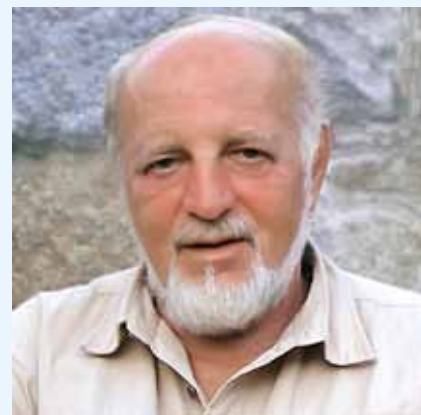


POHLED DO NITRA VĚCÍ: PROZKOUMAT, ALE NEROZBÍT...

OBOR, KTERÝ SLOUŽÍ K TOMU, ABY VĚCI KOLEM NÁS SPRÁVNĚ FUNGOVALY, A DOKÁŽE ZJISTIT PORUCHY JEŠTĚ DŘÍVE NEŽ MOHOU ZPŮSOBIT PROBLÉM. V PŘÍPADĚ VLAKU ČI JADERNÉ ELEKTRÁRNY MOŽNÁ S KATASTROFICKÝMI NÁSLEDKY. TO, CO POJEM OZNAČOVANÝ ZKRATKOU NDT VLASTNĚ OBŇAŠÍ NÁM PŘIBLIŽUJE VICEPREZIDENT ČESKÉ SPOLEČNOSTI PRO NEDESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ (ČNDT) ING. ZDENĚK PŘEVOROVSKÝ, CSC.



Ing. Zdeněk Převorovský, CSC.

je vedoucím vědeckým pracovníkem v Ústavu termomechaniky Akademie věd ČR, kde pracuje již 40 let. Absolvoval obor materiálového inženýrství na JFI ČVUT v Praze a zabývá se zejména vývojem a aplikacemi nových metod v oblasti ultrazvukového zkoušení a akustické emise, analýzou signálů a mechanikou porušování. Vede laboratoře nedestruktivního zkoušení a hodnocení materiálů a konstrukcí (NDT/NDE) a přednáší na domácích i zahraničních univerzitách. Publikoval více než 150 původních vědeckých prací a je spoluautorem 5 patentů, 12 let je vicepresidentem ČNDT a je vedoucím redaktorem časopisu NDT-Welding Bulletin.

Kde nachází nedestruktivní testování hlavní uplatnění?

Definice charakterizuje nedestruktivní testování - NDT - jako použití neinvazivních technik k určení integrity materiálu, komponent nebo celé konstrukce, nebo pro kvantitativní měření některých charakteristik sledovaného objektu. V kostce řečeno - účelem je získat informace o zkoumaném objektu tak, abychom ho přitom nepoškodili nebo nezničili. Používá se všude možně, například v automobilovém průmyslu, v letectví, v dopravě, ale i při kontrole jaderných elektráren, nebo plynovodů či ropovodů, a stále častěji i ve stavebnictví a provozním monitoringu budov. Třeba u jaderných elektráren se kontrolují nejen vysokotlaké části, ale i nízkotlaké části - potrubí, různé měřicí trubičky, odpadní části, to vše prochází stoprocentní nedestruktivní defektoskopickou kontrolou. Je to logické, spolehlivost systému je vždy dána kvalitou nejslabšího článku.

Metod je celá řada, hlavních je v podstatě osm. K základním patří vizuální kontrola, průmyslová radiologie, ultrazvuková, magnetická a kapilární defektoskopie, akustické emise, vířivé proudy, a pak ostatní - sem je zařazována třeba termografie, měření tvrdosti apod.

Která z defektoskopických metod je ta „nej“?

Ideální univerzální defektoskopická metoda pro kontrolu konkrétních součástí nebo materiálů neexistuje. Volba optimální metody nebo jejich kombinace závisí na konkrétní aplikaci, materiálu atd. V praxi se proto používá kombinace několika různých metod a postupů, které umožňují zjistit co nejpřesnější informace pro požadovaný daný případ. Nejstarší a současně i jedny z nejpoužívanějších NDT technik představují prozařovací metody, ve zkratce RT - používají se prakticky od vynálezu rentgenu. Nejen lidé, ale i součástky a konstrukce se prozařovaly a prozařovací metody rozšířily o další. Není to už jen rentgenové záření, dnes se u prozařovacích metod používá gama záření i neutronové záření, využívají se různé zářiče, např. na konstrukce, které už rentgen prozářit nedokáže. Druhý nejstarší způsob nedestruktivního zkoušení je ultrazvukový, kde existuje také celá řada modifikací. Jednou z novinek, nejen v zahraničí, ale kterou se zabýváme i zde na ústavu termomechaniky jako rozvíjením nových metod a technik, je třeba tzv. nelineární ultrazvuková spektroskopie.

Co si pod tím lze představit?

U klasické ultrazvukové defektoskopie se vyše do konstrukce UZ pulz a ten buď projde, a pokud je uvnitř nějaký defekt, tak se zeslabí. Nebo, což je tzv. puls-echo metoda, se odrazí od koncové stěny zkoumaného objektu a prochází nazpátek, a pokud se kromě toho koncového echa mezitím objeví ještě nějaký odraz, signalizuje to, že došlo k nějaké změně, a vyskytuje se zde nějaká anomálie, nastává změna akustické impedance. Tam, kde se ultrazvuk odrazí je lokalizován defekt - nejčastěji typu trhlinka, ale může to být třeba vměstek, zkratka odlišný materiál nebo nějaká dutina. To je lineární metoda. Nelineární se liší tím, že se sleduje a porovnává frekvenční spektrum před vysláním pulzu a přijatý signál, nebo kontinuálního buzení - nemusí to být jen pulz - závisí na amplitudě buzení. Spolu se zahraničními kolegy jsme to nazvali jako „NEWS“, novinky, ale znamená to Non Linear Elastic Wave Spectroscopy. Z fyzikálního hlediska jsou v případě materiálů jako elastické vlny označovány jak ultrazvukové, tzn. nad 20 kHz, tak akustické do 20 kHz.



Testování pomocí fluorescenčních magnetických částic (foto: DCLENG)

V závislosti na amplitudě se projevují různé efekty. Od určité amplitudy, pokud je tam nějaký defekt apod. tak se projeví nelinearitami, nelineárními efekty na sledovaném spektru.

Akustické metody patří v NDT zjevně mezi hodně rozšířené...

A také nejstarší. Používaly se už v dobách, kdy ještě nebyly podloženy přesnými vědeckými výpočty. Když chodili železničáři poklepávat na kola, a slyšeli, že se to nerozezná, věděli, že je nějaký problém. Takhle lze třeba poznat špatný zvon - jakmile začne „krápat“, už nefunguje jeho hlavní rezonance, ale je

zřejmé, že je tam nějaká trhlinka, která způsobuje změnu zvuku. To má své příčiny v omezení pohybu částic. Při rezonanci vibrují části struktury hmoty, rezonují, ale když je tam třeba trhlinka, vlnění, které se normálně zobrazuje na osciloskopu jako pravidelná sinusoida, se jakoby „ořízne“, protože to už není sinusová funkce, ale objeví se tam hranaté obdélníkové charakteristiky a když se podíváte na spektrum „hranatých“ signálů, zjistíte třeba, že v něm převažují liché harmonické složky.

Tomu se říká rezonanční metody. Setkal se s nimi někdy už asi každý. Koneckonců i poklepávání, kterým se snažíme zjistit zralost melounu je ve své podstatě to samé. Zkouší se tím třeba skleničky ve sklárně, než se zabalí k expedici, zda jsou v pořádku. Když se ozve jiný zvuk, takový jakoby praskavý, znamená to, že to už není čistá rezonance dokonalého výrobku, ale objevily se k tomu harmonické, což signalizuje problém. Velice jednoduchý, ale často používaný princip - a už jsme u nelineární zvukové spektroskopie...

Co nového přinesl v NDT poslední vývoj?

Jedním z nejnovějších postupů, které se dnes používají je tzv. časově reverzní akustika: do konstrukce se pustí signál, sleduje se nějakými čidly, zaznamenává, a pustí se časově převrácený na druhou stranu zpátky, takže vlastně prochází tímtež prostředím a původní vysílač ho přijímá (může se ale vyslat i ze stejného), ale běží to stejnou cestou. Když se tento signál časově obrátí, proto říkáme časově reverzní - což u lidí na rozdíl od signálu bohužel zatím nejde - a pokud je to prostředí lineární, neobsahuje tedy žádnou nelinearitu ve

formě např. trhlin, defektů či jiných anomálií, tak bude vykazovat stejné charakteristiky. Pokud je tam nějaká nelinearita, neboli problém, projeví se, protože, řečeno odbornou terminologií, v nelineárním prostředí neplatí tzv. princip superpozice. To je jedna z nejnovejších ultrazvukových metod, které se začínají využívat, a které i v naší laboratoři rozvíjíme.

Mezi moderní často používané metody, které pracují s využitím ultrazvuku patří i další, i když je mezi certifikovanými metodami uváděna zvlášť, nikoli jako ultrazvuková. Akustická emise – kterou se mj. hlídají i jaderné elektrárny – spadá do kategorie označované jako AT. Do konstrukce se ale nepouští žádný ultrazvuk, vlastně se jen poslouchá, co dělá. Na povrchu se umístí piezoelektrická čidla apod., a pokud dochází při namáhání konstrukce k jejímu porušování ozývá se praskání – podobně, jako třeba slyšíte, když se láme větev. A ozve se ještě dříve, než z ní člověk spadne. Je tedy schopná odhalit v počátečních stadiích růst defektu, něco co se s tou konstrukcí děje. Tam, kde jsou přidělaná čidla, lze poruchu lokalizovat. Pomocí akustické emise se zjišťují také úniky z potrubí a nádob: ozývá se, když plyn nebo kapalina unikají poruchou či netěsností. To je důležité při kontrole dlouhých potrubí plynovodů nebo ropovodů, či ventilů a uzávěrů. Samotný únik působí jako dýza, která rozkmitává stěnu potrubí a přístroje jsou schopny je na velkou vzdálenost - jde až o desítky metrů, někdy až 80 m – zachytit, a pokud je na potrubí umístěno více čidel i lokalizovat s poměrně značnou přesností. Včas ukáží, že něco se tam děje, že může nastat nebezpečná situace.

Zachytí tedy věci našim očím neviditelné, ale NDT využívá i řadu vizualizačních postupů...

Další z modernějších metod jsou např. vířivé proudy. K velmi rozšířeným patří kapilární metody, jejichž výhodou je i to, že patří k nejlevnějším. Jejich pomocí se zviditelňují trhliny na povrchu. Povrch se nastříká tzv. penetrantem, který se kapilární silou nasaje do trhliny, takže po opláchnutí na povrchu nezůstane nic, ale v trhlíně ano, a po postříkání vývojkou (obvykle to bývá velice jemný prášek, který do sebe nasaje tu zbarvenou nebo luminiscenční kapalinu) se objeví defekty dříve pouhým okem neviditelné. Pokud se použije fluorescenční penetrant, ukáže se zřetelně zviditelněná prasklina po ozáření ultrafialovým světlem.

Magnetická metoda je podobná, při ní se používá magnetování a jemné magnetické pilinky se sbíhají kolem defektu.

Vizuální metody a kontroly patří obecně k nejběžnějším, používají se např. v letectví. Pracovník musí být zkušený a buď očima nebo pomocí přístrojů, většinou endoskopů zevnitř kontroluje např. potrubí nebo běžně nepřístupné části třeba u leteckých konstrukcí,

Může to být třeba koroze, napadení vnitřních stěn nějakým agresivním chemickým prostředím, atd. Zvláště u letadel, v leteckých konstrukcích, je to velice komplikované, protože tam se musí prohlédnout spousta míst a detailů. Na letadle jsou řádově tisíce nýtů. A po určitém počtu letových

hodin se musí zkontrolovat každý – pokud tedy samozřejmě něco na možnost poruchy neupozorní dříve. Zda třeba nevybíhá nějaká trhlina. Jenže ne vždy jsou defekty zjevně viditelné. Proto se používají speciální technologie jako je třeba metoda vířivých proudů.

Nemohou tuto rutinní práci zvládnout stroje?

Takovéto zařízení má pro NDT třeba firma Boeing, ale to stojí až miliardu dolarů. Má robota, který „objede“ celé letadlo a různými metodami ho testuje. Ale rozhodující je pořád člověk. Defektoskopické systémy umožňují testovat výrobní vzorky a 100 % výrobní kontrolu, ale lidský faktor a zkušenosti nelze nahradit např. při revizi dopravních prostředků apod. Nedestruktivní zkoušení jsou metody, které jsou certifikované a proto vyžadují certifikaci pracovníků a laboratoří, které to provádějí, i zařízení, s nimiž se to provádí. Vyžaduje to školený personál. Protože na závěr musíte podepsat protokol, že tam žádné problémy nejsou, že tam žádná závada zjištěná danými metodami nebyla, a že se např. vysokotlaké zařízení na základě následné analýzy a výpočtů může používat např. další tři nebo čtyři roky.



NDT má nezastupitelný význam pro kontrolu dálkových potrubí a monitoring nejrůznějších zařízení a budov



...ale uplatňuje se i při zkoumání historických předmětů.

Například LPG zásobníky u benzinových pump, to jsou vysokotlaké nádoby, které musí podle předpisu každých 5 let projít tlakovými zkouškami. Pro účely zkoušky se takováto zařízení musí tlakovat vodou, protože je prakticky nestlačitelná. Kdyby náhodou došlo k lomu po dosažení zkušební tlaku, tlak povolí a voda se prostě vylije. Kdyby se tlakovala plynem, hromadí se tam obrovská energie, která by se mohla v případě poruchy uvolnit explozí.

Pokud se ale použije např. metoda akustické emise, lze pro tento test použít i plyny, protože se přišlo na to, že u akustické emise, nemůže nastat případ, že by vznikla trhlina, aniž by ji

tato metoda pomocí snímačů nezaznamenala. Jsou i jiné metody na úniky, zkouší se třeba pomocí helia. Tlakované zařízení se napouští vzduchem, do kterého se přidá helium, kterého je ve vzduchu velice málo a pomocí analyzátoru se potom sleduje, zda je někde zvýšené množství helia, což naznačuje průnik, netěsnost.

Na jaderných elektrárnách se těsnost některých částí zkouší i pomocí bublinek – natře se to, a pokud tam někde dochází k úniku media, objeví se v místě poruchy bublinky. To jsou únikové metody, které se používají třeba u tlakových zařízení, kde se musí ve stanovených etapách či intervalech provádět kontroly jejich těsnosti.

Co se sleduje, jsou hlavně vysokotlaká zařízení a dopravní prostředky, mezi to patří i lodě, lodní konstrukce. U potrubí a na konstrukcích se zase sledují zejména svary a spoje. Svar s sebou vždy nese možnost, že tam budou nějaké defekty, třeba neprůvratd, svarový materiál je trochu jiný materiál, než ten okolní.

Takže doménou NDT je výhradně průmysl?

Hlavní ale nikoli jedinou, kde se tyto metody uplatní. Příkladem mohou být třeba nové letištní detektory. Přišlo se na to, že i lidské tělo totiž vydává určité slabé záření, takže v budoucnu třeba už nebude procházet nějakými indukčními obloky, stačí detekovat tok záření pasivně. Vyžaduje to samozřejmě novou konstrukci nových detektorů. Ale už se to používá i v NDT a pomocí speciálních technologií tak lze zjistit i výbušniny v lahvích, rozlišit např. vodu od výbušnin jako je např. nitroglycerin, díky struktuře různých látek. A takových nových metod je více, využívají prakticky celou fyziku.

Například pomocí vibroakustiky, čili pomocí změn na rezonančních spektrech konstrukce lze zjistit, že jsou tam nějaké, třeba relativně malé defekty, když se konstrukce rozvibruje na určité rezonanci a ukáže se, že oproti počátečnímu stavu se něco změnilo. U konstrukcí, hlavně stavebních, se metody NDT začínají uplatňovat nejen při kontrolách, ale i jako součást stálého monitoringu jejich stavu, kdy lze i prognózovat jak se bude dále vyvíjet v čase s ohledem např. na stárnutí materiálu, klimatické podmínky apod. To je důležité z hlediska údržby a prevence problémů.

Co moderní kompozitní materiály, lze využít NDT i u nich?

Ano, a zase jde o kombinaci metod pro jejich složky. Šíření zvukových či ultrazvukových vln umožňuje zjistit např. delaminace, rozpojení vláken od matrice apod. Spoje vykazují určitou specifickou rezonanční charakteristiku a přístroje využívající různé zvukové frekvence, dokáží tyto charakteristiky rozeznat a zjistit, zda tam je nějaká vada.

U kompozitů je hlavně problém charakteristika jejich defektů, protože ty se v nich šíří jiným způsobem, než např. praskliny v tradičních materiálech. Narušuje se jejich struktura a kompozit potom ztrácí své parametry. Právě proto je včasné zjištění poruch nebo potenciálních problémů pomocí defektoskopie mimořádně důležité. ■