

VÁŽENÉ ČTENÁŘKY, VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

redakce TechMagazínu věnuje již tradičně v letním období rozšířenou pozornost situaci v oblasti nedestruktivního zkoušení materiálů a konstrukcí v České republice. Připomeňme si, že stěžejním úkolem nedestruktivního zkoušení (non-destructive testing - NDT), je identifikace a hodnocení povrchových i vnitřních defektů materiálu. Z tohoto cíle vyplývá také běžnější české označení – defektoskopie. NDT tvoří diagnostické metody, které jsou nedílnou součástí kontroly výrobků jak v předvýrobní etapě, v průběhu výroby, tak také během provozu širokého okruhu zařízení. Bez NDT by nebyla zajištěna bezporuchovost, spolehlivost a bezpečnost na železnici, v letectví, v jaderné energetice, v chemickém průmyslu, stavebnictví, v automobilovém průmyslu a řadě dalších oborů.

Za základní metody NDT se obvykle považují zkoušení ultrazvukem (UT), radiografické (RT), magnetické (MT), kapilární (PT), vizuální (VT) a zkoušky vířivými proudy (ET). Významnou skupinu pak tvoří zkoušky těsnosti (LT) a rychle se rozšiřující aplikace metody akustické emise (AT). Každá NDT metoda má však své hranice použitelnosti a neexistuje metoda, která by umožňovala zjistit veškeré typy vad. V dnešní praxi je nezbytné volit kombinaci metod, a to vyžaduje jak znalost základních principů metod a možností jejich použití, tak i znalost výrobních technologií zkoušených výrobků a součástí. NDT by měla být nedílnou součástí systému managementu kvality. V současnosti má však nedestruktivní zkoušení vyšší cíl, než jen pouhé zjišťování vad materiálů a výrobků. NDT chce vadám předcházet, spoluvytvářet podmínky pro odstranění příčin jejich vzniku, stává se neopomenutelným článkem výrobního a opravárenského procesu.

Desetiletím profesní tradice ubírá motivaci konkurenční boj

Podobně jako v řadě jiných oborů i v oblasti NDT se pracovníci již od vzniku oboru snažili sdružovat v profesní organizaci, která by umožňovala vzájemnou komunikaci a poskytla by platformu pro další rozvoj oboru. Po vzniku samostatné České republiky v roce 1993 byla na základech bývalé československé organizace vytvořena Česká společnost pro NDT (ČNDT). V současné době je ČNDT tvořena šesti re-

gionálními skupinami a pěti skupinami odbornými, které sdružují individuální a kolektivní členy nejen z ČR ale i ze zahraničí. Významnou část členské základny tvoří tzv. firemní členové, kterými jsou významné firmy působící v oblasti NDT. Základní aktivitou, kterou i nadále společnost plní, je sdružování odborníků z průmyslu, školství, vědy a výzkumu. Za dobu působení se samozřejmě částečně změnilы prostředky, které ČNDT používá pro přenášení informací mezi své členy. Důraz se přesouvá do oblasti elektronické komunikace a webové prezentace. Nicméně svoji nezastupitelnou roli si stále zachovává organizace osobních setkání formou odborných seminářů a konferencí a vydávání tištěných informací.



ČNDT se snaží udržet zcela ojedinelou nepřerušovanou tradici mezinárodních konferencí Defektoskopie. Letos počátkem listopadu se bude konat již 43. ročník tohoto setkání, spojeného s výstavou NDT techniky (Olomouc, 5.–7. listopad 2013). Podobně jako řada dalších organizátorů podobných setkání se však potýkáme se stále výraznějšími problémy při zajišťování kvalitních odborných příspěvků z technické praxe. Důvodem je mimo jiné i rostoucí konkurenční boj a z toho plynoucí částečná neochota prezentovat firemní „know-how“.

Zcela specifickou oblast však tvoří příspěvky z oblasti výzkumu a vývoje, které tradičně zajišťovali především pracovníci vysokých škol a výzkumných ústavů. V důsledku naprosto demotivujících parametrů nastavených pro hodnocení výzkumu v ČR dochází ke značnému poklesu zájmu o prezentaci výsledků nejen na domácích, ale částečně i na zahraničních konferencích. Přitom právě tato setkání umožňují bezprostřední a rychlý přenos nejnovějších výzkumných poznatků do technické praxe. Jednostranný důraz na publikování v zahraničních časopisech s tzv. impakt faktorem je pouze dalším krokem, který možná částečně zviditelní část českého výzkumu v zahraničí, ale ve finále bude mít negativní důsledky pro český průmysl a samozřejmě postihne i organizátory podobných konferencí a oblast navazujících služeb. V rámci širší osvětové činnosti pokračuje ČNDT ve vydávání tištěných materiálů. Počátkem letošního roku byla vydána brožura určená nejen široké technické veřejnosti, ale i manažerům průmyslových a zpracovatelských organizací, jimž se snaží poskyt-

nout základní informace o jednotlivých metodách nedestruktivního zkoušení materiálů, kterých by mohli využít při svém rozhodování v řízení a kontrole výroby. Tato brožura je zdarma k dispozici všem zájemcům. Pro školy a další zájemce pokračuje společnost ve vydávání výukových plakátů k jednotlivým NDT metodám a samozřejmě úzce spolupracuje s vydavatelem časopisu NDT Welding Bulletin, který je jediným periodikem v ČR i SR programově zaměřeným na oblast defektoskopie. V rámci rozšiřování poskytovaných informací se vedení společnosti snaží rozšiřovat a modernizovat webovou prezentaci společnosti (www.cndt.cz). Základní kontaktní údaje jsou postupně doplňovány dalšími informacemi z oblasti nedestruktivního zkoušení. Nově byla webová prezentace doplněna interaktivním přehledem řešených diplomových a disertačních prací, příp. témat navrhovaných. V nejbližší době bude doplněn i přehled řešených výzkumných projektů v oblasti NDT. Úspěch podobných aktivit však samozřejmě závisí na zájmu veřejnosti, pro kterou jsou tyto informace určeny.

ČNDT v mezinárodním kontextu

V roce 2012 se Česká společnost pro NDT stala jedním ze spoluřešitelů projektu PROQUALIND, který patří do systému evropských projektů Leonardo. Projekt si klade za cíl zpracovat překlady nejnovějších učebnic a manuálů pro základní metody NDT do národních jazyků účastnických zemí. Tyto učebnice odpovídají současným evropským standardům a jejich zavedení do výukové praxe je součástí snahy o sjednocování vzdělávacích systémů NDT v rámci EU. Do řešení projektu jsou v této etapě dále zapojeni kolegové ze Španělska, Portugalska, Maďarska a Chorvatska. Velmi významnou je existence Centra technické normalizace při ČNDT, které je již několik roků garantem aktualizace technických norem v oboru NDT. V důsledku toho má defektoskopická veřejnost stále k dispozici aktuální české překlady všech platných NDT norem.

V současnosti stojí před vedením ČNDT dva základní nestandardní úkoly. Prvním a poněkud neuralgickým bodem je prohloubení činnosti v oblasti vzdělávání a certifikace NDT personálu. Tato oblast se po vstupu dalších certifikačních orgánů na český trh vyvíjí poměrně dynamicky a nyní potřebuje především určité zklidnění situace. V tomto by ČNDT měla sehrát významnou úlohu. Druhým zcela zásadním úkolem je příprava 11. Evropské NDT konference (ECNDT 2014), která se bude konat v říjnu roku 2014 v Pražském kongresovém centru (www.ecndt2014.cz). Jde o akci zcela výjimečného rozsahu, která sice nese ve svém názvu „evropská“, nicméně je to akce celosvětového dosahu. Její nedílnou součástí je i reprezentativní výstava nejmodernější techniky a služeb v oblasti NDT. V současné době (tedy rok před konáním konference) je přihlášeno více než 70 vystavujících firem a již nyní bylo nutné plochu původně vyhrazenou pro vystavovatele rozšířit. Věříme, že stejně úspěšní budeme i v oblasti oslovení standardních účastníků, jejichž registrace byla v nedávné době zahájena. Více o aktivitách ČNDT naleznete na www.cndt.cz ■

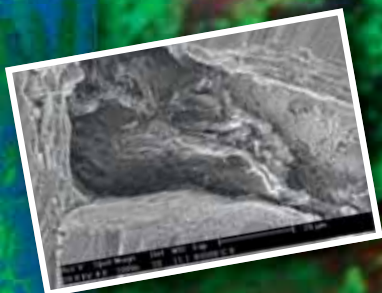
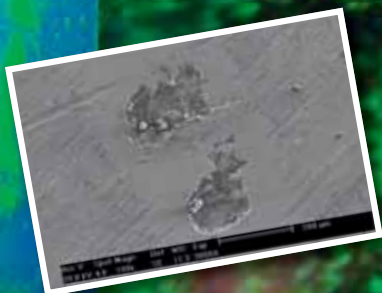
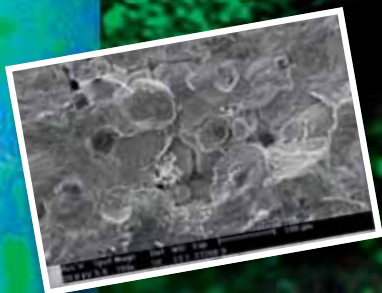
Pavel Mazal, prezident ČNDT (S použitím publikace Nedestruktivní zkoušení, ČNDT 2013)



metody – technologie – diagnostika

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ

2013



TECH MAGAZÍN

TECHNIKA VČERA, DNES A ZÍTRA

Česká společnost pro nedestructivní testování
ve spolupráci s redakcí časopisu TechMagazín

MONITOROVÁNÍ STAVU KONSTRUKCÍ – SHM (STRUCTURAL HEALTH MONITORING)

K diagnostice konstrukčních celků v průmyslu, energetice, dopravě, ve stavebnictví, elektro-technice i dalších oborech jsou k zajištění bezpečnosti, spolehlivosti, bezdefektnosti a správné funkce diagnostikovaných zařízení a materiálů využívány postupy a metody nedestruktivního testování (NDT), či podle účelu také alternativně NDE (nedestruktivní hodnocení – „Evaluation“, „Examination“), NDI (nedestruktivní inspekce) či NDC (nedestruktivní kontrola, resp. charakterizace).

Metodologie těchto postupů je dnes samostatným průmyslovým i vědním odvětvím a předmětem rozsáhlých výzkumů. Svědčí o tom i velký počet firem specializovaných na tuto činnost, tisíce vydávaných publikací i desítky konferencí a internetových serverů (např. www.ndt.net). Příležitostí k setkání odborníků z celého světa v oblasti NDT/NDE bude již 11. ročník Evropská konference o NDT, pořádaná 6.–10. října 2014 Českou Společností pro NDT (ČNDT) pod záštitou Evropské Federace NDT (EFNDT) v Praze. Evropské konference se konají jednou za čtyři roky a pro ČR jde o největší akci v technických oborech za posledních 20 let s očekávanou účastí více než 1500 delegátů a 150 vystavujících firem z celého světa (bližší informace na www.ecndt2014.com).

NDT/NDE metody, používané pro zkoušení materiálů či konstrukčních dílů bez narušení jejich celistvosti či omezení funkčnosti (např. rozebráním konstrukce) slouží především ke zjišťování strukturálních defektů v materiálu, jako jsou trhliny, dutiny, vměstky, adheze vrstev, koroze, tloušťkové změny apod. (defektoskopie) nebo k měření fyzikálních, mechanických či tepelných charakteristik (hodnocení vlastností a kvality).

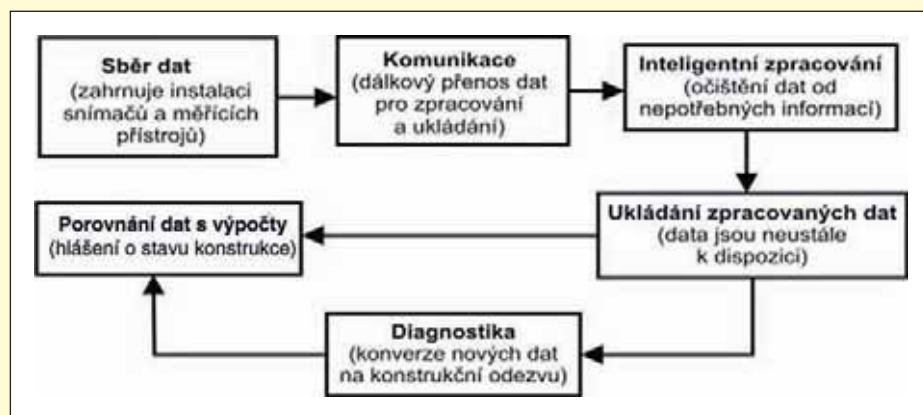
Materiálové a konstrukční změny, způsobené vlivem provozního opotřebení, stárnutí, únavy materiálu, přetížení konstrukce a dalších nepříznivých vlivů lze spolehlivě diagnostikovat pomocí NDT/NDE metod integrovaných do tzv. SHM (Structural Health Monitoring) systému. SHM přístupy, tj. sledování okamžitého stavu konstrukce (kontinuální či alespoň v pravidelných intervalech) se začínají uplatňovat hlavně v poslední době u moderních konstrukcí, označovaných jako „chytré“ (smart) nebo „inteligentní“, ale lze je aplikovat i u starších konstrukcí a prodloužit tak jejich životnost, zvýšit bezpečnost a předcházet následkům případných havárií.

SHM umožňuje i snížit cenu pravidelné údržby postupy známými jako „CM – Condition Monitoring“, neboť není třeba opravovat či vyměňovat součásti, které nevykazují výrazné opotřebení či poškození. Tak lze i prodloužit intervaly periodické kontroly a údržby. SHM systémy jsou začleňovány zejména do leteckých a stavebních konstrukcí, kde by havárie znamenala velké materiálové nebo lidské ztráty. Kontinuální sledování stavu konstrukčních dílů resp. celků je běžné již dávno jako tzv. provozní diagnostika, ale filosofie SHM představuje kvalitativně nový, komplexní přístup. SHM neznamená jen osazení sledované konstrukce čidly a aplikaci NDT/NDE metod. Je definován jako systém schopný detekovat a interpretovat nežádoucí změny v monitorované konstrukci, s cílem zvýšit její spolehlivost

a bezpečnost a snížit náklady, vynaložené během životnosti konstrukce. Jeho úkolem je předcházet vzniku mezního stavu jak stanovenou údržbou či opravami, tak zejména diagnostikou spojenou s včasným varováním. Jde tedy o systém zahrnující nejen defektoskopii a diagnostická měření, ale i automatizované vyhodnocování a predikci stavu na základě matematických a statistických modelů vycházejících z porovnávání aktuálního stavu s historií a výpočtovými parametry.

zvažovat i ekonomické ukazatele a možnosti plné automatizace včetně přenosu, zpracování, ukládání a vyhodnocení dat. SHM systém zahrnuje všechny aspekty monitoringu, týkající se poruch, zatížení, podmínek provozu, atd., které mají přímý vliv na konstrukci. Pro návrh kompaktního SHM systému, složeného z komponent měřících různé fyzikální veličiny, jsou nejvhodnější variantou univerzální, modulární rozšiřitelná zařízení ve společném rámu s komunikační jednotkou. Metody a zařízení pro účely postupné integrace do komplexních SHM systémů by měly splňovat tyto požadavky:

- a)** Snímané veličiny musí ve vzájemné korelaci poskytovat dostatek podkladů k posouzení okamžitého stavu či výrazných změn sledovaného objektu a pro rozhodnutí zda vyhlásit poplašný signál či nikoli.
- b)** Autonomní provoz všech komponent musí být zcela automatizován bez nutnosti lidské obsluhy a častější nutnosti odborného zásahu.
- c)** Použité technické prostředky musí zaručovat dlouhodobou spolehlivou funkci i v méně přízni-



Obr.1 – Obecné schéma SHM systému

Obr.1 znázorňuje obecné schéma SHM systému. Základem je jednotka sběru dat z instalovaných snímačů zvolených fyzikálních veličin. Na ní navazují komunikační jednotky pro dálkový přenos dat – dnes se předpokládá bezdrátový přenos typu WI-FI a využití různých přenosových sítí resp. internetu. Následující jednotky inteligentního předzpracování dat, přenášená data jsou komprimována a očištěna od zbytečných informací a šumu. Jednotky pro dlouhodobé ukládání dat slouží k identifikaci změn sledovaného objektu v konfrontaci s historií a výpočtovým modelem. Tato data musí být stále k dispozici po celou dobu životnosti a slouží k porovnávání okamžité konstrukční odezvy s předchozími stavy a výpočtovými modely. Výstupem jsou údaje o stavu konstrukce. V případě blížícího se mezního stavu systém automaticky generuje výstražná hlášení.

Důležitým úkolem při návrhu konkrétního SHM systému je rozpoznat, které změny na konstrukci je třeba sledovat a jakou metodou je identifikovat. Klíčovou roli hrají NDT/NDE metody charakterizující stupeň poškození konstrukce. Definované příznaky poškození pak určují i typy senzorů a měřících metod (optické, mechanické, elektromagnetické, zvukové a ultrazvukové, vibrační, termické, radi-ační, apod.), trvale instalované na konstrukci. Při jejich výběru je třeba kromě technické náročnosti

vých, či předhavarijních podmínkách (u důležitých aplikací, jako letectví či jaderné elektrárny musí být spolehlivost diagnostických systémů o několik řádů vyšší než spolehlivost monitorované konstrukce).

d) Rozsah výstupních datových souborů musí být optimalizován (minimalizován) s ohledem na spolehlivý dálkový přenos, možnosti archivace, i výpočetní možnosti zpracovávajících a vyhodnocovacích zařízení.

e) Snadnost instalace, kalibrace a nastavování parametrů měření i mezních hodnot, signalizujících výskyt poruchy či blízkost havárie.

f) Ekonomické ukazatele – cena komponent a celého monitorovacího systému nemůže být pro vlastníka a uživatele neúnosná, např. srovnatelná s významnější částí ceny hlídáního objektu.

Vedle leteckých konstrukcí jsou dnes SHM systémy nejčastěji nasazovány ve stavebnictví. Stavební infrastruktury jako jsou budovy, přepravy, mosty, tunely, atd. jsou často vystavovány různým nepříznivým okolním vlivům (silný vítr, vysoká vlhkost, prudké teplotní změny, seismičita a vibrace, záplavy, ale i extrémní přetížení, např. sněhovou pokrývkou, apod.). Pokud nejde o náhlou přírodní katastrofu, lze předcházet mezním stavům konstrukce kontrolou. Ta je ale často velice

(pokračování na str. 40)

FOMA BOHEMIA: TRADICE A SOUČASNOST V DIGITÁLNÍ ÉŘE



S TECHNOLOGICKÝM VÝVOJEM DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE, KDY I DIGITÁLNÍ FOTOAPARÁTY ZAČÍNÁJÍ MÍT KONKURENČNÍ PROBLÉMY, PROTOŽE JE NAHRAZUJÍ CHYTRÉ MOBILY, BY BĚŽNÝ ČLOVĚK MOHL NABÝT DOJMU, ŽE SLOVO "ČERNOBÍLÁ FOTOGRAFIE" JE UŽ ČÍMSI DÁVNO MINULÝM. PŘESTO EXISTUJE ČESKÁ FIRMA, KTERÁ SE I V DNEŠNÍ DOBĚ VÝROBOU A PRODEJEM TĚCHTO MATERIÁLŮ – ÚSPĚŠNĚ – ZABÝVÁ.

A nejde o žádnou malou firmičku skromně přežívající na periferii digitální revoluce – FOMA BOHEMIA spol. s r.o., sídlící ve východočeské metropoli v Hradci Králové, zaměstnává cca 250 lidí a své výrobky prodává nejen v ČR a na Slovensku, ale úspěšně je vyváží do 85 zemí celého světa. Jde o firmu, která je výhradně v českých rukou. Vedení společnosti jsou z větší části majitelé firmy. Je to jediný český výrobce fotomateriálů s dlouholetou tradicí. Vznik firmy se datuje rokem 1921 a svoje výrobky produkovala pod ochrannou značkou FOMA. Od roku 1949, kdy vznikl národní podnik Fotochema, se sortiment výrobků rozšiřuje o rentgenové filmy, černobílý film pro pozitivní kopie, technické černobílé papíry, černobílý inverzní film, barevný papír a barevný negativní film. Právě materiály pro speciální aplikace tvoří základ úspěchu firmy v éře digitální revoluce. Přes obecný trend digitalizace jsou pro určité aplikace „klasické“ filmové materiály stále ještě nejvýhodnějším řešením, a v některých oblastech prakticky nenahraditelné digitálními alternativami.

Současný výrobní program FOMA Bohemia tvoří:

- černobílé negativní filmy, černobílé fotopapíry
- rentgenové medicínální filmy, zubní lékařské rentgenové filmy
- technické radiografické filmy řady INDUX a FOMADUX
- filmy pro osobní dozimetrii, tachografické papíry, daktyloskopické fólie pro kriminalistiku
- zpracovatelské lázně pro všechny druhy vyráběných fotografických materiálů
- rentgenová a digitální přístrojová technika pro zdravotnictví
- materiály pro polygrafii



Areál FOMA Bohemia z ptačí perspektivy



Filmy INDUX určené pro aplikace nedestruktivního testování

Program pro průmyslovou radiografii (FOMA NDT SYSTEM)

Výroba filmů pro nedestruktivní defektoskopii (NDT) nové generace s obchodním označením INDUX byla ve společnosti FOMA BOHEMIA spol. s r. o. zahájena v roce 1986. Realizací změn výrobního předpisu původního NDT filmu, který byl ve výrobním programu od 60. let, byla zahájena výroba filmů ve dvou citlivostních třídách – R5 a R7. Filmy citlivosti R5 a R7 byly v letech 1998 – 1999 doplněny na ucelenou řadu citlivostmi R2, R3, R4 a R8.

Nosným pilířem FOMA NDT SYSTEMU je v současné době i z perspektivního hlediska ucelená řada filmů pro průmyslovou radiografii INDUX a zpracovatelské lázně pro ruční i strojní zpracování řady FOMADUX. Široký rozsah citlivostí a kvalitativních tříd umožňuje uživateli nalézt film vhodný prakticky pro každý druh prozařovacích prací s využitím rentgenů a izotopů. Dobrá technická úroveň filmů byla potvrzena už v roce 1998 nezávislou mezinárodní zkušebnou BAM Berlín. V současné době jsou touto zkušebnou certifikovány filmy FOMA INDUX řady R4, R5 a R7. Velmi podstatnou skutečností je fakt, že celý proces výroby, počínaje přípravou a nanesením emulze na podložku a konče odevzdáním výrobku do expe-

dice, probíhá přímo ve výrobním závodě v Hradci Králové. Tam je i vlastní vývojové pracoviště firmy, kde jsou filmy INDUX neustále zdokonalovány. Jak hrdě zdůrazňují představitelé společnosti, výrobky jsou ryze české, produkovány českými zaměstnanci s využitím vlastních výrobních předpisů a zkušeností, ale srovnatelné se špičkovou zahraniční produkcí. To ostatně dokumentuje jejich obchodní úspěšnost – hradecké materiály odebírají výzkumná střediska a instituce i komerční firmy prakticky po celém světě. Filmy INDUX se používají při NDT kontrole prozařováním, tzn. všude tam, kde je nutné nedestruktivně, tj. bez poškození či porušení, zkontrolovat různé výrobky. K těm nejběžnějším kontrolám patří RTG kontrola svarových spojů, odliktů, ale i velmi malých dílů konstrukcí, elektronických součástek, dílů pro výrobu letadel, vlakových souprav nebo např. lodí. Metoda se nazývá průmyslová radiografie a spočívá v prozařování materiálu rentgenovými či gama paprsky a zachycování prošlého záření na rentgenový film. Cílem je najít skryté vnitřní nebo povrchové vady, které nejsou pouhým okem vidět. Dle druhu materiálu zkoušeného výrobku, jeho tloušťky a zdroje záření se zvolí film s vhodnou citlivostí pro daný případ, stanoví se expoziční doba (která může trvat pouhých pár sekund, ale někdy třeba i několik desítek hodin) a následně proběhne zpracování filmu – opět přísně kontrolovaným procesem.

Na kvalitu a standardnost filmových materiálů pro NDT jsou proto kladeny vysoké nároky. Snímky se vyhodnocují při vysokém zčernání a pro dobré rozlišení vad je požadován vysoký kontrast výsledného obrazu a jeho minimální zrnitost. Součástí požadavků je také maximální stabilita výsledného snímku umožňující jeho archivaci po dobu, která je často srovnatelná s životností defektoskopicky prověřované součásti nebo konstrukce.

Nenápadný soupeř digitálního vývoje

V otázce budoucnosti filmového materiálu v digitální éře mají ve firmě FOMA jasno, ale nevidí ji zdaleka tak chmurně, jak by se mohlo zdát při pohledu na dosavadní soubor oblastí klasické vs. digitální fotografie. Digitalizace se samozřejmě nezastaví, a její vývoj jde kupředu mílovými kroky. I v oblasti NDT se již objevuje digitální radiografie ať už v podobě přímé radiografie, nebo používání paměťových médií (folií). Tento trend v NDT však postupuje výrazně pomaleji než v běžné spotřebitelské sféře, kterou (až na výjimky např. v podobě umělecké fotografie) už prakticky zcela ovládly digitální technologie. Důvodem je zejména vysoká cena těchto systémů, vzhledem k tomu, že nejde o masovou sériovou výrobu, ale v řadě případů naopak o vysoce specializovaná zařízení, a také dosud některá technická omezení. Podle názoru představitelů hradecké firmy je však nástup digitalizace do této sféry speciálních aplikací hrozbou spíše pro velké výrobce zaměřené na globální masový trh, s často nereálnými až megalomanskými plány. Ovšem čeští pokračovatelé tradic slavné značky jsou realisté, kteří se zatím dokázali přizpůsobit vývoji trhu a věří, že FOMA má i nadále zatím pozitivní budoucnost. A tak držíme palce ryze české firmě, ať se jí nadále daří. ■

www.foma.cz, www.foma.eu

(pokračování ze str. 38)

komplikovaná (nepřístupná místa apod.) a může ji nahradit právě instalace SHM systémů, které se dnes stávají součástí některých objektů, jako jsou výškové a letištní budovy, zatěžované průmyslové komplexy a sklady, stadiony a vysoce exponované haly, ale např. i hypermarkety apod. V některých zemích, kupř. v Číně, je integrace SHM systému již podmínkou při výběru dodavatele stavby.

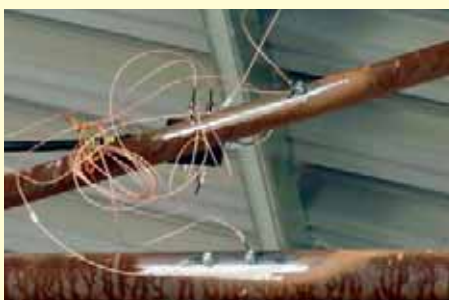


Obr. 2 – Zhroutilá střecha haly Katovice (prolomený hlavní nosník)

V posledních letech došlo např. k řadě vážných havárií střešních konstrukcí vlivem nadměrné váhy sněhové pokrývky. Typickým příkladem je zhroutilá střecha veletřní haly v Katovicích v roce 2006 (obr. 2), kde došlo po hustém sněžení k prolomení hlavního střešního nosníku. Havárii, která si vyžádala 65 obětí, bylo možné předejít včasnou výstrahou pomocí SHM systému.



Obr. 5 – Střešní konstrukce haly po kolapsu. Nosníky i podpěrný sloupek jsou zdeformovány.



Obr. 3 – Zatěžovaná část střechy ocelové haly s instalovaným SHM systémem s piezoelektrickými snímači (viz detail)

Že lze takovou havárii předpovědět se značným předstihem ukazuje příklad monitorování části střešní konstrukce 25 let staré střechy skladové ocelové haly určené k demolici pomocí účinného a přitom relativně jednoduchého a levného SHM systému (obr. 3). Objekt byl vybrán k demonstraci funkce SHM systému navrženého v Ústavu termomechaniky AV ČR (ÚT AV ČR) ve spolupráci se Sta-

vební fakultou ČVUT a firmou UNICA Technologies v rámci výzkumného projektu podporovaného MPO ČR (grant č. FR-TI1/198). Cílem zkoušky bylo postupně zatěžovat střešní konstrukci až do jejího zhroutilí a zjistit, při jakém zatížení dokáže SHM systém spolehlivě identifikovat blízkost mezního stavu. Zatěžování sněhovou pokrývkou bylo simulováno postupným kladením bloků betonové dlažby na střechu. Návrhu SHM systému a jeho instalaci na střešním nosníku haly předcházely laboratorní zkoušky jednotlivých komponent v laboratoři ÚT AV ČR, při nichž byly na trhacím stroji INSTRON modely ocelových střešních nosníků ohybově zatěžovány až do plastického kolapsu (obr. 4).

Jak laboratorní zkoušky nosníků, tak i test destrukce reálné ocelové haly byly detailně podloženy deformačními a pevnostními výpočty konstrukce, prováděnými na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Výpočty však vycházely ze znalosti předpokládaného zatížení, které je např. v případě sněhové pokrývky nebo jiných vlivů většinou obtížné přesně stanovit, stejně tak jako skutečný stav namáhané stavby (stárnutí a degradace vlivem koroze, nedokonalosti svarových či šroubových spojů atd.).

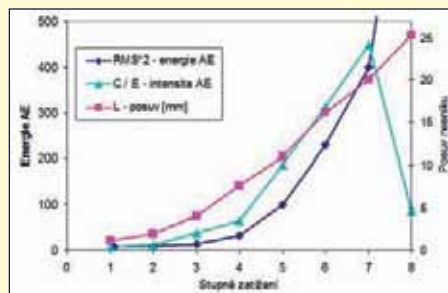


Obr. 4 – Zatěžování modelu ocelového střešního nosníku, vybaveného SHM systémem, na trhacím stroji INSTRON

hradového střešního nosníku a počítačem spouštěný fotoaparát s následným automatickým vyhodnocováním deformací z porovnávaných snímků.

K definitivnímu kolapsu postupně zatěžované střechy (obr. 5) došlo nakonec dříve než předpovídal statický výpočtový model. Graf na obr. 6 ukazuje průběh tří veličin, sledovaných a automaticky vyhodnocovaných instalovaným SHM systémem, v závislosti na zatěžování střechy osmi betonovými paletami. Červenou barvou je vynesena průhyb střešního nosníku v osmi etapách zatěžování. Osmá etapa byla poslední před velmi rychlým náhlým kolapsem střešní konstrukce – došlo k němu během cca 5 s. Modrou barvou je pro jednotlivá zatížení vynesena veličina RMS2, úměrná energii signálů AE, registrovaných během 30 s po každém zatížení. Modrozeleně je znázorněn průběh veličiny C/E, která charakterizuje průměrnou energii skokově uvolňovaných událostí AE. Z grafu je patrné, že z geometrické odchylky (průhybu nosníku) není znát blízký kolaps konstrukce, ale téměř exponenciální nárůst energie AE i náhlé změny průměrné energie jednotlivých signálů (událostí) AE signalizují počátek nebezpečného mezního stavu již po čtvrté etapě zatížení. Na obr. 6 vpravo je výsledek získaný pomocí nelineární ultrazvukové spektroskopie po sedmé etapě zatěžování, tzn. ještě v dostatečném předstihu před zhroutilím střechy. Barvy jsou odstínovány podle stupně nelinearity mezi jednotlivými úseky nosníku, červená značí přítomnost nebezpečných defektů. V evropském měřítku ojedinělá zkouška prokázala, že již instalace relativně jednoduchého SHM systému se dvěma NDT metodami může na některých stavbách včas předpovědět blížící se nebezpečí kolapsu. Při zkoušce bylo z důvodů ověřování systému použito více měřících čidel, než by bylo v praxi nezbytné, takže celková cena reálného systému by byla mnohem nižší. ■

Zdeněk Převorovský,
Institute of Thermomechanics ASCR, v.v.i.



Obr. 6 – Průběhy třech ze sledovaných 20 veličin při postupném zatěžování střešní konstrukce haly (vlevo) a obrázek rozložení nelinearity (defektů) z nelineární ultrazvukové spektroskopie (vpravo)



KONTROLA TRUBEK ULTRAZVUKEM METODOU IRIS

Teplosměnné výměníky jsou spojeny s našimi životy měrou, kterou si vůbec neuvědomujeme. Jsou v počítačích, autech, letadlech, je to také klimatizace, radiátory, ale i výroba elektřiny a tak dále. Výměníky se stejně jako jiná technická zařízení také kontrolují a v případě trubkových výměníků lze použít i metodu nedestruktivního zkoušení – metodu ultrazvukovou.

Trubkové výměníky tepla jsou například kondenzátory páry na elektrárnách, chladiče či naopak ohříváky a mnoho dalších zařízení především v energetice a chemickém průmyslu.

Zkoušení teplosměnných trubek se většinou provádí elektromagnetickými metodami, jako jsou – metoda vířivých proudů, metoda vzdáleného pole vířivých proudů či metoda magnetických rozptylových toků. Při těchto kontrolách se trubkou protahuje měřicí sonda tvaru válečku, ve kterém jsou umístěny různé měřicí cívký. Tyto metody jsou ale výrazně závislé na materiálových vlastnostech trubky, především na permeabilitě a vodivosti. Z tohoto důvodu nelze tyto metody používat libovolně, ale je nutné volit takovou metodu, která je pro daný materiál a konfiguraci vhodná. Použití jiné metody buď vylučují fyzikální principy nebo konfigurace a konstrukce kontrolovaných teplosměnných trubek.

Zkoušení ultrazvukem není závislé na výše uvedených skutečnostech, a proto je možné kontrolovat touto metodou trubky zhotovené z různých materiálů.

Metoda IRIS

Základním principem metody IRIS (Internal Rotary Inspection System – vnitřní rotační inspekční systém) je ultrazvuková sonda umístěná v ose trubky a vysílající ultrazvukový paprsek rovnoběžně s podélnou osou trubky na rotující zrcátko, které „rozmetá“ paprsek po obvodu trubky. Celé zařízení je umístěno v „hlavě“, která zajišťuje centrování sondy v trubce. Rotace zrcátka je zajištěna pomocí proudu vody, který pohání vodní turbínku, se kterou je zrcátko mechanicky propojené.

Trubka je zaplavená vodou, protože voda neslouží pouze k pohonu zrcátka, ale zároveň je také využita pro vytvoření tzv. imerzní vrstvy umožňující

přechod ultrazvuku do materiálu trubky a zpět.

Celý systém je vybaven zařízeními na sledování otáček a enkodérem pohybu hlavičky sondy. Software zpracovávající data potom ví, která konkrétní část trubky je zkoušená.

Metoda IRIS je v podstatě ekvivalentní běžnému měření ultrazvukem přímou jednoduchou sondou, tzn. není primárně určená pro hledání a klasifikaci vad, jako je tomu například při zkoušení svarových spojů úhlovými sondami. Jejím účelem je především zmapování tloušťky stěny trubky z pohledu projevu erozního a korozního. Metoda umožňuje získat několik druhů zobrazení měřených údajů – základním je rozvinutý plášť trubky neboli zobrazení C. Z něj se dá podle potřeby v libovolném místě získat tzv. B-zobrazení, a to jak napříč trubky



Princip metody IRIS



Hlavičky systému IRIS

(to znamená zobrazení průřezu trubky) tak podél délky trubky.

Po nastavení zařízení na zkušební standardu lze vyhodnotit úbytek tloušťky stěny – výsledkem je tedy podobná informace jako u měření tloušťek stěny ultrazvukem. Zobrazení C potom odpovídá např. C- zobrazení při kontrole metodou Phased Array (tzn. fázovým ultrazvukovým polem) a zobrazení B měření tzv. B-Skenů ultrazvukovým tloušťkoměrem.

Použití techniky

Společnost TEDIKO, s.r.o., používá pro kontrolu teplosměnných trubek univerzální zařízení Olympus MultiScan MS5800 umožňující kontrolu metodami vířivých proudů (eddy current – ET), vzdáleného pole ET (remote field ET), magnetických rozptylových toků (magnet flux leakage – MFL)



Detail pracující hlavičky IRIS v trubce bez vody a s vodou

a IRIS. Kromě toho společnost používá i jiné defektoskopy vířivých proudů (ET) spolu s vlastním vyvinutým firemním SW.

Pracovníci společnosti ročně provedou kontroly cca 200 000 teplosměnných trubek z různých materiálů, různých rozměrů i různého konstrukčního provedení.

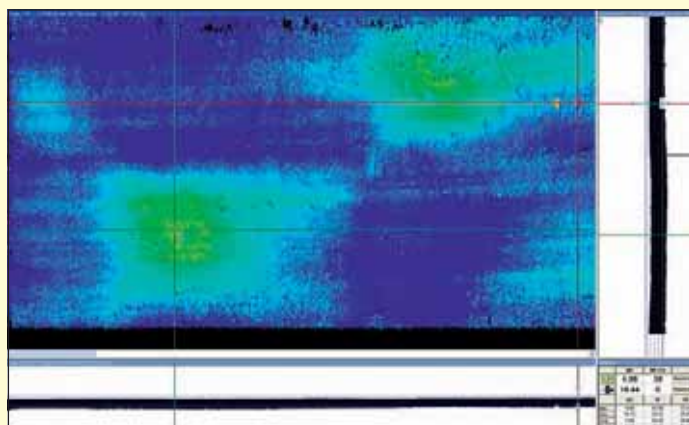
Pro měření používá TEDIKO manipulační prostředky vyvinuté na míru přímo ve společnosti. Tyto prostředky umožňují kontrolovaný pohyb měřících sond, urychlují a zpřesňují kontrolu.

Kromě výše popsané metody se firma zabývá i ostatními nedestruktivními a destruktivními zkouškami materiálů, diagnostikou stavu a sledováním životnosti výrobních zařízení v energetice, teplárenství, chemickém průmyslu včetně rafinérií a dalších průmyslových oborech. Zajišťuje revize a zkoušky tlakových a plynových zařízení, termovizních a geodetických měření, přejímky investičních celků ve výrobních závodech a během stavebně montážních prací, poradenskou, konzultační a školicí činnost.

Zavádění nových metod, jako je například IRIS, patří mezi základní principy společnosti v závazku poskytovat svým zákazníkům služby vynikající kvality, které budou plně uspokojovat jejich požadavky a očekávání nejen současná, ale i budoucí. ■

Tediko

TEDIKO, s.r.o., Pražská 5487, 430 01 Chomutov
tel.: 474 652 161, tel./fax: 474 652 138,
e-mail: info@tediko.cz, www.tediko.cz



C-zobrazení – rozbalená trubka: vpravo rozbalená stěna příčného řezu trubkou, dole podélný řez stěnou celé trubky – oba řezy vedeny v místě vyrobené umělé vady (červená barva). Modrá barva značí správnou tloušťku stěny, zelená až žlutá nižší tloušťku stěny – barevná škála odpovídá tloušťce stěny v mm.

UNIVERZÁLNÍ PosiTector

Přístroje PosiTector amerického výrobce DeFelsko Corp. jsou známé již více než 40 let. V poslední době se výrazně rozšířily jejich měřicí možnosti a přibýlo mnoho nových a užitečných uživatelských vlastností. Díky novému uspořádání základní jednotky přístroje PosiTector a použitím systémového konektoru pro snímače a sondy se podařilo obsáhnout všechny potřebné měřicí metody jednotným typem přístroje. Tak je možné přístroj PosiTector konfigurovat jako povlakoměr, jako měřidlo klimatických podmínek, jako profiloměr nebo jako tloušťkoměr.

Základní jednotka PosiTector se nabízí ve dvou modelech, ve standardním a v pokročilém. Standardní model s monochromatickým displejem umožňuje využívat všechny měřicí metody, přitom má základní paměť pro 250 naměřených hodnot a pro komunikaci využívá USB rozhraní. Pokročilý model je vybaven vysoce kontrastním barevným displejem, který umožňuje zobrazit grafy výsledků měření a snímky měřených konstrukcí. Tento model disponuje navíc bezdrátovým rozhraním Bluetooth a komunikační technologií WiFi. Jeho velká paměť dat umožňuje uložit až 100 000 naměřených hodnot rozdělených až do 1000 souborů.

PosiTector 6000

Povlakoměr vznikne, připojíme-li k základní jednotce jeden ze snímačů: magnetoinduktivní (F) pro feromagnetické podklady, vířiv proudový (N) pro neferomagnetické a kombinovaný (FN) s automatickým přepínáním měřicí metody. K dispozici jsou kompaktní a kabelové varianty standardních snímačů, mikrosnímače a širokorozsahové snímače, pokrývající měřicí rozsah od jednotek μm až do

a laminátu je určena sonda C s rozsahem do 3,8 mm a pro silné měkké polymerové, nebo polyuretanové povlaky do 7,6 mm je k dispozici nová sonda D. Ve standardním provedení měří PosiTector 200 celkovou tloušťku povlaku, pokročilé provedení umožňuje rozlišit až 3 vrstvy povlaku a zobrazit jejich tloušťky.



základně. Stejně jako u ostatních měřicích metod lze naměřené hodnoty ukládat do paměti přístroje pro další zpracování, dokumentaci a archivaci.

PosiTector Kit

Povlakoměr, měřidlo klimatických podmínek a profiloměr tvoří skupinu přístrojů, které najdou společné využití při každém provádění a při každé kontrole povrchových úprav. Proto je v nabídce sestava vytvořená z jedné základní jednotky, která může být standardní nebo pokročilá, z vhodného snímače tloušťky povlaku a ze snímačů DPM a SPG. Sestava je doplněna praktickým plastovým kufříkem.



13 mm tloušťky povlaku s rozlišením až 0,1 μm . Je možné vybírat z celkem 23 typů snímačů. Aktuálními novinkami jsou robustní snímač FHXS s rozsahem do 10 mm a s teplotní odolností do 250 °C pro měření na oceli a extrémně vysokorozsahový snímač FNGS pro měření povlaků do 63 mm na všech kovech.

PosiTector 200

Unikátní ultrazvukový povlakoměr, který umožňuje měřit povlaky na nekovových podkladech, je vytvořený připojením jedné ze tří sond B, C nebo D. Sonda B měří polymerové povlaky na plastech a dřevě do tloušťky 1000 μm . Pro povlaky na betonu

PosiTector DPM

Pro měření klimatických podmínek, které jsou důležitým parametrem při aplikaci povrchových úprav, lze využít snímač DPM, který obsahuje prostorový a kontaktní povrchový teploměr a vlhkoměr. Je možné připojit i teploměrnou sondu s magnetickým upínačem a dlouhým kabelem. Přístroj určí hodnotu rosného bodu a vypočítá potřebné teplotní rozdíly. Může fungovat i jako dlouhodobý záznamník klimatických podmínek.



PosiTector SPG

Měření povrchového profilu je důležité při povrchových úpravách abrazivně čištěných konstrukcích. Snímač DPM měří odolným hrotem z karbidu wolframu hloubku prohlubní v povrchu konstrukce vůči ocelové

PosiTector UTG

Měření tloušťky povrchově upravovaného materiálu je důležité například pro stanovení životnosti udržovaných konstrukcí. Nyní je možné ultrazvukové sondy tloušťkoměru připojit k základní jednotce PosiTector a vytvořit tak z povlakoměru tloušťkoměr. Dvojitá sonda (C) slouží hlavně pro měření horších, korozí napadených povrchů. Jednoduchá sonda (M) najde uplatnění zejména při měření tloušťky materiálu přes vrstvu povrchové úpravy.

PosiSoft.net

Základní jednotka PosiTector umožňuje moderní způsob přenosu a zpracování naměřených dat



PosiTector UTG

prohlížeče z libovolného místa na světě. Pak už nic nebrání vytváření dokonalých protokolů se všemi podklady právě tam, kde je to zapotřebí. Data je možné také sdílet s autorizovanými spolupracovníky nebo exportovat do dalších aplikací. Výhodou je také volba libovolného jazykového prostředí v aplikaci PosiSoft.net pro bezproblémovou komunikaci.

PosiTector Advanced

Pokročilá základní jednotka je nyní vybavena bezdrátovou technologií WiFi, která rozšiřuje její komunikační možnosti. Tak je možné jednoduše pomocí tabletu nebo chytrého telefonu připojit přístroj k internetu a synchronizovat měření s PosiSoft.net a také bezprostředně stahovat aktualizace přístroje a mít tak vždy k dispozici poslední verze programového vybavení. Pomocí aplikace PosiSoft Mobile Manager v tabletu nebo telefonu se rovněž snadno doplní poznámky k měření a označení datových souborů, je možné ihned vkládat pořízené fotografie měřených míst. Navíc lze připojit k jednomu WiFi bodu několik přístrojů PosiTector současně a sledovat průběžně postup měřících prací.

Pro případ, kdy tyto komunikační technologie nelze využít a přesto je potřeba vložit do přístroje PosiTector popis naměřených souborů, je k dispozici nová funkce vkládání textu přímo ovládací klávesnicí základní jednotky PosiTector. Ale to už je opravdu příslovcečná „třešnička na dortu“.

PosiTector dnes představuje komplexní přístrojový systém, který umožňuje měření významných veličin při posuzování kvality povrchových úprav. Kombinace měření tloušťky povlaků, sledování klimatických podmínek, hodnocení profilu povrchu a možnost měření tloušťky povlakovaného materiálu spolu s širokými a dokonalými možnostmi ukládání naměřených dat a s možností vytvářet podrobnou měřicí dokumentaci s bezpečnou archivací dat poskytuje zcela nový dokonalý uživatelský komfort při práci s přístroji PosiTector.

využitím internetové aplikace PosiSoft.net. Tato volně dostupná aplikace nabízí bezpečnou centralizovanou správu naměřených hodnot. Měření se po připojení k internetu okamžitě synchronizují na zabezpečeném serveru, do přístroje se také mohou stahovat zaznamenané komentáře a doplňující obrázky. Připojení je snadné pomocí standardního



PosiSoft.net



Pro zájemce o přístroje PosiTector je připraven akční doplněk – nabíječka SANYO s dvěma sadami akumulátorů „eneloop“. Akumulátory „eneloop“, představují v současné době nejlepší napájecí zdroj pro přístroje PosiTector. Nabíječka s akumulátory je ke každému přístroji PosiTector ZDARMA! ■

TSI System s.r.o.
www.tsisystem.cz

PosiTector

Univerzální přístroj

- **PosiTector 6000**
Měření povlaků na všech kovech
- **PosiTector 200**
Měření povlaků na nekovových materiálech
- **PosiTector DPM**
Měření klimatických podmínek
- **PosiTector SPG**
Měření profilu povrchu
- **PosiTector UTG**
Měření tloušťky materiálu



USB Bluetooth WiFi



DeFelsko®

Barevný displej, paměť pro 100 000 měření, systémový konektor pro snímače a sondy, USB, Bluetooth, WiFi, účet na PosiSoft.net, aplikace PosiSoft Mobile pro mobilní zařízení.

TSI System s.r.o.

Mariánské nám. 1 617 00 Brno ČR
tel. +420 545 129 462 fax 545 129 467
info@tsisystem.cz www.tsisystem.cz

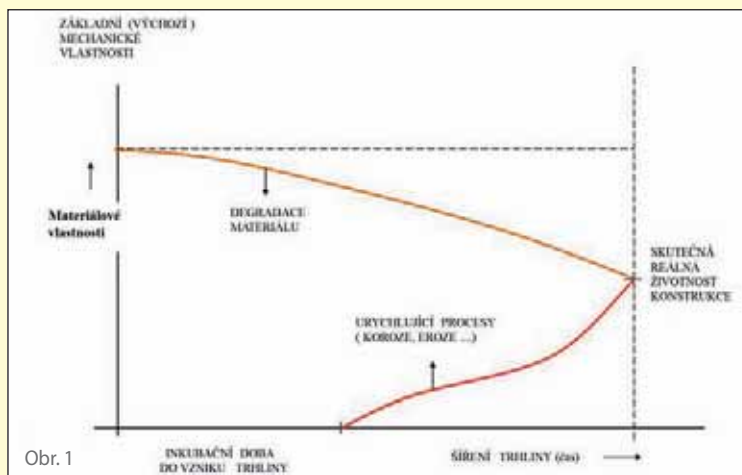
CO NÁS STOJÍ SELHÁNÍ KONSTRUKCE (LOM) VEDOUČÍ K HAVÁRII?

DIAGNOSTICKÉ METODY UMOŽŇUJÍ STANOVOVAT CHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ A URČOVAT JEJICH TECHNICKÝ STAV NA ZÁKLADĚ NEDOSTATEČNÉHO POČTU INFORMACÍ O SLEDOVANÉM OBJEKTU – A TO DOKONCE V AKTUÁLNÍM ČASE. AKUSTICKÁ EMISE SLOUŽÍ KE ZJIŠŤOVÁNÍ INTEGRITY MATERIÁLU, K DETEKCI TRHLIN, KE SLEDOVÁNÍ VZNIKU A ROZVOJE TRHLIN, K MONITOROVÁNÍ TĚSNOSTI SYSTÉMŮ (ÚNIKY), K DETEKCI MATERIÁLOVÝCH VAD TLAKOVÝCH ZAŘÍZENÍ ČI JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ, K VYHODNOCENÍ FYZIKÁLNÍCH PROCESŮ PROBÍHAJÍCÍCH V MATERIÁLU, KE SLEDOVÁNÍ KRITICKÝCH MÍST TLAKOVÝCH NÁDOB, POTRUBÍ A KONSTRUKCÍ, KE SLEDOVÁNÍ PROCESŮ PŘI ÚNAVOVÝCH MATERIÁLOVÝCH ZKOUŠKÁCH A DESTRUKČNÍCH TESTECH.

1. Cíl a smysl diagnostických metod

Diagnostické metody umožňují stanovit chování konstrukcí a určit jejich technický stav na základě nedostatečného počtu informací o sledovaném objektu

Na **obr. č. 1** je schematicky znázorněn vývoj degračních procesů v materiálu a vznik a rozvoj defektu, který vede ke stanovení skutečné životnosti konstrukce.



b) Kontinuální (monitorování) – sledování stavu zařízení podává časově detailní návaznou informaci o chování objektu a jeho dílčích změnách s možností okamžitého zásahu resp. změny provozních podmínek včetně odstavení zařízení z provozu

Dodatečné provozní měření mechanických veličin – s cílem ověření původních výpočtových metod pro dostatečnou pevnostní únosnost a ži-

vatnost konstrukcí (měření úrovně namáhání, sil, deformací a jejich změny)

Zpřesněné odhady životnosti konstrukcí po dané době provozu – aplikace moderních metod lomové mechaniky a statistické přístupy odhadu zbytkové životnosti zařízení

Efektivní přístupy k zajištění bezpečnosti provozu konstrukcí – Risk Based Inspection (RBI) byl vyvolán:

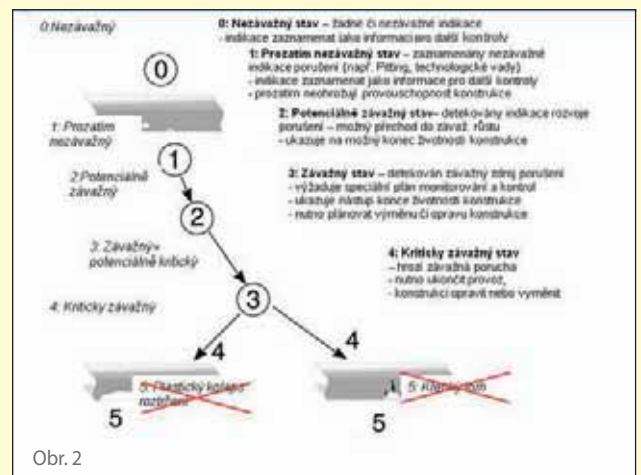
- a) Zvyšujícími tlaky společnosti na bezpečnost průmyslových provozních jednotek
- b) Vlivem tlaku trhu na snížení výrobních nákladů včetně nákladů na inspekce a údržbu
- c) Požadavky na prodloužení původní projektované životnosti dožitých konstrukcí
- d) Zvyšujícími se parametry moderních výrobních celků včetně náročných komplexních inspekčních metod

Jedním z principů RBI je odhad rizik a tomu odpovídající rozložení nákladů (prostředků) v čase.

RBI – zavádí 3 úrovně hodnocení: I. nízké riziko, II. střední riziko a III. vysoké riziko

Těmto třem úrovním odpovídají adekvátní postupy inspekce.

Z hlediska ekonomického hodnocení účinnosti inspekce lze posuzovat její aplikaci na dané technické zařízení dle následujícího schématu:

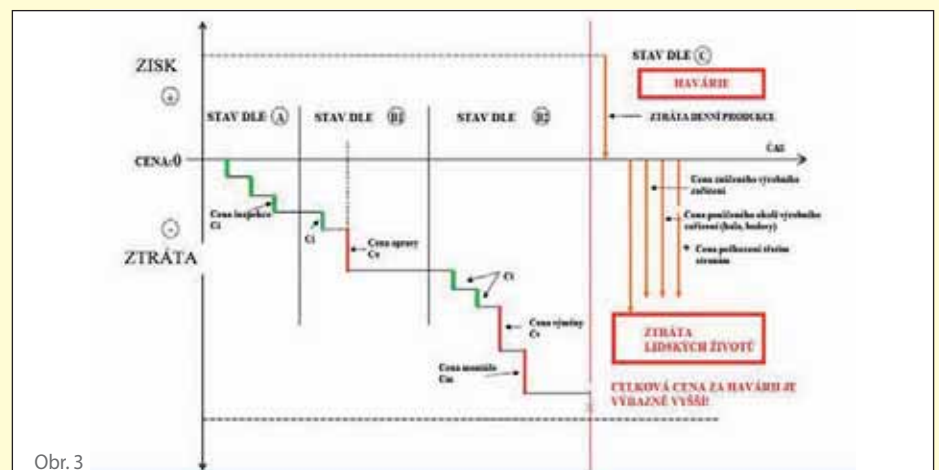


Možnosti technické diagnostiky

- a) Sledování měřitelných fyzikálních veličin za provozu (tlak, teplota, průtok, výkon apod.)
- b) Sledování změn mechanických veličin jako důsledek provozních procesů (síla, deformace, napětí apod.)
- c) Stanovení vlivu stárnutí konstrukcí a provozních zátěžných podmínek na degradaci materiálových vlastností (mez kluzu, mez pevnosti, mez pevnosti při tečení, tažnost, tvrdost, vrubová houževnatost apod.)

Postupy provádění inspekci

- a) Periodické – četnost provádění inspekci je stanovena normativními předpisy, zvyklostmi a také na základě provozních zkušeností



$$B = P_e \times P_f \times (C_o - C_h) - C_i$$

B – Ztráta nebo Zisk,

P_e – Pravděpodobnost, že defekt existuje – pokud defekt existuje $P_e = 1$,

P_f – Pravděpodobnost, že defekt najdeme NDT metodou – pokud defekt najdeme $P_f = 1$,

C_o – Cena opravy zařízení po odhalení defektu,

C_h – Cena havárie zařízení zaviněná defektem,

C_i – Cena inspekce

Celá záležitost hodnocení se zúží na rozdíl mezi cenou opravy zařízení a cenou za havárii, neboť cena za inspekci ve srovnání s oběma cenami je zanedbatelná.

Časový vývoj zisku nebo ztrát výrobního zařízení je znázorněna na **obr. č. 3**.

Je zřejmé, že pro ekonomu je požadavek na inspekci zařízení vždy ztrátovou položkou a proto téměř vždy vyžaduje co nejlevnější řešení, čímž – bohužel – zvyšuje riziko přiblížení se potenciální havárii.

V případě vzniku havárie dojde k ztrátě denní produkce, destrukci výrobního zařízení a dalším případným škodám, které jsou úměrné rozsahu havárie – většinou o několik řádů vyšších než vynaložené dosavadní náklady. Tyto náklady jsou dílče hrazeny pojišťovnou eventuálně ze zisku společnosti.

V případě ztráty lidských životů je tato ztráta nenahraditelná.

2. Co nás stojí selhání konstrukce (lom) vedoucí k havárii?

Klasické metody nedestruktivních kontrol jsou používány jednak při výrobě konstrukcí – tlakových nádob a potrubních systémů a dílčích komponent, a dále zejména při provozních odstávkách a revizích zařízení po určité době provozu.

Perioda odstávek a inspekci je stanovena většinou individuálně a musí splňovat obecně kladené požadavky norem.

U starších zařízení, která většinou pracovala, a v celé řadě případů stále pracují, při nižších výkonových parametrech a většinou byla při výpočtech předimenzována, jsou tyto metody kontrol adekvátní.

Naproti tomu nově navrhované průmyslové provozy, u nichž je zvýšené riziko selhání z důvodů požadovaných maximálních výkonů, je nutné kromě klasických nedestruktivních metod aplikovat metody, které umožňují již od samého počátku, kontinuálně sledovat chod a stav zařízení pracujících s vysokými provozními parametry, jako je tlak, teplota, prostředí apod.

Dle obrázku 2. je důležité monitorovat provozovaná zařízení některou z novějších NDT metod, které svým charakterem tuto možnost nabízejí.

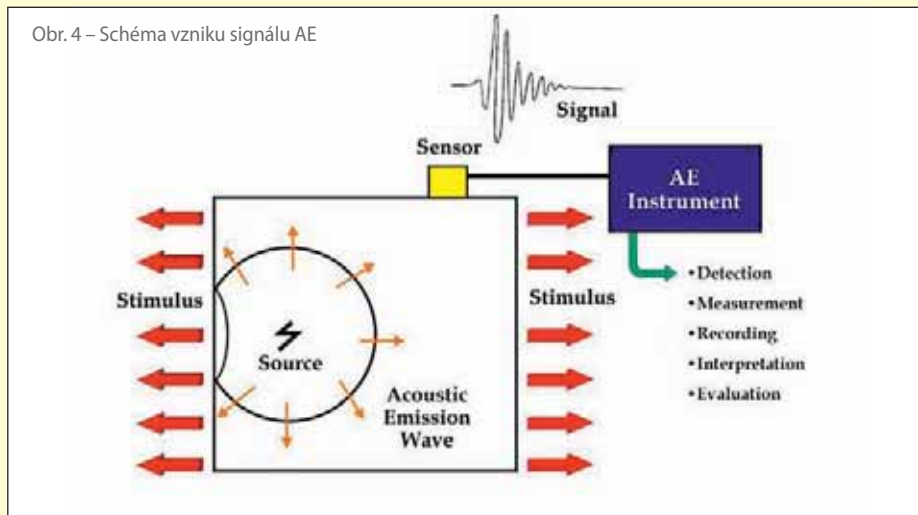
Jednou z těchto metod je metoda akustické emise.

3. Akustická emise – princip a definice

Akustická emise je transienční elastická vlna generovaná náhlým uvolněním energie z lokalizovaného zdroje v materiálu, viz **Obr. 4**.

Akustická emise je defektoskopická metoda na integrální detekování, lokalizaci a vyhodnocení materiálových vad a trhlin.

Principem metody je „odposlech“ a vyhodnocení procesů probíhajících v materiálu během zatěžování zařízení, tedy při tlakových zkouškách nebo za



provozu. U sledovaného zařízení se na vytypaná místa rozmístí snímací sondy (v případě horkého tělesa se na povrch navaří tzv. vlnovody procházející izolací a sonda se montuje na jejich konce). Sonda je přes předzesilovač signálu a koaxiální kabel připojena na analyzátor vln a řídicí počítač, umístěné v bezpečné vzdálenosti. Jako pomocná veličina je zaznamenáván tlak, případně teplota. Naměřená data jsou nahrávána do počítače k dalšímu zpracování (vyhodnocování).

Aplikace metody akustické emise

- Hodnocení fyzikálních procesů probíhajících v materiálu
- Monitorování kritických míst tlakových nádob, mostů, potrubních uzlů
- Detekce materiálových vad tlakových nádob, mostů...
- Monitorování únavových a destrukčních procesů

Oblasti použití:

- mosty
- tlakové potrubní uzly
- části tlakových potrubí
- tlakové nádoby
- zásobníky (kulové, tlakové)
- ocelové a betonové konstrukce
- ventily, armatury
- skladovací nádrže.

Monitorování uniků:

v kritických místech a v netěsnostech ventilů.

Možnosti použití:

- petrochemický průmysl
- energetika
- plynárenství
- vodárenství
- chemie.

Výhody akustické emise:

- vysoká citlivost
- detekce defektu v celém objemu testovaného objektu
- možnost trvalé instalace
- flexibilita aplikace
- možnost měření za provozu

Defektoskopická a diagnostická činnost je v současné době na okraji zájmu společnosti, neboť nepřináší v ekonomickém pojetí bezprostřední zisk vlastníkům výrobních zařízení. Ve svém důsledku se

jí věnuje poměrně úzká skupina odborníků, z nichž většina – troufnu si tvrdit – má toto povolání jako koníčka, hobby.

Přesto se snaží provádět osvětu a propagaci nedestruktivních činností pro širokou technickou veřejnost prostřednictvím České společnosti pro nedestruktivní testování, pořádáním odborných akcí, seminářů, národních a mezinárodních konferencí.

Důležitou oblastí, která je opomíjena, je i výchova mladých odborníků z tohoto oboru, neboť zkušený odborník defektoskopie dozrává po základním teoretickém úvodu v praktickém procesu získávání zkušeností, což je časově náročný proces.

Jen málo vysokoškolských pracovišť má ucelený program výuky a výchovy odborníků z této oblasti. Nutno si uvědomit, že riziko selhání konstrukce je nepřímo úměrné našim znalostem. Což opět naráží na ekonomické přístupy k tomuto stavu.

Jestli by si měli ekonomové, potažmo vlastníci technických zařízení něco uvědomit, tak je to skutečnost, že defektoskopická činnost – na rozdíl od jiných, mnohdy zbytečných činností ve společnosti, které přinášejí ve svém výsledku nulový efekt – je vlastně na úrovni prevence, kdy na základě včasných informací pro provozovatele lze vzniku havárií a katastrof zabránit.

Praktické zkušenosti z ignorování těchto defektoskopických a diagnostických informací, dokazují vznik malých i velkých havárií v celosvětovém měřítku. Na základě vyčíslení nákladů na řešení následků těchto katastrof dostáváme odpověď k titulní otázce článku, co nás stojí případná havárie. ■

Ing. Václav Svoboda, technický ředitel Preditest



**Preditest, s.r.o., Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4, tel.: 602 331 005
261 341, 801, www.preditest.cz**

NASLOUCHEJTE SVÝM STROJŮM

Životnost stroje ovlivňuje řada faktorů. Více než polovina doby neplánovaných odstávek je způsobena mechanickými poruchami. Když se však objeví první příznaky poruchy, do úplného výpadku většinou zbývají pouze měsíce. Sledování vibrací umožňuje zjišťovat, v jaké fázi křivky poruchovosti se stroj nachází a údržbářské týmy tak mohou včas reagovat.

Samotné vibrace rotujících součástí strojů nepředstavují problém, ale jejich nadměrný rozsah je příznakem vnitřních problémů, např. vadných ložisek, nevyváženosti, nesouososti a uvolněných součástí, které zkracují životnost zařízení. Vibrace tak mohou identifikovat problémy ještě před dalšími příznaky, jako jsou teplota, zvuk, spotřeba elektrické energie a znečištěné mazivo. Jak lze vidět např. na grafu, je třeba slyšitelný zvuk předposledním projevem před zvýšenou teplotou a následným kolapsem ložiska. Sledování vibrací se tak stává nezbytnou součástí údržbového procesu.

I vibrace mají svůj význam

Zařízení na sledování vibrací (jako jsou pera pro měření vibrací nebo přístroje pro kontrolu ložisek) poskytují rychlé informace o stavu stroje tím, že sledují celkovou úroveň vibrací nebo stav ložiska a poukazují na existenci problému. Tato zařízení sledují signál nízkofrekvenčních vibrací jako celek, případně vysokofrekvenční signál ložiska, a o celkových vibracích nebo stavu ložiska informují jediným číslem. Týmy provozní údržby používají zařízení na měření vibrací pro rychlá rozhodnutí, zda má být stroj dále provozován nebo odstaven. Děje se tak na základě porovnávání hodnot s předem stanovenými mezními hodnotami, porovnávání s normami ISO (ISO 10816) a vývoje výsledků v průběhu času. Zde uvádíme několik přínosů pro společnosti ve všech odvětvích průmyslu:

Předvídatelnost: Studie prokázaly, že měření vibrací může poskytnout včasné upozornění na hrozící poruchu stroje, a dát tak pracovníkům údržby čas na zajištění opravy a potřebných náhradních dílů.

Bezpečnost: Znalost technického stavu stroje umožňuje obsluhu odstavit stroj ještě předtím, než se stane nebezpečným pro své okolí nebo návazné činnosti.

Ekonomická hlediska: Stroje s dobře prováděnou údržbou mají méně neočekávaných a vážných poruch, což pomáhá předcházet ekonomicky nepřijemným výpadkům ve výrobě. Provozování stroje až do chvíle jeho poruchy často znamená nákladnější a časově náročnější opravy. Po 25 letech sledování úspor ukazuje poměr zisků vůči nákladům na testování vibrací 20:1.

Vibrometr Fluke 805



Prodloužené intervaly údržby: Pokud je zdraví stroje sledováno, údržbu je možno provádět podle potřeby, a ne jen podle počtu provozních hodin, a pravidelnou údržbu tak odsunout až na dobu, kdy to bude stroj skutečně vyžadovat.

Spolehlivost: Stroj, který je sledovaný, má méně neočekávaných nebo fatálních poruch. Problémové oblasti je možno určit v předstihu před poruchou a lze se připravit na opravy. Je možné omezit skladové zásoby náhradních dílů a prodloužit životnost stávajícího zařízení.

Vnitřní klid: Lepší porozumění stavu stroje buduje důvěru v plánovanou údržbu, ekonomické počpočty a odhadovanou produktivitu.

Typy měření vibrací

Mnoho let existovaly dva způsoby zjišťování stavu stroje na základě měření vibrací – spektrální analýza a celkové měření vibrací a ložisek.

Spektrální analýza: Specialisté na vibrace používají analyzátory vibrací k sofistikované analýze stavu stroje. Analyzují spektrum vibrací (amplitudu a frekvenci), vytvářejí podklady pro testované zařízení a vývoj výsledků v průběhu času. Tato analýza poskytuje informace nejen o samotné existenci

problému, ale pomáhá porozumět hlavní příčině poruchy a stanovit čas, kdy nastane.

Celkové měření vibrací a ložisek: Zařízení na sledování vibrací (jako jsou pera pro měření vibrací nebo přístroje pro kontrolu ložisek) místo toho, aby důkladně analyzovala spektrum, poskytují rychlé informace o stavu stroje tím, že sledují celkovou úroveň vibrací nebo stav ložiska a poukazují na existenci problému. Monitorují signál nízkofrekvenčních vibrací jako celek, případně vysokofrekvenční signál ložiska, a o celkových vibracích nebo stavu ložiska informují jediným číslem. V tomto případě je nutná pravidelně zaznamenávaná historie měření pro porovnání hodnot.

Nové standardy při sledování vibrací

Současné multifunkční vibrometry, např. Fluke 805, poskytují kromě sledování vibrací kvantifikovatelné vyhodnocení týkající se stavu ložisek, celkových vibrací a navíc metodou snímání infračerveného záření měří i teplotu. O vyhodnocení závažnosti celkových vibrací a stavu ložisek informuje čtyřstupňová stupnice, která označuje zdraví ložiska jako dobré, uspokojivé, neuspokojivé a nepřijatelné.

Při identifikaci poruch ložisek používají analytici vibrací činitel amplitudy (Crest Factor). Hlavním omezením používání činitele amplitudy pro identifikaci poruch ložiska je to, že se nezvyšuje lineárně s tím, jak ložisko degraduje. Aby se toto omezení obešlo, vyvinul Fluke vlastní algoritmus známý jako činitel amplitudy plus (CF+). Hodnoty CF+ jsou v rozsahu od 1 do 16 a s tím, jak se stav ložiska zhoršuje, hodnota CF+ roste. Tím se významně zjednodušuje vyhodnocení stavu.

Sledování vývoje v průběhu času

Samotná čísla celkových vibrací nebo stavu ložisek nemusí obsluhu ani technici příliš pomoci pokud neví, co tato čísla znamenají. Uživatel nemusí vědět, které hodnoty jsou normální a které již signalizují problém. Při využití současných vibrometrů může uživatel tento problém překonat pomocí funkce vyhodnocení závažnosti a vývoje v průběhu času. Po provedení měření v rámci prohlídky je možno data snadno přenést do aplikace Excel. Uživatel může zobrazit vývoj v průběhu času pomocí přednastavených šablon aplikace Excel a grafů a porovnávat naměřené hodnoty celkových vibrací s normami ISO (10616-1, -3 a -7). Případná abnormalita pak může být rychle identifikována pomocí grafů vývoje v průběhu času (viz graf). Uživatel tak může jasně sledovat měnící se stav ložiska, zhoršující se zdraví stroje a následně přijmout příslušných opatření. ■ /sp/

