

Praktické príklady použitia ultrazvukových sond „ phased array“ v energetickom priemysle

PAVOL KUČÍK , Slovcert s.r.o., Bratislava

Úvod

Úlohou ručnej alebo mechanizovanej ultrazvukovej kontroly je nahradiť najmä rádiografickú kontrolu, pretože je rýchlejšia, bezpečnejšia a dáva lepšie informácie o veľkosti a polohe defektu. Jej významnou výhodou je to, že oproti rádiografii v mnohých prípadoch výrazne znižuje náklady kontroly, umožní testovať ďaleko väčšie hrúbky materiálu a aj zložitejšiu geometriu výrobku.

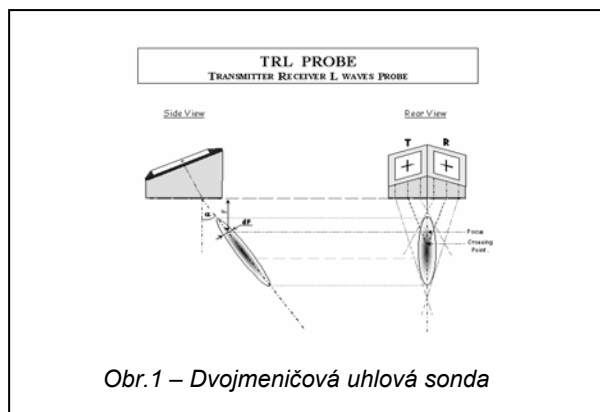
Pri kontrole kvality a spoľahlivosti sa dosiaľ využívali a využívajú systémy s použitím niekoľkých ultrazvukových sond umiestnených vedľa seba. Pri energetických zariadeniach sa však dostávame do problémov, že je nedostatok miesta na uloženie a manipuláciu so sondami. Akým spôsobom je nahradený tento spôsob klasickej nedeštruktívnej kontroly? V súčasnosti je to systém ultrazvukovej kontroly pomocou viacmeničových ultrazvukových sond typu „ phased array“ známych skôr z oblasti medicíny. Mojou snahou je uviesť pár príkladov použitia práve tejto metodiky

Aplikácie použitia nízkofrekvenčných dvojitéch sond PHASED ARRAY pri austenitických zvaroch

Vďaka svojej zrnitej štruktúre sú austenitické materiály - odliate alebo zvarané komponenty obzvlášť problematické pre použitie ultrazvukovej kontroly. Hlavným problémom je veľký rozptyl a deformácia ultrazvukového signálu, vysoký a premenlivý útlm a značný šum.

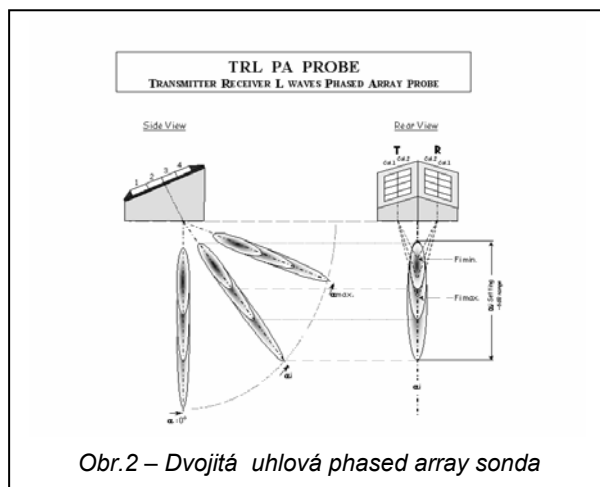
Pre uvedené problémy austenitov boli pri testovaní dosiahnuté dosiaľ najlepšie výsledky pri použití páve uhlových dvojitéch širokopásmových fokusovaných sond „phased array“. Bolo to vďaka pseudofokusácii sondy nakoľko natočením meničov dochádza k prekrytiu zväzkov vysielačej a prijímacej sondy , t.j. smerovaniu vyššej citlivosti sondy do určitej oblasti (Obr.1) . Z tejto oblasti fokusácie signálu je i vyšší odstup signálu od šumu a vyššia rozlíšiteľnosť.

Vďaka novému vývoju v oblasti ultrazvukových sond, zavádzaním použitia inovatívnych sond phased array (zoskupenia polí meničov) sa môžu v súčasnosti vo veľkej miere kombinovať výhody vysoko tlmených nízkofrekvenčných sond a všestrannej ponuky technológie phased array. Základnou ideou vytvorenia dvojitéch phased array sond bolo to aby sa pri skúšaní austenitických



Obr.1 – Dvojmeničová uhlová sonda

materiálov umožnilo použitie nízkej frekvencie, dostatočného natáčaniu uhla sondy a zároveň sa aj dosiahla rozdielna hĺbková fokusácia (Obr.2). Princiálny rozdiel medzi dvojitou sondou phased array a štandardnou lineárnou sondou je to, že u týchto dvojítých sond nie je mŕtve pole a možnosť



Obr.2 – Dvojité uhlové phased array sonda

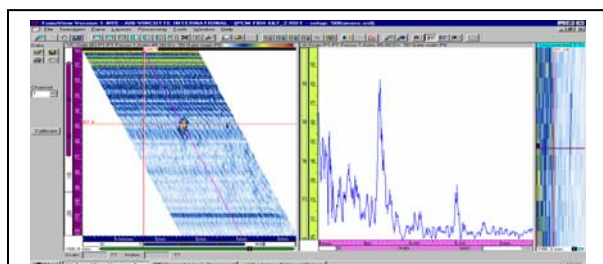
nielen uhlového natáčania ale aj osovej fokusácie, čo zlepšuje celkovo rozlíšiteľnosť a to aj tesne pod povrchom.

Výhody použitia sondy phased array.

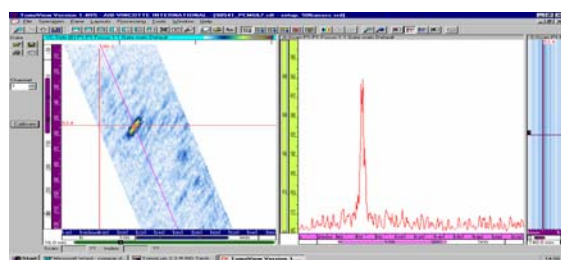
Táto nízkofrekvenčná phased array sonda má oproti klasickým dvojmeničovým uhlovým sondám a lineárnym phased array sondám nasledovné výhody pokiaľ sa skúšajú austenitické materiály:

- Sondy nemajú výrazné mŕtve pole – čo umožňuje indikovať chyby aj tesne pod povrchom

- Celková hĺbka poľa dosiahnutá postupným fokusovaním je rovnaká na zistenie chýb v celom rozsahu
- Postranné rozlíšenie je optimálne v celom hĺbkovom rozsahu
- Natáčanie uhla ultrazvukového zväzku zvyšuje možnosti detekcie a vyhodnotenia chýb najmä v materiáloch kde sú zmeny homogenity štruktúry.
- Vysoko tlmené piezoelementy zlepšujú rozlíšiteľnosť a dobrý odstup signálu od šumu.



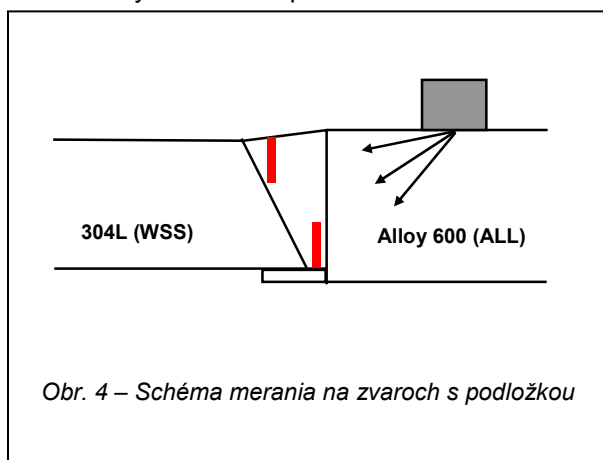
a) klasická dvojmeničová fokusovaná sonda



b) dvojitá sonda phased array

Obr.3 - Rozdiel v rozlíšiteľnosti ultrazvukových záznamov UT sond

Uvádzaná dvojitá sonda s nominálnou frekvenciou 1 alebo 2 MHz , je vyrobená zo 44 až 64 piezoelementov bola použitá pri kontrole austenitických zvarov s podložkou .



Obr. 4 – Schéma merania na zvaroch s podložkou

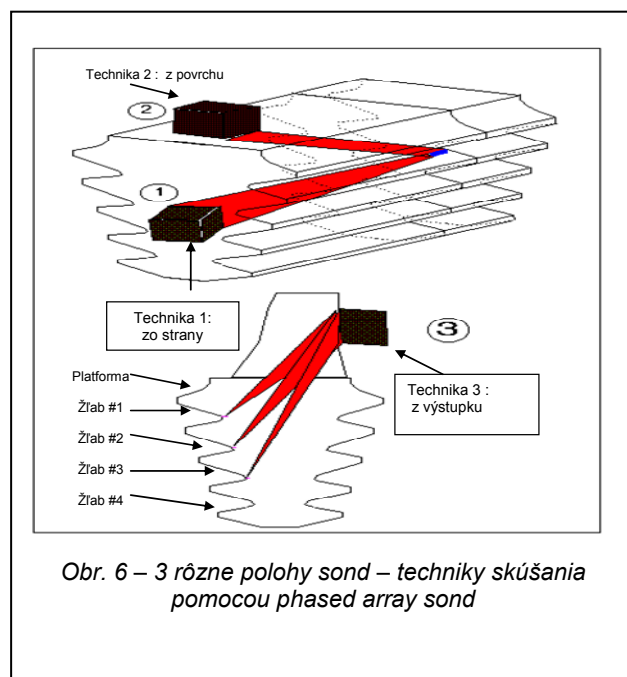
Sonda dokázala skontrolovať spolu s celým ultrazvukovým systémom zvaru s hrúbkou 20 až 80

mm pri natočení uhla od 0° do 50° pričom minimálna šírka ultrazvukového zväzku dosahovala v uvedenom rozsahu len 12 mm. Uholové skenovanie je možné po 1° .

Ďalší vývoj a použitie verzie sondy s 0.5 MHz by mohlo zvýšiť ešte viac najmä hĺbkový rozsah. To však vyžaduje adaptáciu nízkej frekvencie pre systémy phased array .

Použitie lineárnych sond phased array pri kontrole žľabov lopatiek turbín

Vzhľadom na značné požiadavky prevádzkovateľov turbín na kontrolu špecifickej oblasti uchytenia lopatiek turbín bola navrhnutá metodika využitia sond phased array. Dve uhlové lineárne sondy phased array boli použité najskôr na testovacom bloku s umelo vyrobenými drážkami v presne stanovených miestach drážky žľabov, kde najčastejšie vznikajú únavové trhliny. Testovací model umožnil vhodne navrhnuť najlepšie uhly snímania, optimalizovať detekciu chýb.



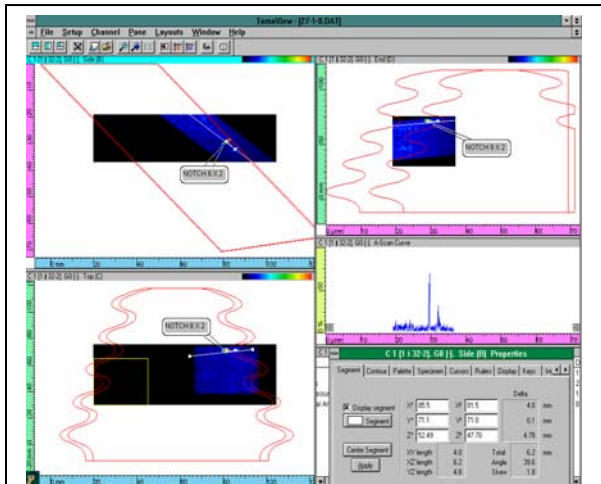
Obr. 6 – 3 rôzne polohy sond – techniky skúšania pomocou phased array sond

K meraniu bol použitý ultrazvukový systém Tomoscan Focus s riadením pre phased array 32 až 64 piezoelementov. Analýza nameraných dát sa vykonáva z troch rôznych polôh pomocou zobrazovacieho 2D/3D TomoView™ software.

Zaznamenané výsledky

Všetky namerané dáta boli analyzované pre každé skenovanie v 2D zobrazení, pričom je možné si

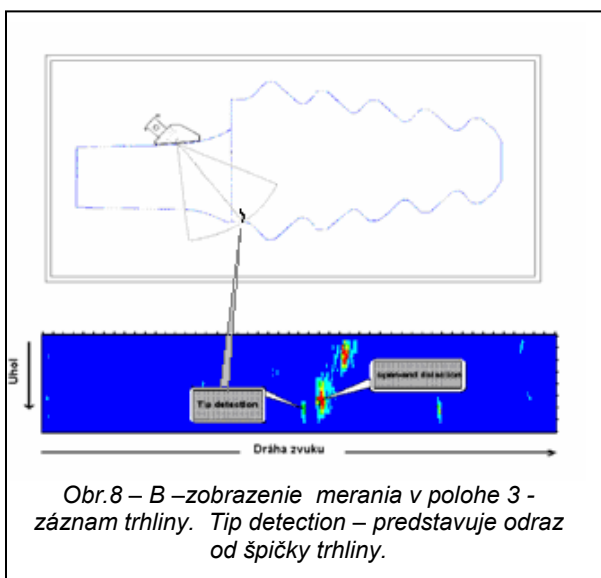
zobraziť bočný pohľad v reze a A-zobrazenie konkrétnej chyby pozri nižšie uvedený záznam.



Obr. 7 - Analýza údajov v 2-D zobrazení na referenčnom bloku. Referenčné chyby sú zárezy 6 mm x 2 mm v žľabe č.3.

Trhliny menšie ako 2x 0,5 mm sú sondy schopné zaznamenať do 65 mm od povrchu. Väčšie chyby ako chyby 6 x 2 mm, 9 x 3 mm a 12 x 4 mm sú schopné sondy identifikovať až do hĺbky 120 mm. Určenie a veľkosti chýb je približne s presnosťou cca 1mm na dĺžku chyby a 0,5 mm na výšku chyby.

Záznamy použitím techniky v polohe 3 je možné vykonať do hĺbky 3. žľabu. Určenie veľkosti je vykonávané z B zobrazenia (Obr.8) Presnosť hodnotenej dĺžky je závislá na presnosti polohového enkodéra a tá je ± 1 mm. Veľkosť chyby je určovaná na základe merania difrakčných signálov a aktuálneho uhla pre špičku a koniec začínajúcej trhliny.



Obr.8 – B –zobrazenie merania v polohe 3 - záznam trhliny. Tip detection – predstavuje odraz od špičky trhliny.

Časť kontroly bola vykonaná do vzdialenosti 75 mm od miesta polohy sondy. Sonda je schopná úspešne identifikovať malé drážky - zárezy, rozmerov 3 mm x 1 mm s presnosťou najmenej 1 mm. Výkonnejšou sa javí technika 2 (Obr. 6), ale tá môže byť použitá len v určitých zónach. Z uvedenej polohy pri použití presnejších manipulátorov a výkonnejšieho software s priestorovým zobrazením sa dosiahnu aj presnejšie výsledky. Je možné dosiahnuť väčšiu rozlíšiteľnosť a určenie veľkosti chýb, väčšiu hĺbku citlivosti až do 75 – 200 mm.



Obr. 9 – príklad merania na zámku lopatky turbíny v polohe 2

Záver

Použitie techniky phased array sond je v súčasnosti vynikajúcou metódou, ktorou je možné doplniť klasické metodiky nedeštruktívneho testovania, nahradiť ich a kontrolovať v minulosti veľmi problematické miesta na energetických zariadeniach. S vysokou presnosťou dokáže odhaliť rôzne orientované trhliny, praskliny, čo v minulosti vôbec nebolo možné. Technika je náročná najmä na špeciálny software pre analýzu údajov a hardware vybavenie, prípravu kalibračných mierok, čo nie je lacná záležitosť. Preto je vhodná a použiteľná najmä tam, kde vznik poškodení by viedol k výrazným ekonomickým stratám a tým oblasť energetiky je. Súčasným trendom je uviesť na trh prenosné zariadenia s možnosťou použitia phased array sond a vybaviť užívateľa jednoducho ovládateľným software pre okamžité vyhodnotenie údajov. V tomto prípade aj uplatnenie ultrazvuku bude ďaleko širšie ako len v oblasti energetiky.