



NEDESTRUKTIVNÍ KONTROLY SKLADOVACÍCH NÁDRŽÍ STORAGE TANK NONDESTRUCTIVE INSPECTION

Miloslav PROCHÁZKA

TEDIKO, s.r.o.

Contact e-mail: info@tediko.cz

Abstrakt

Tento článek je zaměřen na praktickou stránku měření ultrazvukem v elektrárnách, chemických výrobnách a rafinériích metodami Phased Array a TOFD včetně pomoci mechanizovaných prostředků. Praktické příklady praktické stránky uskutečněných měření – kontroly tlakových nádob a potrubí, kontroly svarových spojů, kontrola na přítomnost a rozsah poškození nádob blistry a jinými vadami.

Klíčová slova: zkoušení vizuální, kapilární, magnetické práškové, těsnosti a ultrazvukem, prozařování, MFL kontrola dna, magnetické rozptylové toky, manipulátor, šplhač, phased array, TOFD

Abstract

This article describes the practical examples of ultrasonic measuring in power and chemical plants and refineries by means of Phased Array and TOFD methods using manipulators included. The examples of performed inspections from practice - real measuring of pressurised vessels and piping, welds inspection, HIC blister damage and other flaw identification.

Key words: visual, penetrant, magnetic particle, leak and ultrasonic testing, radiography, floor inspection by means of MFL, magnetic flux leakage, manipulator, crawler, phased array, TOFD

Úvod

Skladovací tanky na ropu a ropné produkty jsou velké nádrže sloužící k uchování jak surovin, tak meziproduktů a výsledných produktů jako je například nafta a benzín. Nejedná se většinou o žádné malé objemy – skladovací nádrže neboli tanky mají průměr až kolem 50 metrů a výšku 20 m. Samozřejmě, že jsou ale běžně i menší občas i větší. Nejmenší jsou pod deset metrů v průměru. Bez ohledu na velikost však obsahují látky, které nejsou pro životní prostředí příznivé a při případné netěsnosti kromě značných materiálních škod také velmi negativně ovlivňují jak blízké tak i vzdálené okolí. Proto se kontrolám stavu těchto nádrží musí věnovat náležitá pozornost. Koneckonců stavu nádrží skladujících tyto produkty se nevěnují pouze normy, ale i Vyhlášky a dokonce Zákony, jako např. Zákon o vodách.

Tento příspěvek má za úkol poskytnout základní informace o reálném provádění inspekci skladovacích nádrží pomocí metod nedestruktivního zkoušení tak, jak je prováděna pracovníky společnosti TEDIKO, s.r.o.

1. Základní metody

Oblast nádrží řeší různé normy a předpisy – od jejich návrhu, přes výstavbu a provozování, po údržbu a tedy i kontroly. Jedněmi z nejznámějších jsou například předpisy API, např. *API Standard 653 Inspekce, opravy, úpravy a rekonstrukce tanků* nebo *API Recommended Practice 575 Návodů a metody inspekce atmosférických a nízkotlakých skladovacích tanků*. Tento článek ale nemá za cíl prezentovat obsah API ani jej nijak zvlášť vysvětlovat, účelem je zaměřit na oblast NDT a jejího vykonávání na skladovacích nádržích s upozorněním na některá specifika.

Zcela základní, přitom nejjednodušší ale zároveň i zcela nejpodceňovanější metodou je zcela běžná kontrola vizuální, tedy v tomto případě přímá vizuální kontrola. Je pozoruhodné, jakou provozní slepotou často trpí personál provozovatelů. I když na druhé straně – kdo není postižen provozní slepotou a brání věcí za standard, když stále vidí v podstatě totéž ?

Další důležitou kontrolou je ultrazvuková kontrola a to jak měření tloušťek stěn tak kontrola svarových spojů, s tím je spojena i kontrola prozáření, která má ovšem vzhledem k charakteru kontrolovaného zařízení možnosti velmi omezené a to především na hrdla. Magnetická prášková a kapilární kontrola jsou nezastupitelné pro zkoušení svarových spojů, především z vnitřní strany. Speciálními kontrolami jsou kontroly dna – kontrola tzv. „floor-scannery“ příp. kontrola těsnosti, akustická emise apod.

Kontroly se provádějí „on“ nebo „off“. Tzn. provádějí se jak za provozu, tak za odstávky. V případě provozovaného zařízení je samozřejmě kontrola možná pouze z vnějšku nádrže (a to ještě ne ve všech případech). V případě odstávky se předpokládá odčerpání produktu, vyčištění nádrže pro kontroly a provedení kontrol i zevnitř tanku. Kontrola dna není ani jinak možná.

2. Základní specifika kontroly

Kontroly skladovacích nádrží mají jednu charakteristickou a pro provádění kontroly znepríjemňující vlastnost. Jedná se vždy o bezpečnostní riziko. Skladované produkty jsou hořlavé, prostředí i zdraví škodlivé. I samotný pohyb v tankovišti (jak se nazývá místo se skladovacími nádržemi) podléhá přísné regulaci.

Nádrže jsou jak nadzemní tak pod úrovní země, v případě LPG se jedná navíc často i o kulové nadzemní zásobníky. Některé zásobníky/ tanky jsou přímo uloženy v zemi (zasypané) a to částečně či úplně. U některých zásobníků/tanků je meziprostor mezi stěnou samotné nádrže a vnější bariérou – betonovou stěnou, která je ještě někdy z vnějšku zasypána zeminou.

Pokud se kontrola provádí za provozu v tzv. meziprostoru, mohou nastat problémy s H_2S . Podobně při kontrolách nádrží při odstávce je nutné nádrž považovat za tzv. uzavřenou nádobu, kde je opět nutné brát v úvahu různá rizika atmosférou počínaje a hořlavým či výbušným prostředím konče. A dále 99% zařízení používaného při NDT kontrolách není v provedení do výbušného prostředí, tzn. mohou představovat bezpečnostní riziko. Dále se provádí tzv. dozor, tzn., že pokud inspektor pracuje ve skladovací nádrži, musí někdo jiný na něho z venku dohlížet a v případě problémů zasáhnout. Z toho všeho vyplývá, že ke kontrolám v nádržích nelze přistupovat z bezpečnostního hlediska tak, jako se k NDT kontrolám často přistupuje.

Problém H₂S, dýchatelného prostředí a prostředí nevýbušného je vůbec jednou z primárních záležitostí. Proto pracovníci provádějící kontrolu musí mít osobní detektory i analyzátory prostředí. Takže pokud provádějí například RTG, jsou zcela ověšení různými detektory, měřáky, případně dalšími prostředky BOZP.



3. Vizuální kontrola

Jak bylo řečeno výše – zcela „podřadná“ NDT zkouška, avšak s vysokou vypovídací schopností, pokud se inspektor na zařízení dívá správně a ještě o tom přemýšlí. V nadsázce lze říci jako v letitém vtipu – podíváme-li se na něco pořádně a zblízka, je tam pr.... atd.

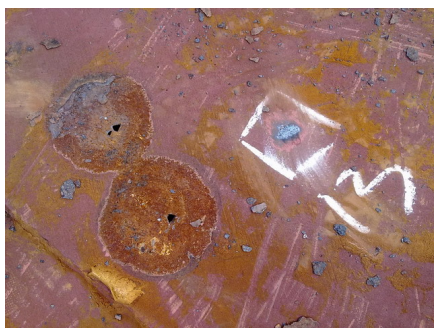
Při zpracování ropy je vždy dostatek suroviny pro pěkný ohniček, proto je potřeba mimo jiné udržovat nádrž a její okolí v takovém stavu, aby se zde nenacházely např. porosty, které kromě toho, že jsou hořlavé, tak také rozrušují betonové základy či vany pro záchyt média. Jistě nelze považovat za vyhovující stav nádrže, kde z betonu základu vyrůstá stromek ve stáří několika let a rozhraní nádoby a podkladu je plné směsi tvořené zbytky hlíny, oloupaných zbytků nátěru, mechu a náletu travin.

Vizuální kontrola prováděná vně nádrže tedy slouží k ohodnocení jak celkového stavu, tak jednotlivých částí, a na jejím základě lze přijímat prvotní nápravná opatření. Kromě obhlídky okolí samozřejmě spočívá v kontrole stavu ochranných nátěrů nádrže případně izolací a to i z pohledu zatékání vody pod izolace. Zatékající voda může být zdrojem koroze pod izolací (teplota skladovaných médií nemusí být totožná s teplotou okolí, nádrže mohou obsahovat i topné hady a míchadla, takže izolace je nutnou záležitostí). Důležitou částí kontroly je střecha a hrdla z nádrže vycházející. Vizuální kontrola samozřejmě ukáže na místa, která zasluhují pozornost z hlediska jiných kontrol. Při odstavení tanku z provozu se provádí vizuální kontrola z vnitřní strany a to nejenom dna a stěn ale i případné vnitřní vestavby – vytápěcích hadů, míchadel atd.

Na níže uvedených obrázcích jsou ukázány základní problémy skladovacích nádrží zjišťované při vizuální kontrole prováděné z vnějšku. Kromě relativně běžných problémů snadno odhalitelných jako je přítomnost vegetace, poškození nátěrů nebo koroze v místech, kde se může zdržovat voda, je problémem také zraku skrytá koroze – v místech zatékání vody pod izolaci. Nejedná se jenom o klasickou izolaci pomocí vaty a krycích plechů, kterou lze relativně jednoduše odstranit i obnovit.



Některé nadzemní nádrže s pevnou střechou ale také mají izolaci střechy provedenou pomocí pevně lnuoucí pěny. Tady je situace s odstraněním a obnovou horší. Bez odstranění izolace ale lze jen velmi obtížně diagnostikovat korozi pod izolací. Obrázky níže ukazují stav pod klasickou izolační vatou na stěnách a pod odstraněnou pěnou na střeše tanku. V obou případech jsou velmi dobře vidět místa zatékání vody s výraznou korozí vedoucí až k proděravění plechů



V případě kontroly vnitřku skladovacího tanku, čili za stavu „OFF“, se posuzuje stav všech konstrukčních částí – pláště, podlahy, stropu, případných vestaveb včetně otopných systémů. Ač by se mohlo zdát, že není důvod, aby byl vnitřní povrch nějak zvlášť poškozen, opak je často pravdou. Lze najít poškození důlkovou korozí, důlky a trhliny v tepelně ovlivněné zóně svarových spojů, pozůstatky tzv. přichytných svarových spojů, plošnou korozi.

Kontroly prováděné uvnitř tanku mají ještě tu specifiku, že některé nádrže nemají pevnou střechu, ale jsou vybaveny tzv. střechou plovoucí, to znamená, že pokud je nádrž vyprázdněná, tak je střecha ve spodní poloze a vzdálenost podlahy a stropu není zrovna velká. Dalším specifikem je nedostatek světla, protože nádrže mají omezené množství nikterak velkých vlezů. Vnitřek nádrže je také pro kontrolu nutné vyčistit, tzn. odstranit zbytky skladovacích látek a vyloučených úsad. Pokud má být prováděna detailní kontrola dna (především dalšími metodami NDT), je nutné dno dokonce připravit pískováním. Na následujících obrázcích jsou uvedeny dva základní příklady – poškození důlkovou korozí a poškození jak svarového spoje tak tepelně ovlivněné zóny. Ilustračních příkladů je k dispozici tolik, že je lze ukázat pouze v prezentaci



4. Kontrola ultrazvukem

Druhou nejdůležitější kontrolou, a to jak ve stavu „off“ nebo „on“, je kontrola ultrazvukem, především měření tloušťky stěn. Kontrola tloušťky dává základní představu o stavu jednotlivých lubů (to jsou ta mezikružít, z nichž je sestaven plášť tanku). Tloušťka plechů, z nichž jsou jednotlivé luby svařeny, se mění s výškou – tedy vyšší luby mají z konstrukčního hlediska menší tloušťku stěny. Vnitřní koroze není stejnoměrná a v různé výšce může být různá, za provozu samozřejmě zrakem nezjistitelná. Poškození vnější korozí, pokud není tank izolován, je samozřejmě identifikovatelné vizuální kontrolou.

Ke kontrole se používají v podstatě běžné ultrazvukové tloušťkoměry. My ovšem zásadně používáme tloušťkoměry s grafickým displejem a s ukládáním dat v síti. Zároveň tyto tloušťkoměry umožňují měřit tloušťku stěny přes barvu. To je velmi důležité, protože ne vždy je možné očistit povrch na holý kov a při „vzdáleném“ (remote) měření bez stavby lešení to není ani technicky možné. V zásadě se provádí měření bodové. Toto měření tlouštěk dna, stěn, stropů, hrdel a dalších částí skladovacích nádrží patří k základním metodám, jak z hlediska zjišťování okamžitého stavu nádrže, tak z pohledu dlouhodobého sledování. Rozložení jednotlivých měřících bodů je v souladu s inspekčními plány provozovatele nádrže, případně je provozovateli navrženo na základě praxe a v souladu s jeho požadavky.

Součástí měření tlouštěk však může být i pořizování B-scanů kolmých na dno tanku a to především ve spodních partiích pláště u dna, protože tato oblast je z pohledu korozního a zároveň i z hlediska pevnostních parametrů ta nejchoulostivější. Očekává se zde zvýšený ale přitom z hlediska poškození proměnlivý rozsah koroze – např. ve spodní části stěn tanku u koutových svarů se dnem, v místech kolísání hladin apod. Výsledkem je profil tloušťky v choulostivé části tanku. V tomto případě je ale nutné doporučit přípravu plochy pro B-Scan, pokud má být provedeno relevantní měření.

Zcela zvláštní kapitolou je měření tloušťky ve vyšších částech tanku. Pro tato měření je nutné běžně postavit lešení, což přináší velmi vysoké náklady na kontrolu, větší bezpečnostní riziko pádu a stejně zůstávají prostory, do kterých za provozu nelze jen tak vstoupit – např. již zmiňovaný prostor mezi stěnou tanku a betonovým mezikružím, kde za provozu hrozí nebezpečí nedýchatelné atmosféry s případným zvýšeným obsahem H_2S .

V těchto případech se provádí bodové měření ultrazvukem pomocí šplhače vybaveného ultrazvukovou sondou pro měření tloušťky stěn. V současnosti máme

k dispozici vyvinuté dva typy šplhače. Čtyřkolový šplhač je úspěšně používán intenzivně již třetí rok. Jedná se o robustní dálkově ovládaný podvozek vybavený ultrazvukovou sondou s dostatečnými stupni volnosti pro kopírování povrchu a zařízením pro tvorbu akustické vazby, které je propojeno s měřícím přístrojem – ultrazvukovým tloušťkoměrem. Zařízení je ovládáno dálkově operátorem, který stojí na zemi a na dálku ovládá a řídí pohyb šplhače a zároveň odečítá změřenou tloušťku.

Tříkolový šplhač je ve stádiu testů a a kromě tříkolového podvozku je hlavním znakem snížená váha a vyšší rychlost i ovladatelnost zařízení. Tato měření lze samozřejmě provádět jen v případě neizolovaných tanků a tanků z uhlíkových konstrukčních ocelí.





Kromě měření tloušťek je součástí i kontrola svarových, kde se používají postupy jak klasického ultrazvukového zkoušení tak TOFD a Phased Array. Použití PA je v některých případech zcela nezastupitelné, protože řešení mnoha svarových spojů je s konstrukčním neprůvarem případně se jedná o T- spoje či koutové svař.

5. Kontrola svarových spojů

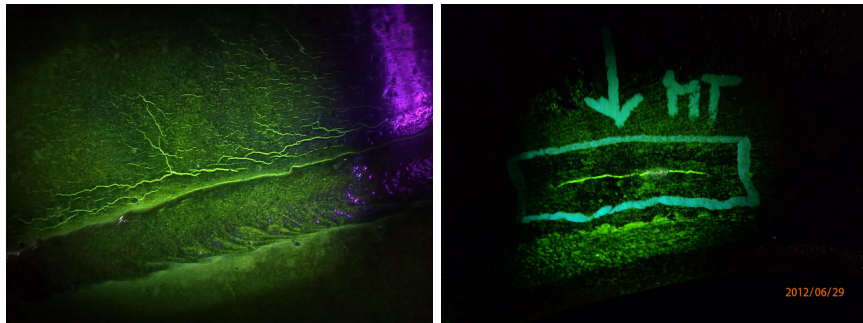
Ke kontrole svarových spojů se kromě ultrazvukové kontroly ještě používají metody kapilární a magnetická metodou prášková a také se provádí kontrola těsnosti metodou vakuovou.

Oba typy uvedených povrchových metod zkoušení se používají především ke kontrole svarových spojů dna. Základní podmínkou pro provedení je příprava povrchu a to bývá v některých případech problém, především pokud se týká metody kapilární. Také z důvodu rychlosti zkoušky a jednoduššího řešení se preferuje především magnetická kontrola prášková fluorescenční. Povrch se ke kontrole připravuje broušením nebo opískováním.

Kontrola svarových spojů dna na přítomnost trhlin je obecně velmi důležitá, protože dno se sice dá zkontrolovat téměř celé pomocí floor-scannerů, ovšem právě s jedinou výjimkou a tou je kontrola svarových spojů. Protože povrchové metody

neříkají nic o tom, zda trhlinka komunikuje s oběma povrchy, provádí se často kontrola těsnosti bublinkovou metodou s použitím vakuových komůrek.

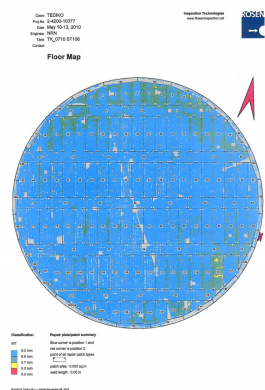
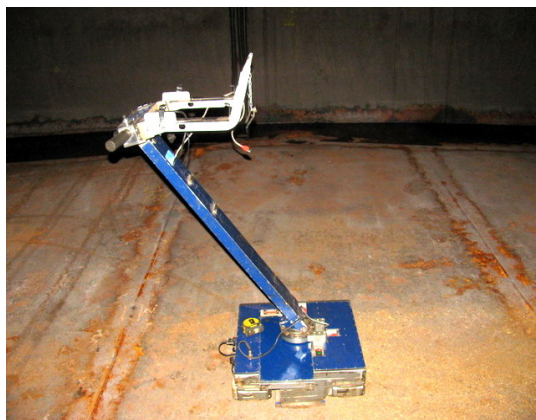
Hloubka trhlin se určuje buď potenciometrickou metodou, pomocí phased array nebo se též provádí (dovolují-li to podmínky – geometrie a rozměr) pomocí TOFD.



6. Kontrola plechů dna

Kontrola dna se dá provádět třemi způsoby a všechny tři jsme nějakým způsobem během téměř desetileté zkušenosti z kontrolami realizovali buď vlastními silami nebo v kooperaci. Ve všech případech je nutná minimální příprava dna. Kontrola magnetickou metodou práškovou je asi z uvedených kontrol nejméně často používaná, vzhledem k tomu, že touto metodou se hledají především trhlinky a ty se nacházejí v oblasti svarů. Častěji je používaná kontrola těsnosti pomocí vakuových komůrek. Je prováděna v návaznosti na kontrolu dna pomocí takzvaných floor-scannerů, tedy zařízení určené ke kontrolám dna („podlahy“)

Ve spolupráci se zahraničním partnerem provádíme kontrolu zařízení pracujícím na bázi MFL/ET. Zařízení obsahuje desítky měřicích sond/senzorů pomocí kterých je možné zjišťovat vnější i vnitřní vady charakteru důlků a provádět profilometrii metrů – tedy kontinuálně zjišťovat tloušťku plechů. Vzhledem k tomu, že zařízení je vybaveno systémem sledování polohy, je výsledkem mapa dna s vyobrazenými polohami vad rozdělenými barevně podle hloubky poškození a mapa tloušťek ve formě vrstevnic. Měření je relativně rychlé a s téměř okamžitým vyhodnocením.

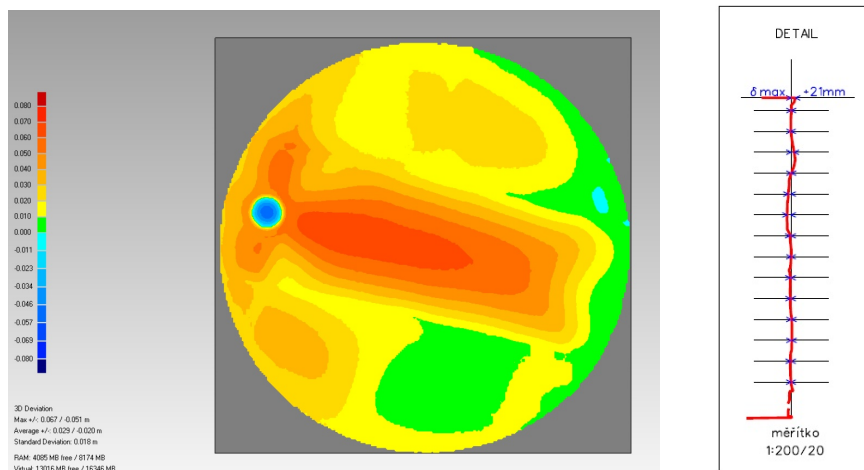


7. Ostatní metody

Kromě všech výše uvedených metod se používá též prozařování. Ovšem vzhledem k charakteru kontrolovaného zařízení lze provádět většinou jen kontrolu hrdel – tzn. nátrubků vycházejících ze skladovacích nádrží – kontrola se provádí především na zeslabování.

Kromě klasických NDT kontrol lze použít také novější metodu magnetické paměti na vytipování míst, která se následně zkontrolují jinými metodami.

Protože skladovací nádrž/tank je velmi velké zařízení obsahující běžně tisíce tun ropy, ropných produktů, chemikálií, je celá konstrukce namáhána značnými silami. Ty se ještě mění s tím, jak se mění plnost tanku. Navíc jsou zde také vlivy konstrukční a vlivy dané výrobou. Díky tomu takováto nádrž stále „pracuje“. Například si sedá, na dno působí veliké tlaky atd. Proto jsou důležitá i jiná - geometrická měření, která mapují sedání tanku, odchylky stěn od svislice apod.



Závěr

Smyslem tohoto příspěvku bylo ukázat problematiku diagnostiky skladovacích nádrží. Nejedná se o pouhou defektoskopii ale o multidisciplinární přístup. Každý způsob zkoušení, každá úloha chce „svoje“. Sám jednotlivý výsledek z konkrétní metody přináší pouze dílčí informaci, která slouží k sestavení mozaiky avšak sama o sobě nese pouze malou informaci. Vyhodnocením všech informací je ale možné vyhodnotit nejen okamžitý stav zařízení ale také predikovat vývoj – to znamená i jeho životnost.

