

NAPREDOVANIE V NDT METÓDACH ET A PAUT

THE PROGRESS IN THE NDT METHODS ET AND PAUT

Daniel Dopjera a Zdeněk Brláš

ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec

Abstrakt

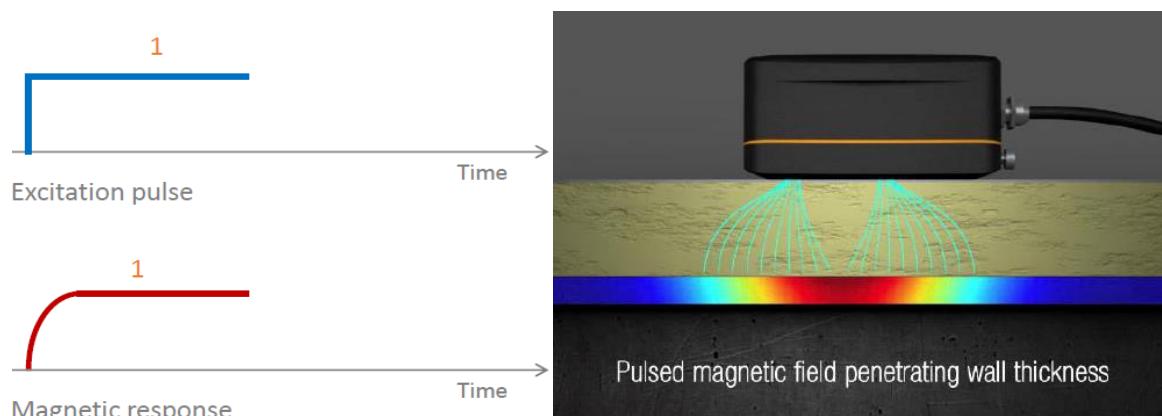
Pri prevádzke zariadení z uhlíkovej ocele (potrubí, tlakových nádob apod.) dochádza k ich poškodeniu vplyvom korózie. Na kontrolu sa prevažne používa metóda UTT (meranie hrúbky ultrazvukom), ktorá vyžaduje prístup k povrchu zariadenia. Ak je zariadenie obalené vrstvou izolácie, tak tá sa musí pred meraním odstrániť. Pulzné vírivé prúdy umožňujú tzv. mapovanie korózie aj cez vrstvu izolácie. Tak isto nastal pokrok v metóde Phased Array. Nové výkonné ultrazvukové defektoskopy otvárajú nové možnosti, ktorými sú tzv. FMC a TFM. Tieto NDT metódy ponúkajú novú efektívnejšiu kontrolu v mnohých oblastiach priemyslu.

Abstract

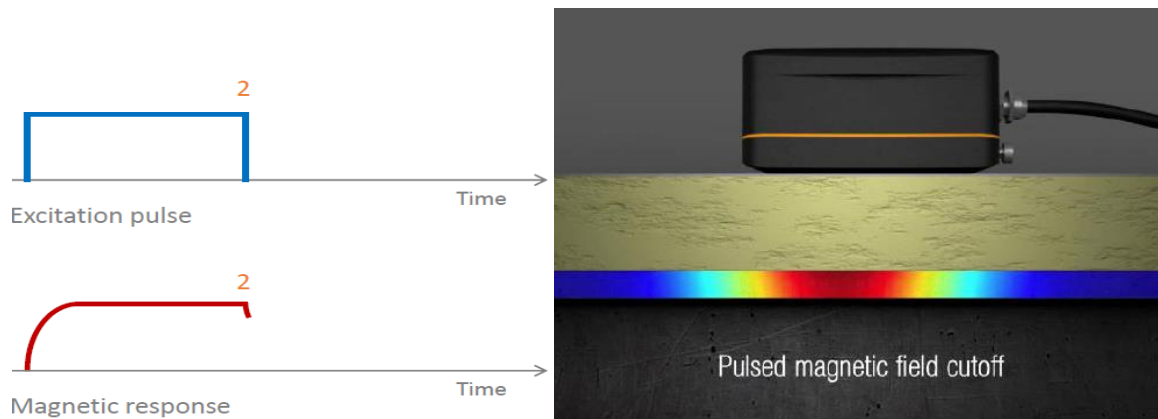
The carbon steel devices (pipes, pressure vessels, etc.) can be damaged by corrosion during operation. The UTT (ultrasonic thickness measurement) method, which requires access to the surface of the device, is predominantly used for testing. If the device is covered with an insulation layer, it must be removed before measuring. Corrosion can be mapping without removed insulation layer by pulsed eddy current testing. There is also progress in phased array testing. New powerful ultrasonic flaw detectors open up new possibilities as full matrix capture and total focusing method. These NDT methods offer new effective control in many areas of industry.

Metóda pulzných vírivých prúdov (PEC)

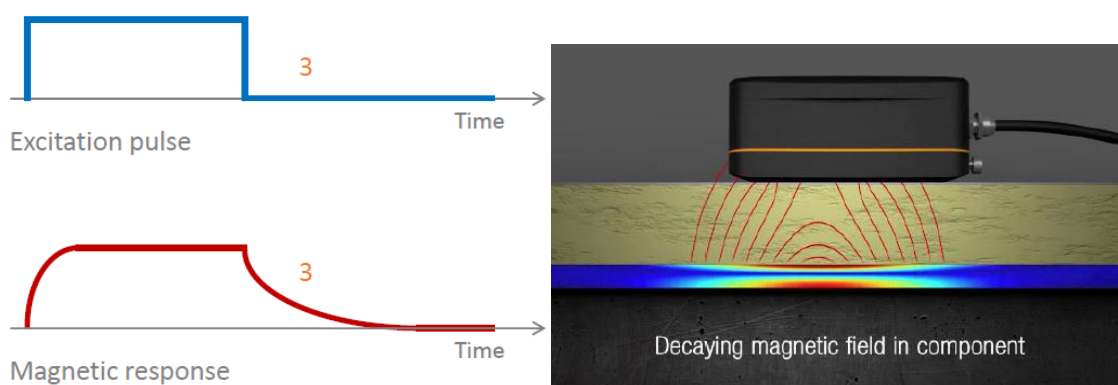
Metóda PEC spočíva vo využití fyzikálneho princípu pulzných vírivých prúdov. Tie umožňujú nasýtenie materiálu sekundárnym magnetickým poľom, resp. vírivými prúdmi aj cez hrubú vrstvu nevodivej izolácie s prípadným oplechovaním. V prvej fáze sonda vyšle elektromagnetický pulz, ktorý nasýti materiál sekundárnym magnetickým poľom, resp. vírivými prúdmi (obr. 1). V druhej fáze je elektromagnetický pulz prerušený a sekundárne magnetické pole sa v materiáli stabilizuje (obr. 2). V tretej fáze sonda sníma čas rozpadu sekundárneho magnetického poľa v materiáli (obr. 3).



Obr. 1: Prvá fáza meracieho cyklu



Obr. 2: Druhá fáza meracieho cyklu

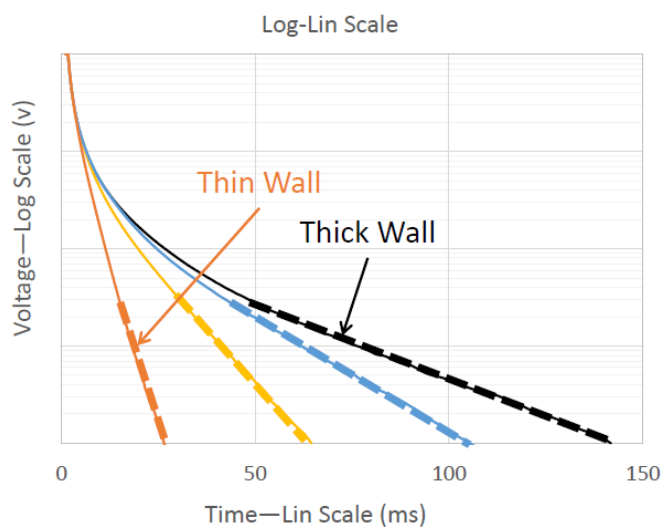


Obr. 3: Tretia fáza meracieho cyklu

Čím je materiál hrubší, tým je čas rozpadu sekundárneho magnetického poľa dlhší. Avšak čas rozpadu závisí nie len od hrúbky materiálu, ale aj od jeho konduktivity a permeability.

Analýza signálu

Tzv. A-Scan zobrazuje amplitúdu signálu v závislosti od času rozpadu sekundárneho magnetického poľa (obr. 4).

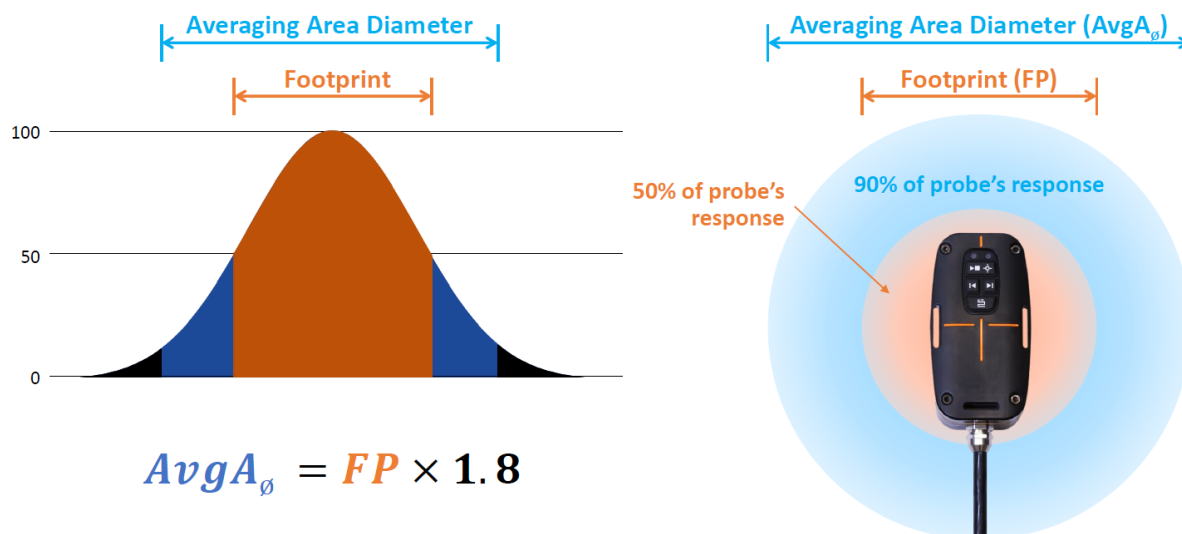


Obr. 4: A-Scan

Zmena hrúbky nevodivej izolácie s oplechovaním je v podstate zmena oddialenia sondy, tzv. lift-off. Táto zmena má vplyv na amplitúdu signálu, ale nemá vplyv na jeho priebeh, resp. nemá vplyv na tvar krivky. Veľké zmeny v oddialení sondy (veľké deformácie izolácie, oplechovania a pod.) môžu viesť ku saturácii signálu, prípadne môže byť signál príliš zoslabený. V takýchto prípadoch je nutná nová kalibrácia pre danú oblasť, čo predlžuje samotné meranie.

Sondy

Sondy definuje tzv. footprint, ktorý je definovaný ako polovica maximálnej odozvy danej sondy (pokles signálu o -6 dB). Maximálna odozva je v strede magnetického elementu sondy, ktorá klesá po tzv. zvonovitej krivke (obr. 5).

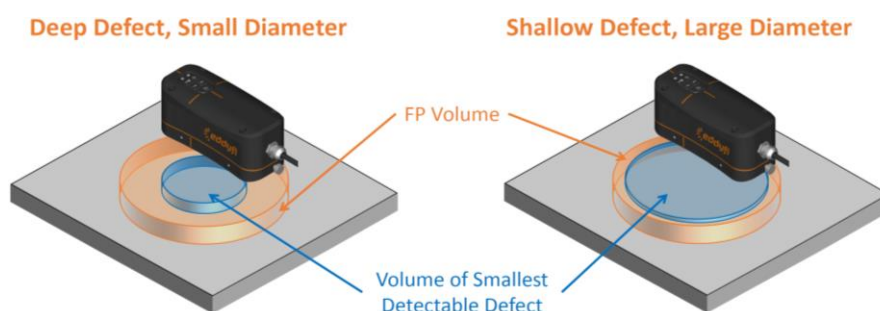


Obr. 5: Footprint

Veľkosť magnetického elementu sondy, hrúbka nevodivej izolácie, hrúbka a materiál oplechovania ovplyvňujú výsledný footprint

$$FP \approx (0,65 \cdot LO) + FP_0, \quad (1)$$

kde FP je výsledný footprint sondy [mm], LO je oddialenie sondy (hrúbka nevodivej izolácie) [mm] a FP_0 je footprint sondy pri nulovom oddialení sondy zadaný výrobcom [mm].

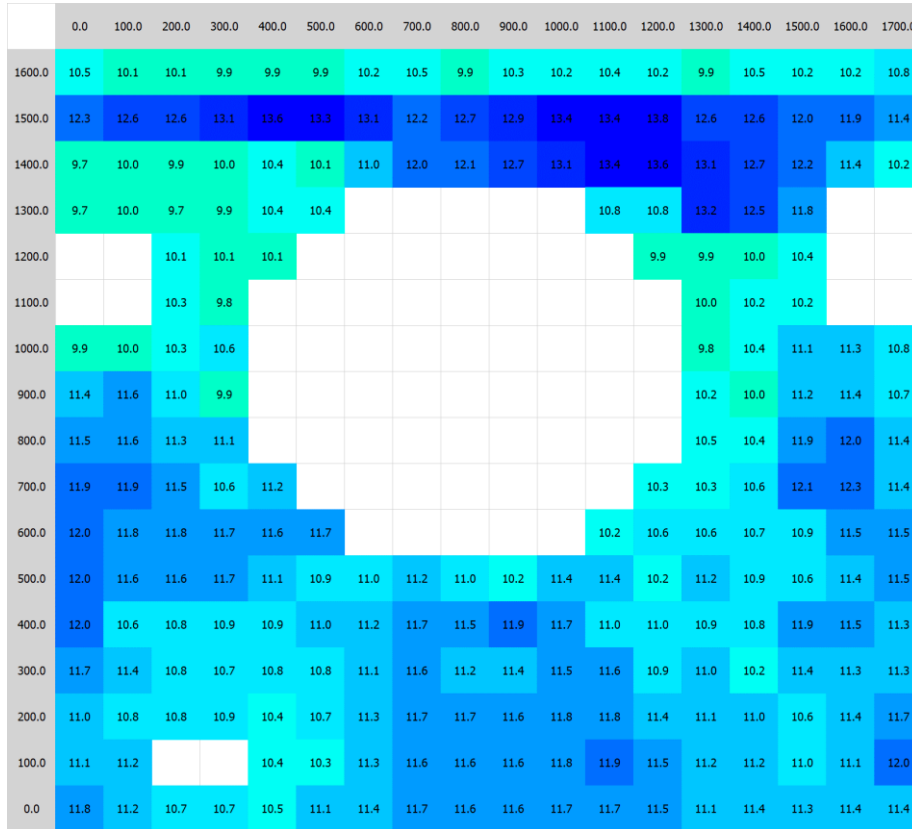


Obr. 6: Najmenší detekovateľný úbytok materiálu

Najmenší detekovateľný úbytok materiálu je približne 15% objemu footprintu danej sondy (obr. 6). Táto metóda nie je určená na hľadanie chýb typu trhlín, pórov a úzko lokalizovaného úbytku materiálu.

Meranie

Pre pokrytie 100 % objemu kontrolovanej oblasti je nutné zvoliť raster, ktorého veľkosť bude max. jeden násobok footprintu sondy. Samozrejme voľba rastru je voliteľná, ale s hustejším rastrom narastá aj čas samotnej kontroly. Na obr. 7 je príklad nameraných dát. Ide o zobrazenie C-Scan, ktorý je tvorený jednotlivými zobrazeniami A-Scan.

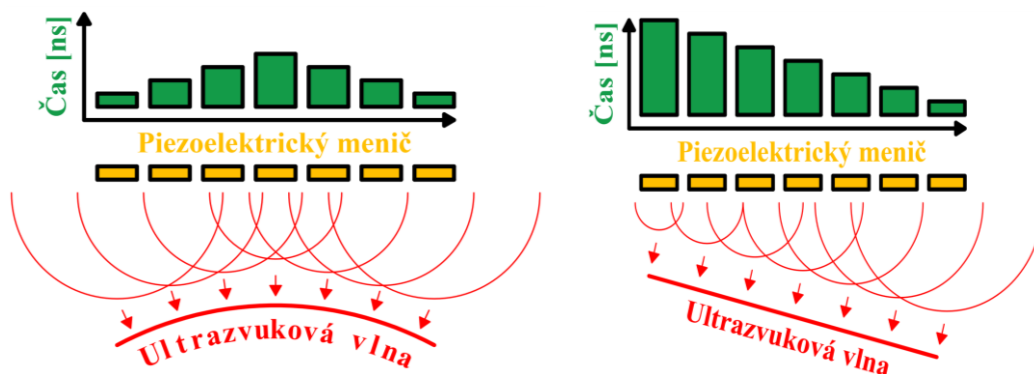


Obr. 7: C-Scan

Meranie je možné vykonať po zvolenom rastru, alebo po líniách s pripojením enkodéru. Dáta je možné exportovať do formátu .xlsx (Excel).

Nové možnosti Phased Array

Pri bežnej kontrole Phased Array ultrazvukový prístroj využíva viacero na sebe nezávislých ultrazvukových kanálov, ktoré prijímajú a vysielajú signály. Tieto signály sú riadené tzv. ohniskovým zákonom pomocou multiplexeru, ktorým môžeme riadiť výsledný ultrazvukový zväzok (obr. 8).

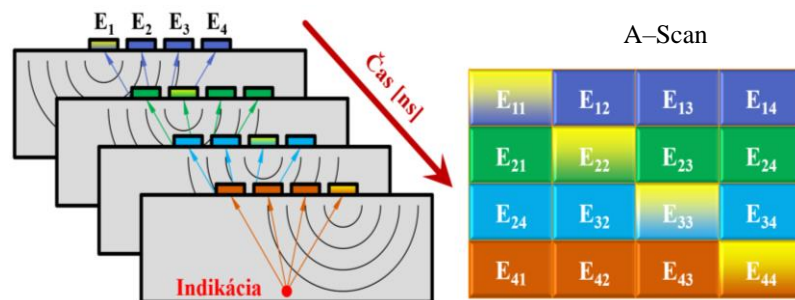


Obr. 8: Riadenie UT zväzku

Výsledkom je digitalizovaný záznam jednotlivých zobrazení A-Scan, resp. nie sú ukladané surové raw dáta.

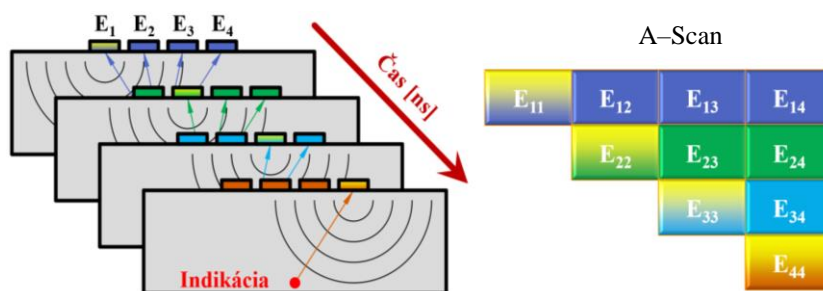
Metóda FMC a HFM

Nové možnosti ponúka metóda tzv. Full Matrix Capture (obr. 9). Prístroj zaznamenáva A-Scan signál z každého páru elementov vysielač-prijímač danej Phased Array sondy. Signály sú uložené už vo formáte raw. To znamená, že je možné generovať zobrazenie pre akúkoľvek veľkosť apertúry, akýkoľvek uhol ultrazvukového zväzku a akúkoľvek hĺbku fokusácie.



Obr. 9: Full Matrix Capture (FMC)

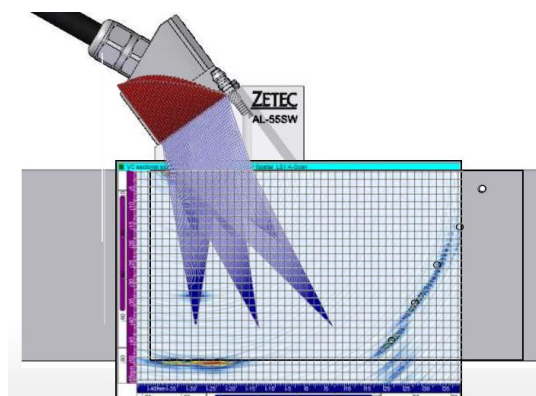
Pri použití ultrazvukovej sondy Phased Array s počtom elementov E_n dostávame až n² nameraných signálov. Pre zredukovanie nameraných dát možno použiť metódu tzv. Half Matrix Capture (obr. 10). Pri tejto metóde sa spracúvajú už iba cca polovica nameraných signálov.



Obr. 10: Half Matrix Capture (HMC)

Metóda TFM

Signály sú následne spracované metódou tzv. Total Focusing Method. Pre každý pixel v danom zobrazení TFM je generovaný ohniskový zákon. To znamená, že pre každý pixel v danom zobrazení je fokusovaný ultrazvukový zväzok (obr. 11).



Obr. 11: Total Focusing Method (TFM)

Nevýhodou tejto metódy môže byť nižšia rýchlosť skenovania a fakt, že TFM neponúka dáta zo zobrazenia A-Scan, čo môže byť problémom pri charakterizácii a kvalifikácii indikácie.

Záver

Metóda PEC umožňuje nový prístup ku koróznemu mapovaniu. V porovnaní s metódou UTT, nie je nutné odstraňovať nevodivú izoláciu s oplechovaním, ani nie je nutné špeciálne upravovať kontaktný povrch. Metóda je zatiaľ obmedzená na uhlíkovú oceľ. Limitná teplota uhlíkovej ocele počas kontroly metódou PEC je Curieho teplota, kedy stráca feromagnetické vlastnosti. Pri použití sond od spoločnosti Eddyfi je limitná teplota kontaktného povrchu 70 °C a pri použití predsádky môže byť až 120 °C. V súčasnosti je v platnosti jediná norma ČSN ISO 20669, ktorá sa zaoberá kontrolou metódou PEC. V tejto norme sú však iba stručné informácie a operátorovi v praxi moc nepomôžu. Metóda PEC je špecifická a nemá také veľké zastúpenie ako ostatné NDT metódy, no napriek tomu norma iba odporúča kvalifikáciu operátora podľa normy ISO 9712.

Metóda FMC/HFM s použitím TFM otvára nové možnosti pri inšpekcii sondami Phased Array. Nevýhodou je obstarávacia cena prístroja, ktorý zvládne danú techniku a fakt, že zatiaľ žiadne európske normy neuvažujú s touto technikou a už vôbec nekladú nároky na kvalifikáciu personálu, čo je problémom aj pri technike Phased Array. Týmto problémom sa už konečne začína zaoberať ASME 2019, sekcia V, článok 4, príloha XI.

Literatúra

- [1] ČNI (2018): *Norma ČSN ISO 20669. Nedestruktívni zkoušení – Zkoušení feromagnetických kovových součástí pulzními vířivými proudy*. Český normalizační institut, Praha.
- [2] Eddyfi (2018): Lyft. [online]. 2018, [cit. 2019-08-14]. Dostupné na internete: <<https://www.eddyfi.com/lyft/>>
- [3] Eddyfi (2018): Probes. [online]. 2018, cit. 2019-08-14]. Dostupné na internete: <<http://www.ndt24.pl/wp-content/uploads/2016/10/lyft-pec-footprints-2.pdf>>
- [4] Eddyfi (2018): PEC. [online]. 2018, [cit. 2019-08-14]. Dostupné na internete: <<https://www.eddyfi.com/wp-content/uploads/2017/12/lyft-presentation.pdf>>
- [5] Zetec (2019): FMC and TFM. [online]. 2019, [cit. 2019-08-14]. Dostupné na internete: <<https://www.slideshare.net/ZetecNDT/overview-principles-of-full-matrix-capture-fmc-and-total-focusing-method-tfm-in-ultrasonic-inspections>>