

MERANIE A MAPOVANIE KORÓZIE POD IZOLÁCIOU

Jan VYTŘÍŠAL

Anotácia

Korózia pod izoláciou (CUI – Corrosion Under Insulation) je proces korózie, ktorému je veľmi ťažké zabrániť a predstavuje riziko pre bezpečnosť priemyselných procesov, najmä v zariadeniach vystavených vysokým teplotám a tlakom. Dôvodom je to, že voda bez ohľadu na prijaté opatrenia väčšinou vsiakne do izolácie, ktorá keď sa dostane do styku s oceľovým materiálom začne spôsobovať koróziu. Keďže táto korózia je skrytá pod izoláciou, väčšinou sa na ňu príde až keď dôjde k poškodeniu plášťa, alebo až k úniku produktu.

Demontáž izolácie, kontrola a opätovná inštalácia izolácie po kontrole je nákladný proces a preto metóda merania poľa pulzných vírivých prúdov (PECA™, PEC) je výbornou alternatívou pre meranie a mapovanie korózie bez nutnosti odstránenia izolácie. Táto metóda využíva elektromagnetické pole na detekciu zníženej hrúbky materiálu spôsobenej koróziou.

Výhodou tejto metódy je jej aplikácia pri meraní cez rôzne izolačné vrstvy, ako aj typické prípady použitia, vrátane monitorovania korózie urýchlenej prúdením. Metódou PECA™ je možné merať koróziu pod izoláciou za prevádzky, pri vysokých teplotách a v rôznych priemyselných podmienkach.

Kľúčové slová: diagnostika, NDT, meranie korózie, korózia pod izoláciou

1 Korózia pod izoláciou (CUI – Corrosion Under Insulation)

Korózia pod izoláciou je jednou z najzávažnejších a súčasne najčastejších príčin porúch tlakových a tepelných systémov, ktorá sa vyskytuje naprieč rôznymi priemyselnými odvetviami od energetiky, petrochemického a chemického priemyslu až po spracovanie potravín a farmaceutickú výrobu. Izolácia síce chráni pred stratami tepla, no zároveň zadržiava vlhkosť, ktorá v kontakte s oceľou spúšťa elektrochemickú koróziu (viď. obr. 1), pričom tieto poškodenia sa často zistia až v pokročilom štádiu, keď dochádza k únikom médií alebo k haváriám.

Ak by korózia spôsobila zlyhanie vysokotlakového alebo vysokoteplotného systému, dôsledky by mohli byť katastrofálne podľa toho, aký produkt by unikol. Pretože však ku korózii dochádza pod izoláciou, prítomnosť korózie nie je navonok zrejmá. Ak by sa vysokotlakové alebo vysokoteplotné zariadenie (nádoba, nádrž, potrubie a pod.) pravidelne nekontrolovalo, korózia by mohla konštrukciu narušiť až to takej miery, že by produkt po tlakom začal unikať von do okolitého priestoru. Aby sa zabránilo takémuto stavu, je potrebná pravidelná údržba a kontrola týchto zariadení.

Tradičné metódy detekcie korózie pod izoláciou si vyžadujú demontáž opláštenia a tepelnej izolácie, čo je spojené s vysokými nákladmi, predĺženým časom odstávky a zvýšeným rizikom poškodenia izolácie. Moderné nedeštruktívne metódy, ako sú technológie Pulsed Eddy Current (PEC) a Pulsed Eddy Current Array (PECA™), predstavujú efektívne riešenie, ktoré umožňuje bezkontaktné meranie zostatkovej hrúbky stien pod izoláciou, bez potreby jej odstraňovania.



Obr. 1 Typické príklady korózie pod izoláciou

Existuje množstvo detekčných metód, ktoré na detekciu korózie využívajú rôzne fyzikálne prístupy. Každá takáto defektoskopická metóda má však jedinečné výhody a nevýhody, na ktoré je nutné si dávať pozor, aby sa pre kontrolu vybrala správna metóda.

2 Meranie poľa pulzných vírivých prúdov (PECA™)

Metóda merania poľa pulzných vírivých prúdov PEC - Pulsed Eddy Current (resp. PECA™) je elektromagnetická metóda pre stanovenie zostatkovej hrúbky steny elektricky (magneticky) vodivých materiálov. Je to elektromagnetická metóda, ktorá zmenou elektromagnetického poľa vybudeneho v meranom materiáli identifikuje zmenu jeho hrúbky steny.

Operátor umiestni sondu na povrch vonkajšej izolácie potrubia alebo nádoby, resp. priamo na povrch meraného miesta a vyšle elektromagnetický impulz (viď. obr. 2 a 3).

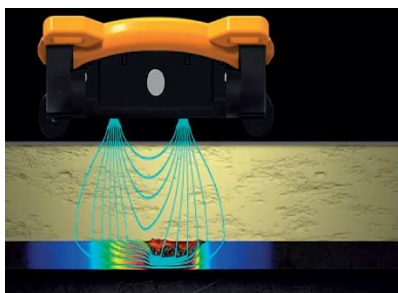


Obr. 2 Plošná 6 kanálová sonda PECA™ pre plošné meranie o šírke pásu 457mm



Obr. 3 Ručná sonda (PECA™, PEC) s vyššími presnosťami (Hi-Res) na prípadné domeranie zistených indikácií

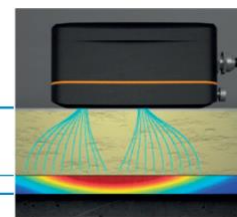
Magnetické pole je vytvárané elektrickým prúdom vo vysielačnej cievke sondy. Toto pole preniká cez izoláciu (obklad) a magnetizuje stenu potrubia (viď. obr. 4). Po zmagnetizovaní sa vypne elektrický prúd v prenosovej cievke, čo spôsobí náhly pokles magnetického poľa. V dôsledku elektromagnetickej indukcie sa v stene potrubia vygenerujú vírivé prúdy, ktoré vytvoria sekundárne magnetické pole, ktoré sa postupne v meranom materiáli rozptýli. Sonda sníma čas rozpadu tohto sekundárneho magnetického poľa a následne pomocou špecifických algoritmov stanoví hrúbku steny meraného materiálu.



Obr. 4 Vybudenie magnetického poľa

Hrúbka tepelnej izolácie = „Liftoff“
(vzdialenosť od meranej konštrukcie)

Hrúbka steny meranej konštrukcie = Hr

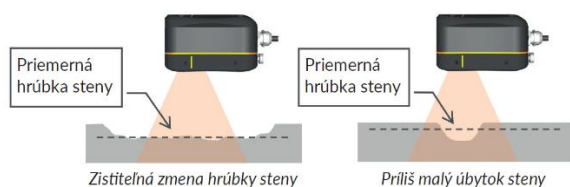


Obr. 5 Hrúbka tepelnej izolácie tzv. „Liftoff“

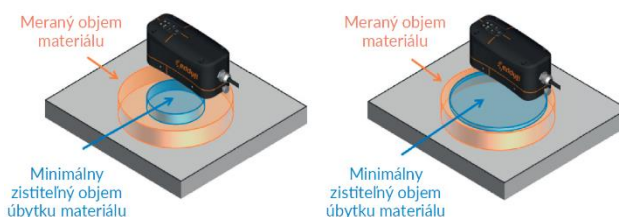
Namerané hodnoty sú relatívne a reprezentujú záznam zmeny hrúbky steny (resp. úbytok materiálu) kontrolovanej konštrukcie v porovnaní s referenčnou (známou) hodnotou z miesta v ktorom bola sonda kalibrovaná. Čím je stena hrubšia, tým dlhšie trvá, kým sa vírivé prúdy rozpadnú tzv. „na nulu“. Vzhľadom k tomu, že metóda pulzných vírivých prúdov využíva k meraniu zmeny elektromagnetického poľa, je táto metóda závislá nie len na hrúbke steny, ale aj na jeho konduktivite (schopnosti viesť elektrický prúd) a permeabilite (miere, resp. schopnosti magnetizácie meraného materiálu).

Metóda merania poľa pulzných vírivých prúdov PEC (resp. PECA™) určí priemernú hrúbku steny v meranom mieste (viď. obr. 6) , ktorá zodpovedá účinnej ploche snímača sondy (tzv. „Footprint“ – viď. obr. 7). V dôsledku toho je táto metóda vhodná najmä na plošnú koróziu, pričom izolované (samostatné) drobné bodové korózne jamky, alebo aj kompletne prederavenie steny nemôžu byť detegované. Presnosť merania závisí najmä od zvoleného typu sondy, hrúbky steny meranej konštrukcie, jej zostatkovej hrúbky, plochy úbytku a od vzdialenosti sondy od meraného materiálu (tzv. „Liftoff “ – viď. obr. 5).

Pás 6 sond technológie PECA™ (viď. obr. 2) predstavuje rozšírenie klasickej PEC technológie o sadu viacerých snímačov, čo umožňuje rýchlejšie a podrobnejšie skenovanie väčších plôch. Táto verzia je obzvlášť užitočná pri plošnej korózii alebo pri monitorovaní rozsiahlych úsekoch potrubí. Výsledkom je mapa zostatkovej hrúbky steny, ktorá zobrazuje úbytky materiálu v relatívnom porovnaní s referenčným bodom v mieste kalibrácie.



Obr. 6 Spriemerovanie hrúbky steny



Obr. 7 Účinná plocha snímača „Footprint“

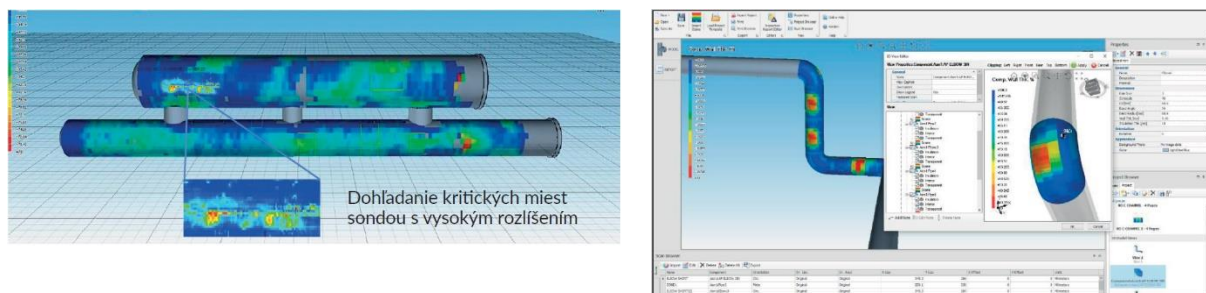
3 Výsledky merania

Výsledky meraní sú vyhodnotené v správe, ktorá obsahuje namerané výsledky zostatkových hrúbok stien v mm, resp. v % zostatkovej hrúbky steny spolu s mapou úbytkov materiálu (korózie). Dáta sú vizualizované vo forme farebnej mapy, ktorá zobrazuje intenzitu úbytku hrúbky v jednotlivých

miestach. Tieto údaje umožňujú technikom určiť kritické oblasti, plánovať preventívne zásahy a optimalizovať plánovanie odstávok.

Pre zobrazenie mapy korózie (úbytkov materiálu, resp. zostatkových hrúbok stien) používame vizualizačný software, ktorým vytvoríme model skúšaného zariadenia v 3D (viď. obr. 8), čo umožňuje získať rýchly prehľad k rozhodovaniu o ďalšom postupe.

Použitím diagnostického softvéru je možné vytvoriť aj 3D modely kontrolovaných zariadení a realizovať digitálne porovnanie medzi viacerými meraniami v čase, čo umožňuje sledovanie progresie korózie alebo účinnosti aplikovaných ochranných opatrení.



Obr. 8 Príklady výsledkov meraní

4 Typické príklady použitia metódy PECA™ (PEC)

4.1 Meranie zostatkovej hrúbky steny pod izoláciou



Obr. 9 Meranie hrúbky steny pod izoláciou

4.2 Meranie zostatkovej hrúbky steny priamo na stene



Obr. 10 Meranie priamo na stene potrubia



Obr. 11 Meranie priamo na stene zásobníka

4.3 Meranie zostatkovej hrúbky steny veľmi skorodovaných častí

Meranie zostatkovej hrúbky steny veľmi skorodovaných častí, ktoré nie je možné očistiť pre iný typ kontroly s ohľadom na riziko možného prederavenia steny počas čistenia pre iný typ kontroly napr. ultrazvukom.



Obr. 12 Veľmi skorodované časti, ktoré nie je možné očistiť

4.4 Meranie korózie urýchlenej prúdením (FAC – Flow Accelerated Corrosion)

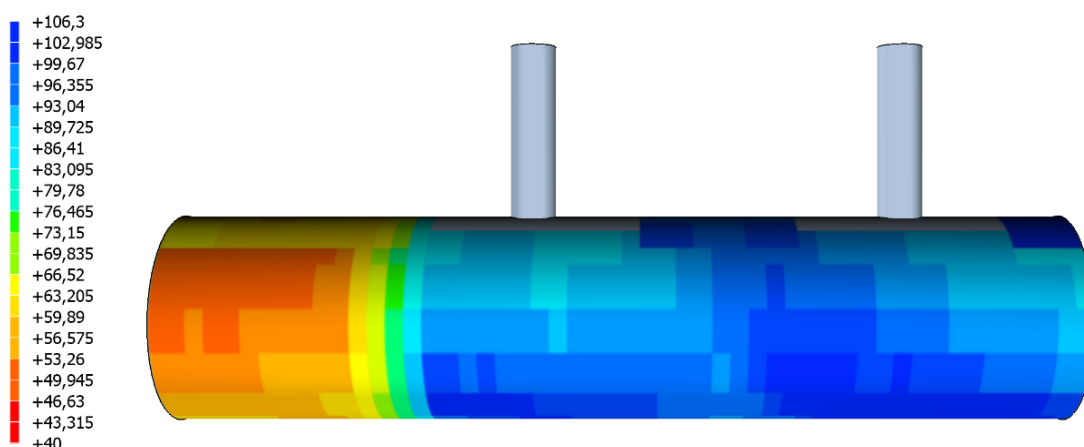


Obr. 13 Meranie korózie urýchlenej prúdením (FAC)

Ku korózii zrýchlenej prúdením (FAC – Flow Accelerated Corrosion) dochádza vtedy, keď sa normálna ochranná vrstva oxidu na vnútornom povrchu nízkoaliovaného ocele a uhlíkového potrubia „rozpuští“ pri zvýšených teplotách vplyvom pudiacej odkysličenej vody. To stenčuje stenu potrubia, čo môže potenciálne spôsobiť rôzne poškodenia od netesností až po katastrofické náhle prasknutia, čo negatívne ovplyvňuje spoľahlivosť a bezpečnosť takýchto prevádzkovaných potrubí.

4.5 Zistenie nečakanej zmeny materiálu

Wall Thickness %

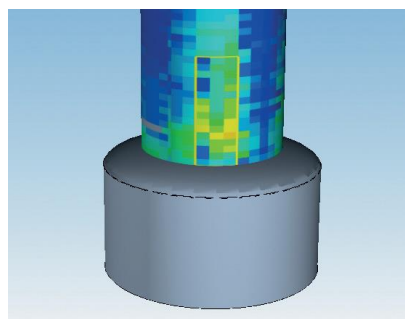


Obr. 14 Zistenie nečakanej zmeny materiálu (zmenou konduktivity a permeability)

4.6 Meranie cez požiarnu obmurovku



Obr. 15 Meranie nôh guľových zásobníkov

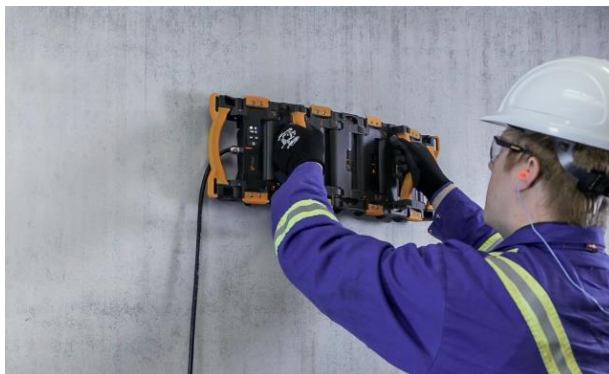


Obr. 16 Zistenie prekorodovania

4.7 Meranie korózie na nádržach



Obr. 17 Meranie obvodového prstenca nádrže



Obr. 18 Meranie priamo na stene nádrže

4.8 Hodnotenie rastu vnútornej korózie pod kompozitnou bandážou počas prevádzky



Obr. 19 Zosilnenie hrúbky steny oslabenej vnútornou koróziou kompozitnou bandážou

Vzhľadom k tomu, že metóda PECA™ nepotrebuje k meraniu hrúbky priamy kontakt s meraným materiálom je ideálnou metódou na meranie zostatkovej hrúbky steny pod kompozitnou bandážou, ktorá je inými metódami veľmi obťažne zistiteľná.

5 Rozsah použitia

- kontrola oceľových konštrukcií vyrobených z uhlíkovej (feromagnetickej) ocele - potrubia, nádoby, nádrže, podpery a podobne,
- hrúbka steny kontrolovaného materiálu 3-100 mm (v závislosti od typu sondy a pomeru hrúbky steny a hrúbky izolácie),
- hrúbka tepelnej izolácie až do 300 mm (podľa typu sondy),
- možnosť merania cez hliníkové, nerezové a galvanizované krycie plechy tepelnej izolácie,
- minimálny priemer potrubia 2" (50mm), maximálny priemer nie je obmedzený,
- meranie cez izoláciu za prevádzky aj pri vysokých teplotách (od -150°C do 500°C).

6 Výhody použitia

Najväčšou výhodou technológie PEC/PECA™ je možnosť bezkontaktného merania cez viacero vrstiev izolácie bez potreby jej odstraňovania alebo úprav povrchu. Okrem toho umožňuje:

- meranie za prevádzky bez jej obmedzenia a bez nutnej prípravy povrchu,
- vysoká rýchlosť skúšania s online vizuálnym výstupom z merania,
- plošné skenovanie vďaka použitiu plošnej kontroly pásom 6 sond PECA™ o šírke 457mm, čo skracuje čas merania,
- rýchla plošná kontrola dlhých úsekov potrubí,
- možnosť merania aj priamo na konštrukcii bez izolácie pre vyhľadávanie vnútornej korózie,
- nie je potrebný priamy kontakt s povrchom kontrolovaného materiálu,
- meranie cez tepelnú izoláciu, požiarnu obmurovku, nástrek, betón, cez asfaltovú izoláciu a pod.,
- možnosť merania postupu korózie a kontroly spevneného potrubia pod kompozitnou bandážou.

1. Záver

Metóda merania pulzných vírivých prúdov (PEC), resp. jej presnejšia alternatíva merania poľa pulzných vírivých prúdov (PECA™) je dobre známa svojou schopnosťou detegovať a hodnotiť koróziu v oblastiach inak nedostupných bez nákladného odstraňovania ochranných izolácií a vrstiev. Tým, že pred meraním nie je nutné odstraňovať izoláciu s oplechovaním a ani špeciálne upravovať povrch meraného miesta, a navyše bez obmedzenia prevádzky, používa sa v stále rastúcom počte rafinérií a chemických závodov po celom svete.

O výhodnosti a spoľahlivosti tejto metódy svedčí aj skutočnosť, že tvorí nedeliteľnú súčasť odporúčaných metód pre kontrolu korózie pod izoláciou (CUI) a pod obmurovkou (CUF) podľa medzinárodných noriem API RP 583-2021 Corrosion Under Insulation and Fireproofing ako aj ASME Boiler & Pressure Vessel Code V-2021 Nondestructive Examinations.

Autor:

Ing. Jan Vytřísal, MBA
generálny riaditeľ
SEPS, a.s.
Pri smaltovni 4, 85101 Bratislava
Tel.: +421 2 68 245 720
Web: www.sepssk.sk
E-mail: office@sepssk.sk