

# Skúšanie heterogénnych a austenitických zvarov technikou Phased Array a technikou TOFD

Ing. Miloš Kováčik, Ing. Rastislav Hyža – SlovCert s. r. o. Bratislava, Jan Kolář – ČEZ JE Temelín

## Úvod

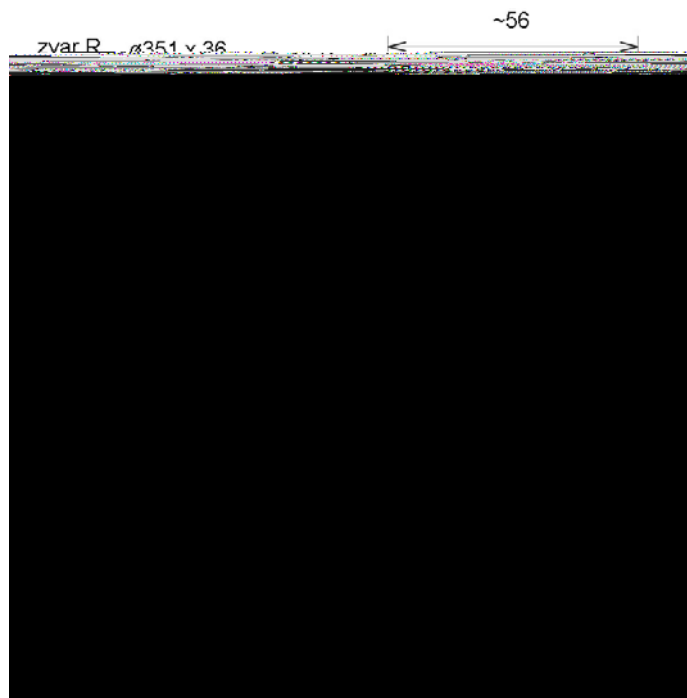
V prevádzkach jadrovej energetiky a ťažkých chemických prevádzkach sa pomerne často stretávame s problémom skúšania heterogénnych zvarov spájajúcich feritické a austenitické časti a tiež s problémom skúšania austenitických zvarových spojov. Vzhľadom na fakt, že tieto zvary sa štandardnými ultrazvukovými technikami skúšajú veľmi obtiažne, je opodstatnené preveriť viaceré techniky ultrazvukového skúšania a na základe výsledkov takýchto testov vybrať najvhodnejšiu z nich pre skúšanie v reálnych prevádzkových podmienkach. Na tento účel sa používajú tzv. testovacie zvary, ktoré obsahujú umelé chyby, ale aj implantované prirodzené chyby, ktoré by sa mohli v prevádzke skutočných zvarov vyskytnúť

## Skúšanie zvarov technikou phased array

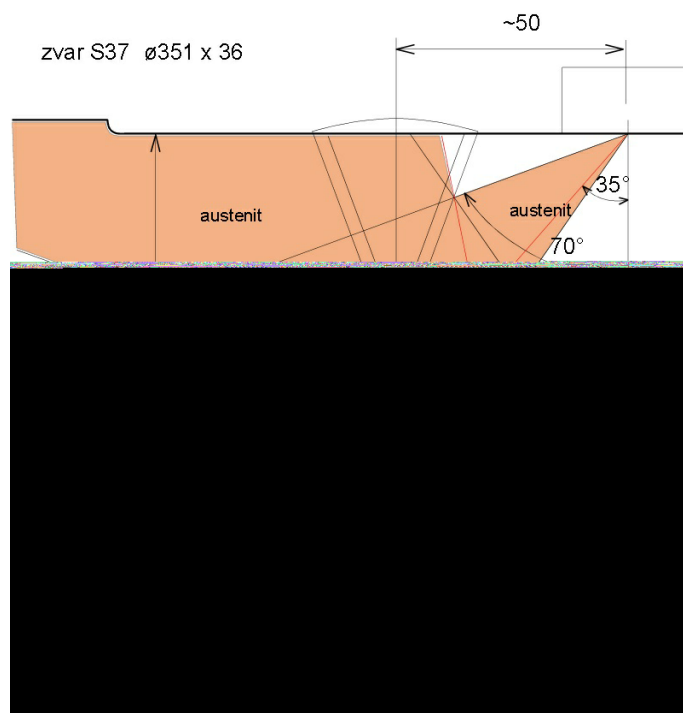
Vzhľadom na akustické vlastnosti prezvučovaného materiálu, najmä jeho útlm, boli zvary prezvučované sondou phased array frekvencie 2,25 MHz s uhlovou predsádkou. Sonda a prístroj OmniScan MX boli konfigurované nasledovne:

- počet súčasne aktívnych meničov sondy formujúcich ultrazvukový zväzok: 16
- typ scanu: sektorový, priečnou vlnou
- rozsah vychýľovania ultrazvukového zväzku v sektore: +35° až +70°
- krok vychýľovania ultrazvukového zväzku: 1°
- zosilnenie: 29 - 33 dB (nastavené na jednej z umelých chýb)

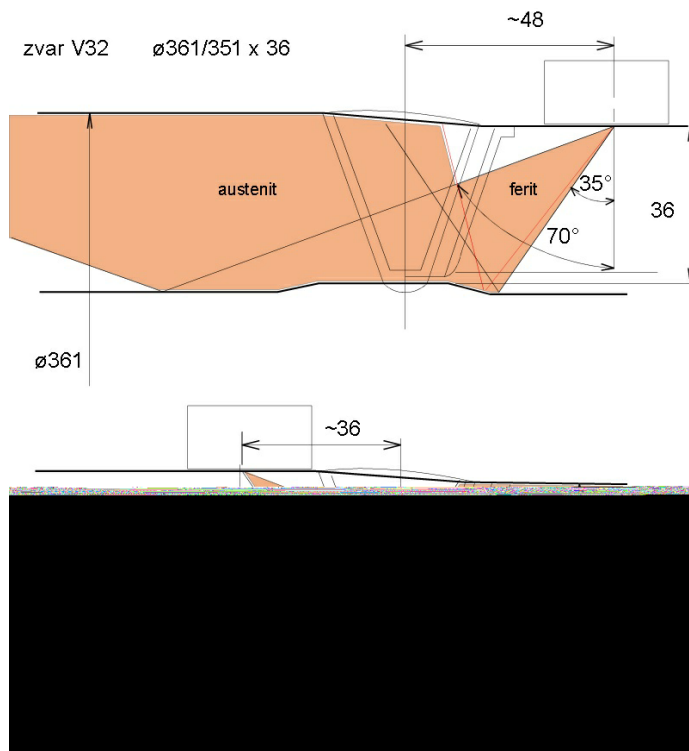
Pri skúšaní zo strany menšej hrúbky (M) bola sonda vedená pozdĺž zvaru v takej vzdialenosti, aby bol koreň zvaru prezvučovaný uhlom približne 60°. Z druhej strany (A) musela byť vzhľadom na osadenie vonkajšieho povrchu a rozmery sondy s pripojeným enkodérom použitá menšia vzdialenosť sondy od zvaru. Pozícia sondy pri skúšaní a prezvučované oblasti zvarov sú vyznačené na Obr.1 - Obr. 3.



Obr.1 Spôsob prezvučovania zvaru R



Obr.2 Prezvučovanie zvaru S37

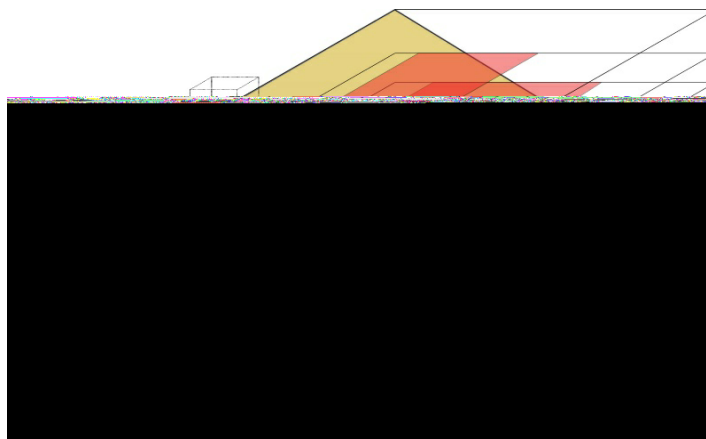


Obr.3 Prezvučovanie zvaru V32

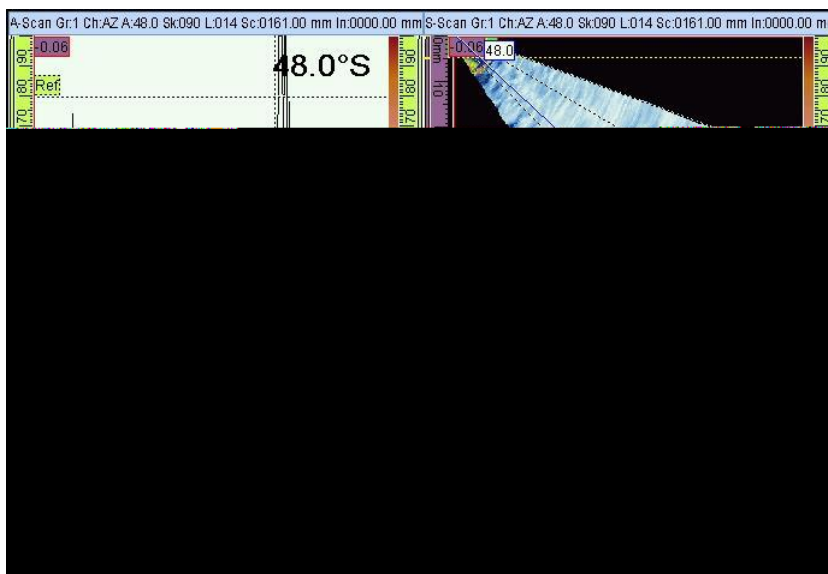
Následkom odrazu v zaoblenom koreni bola v skutočnosti prezvučovaná oblasť zvaru o trochu väčšia ako na obrázkoch a mohlo dôjsť aj k transformácii malej časti energie ultrazvukového lúča na pozdĺžnu vlnu.

## Zobrazovanie indikácií

Pri skúšaní technikou phased array sa používa niekoľko spôsobov zobrazenia indikácií, z ktorých každý má svoje výhody aj nevýhody. OmniScan pri pohybe sondy po skúšobnom povrchu kontinuálne zaznamenáva celý sektor A - scanov, v ktorom sa vychyluje ultrazvukový zväzok. Pri každom impulze z enkodéra snímajúceho dráhu sondy po skúšobnom povrchu sa do pamäti zaznamenáva súradnica sondy a sektorové zobrazenie (S - scan) v danom mieste (Obr.4). Z takto nazbieraných S - scanov sa potom podľa voľby operátora vyberá A - scan pre zvolený uhol, B - scan pre zvolený uhol a C - scan zobrazujúci určitú hĺbkovú vrstvu materiálu určenú umiestnením a šírkou brány.



Obr.4 Spôsoby zobrazenia nálezov pri šikmom prezvučovaní. Na nasledovnom obrázku je ukážka zobrazenia pri reálnom skúšaní.



Obr.5 Súčasné zobrazenie A - scanu S - scanu a C-scanu pri skúšaní zvaru.

Na tomto obrázku možno ukázať, prečo sa pri skúšaní zvarov technikou phased array používa uje iba echá z miesta  $y = 158$  mm zaznamenané lúčom  $48^\circ$ .

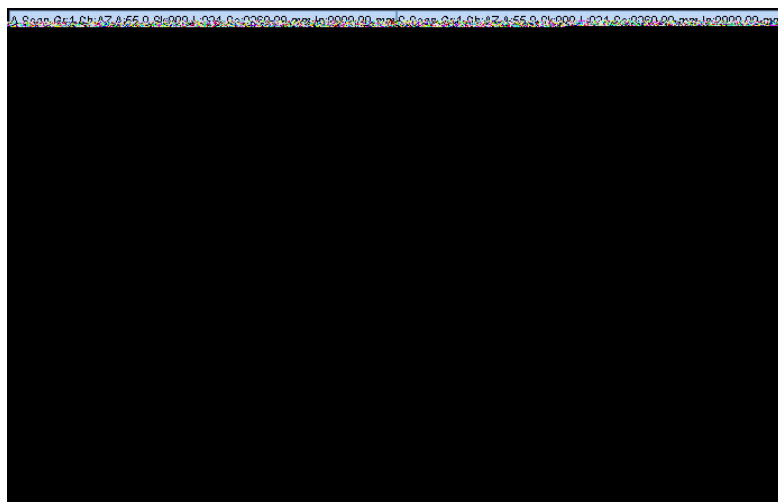
c

## ýsledok skúšok zvarov technikou phased array

### . Zvar R

časť potrubia. Z desiatich sledky a

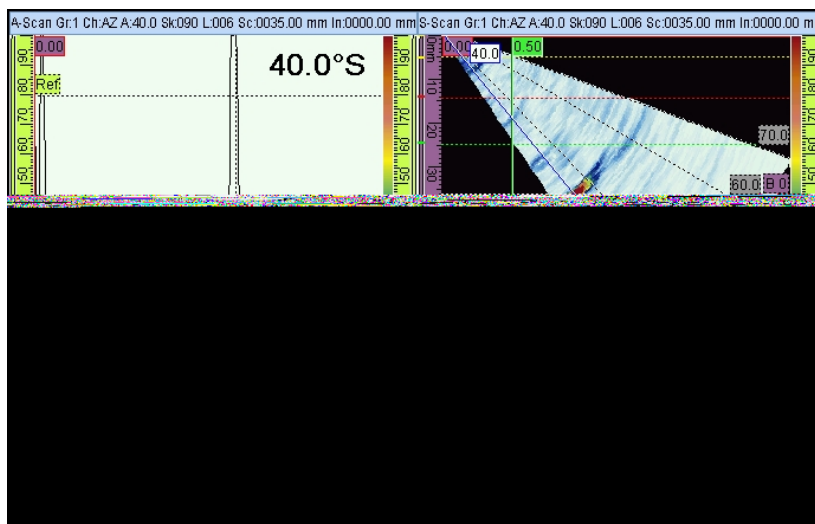
Obe časti potrubia spojené zvarom S37 a aj samotný zvar sú austenitické. To sa negatívne prejavilo aj na výsledkoch prezvučovania. Z desiatich necelistvostí bolo identifikovaných šesť, pričom obraz nálezov nebol vždy jednoznačný, echá od koreňových necelistvostí sa ťažko odlišovali od tvarových odrazov z mierne pretečeného koreňa.



Obr.7 Ukážka výsledku skúšky časti zvaru S37 technikou Phased Array

### 3. Zvar V32

Tento zvar je heterogénny. Z jedenástich necelistvostí bolo zistených deväť. Aj v tomto prípade bolo úspešnejšie prezvučovanie zo strany feritu.

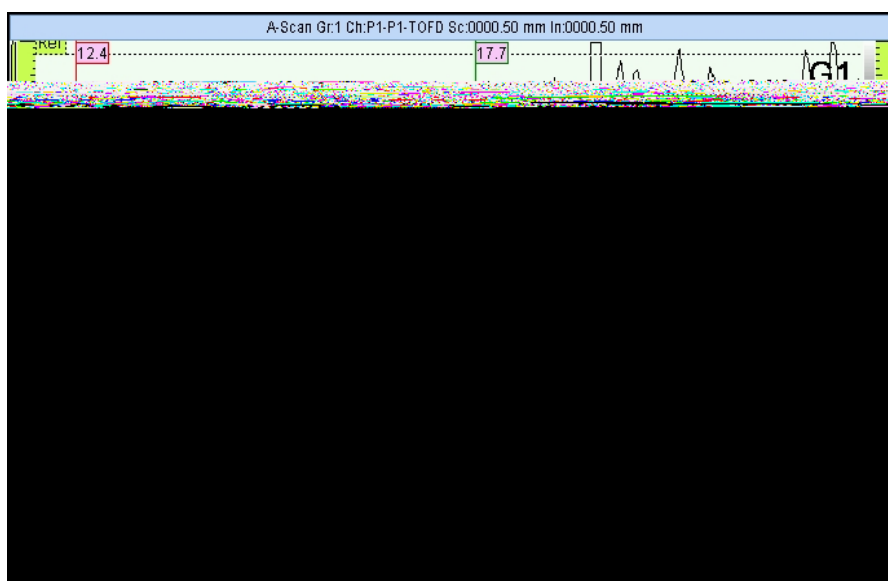


Obr.8 Ukážka výsledku skúšky časti zvaru V32 technikou Phased Array

### Skúšanie zvarov technikou TOFD

Na zvaru V32 bolo odskúšané aj použitie techniky TOFD, ktorá má pri skúšaní zvarov feritických materiálov výhodu najmä v tom, že umožňuje zistiť hĺbkový rozmer necelistvostí, čo je žiadúce najmä u trhlín a studených spojov v úkose zvaru. Pri aplikácii TOFD u zvaru V32 sa však ukázalo, že nie je možné odlíšiť difrakčné echá vyvolané necelistvosťami zvaru od šumu na pozadí, ktorý spôsobuje hrubozrnná štruktúra austenitu.

Pri skúšaní technikou TOFD bola použitá dvojica sond  $\varnothing$  5 mm frekvencie 5 MHz s klinmi pre pozdĺžnu vlnu  $45^\circ$ . Rozostup sond bol 80 mm. Vzhľadom na útlm austenitického materiálu bolo použitý predzosilovač so ziskom 40 dB. Celkové zosilnenie pri skúšaní bolo 80 dB. Na potlačenie šumu bolo použité spriemerovanie s faktorom 16. Napriek snahe dosiahnuť uvedeným spôsobom zlepšenie pomeru užitočného signálu k šumu, nebol výsledok (Obr.8) vyhovujúci ani u heterogénnych zvarov.



Obr.9 Ukážka výsledku skúšky časti zvaru V 32 technikou TOFD

Ako vidieť získaný obraz je zašumený a neinterpretovateľný. Na základe týchto pokusov sme usúdili, že technika TOFD nie je vhodnou pre daný typ zvarov.

## Záver

Skúšanie heterogénnych zvarov je účinnejšie zo strany feritického materiálu a skúšanie austenitických zvarov bolo podľa očakávania menej úspešné ako heterogénnych zvarov.

Z dosiahnutých výsledkov na testovacích zvaroch usudzujeme, že skúšanie technikou phased array by napriek niektorým svojim nedostatkom mohlo byť vhodné aj pri nasadení na skutočnom zariadení.

Skúšanie technikou TOFD nepovažujeme za vhodné ani pre heterogénne, ani pre austenitické zvary.

**Poznámka:** Okrem ech od zámerne implementovaných necelistvostí boli v niekoľkých prípadoch zistené aj indikácie, ktoré podľa nášho názoru pochádzajú od prirodzených chýb zvarov, a chýb ktoré boli do zvarov zanesené pri vsádzaní implantátov. Amplitúda týchto indikácií je však podstatne nižšia ako u zámerne vyhotovených necelistvostí