCAN

Vlastnosti metodiky skenovania:

- Použitie pre dná zásobníkových nádrží, potrubie na podperách, kontrolu zvarov
- Meranie hrúbky v rozsahu 1-250 mm
- Meranie pri teplotách povrchu do 60 ^{o}C
- Vhodné na monitorovanie rastu korózie ale aj zisťovanie vnútorných chýb, koreňových chýb zvarov, rôzne orientovaných trhlín

Výhody:

- Veľmi presné meranie korózie
- Použitie pri meraniach aj na objektoch s ochranným náterom
- Indikuje jamkovú koróziu, pittingy, trhliny
- Presnosť ± 0,1 mm

Nevýhody:

- Je cenovo a časovo náročná
- Povrch určený na meranie musí byť zbavený nečistôt, povrchovej korózie

Záver

V poslednom desaťročí sa zaznamenal vývoj nových NDT metód, ktorých uplatnenie v praxi priniesol výrazný pokrok pri vyhľadávaní chýb a korózie v prevádzkovaných objektoch. Výhodou niektorých je, že ich možno použiť bez nevyhnutnej demontáže izolácií, náterov alebo príprave lešení. Taktiež je ich prínos, že sa môže zisťovať stav zariadenia, monitorovať korózia aj za prevádzky a to i na ťažko dostupných alebo neprístupných miestach. Týmto sa dá výrazne ovplyvniť plánovanie odstávok, zaviesť pravidelný monitoring zbytkovej životnosti, znížiť celkové náklady na údržbu a prevádzku.