

Nové trendy zjišťování korozního napadení objektů pro uskladnění a transport nebezpečných látek.

Ing. Pavol Kuřík / NDT Trade s.r.o., Praha/

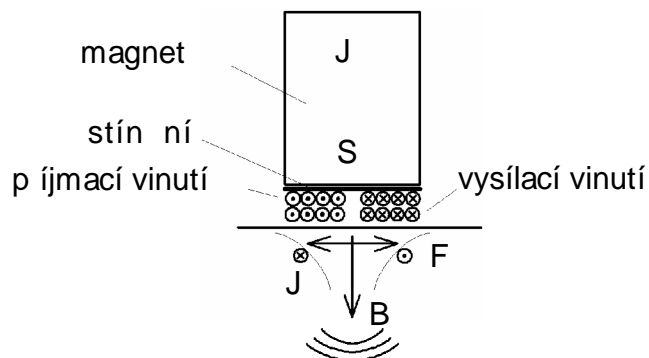
Pro každé zařízení a už je to potrubí nebo skladovací nádrže s nebezpečnými látkami je nutné zabezpečovat pravidelnou kontrolu a údržbu. Dobrá znalost stavu je nevyhnutelná pro provoz. Z hlediska pravidelné diagnostiky je nedestruktivní zkoušení velmi důležité pro kontrolu mimo jiné korozního napadení. Při odstávce nebo i v době provozu je v tšinou problematické použít klasické metody nedestruktivního zkoušení, protože existují různé omezení jako je povrch materiálu, izolace, teplota, umístění objektu a pod..

Z hlediska samotné kontroly a posouzení korozního napadení není dastokrát použití dané metodiky tou nejvyšší nákladovou položkou, protože například daleko vyšší položku tvoří náklady spojené s odstraněním již zmíněné izolace a optovné zaizolování, stavby různých lešení, zabezpečení výkopu, ištění, časová náročnost, doba odstávky zařízení a pod. Tyto náklady tvoří až 80 % všech nákladů. Z tohoto důvodu bylo zavedených několik nových moderních způsobů monitorování korozního poškození daných objektů, při kterých jde především o snížení nákladů na zabezpečení dostatečně citlivé použité metody.

Níže jsou uvedeny některé příklady speciálních metodik zkoušení korozního napadení.

1. Metodika měření pomocí EMAT

Princip je založený na použití sondy s elektro-magneto-akustickým měřením. Sonda vytváří pomocí Lorentzovy síly šíření vln ve vrstvě materiálu, kterým protékají vířivé proudy a zároveň je vystaven úniku vnějšího magnetického pole (Obr.1)

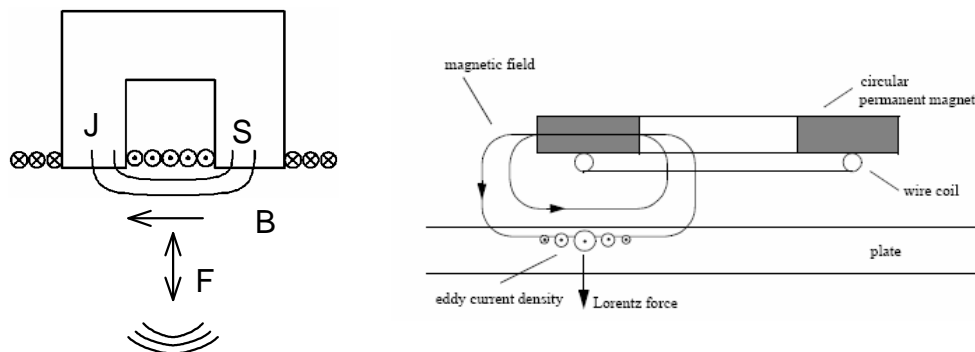


Obr.1 - Schéma elektro-magneto-akustického měření vytvářejícího příčnou vlnu

Vnější magnetické pole je vytvářeno buď permanentním magnetem nebo elektromagnetem, t.j. vinutím navinutým na jádru napájeným magnetizačním proudem nízké frekvence (50Hz). Pod pólem magnetu je umístěná plochá - spirálová cívka napájená impulsním proudem vysoké frekvence (typicky 500 kHz - 1,5 MHz). V kovovém materiálu v blízkosti cívky se potom indukují impulzní vířivé proudy. Při uspořádání znázorněném na Obr. 1 takto vznikají příčné mechanické kmity - ultrazvukové vlny šířící se kolmo k povrchu směrem do materiálu. Při jejich odrazu od povrchu a návratu k měření dochází k opačnému jevu, t.j. mechanické kmity částic ve statickém magnetickém poli vytvářejí v materiálu vířivé proudy, které proměnou magnetického pole indukují v přijímací cívce elektrické napětí. Je zřejmé, že „součástí měření“ je vlastně samotný zkoušený materiál. Nevyhnutelnou podmínkou je, aby byl zkoušený materiál elektricky vodivý. Aby se zabránilo vybudění vln v jádru měření, používá se na straně jádra stínící, zpravidla měďná fólie.

U feromagnetických materiálů mimo kmitů vybuděných Lorentzovou silou dochází i k magnetostrikci. Je to vlastně obdoba piezoelektrického jevu u feromagnetik.

Na Obr. 2 je znázorněn princip měření EMAT pro podélné vlny. Od předchozího pokladu se liší umístěním cívků mezi póly jádra do oblasti, kde je pole rovnoběžné s povrchem materiálu.



Obr.2 - Měření EMAT pro podélné vlny



Obr.3 - Měření pomocí sondy EMAT a tloušťkoměr 37 DL Plus společnosti Panametrics

Vlastnosti metodiky:

- ① Přenosné zařízení
- ① Snímání EMAT vyžadují okraje na povrchu materiálu
- ① Měření tloušťkoměry od 2 – 65 mm
- ① Přesnost $\pm 0,2$ mm

Výhody:

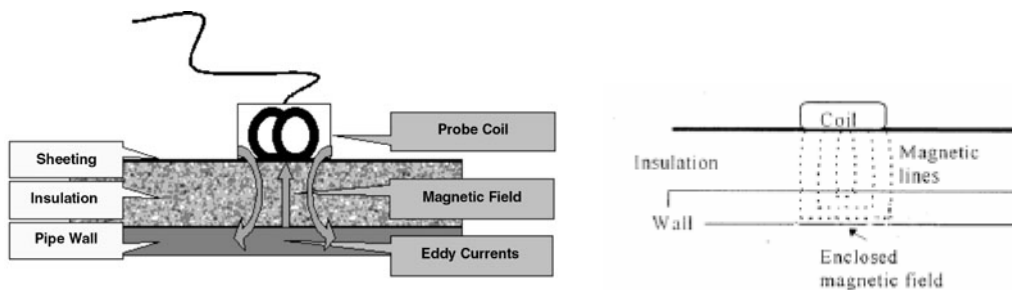
- ① Bezkontaktní způsob měření
- ① Je možné zkoušet i přes tenkou vrstvu nátěru
- ① Měření při teplotách povrchu do 200 °C

Nevýhody:

- ① Nízká amplituda signálu v porovnání s piezoelektrickými měřeními
- ① Na buzení měření je nutné použít větší proudy, přístroje pro zkoušky s měřeními EMAT jsou proto zpravidla napájeny ze sítě.

2. Metoda INCOTEST – Pulsní vířivé proudy

Metodika je založená na měření tloušťky na ocelových potrubích a nádobách pomocí pulsních vířivých proudů. Výhodou je, že technika umožňuje měření bezkontaktním způsobem i přes izolaci a to i za plného provozu. Základem je působení nízkofrekvenčního jednosměrného magnetického pole, které generuje v objektu vířivé proudy. Magnetické pole působí definovaný čas a po jeho vypnutí zaniknou i generované vířivé proudy, jejichž trvání a sílu ovlivuje tloušťka stěny. Při srovnání těchto vířivých proudů a porovnáním s kalibrovaným signálem s obdobnou vodivostí a permeabilitou je možno určit průměrnou tloušťku stěny právě v oblasti působení přiloženého magnetického pole.



Obr.4 – Schematické zobrazení pulsních vířivých proudů



Obr.5 – Příklady měření pomocí pulsních vířivých proudů.



Obr.7 - Zařízení INCOTEST RTD.

Vlastnosti metodiky:

- ① Přenosné zařízení
- ① Snímání a pracují až do vzdálenosti 25-30 m od řídicí jednotky
- ① Měření tloušťky od 6 – 65 mm, při izolaci do 100 -150 mm
- ① Přesnost $\pm 5\%$

Výhody:

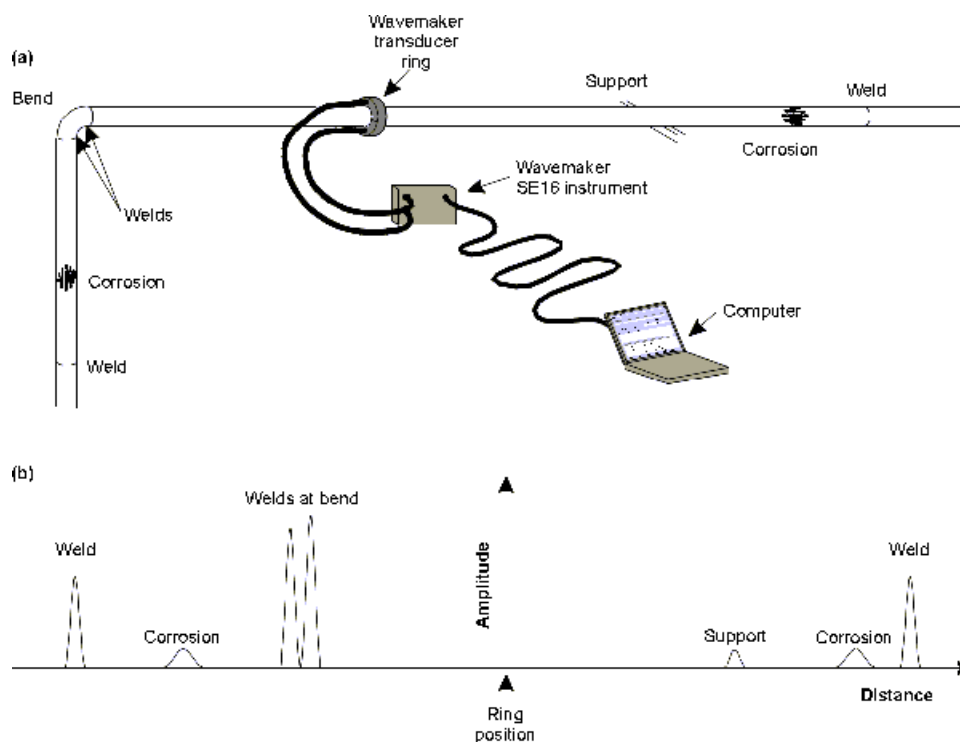
- ① Použití při měřeních na izolovaných objektech / izolace nevodivý nemagnetický materiál/
- ① Není nutná úprava povrchu
- ① Měření při teplotách povrchu do 400 °C

Nevýhody:

- ① Zjistí se jen průměrná hodnota koroze, eroze v měřeném místě
- ① Nelze zjistit důlkovou korozi

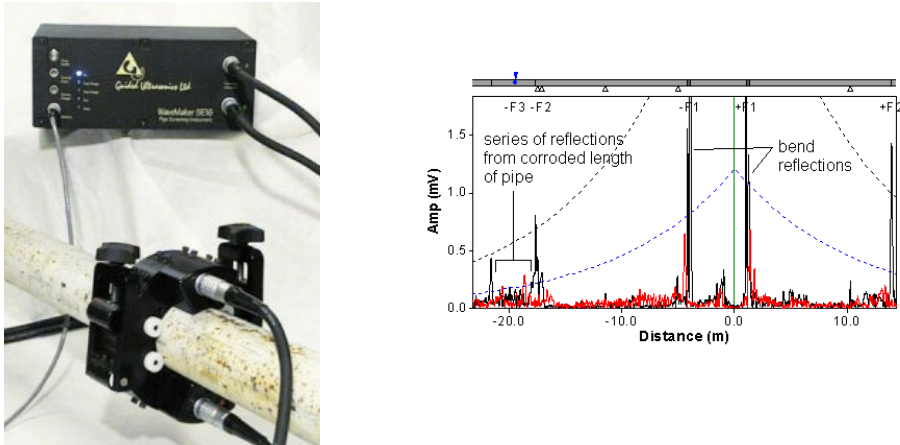
3. Metodika měření pomocí "Guided waves"

Metodika je založená na zjištění koroze nebo vad typu trhliny na ocelových potrubích a nádobách v nepřístupných místech pomocí nízkofrekvenčních ultrazvukových vln. Tyto vlny se šíří odlišně v porovnání s klasickým šířením podélných nebo příčných ultrazvukových vln generovaných běžnými ultrazvukovými defektoskopy. Jde o šíření smykových vln v celém průřezu a po povrchu kontrolovaného materiálu.



Obr. 8 - Schematické zobrazení měření pomocí „Guided Waves“

Zařízení produkuje pulsní echa smykových vln, které se šíří zvoleným směrem / i oběma směry a provádí sofistikovanou analýzu přijatých signálů.



Obr.9 - Zařízení pro „Guided Waves“ a záznam s vyhodnocením

Vlastnosti metodiky:

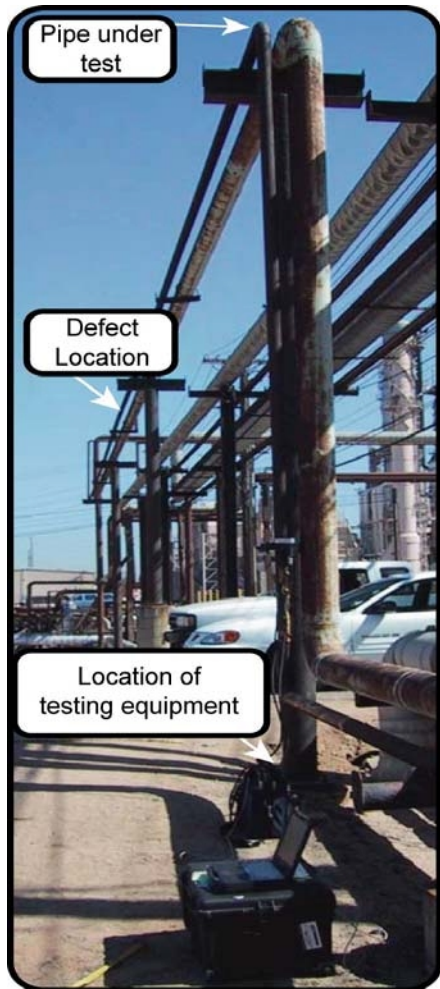
- ③ Použití pro rozvodné potrubí tepelného hospodářství
- ③ Zjištění koroze i pod izolací
- ③ Měření tloušťky potrubí průměrem 45-900 mm přesnost $\pm 5\%$
- ③ Dosah měření do cca 20-25 m od místa přiložení sond

Výhody:

- ③ Krátká doba kontroly a vyhodnocování
- ③ Možnost měření za provozu
- ③ Možnost měření na izolovaných objektech / izolaci je nutné odstranit jen v místě přiložení sond
- ③ Měření na nepřístupných místech
- ③ Není nutná povrchová úprava
- ③ Měření při teplotách povrchu do 70 °C / v tloušťce průměru trubek – od 8“ až do 120 °C/

Nevýhody:

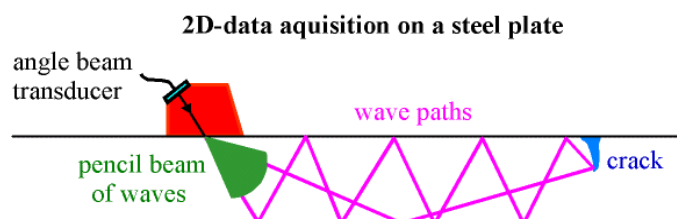
- ③ Nelze rozlišit jde-li o korozi na vnitřním nebo vnějším povrchu
- ③ Je možné zjistit pouze korozi plošného charakteru
- ③ Nelze zjistit důlkovou korozi
- ③ Metodika je omezena počtem ohybů, svarů, přírub



Obr. 10 - Příklad měření pomocí „Guided Waves“ na potrubí

4. Metodika LORUS – Ultrazukové vlny s dlouhým dosahem

Metodika je založená na zjištění koroze nebo vad typu trhliny na ocelových pleších a dnech nádob v nepřístupných místech pomocí ultrazukových vln s dlouhým dosahem. Speciální uhlové ultrazukové sondy umožňují šířit ultrazukové vlny do velké vzdálenosti a zároveň indikovat signály od korozního napadení. Ultrazuková kontrola materiálu se provádí pomocí kývavého pohybu ultrazukové sondy, fungující na principu pulsních ech, čímž se šíří ultrazukové vlny šíří v materiálu pod různými úhly. Odrazové echa se ze všech směrů skládají do souvislých plošných zobrazení – podobných map s identifikací polohy defektu, koroze.



Obr. 11 - Princip metodiky LORUS



Obr.12 –Schematické zobrazení použití metodiky LORUS na dnech nádrží

Vlastnosti metodiky:

- ① Použití pro kontrolu den zásobníků a nádrží, potrubí, podpěr, zabetonovaných konstrukcí
- ① Měření tloušťky v rozsahu 5-25 mm
- ① Dosah měření do cca 1-1,2m od místa přiložení sond
- ① Měření při teplotách povrchu do 60 °C
- ① Vhodné na monitorování rastu koroze

Výhody:

- ① Měření koroze v nepřístupných místech
- ① Možnost měření za provozu
- ① Možnost měření na izolovaných objektech /izolaci je nutné odstranit jen v místě přiložení sond/
- ① Měření na nepřístupných místech
- ① Není nutná povrchová úprava
- ① Je možné rozlišit zda jde o korozi na horním nebo dolním povrchu

Nevýhody:

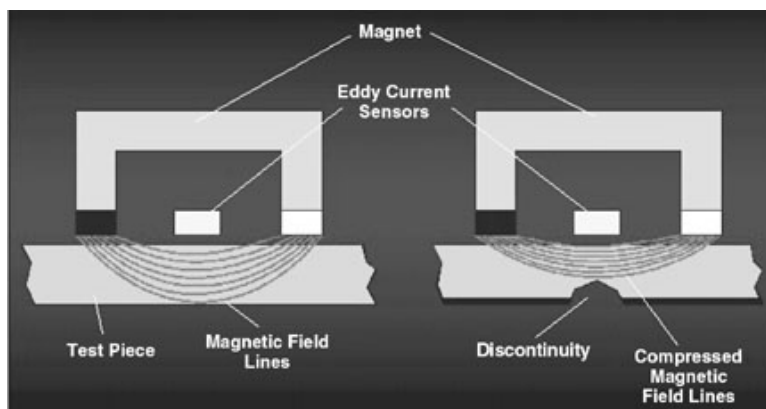
- ① Nerozlišuje hloubku koroze
- ① Povrch určený na měření musí být zbavený nečistot a povrchové koroze
- ① Špatná držící barva, špatný stav povrchu snižuje zkušební dosah metody



Obr. 13 – Příklad měření metodikou LORUS

5. Metodika SLOFEC

Metodika je založená na měření tloušťky a zjištění korozí pomocí magnetu a šíření konstantního magnetického toku ve stěně materiálu. Základem je vytvoření jednosměrného magnetického toku v materiálu položením magnetických pólů magnetického jádra. V materiálu se vytvoří rovnoměrný magnetický tok, který je závislý na tloušťce materiálu. Pokud se změní tloušťka vlivem úbytku způsobenou korozí, změní se i hustota magnetického toku. Právě tyto změny jsou detekovány cívkou vířivých proudů umístěnou mezi oběma póly magnetického jádra.



Obr. 15 – Princip metody

Vlastnosti metodiky:

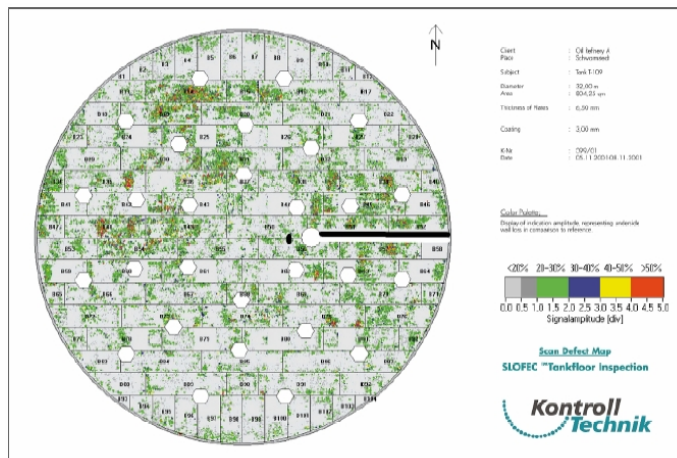
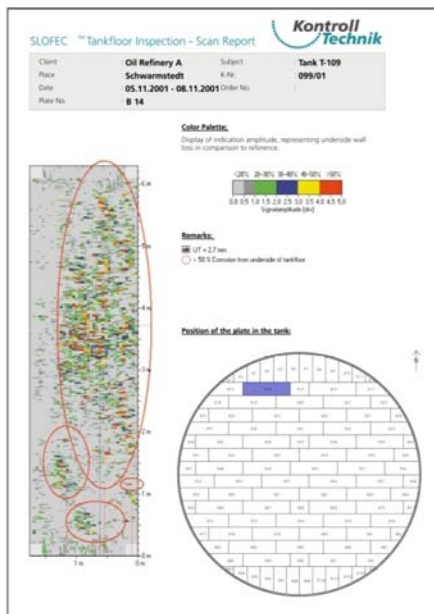
- ③ Použití pro kontrolu korozí na dnech ocelových zásobníků, nádrží, rozvodných potrubí
- ③ Měření tloušťky v rozsahu 2-25 mm
- ③ Plocha měření cca 10 – 380 mm /šířka scanu/
- ③ Měření při teplotách povrchu do 40 °C

Výhody:

- ③ Plošné měření korozí
- ③ Lze rozlišit zda jde o korozí na horním nebo spodním povrchu

Nevýhody:

- ③ Vhodný jen na stěny z uhlíkatých ocelí s vysokou permeabilitou
- ③ Povrch určený pro měření musí být zbavený nečistot, povlaky mohou být max. do 6 mm
- ③ Rozlišuje úbytky stěny až od cca 25%



Obr. 14 - Příklad zpracovaných protokolů píjení dna metodou SLOFEC



Obr. 16 – Měření tloušky na potrubí – měřící vozík.



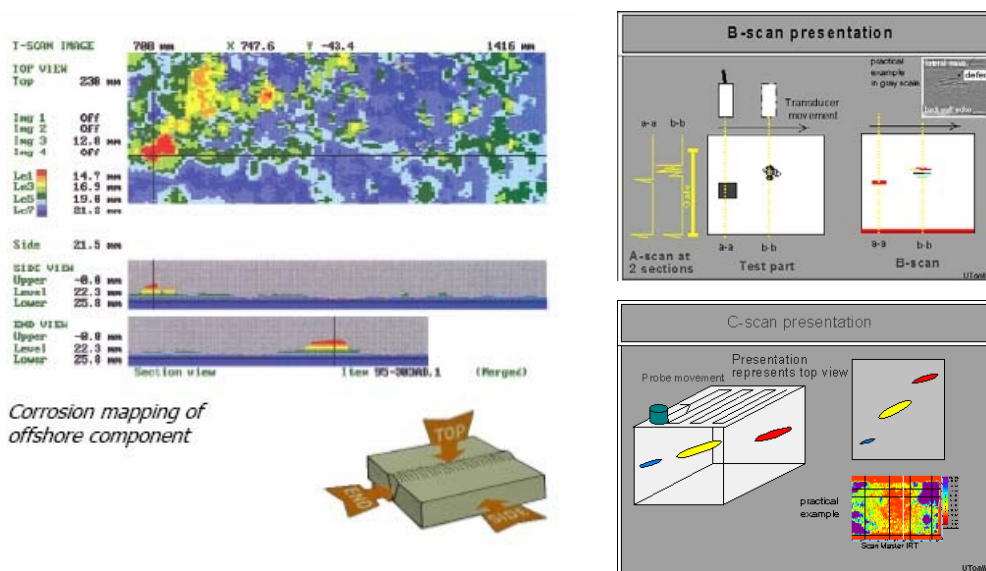
Obr.17 - Měření na dně nádrže



Obr. 18 - Nastavení skeneru na potrubí

6. Metodika Mapscan

Na základě požadavků mechanizovaného zkoušení a mapování koroze nádrží a potrubí byly vytvořeny systém klasického měření tloušťky stěny ultrazvukem kde sonda je spojena s polohovacím zařízením a celý záznam mapování je převeden do souřadnicového plošného záznamu. Záznamy představují měření na rozsáhlých plochách a na záznamu je každá naměřená tloušťka reprezentována jinou barvou.



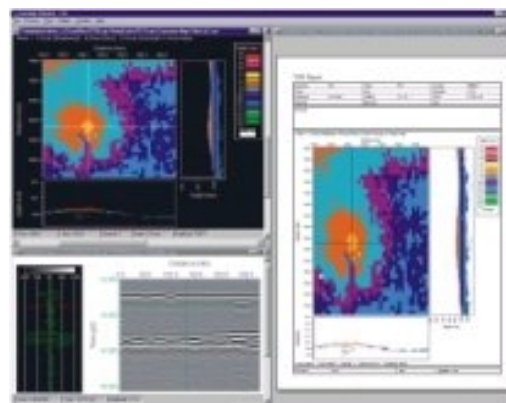
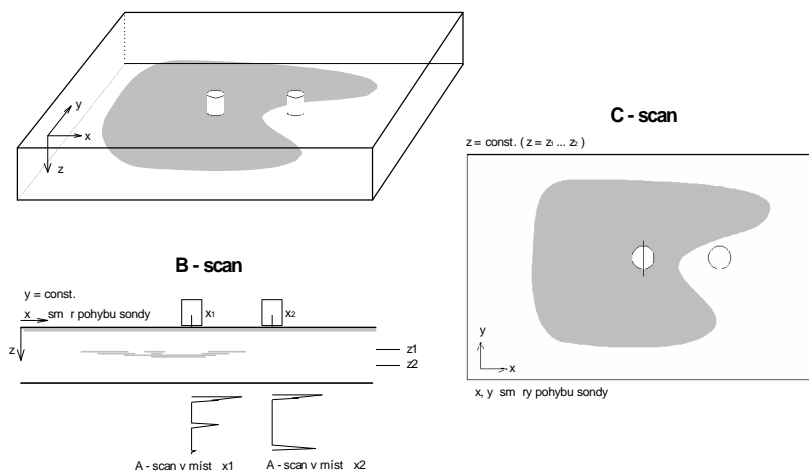
Obr. 19 - Zobrazení záznamu korozního mapování

Pro korozní mapování je nutné zabezpečit vhodný ultrazvukový systém, polohovací zařízení – skener, řídicím PC a vyhodnocovacím software. Tento software potom umožní spoolehlivě přidat konkrétní polohu konkrétní naměřené tloušťky a dále zobrazit jednotlivé profilové řady.

Z hlediska použití ultrazvukových sond je možno skenovat:

- ① Jednoměrnými sondami / resp. dvojími sondami/
- ② Sondami typu phased array

A. Mapování jednoduchými jedním nebo dvěma sondami:

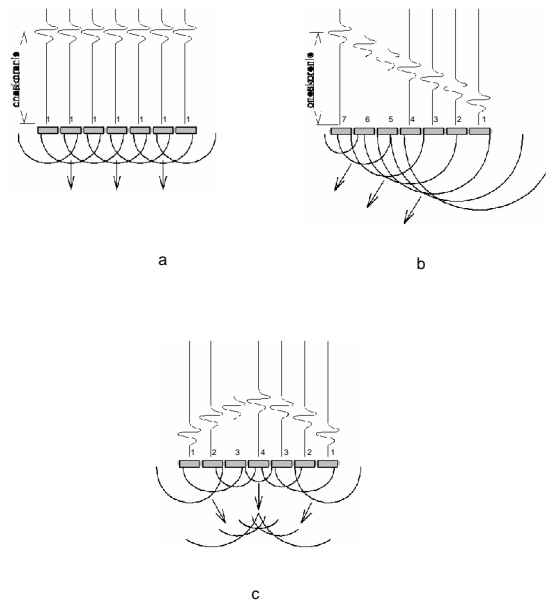


Obr. 20 – Schéma měření a mapování koroze dna nádrže v petrochemickém průmyslu.



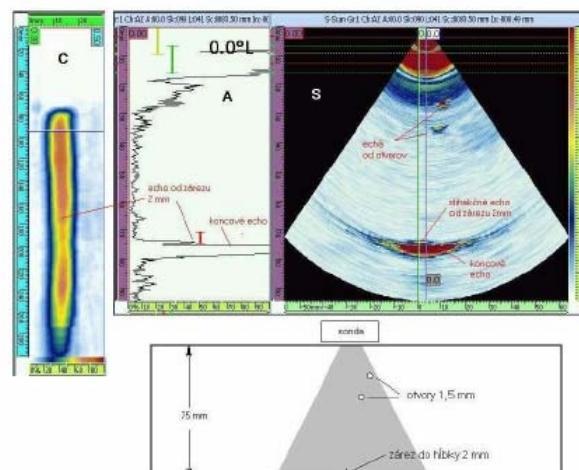
B. Mapování sondami Phased array:

Sondy Phased Array jsou speciální sondy, používané bu na laboratorní účely, nebo při automatizovaném zkoušení. Sonda je složena z více malých snímačů, které nejsou buzeny v jednom okamžiku, ale v určité volitelné časové postupnosti (Obr.22), čím se získá sonda s variabilním svazkem, který je možné elektronicky fokusovat nebo změnit jeho úhel a to bez pohybu sondy. Tento princip umožňuje například vytvořit obraz celého sektoru zkoušeného materiálu.



Obr. 22 - Princip fázované soustavy snímačů (phased array)
 a - vysílání přímého svazku, b - vysílání šikmého svazku,
 c - vysílání fokusovaného přímého svazku

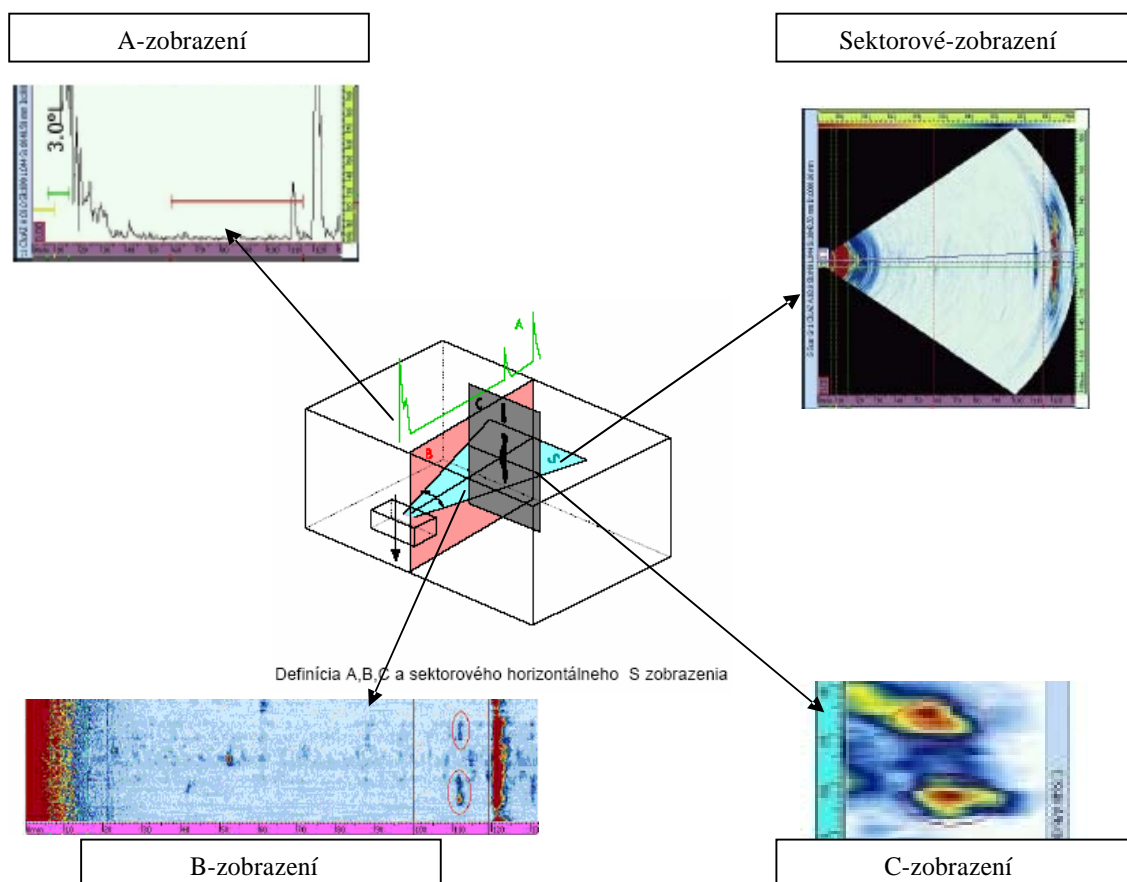
V současnosti se vyrábí sondy s fázovanou soustavou až 128 snímačů. Při takovémto početní snímačích je možné vytvořit „pohybující se svazek“ s proměnlivým bodem výstupu ze sondy, a tak vyloučit jeden směr pohybu sondy po zkušební povrchu - například při zkoušení svarů pohyb od a ke svaru. Další výhodou je, že při přijetí signálu může být aktivní celá soustava, takže například při zjištění vady svazku 45° možná přijímat echa odražená i pod jiným úhlem a to znamená potvrdit i výrazně malé pittingy. Použití těchto sond je především u náročných aplikací při mechanizovaném zkoušení.



Obr. 23 - Příklad sektorového zobrazení sondy Phased Array a zároveň i A, C- skenu zařízením Omniscan.



Obr. 24 - Multifunkční přístroj Omniscan – lineární skenování a použití metody TOFD



Vlastnosti metodiky skenování:

- ① Použití pro dna zásobníkových nádrží, potrubí na podpěrách, kontrolu svarů
- ① Měření tloušťky v rozsahu 1-250 mm
- ① Měření při teplotách povrchu do 60 °C
- ① Vhodné na monitorování rastu koroze ale i zjišťování vnitřních vad, kořenových vad svarů, rozštěpení orientovaných trhlin

Výhody:

- ① Velmi přesné měření koroze
- ① Použití při měřeních i na objektech s ochranným nátěrem
- ① Indikuje důlkovou korozi, pittingy, trhliny
- ① Přesnost $\pm 0,1$ mm

Nevýhody:

- ① Je cenově a časově náročnější
- ① Povrch určený na měření musí být zbavený nečistot, povrchové koroze

Závěr

V posledním desetiletí byl zaznamenán vývoj nových NDT metod, jejichž uplatnění v praxi přineslo výrazný pokrok při vyhledávání vad a koroze. Výhodou některých z těchto kontrol je možnost použití bez nevyhnutné demontáže izolace, nátěru nebo oprav lešení. Přínosem je rovněž možnost zjišťovat stav zařízení, monitorovat korozi i za provozu a to i na těžko dostupných nebo nepřístupných místech. Tímto se dá výrazně ovlivnit plánování odstávek, zavést pravidelný monitoring zbytkové životnosti, snížit celkové náklady na údržbu a provoz.