

# Ultrazvuková skúška časti obvodového zvaru čpavkovej tlakovej nádoby technikami Phased Array a TOFD

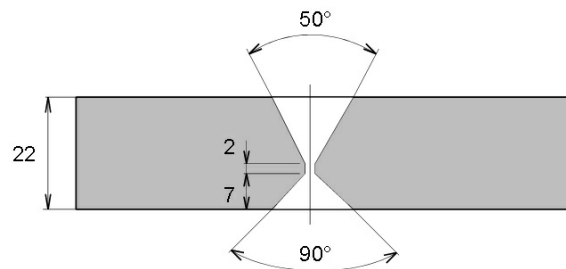
Ing. Miloslav Kováčik, Ing. Rastislav Hyža

*Na základe požiadavky zákazníka, v rámci predvážania prístroja OMNISCAN firmy R/D Tech sme vykonali ultrazvukovú skúšku zvaru čpavkovej tlakovej nádoby. Cieľom skúšky bolo predvedieť schopnosti techniky Phased Array a techniky TOFD na reálnych chybách bežne sa vyskytujúcich u zvarových spojov tlakových nádob a poskytnúť materiál pre porovnanie zistených ultrazvukových nálezov s nálezmi a výsledkami rádiografickej skúšky. Požiadavkou zákazníka taktiež bolo dokázať potrebu dostránenia povrchového náteru na kontrolovanej nádobe.*

## Popis kontrolovaného objektu

Nádoba na čpavok je horizontálna tlaková nádoba priemeru 2800 mm, so zváraným plášťom o hrúbke steny 22 mm z materiálu 11418.1. Obvodové zvary sú typu X (Obr.1).

Ultrazvuková skúška bola požadovaná v úseku 759 cm až 630 cm obvodového zvaru č.3.



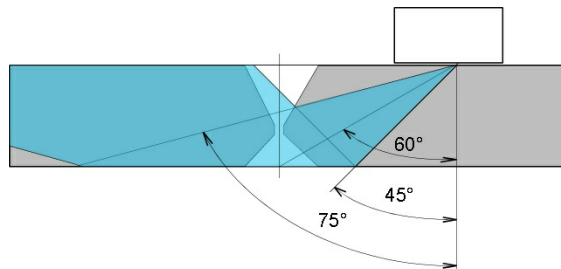
Obr.1 Tvar zvarového spoja

## Popis ultrazvukovej skúšky

Skúška bola vykonaná trikrát. Prvýkrát technikou Phased Array na nepripravenom povrchu s pôvodným náterom, druhýkrát technikou Phased Array na povrchu zbavenom náteru a tretíkrát technikou TOFD na povrchu zbavenom náteru.

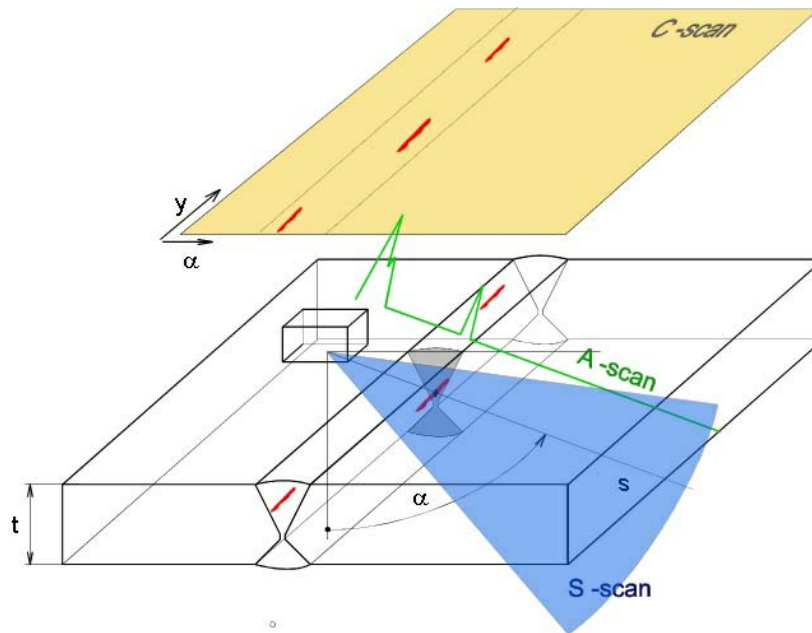
### A) Technika Phased Array

Technika Phased Array je založená na použití sondy s elektronicky vychyľovaným ultrazvukovým lúčom. Prezvučuje sa tak podobne ako pri medicínskych ultrazvukových aplikáciách určitý užívateľom definovaný uhlový sektor skúšaného materiálu. Pri skúšaní zvarov technikou Phased Array sa sonda spravidla pohybuje iba pozdĺž zvaru v konštantnej vzdiallosti od jeho osi tak, aby spodná časť zvaru bola prezvučovaná priamym lúčom cca 60° a horná časť zvaru odrazeným lúčom 45° (Obr.2). Skúša sa z oboch strán zvaru.



Obr.2 Prezvučovanie zvaru nádoby sondou phased array

Pohyb sondy pozdĺž zvaru, t.j. súradnicu „y“, sníma enkodér, pričom pri každom impulze z enkodéra prístroj zaznamenáva odrazy z celého prezvučovaného sektora zobrazuje ich on line niekoľkými formami zobrazenia (Obr.3).



Obr.3 Vysvetlenie pojmov A-scan, S-scan a C-scan

Tzv. A-scan je základné zobrazenie, prezentuje však iba jeden jediný uhol prezvučovania v jednom mieste zvaru. S -scan zobrazuje odrazy - chyby z celého prezvučovaného sektora avšak tiež iba v jednom mieste zvaru. C - scan zobrazuje chyby v celom nasnímanom úseku dĺžky zvaru, ale iba v určitom uživateľom definovanom hĺbkovom rozsahu. Ani jedno zobrazenie nie je samostatne schopné poskytnúť trojrozmernú informáciu o rozložení chýb, preto sa spravidla kombinujú.

Pri skúšaní zvaru technikou Phased Array bola použitá sonda frekvencie 2,25 MHz typ 2L16-A1 s uhlovou predsádkou SA1- N60S. Sonda a prístroj OMNISCAN MX boli konfigurované nasledovne:

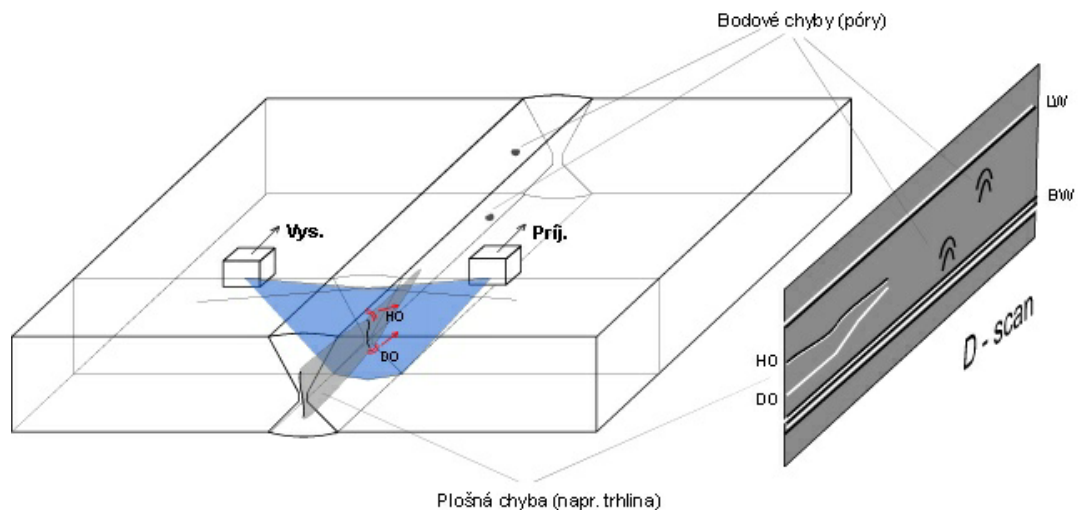
- počet súčasne aktívnych meničov sondy formujúcich ultrazvukový zväzok: 16
- typ scanu: sektorový, priečnou vlnou
- zobrazenia A-scan, S-scan a C-scan
- rozsah vychýľovania ultrazvukového zväzku v sektore: +45° až +75°
- krok vychýľovania ultrazvukového zväzku: 1°

- fokusácia ultrazvukového zväzku: nepoužitá.
- rýchlosť šírenia ultrazvuku : 3200 m/sec
- časová základňa 66: mm skutočnej dráhy ultrazvuku (s)
- zosilnenie: 29 - 33 dB
- filter: pásmový 0,54 - 22 MHz

Skúšobná citlivosť bola nastavená na bočnom valcovom vývrte  $\varnothing$  3mm v zmysle EN 1714.

## B) Technika TOFD

Technika TOFD je ultrazvuková metóda skúšania zvarov založená na difrakcii ultrazvuku na okrajoch necelivosti. Na rozdiel od klasickej ultrazvukovej techniky umožňuje zistiť hĺbkový rozmer chyby, čo je veľmi dôležitý parameter najmä u trhlín. S výhodou sa preto využíva pri skúšaní zvarov prevádzkovaných tlakových nádob, kde sa po dlhodobej prevádzke očakáva výskyt trhlín. Skúša sa dvoma sondami v uporiadaní podľa Obr.4, pričom pohyb sond pozdĺž zvaru sníma enkodér. Prístroj on line zobrazuje tzv. D - scan, čo je približne hĺbkový záznam chýb po dĺžke zvaru. Bodové chyby ako napr. póry sa v tomto zázname zobrazujú charakteristickými parabolickými oblúkmi, dlhšie chyby ako napr. studené spoje, trhlíny a dlhšie troskové vrúseniny líniami.



Obr. 4 Princíp techniky TOFD,  
LW Laterálna vlna reprezentujúca horný povrch a BW je vlna odrazená od spodného povrchu

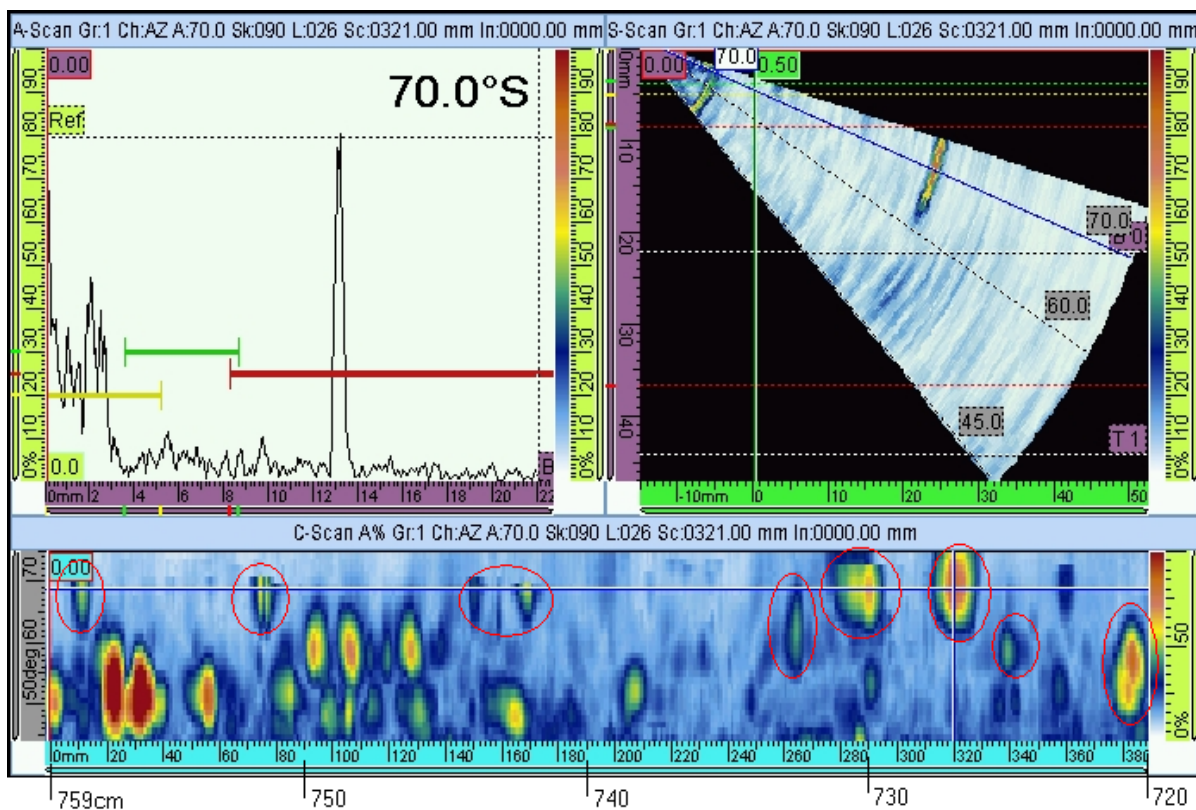
Plošné chyby, ktoré majú určitý rozmer v smere hĺbky sa v D-scane prejavujú dvoma líniami, z ktorých jedna prislúcha vlne emitovanej horným okrajom (HO) a druhá vlne emitovanej dolným okrajom (DO) chyby. Poznamenávame, že u metódy TOFD nie je stupnica hĺbky lineárna, ale sa zhusťuje smerom k hornému povrchu.

Pri skúšaní zvaru technikou TOFD boli použité sondy 6mm, 5MHz s krátkym impulzom s klinom  $60^\circ$  pre pozdĺžnu vlnu. Rozostup sond bol 80 mm.

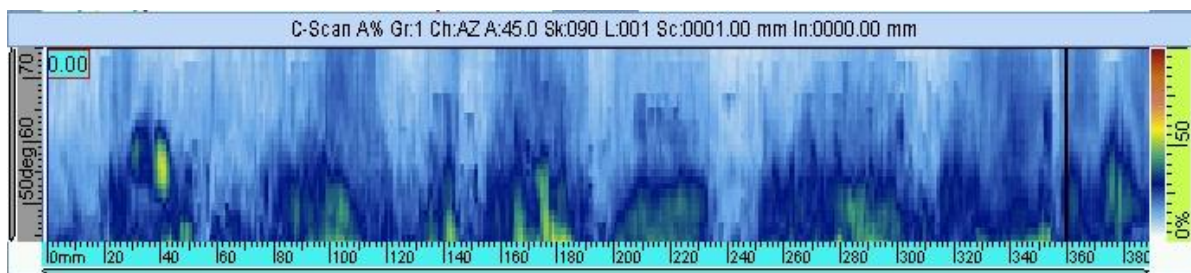
### Výsledky skúšok

Vzhľadom na fakt, že okrem ech od zvarových chýb sa v ultrazvukových obrazoch znázorňujú aj tzv. tvarové echá, ktoré sú irelevantné, označili sme v záznamoch echá od chýb červenými krúžkami, aby sme tým uľahčili orientáciu vo výsledkoch aj laickému personálu.

Skúška cez náter je jednoznačne málo preukazná, a nemožno ju odporúčať. Pre ilustráciu tohoto tvrdenia uvádzame na Obr.5 a Obr.6 záznam rovnakého úseku zvaru pred a po obrúsení náteru. Zvýšenie citlivosti po obrúsení je zrejmé.

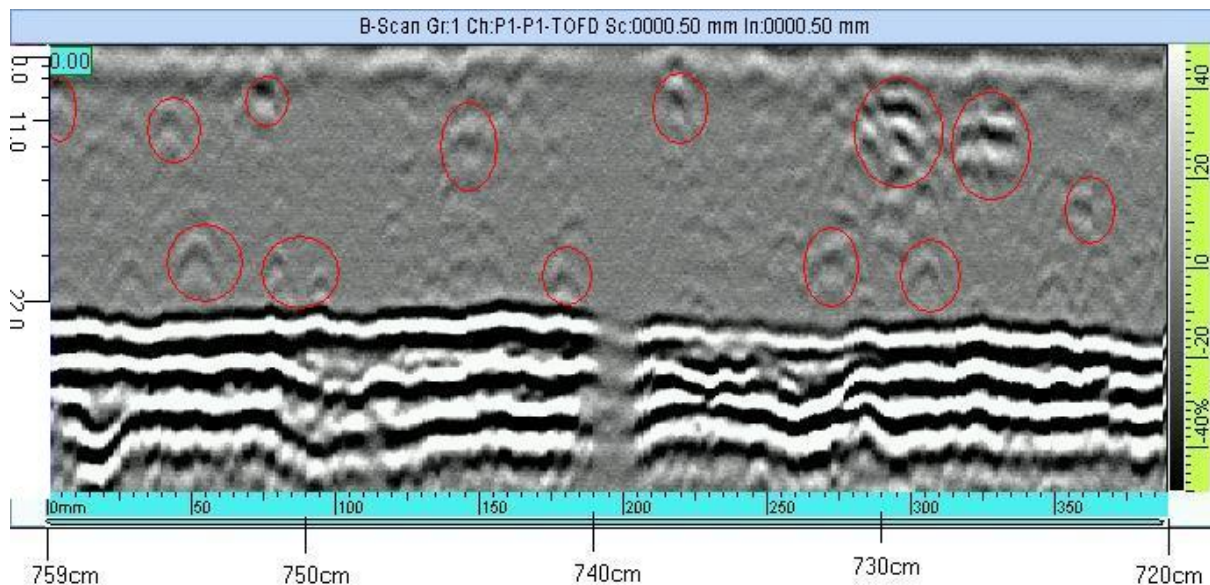


Obr.5 A-zobrazenie, S-scan a C-scan úseku 759 - 720 cm zvaru po obrúsení náteru.



Obr.6 C-scan úseku 759 - 720 cm zvaru pred obrúsením náteru.

Odstránenie náteru z okolia zvaru, v páse určenom pre pohyb sondy, je nutné u každej ultrazvukovej metódy skúšania zvarov, teda aj u techniky phased array a techniky TOFD (Obr.7).



Obr.7 TOFD. Úsek 759 - 720 cm

### Záver

Pokusy o porovnanie RTG a ultrazvukových skúšok a taktiež vzájomné porovnanie jednotlivých ultrazvukových techník, boli v praxi vykonané mnohokrát. Výsledok našej prezentácie bol, že najviac chýb zachytil TOFD, nasledovala technika Phased Array, potom prežarovanie cez jednu stenu (centrálna expozícia), ďalej klasický ultrazvuk a nakoniec prežarovanie cez dve steny. Výsledky podobných pokusov možno nájsť v príslušnej odbornej literatúre aj na serveri NDT.net.