

Zkoušení heterogenních a austenitických svar technikou Phased Array a technikou TOFD

Ing. Miloš Kovářík, – SlovCert s. r. o. Bratislava, Jan Kolář – EZ JE Temelín

Úvod

V jaderné energetice a těžkých chemických provozech se poměrně často setkáváme s problémem zkoušení heterogenních svar spojujících feritické a austenitické oceli a také s problémem zkoušení austenitických svarových spojů. Vzhledem na fakt, že tyto svary se standardními ultrazvukovými technikami zkoušejí velmi obtížně, je opodstatněné provést více technik ultrazvukového zkoušení a na základě výsledků těchto testů vybrat nejvhodnější z nich pro zkoušení v reálných provozních podmínkách. Na tento účel se používají tzv. testovací svary, které obsahují nejen umělé vady, ale i implantované přirozené vady, které by se mohly v provozu u skutečných svarů vyskytnout.

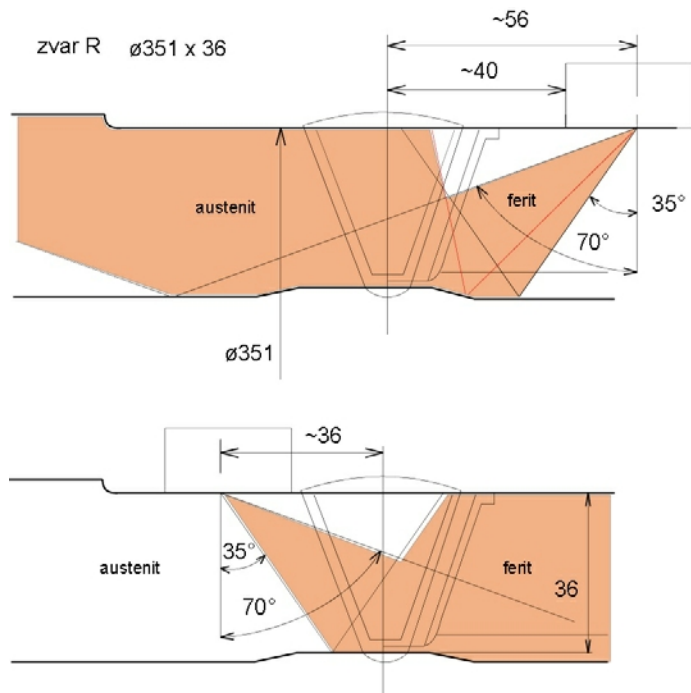
V našem, níže popsaném případě, byly zkoušeny kontrolní svary simulující svary potrubí Ø351/36 mm, přičemž byla využita technika phased array a technika TOFD, s využitím přístroje OmniScan MX firmy R/D tech.

Zkoušení svar technikou phased array

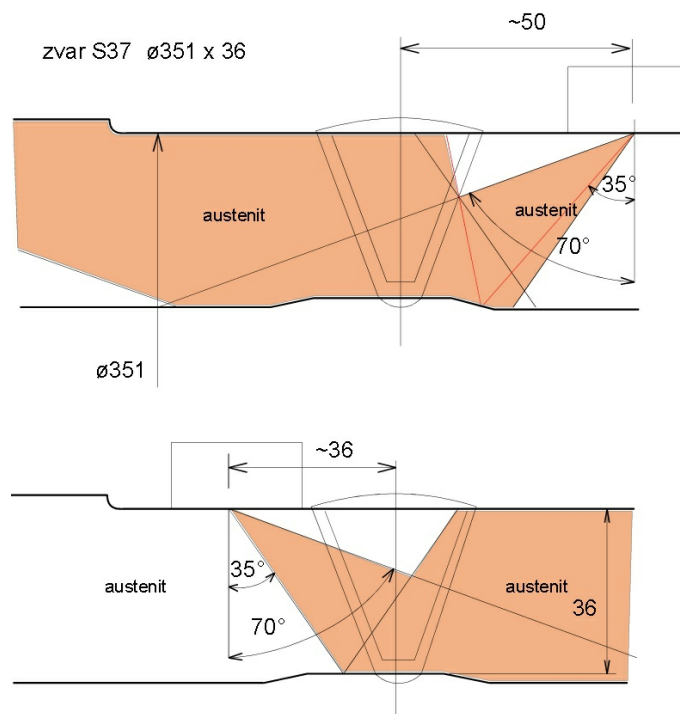
Vzhledem na akustické vlastnosti prozvučeného materiálu, především jeho útlum, byly svary prozvučeny sondou phased array frekvence 2,25 MHz s úhlovou přesádkou. Sonda a přístroj OmniScan MX byly konfigurovány následovně :

- počet souasných aktivních měřicích sondy formující ultrazvukový svazek: 16
- typ scanu: sektorový, přímou vlnou
- rozsah vychylování ultrazvukového svazku v sektoru: +35° až +70°
- krok vychylování ultrazvukového svazku: 1°
- zesílení: 29 - 33 dB (nastavené na jedné z umělých vad)

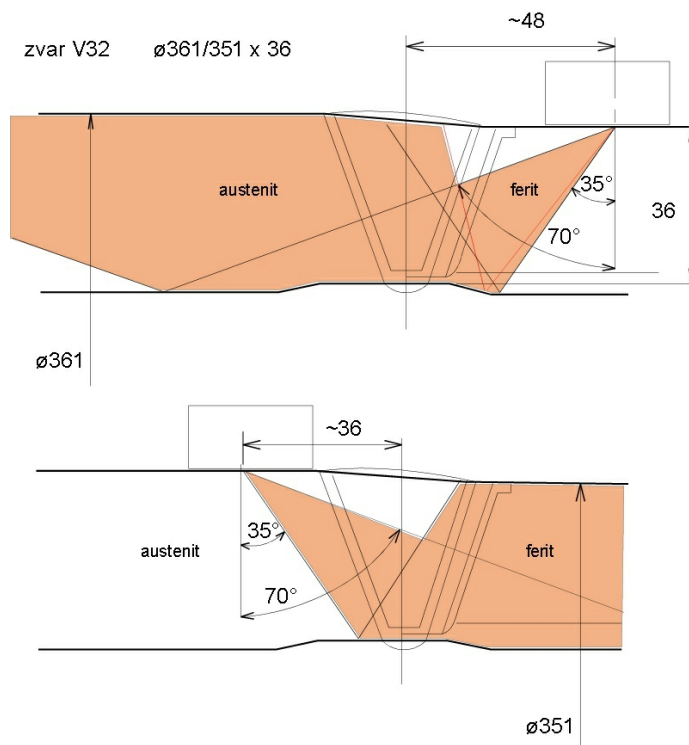
Při zkoušení ze strany menší tloušťky (M) byla sonda vedena podél svaru v takové vzdálenosti, aby byl kořen svaru prozvučen úhlem přibližně 60°. Z druhé strany (A) musela být vzhledem na osazení vnějšího povrchu a rozměry sondy s připojeným enkodérem použita menší vzdálenost sondy od svaru. Pozice sondy při zkoušení v prozvučené oblasti svarů jsou vyznačeny na Obr.1 - Obr. 3.



Obr.1 Zp sob prozvu ování svaru R



Obr.2 Prozvu ování svaru S37

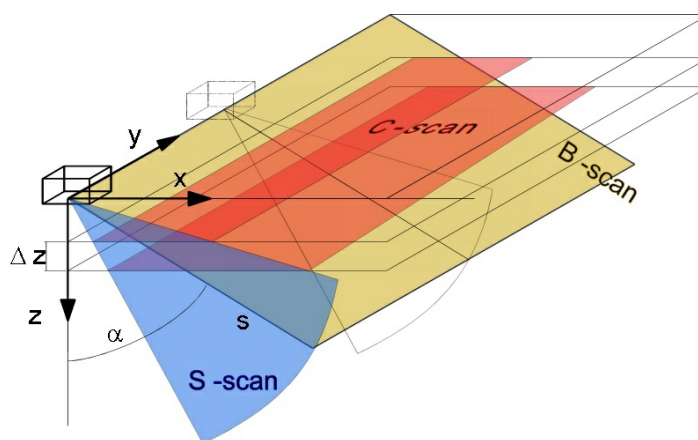


Obr.3 Prozvu ování svaru V32

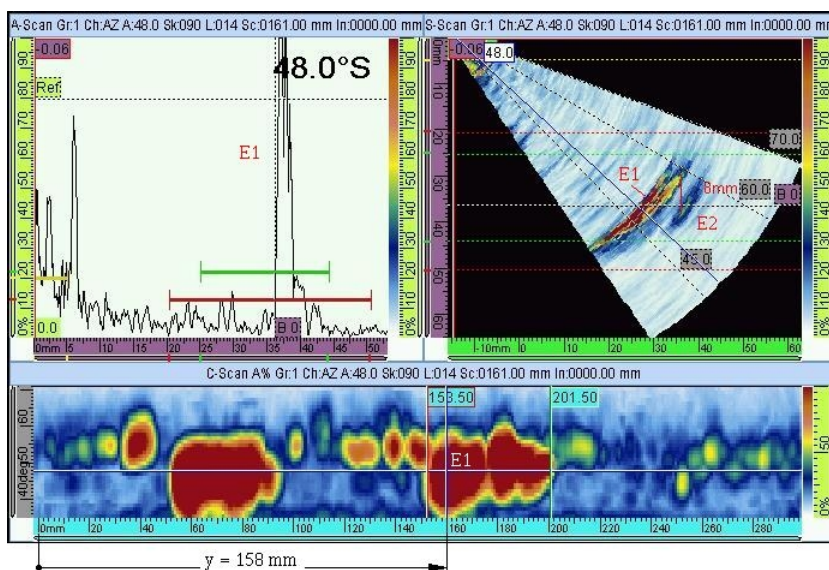
Následkem odrazu v zaobleném ko eni byla ve skute nosti prozvu ovaná oblast svaru o trochu v tší jako na obrázcích a mohlo dojít i k transformaci malé ásti energie ultrazvukového svazku podélnou vlnu.

Zobrazení indikací

P i zkoušení technikou phased array se používá n kolik zp sob zobrazení indikací, z kterých každá má svoje výhody i nevýhody. OmniScan p i pohybu sondy po zkušební m povrchu kontinuáln zaznamenává celý sektor A - scanov, ve kterém se vychyluje ultrazvukový svazek P i každém impulzu z enkodéru snímajícího dráhu sondy po zkoušeném povrchu se do pam ti zaznamenávají sou adnice sondy a sektorové zobrazení (S - scan) v daném míst (Obr.4). Z takto nasbíraných S - scan se potom podle volby operátora vybere A - scan, B - scan pro zvolený úhel a C - scan zobrazující ur itou hloubkovou vrstvu materiálu ur enou umíst ním a ší kou brány.



Obr.4 Zp soby zobrazení nálezu p i šikmém prozvu ování. Na následujícím obrázku je ukážka zobrazení p i reálném zkoušení.



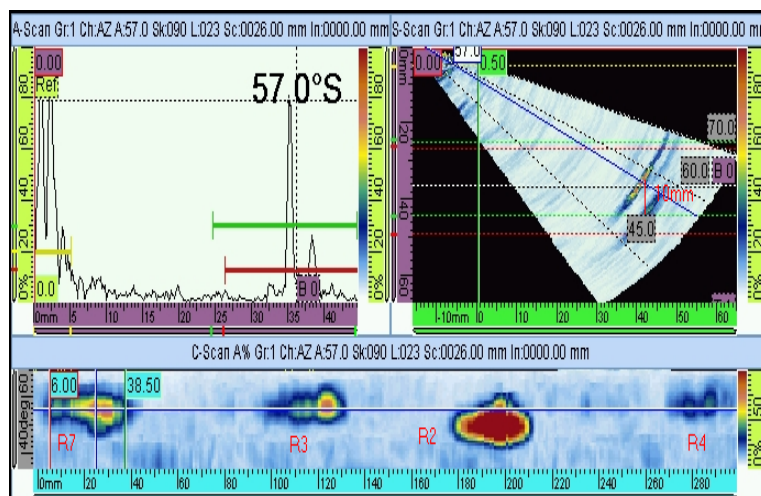
Obr.5 Sou asné zobrazení A - scanu S - scanu a C-scanu p i zkoušení svaru.

Na tomto obrázku možno ukázat, pro se p i zkoušení svar technikou phased array používá sou asn víc typ zobrazení: A - scan na Obr.5 zobrazuje jen echa a místa $y = 158$ mm zaznamenané svazkem 48° . Echo E2 není v A scanu vid t, protože leží mimo uhlu 48° a není ho vid t ani v C-scanu, protože je ukryté za o mnoho v tším, echem E1. Je teda z ejmé, že pokud chceme dostat co nejvíce informací o zjišť ných vadách, použití více typ zobrazení je nutností.

Výsledek zkoušek svar technikou phased array

1. Svar R

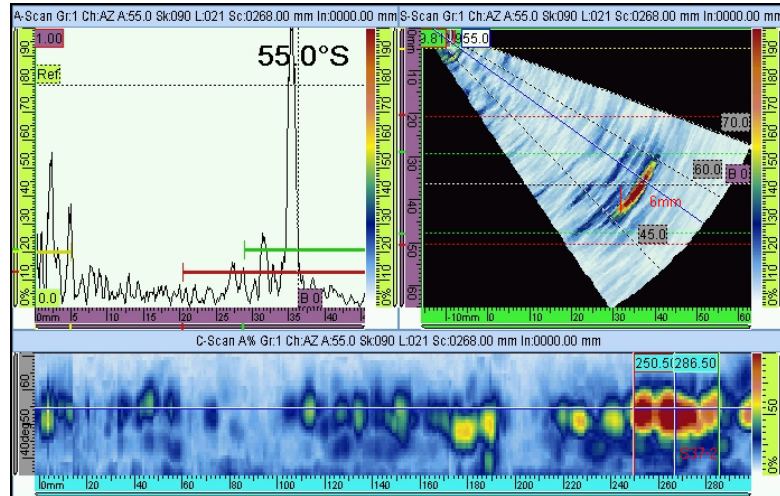
Svar R je heterogenní, spojuje austenitickou a feritickou ást potrubí. Z deseti necelistvostí vyrobených na svaru R bylo identifikovaných všech deset. Lepší výsledky a možnost interpretovat ultrazukový obraz necelistvostí byl získaný prozvu ováním ze strany feritického materiálu. Prozvu ování ze strany austenitu bylo znehodnoceno šumem od jeho hrubozrné struktury a bylo mén úspěšné.



Obr.6 Ukázka výsledku zkoušky ásti svaru R technikou Phased Array

2. Svar S37

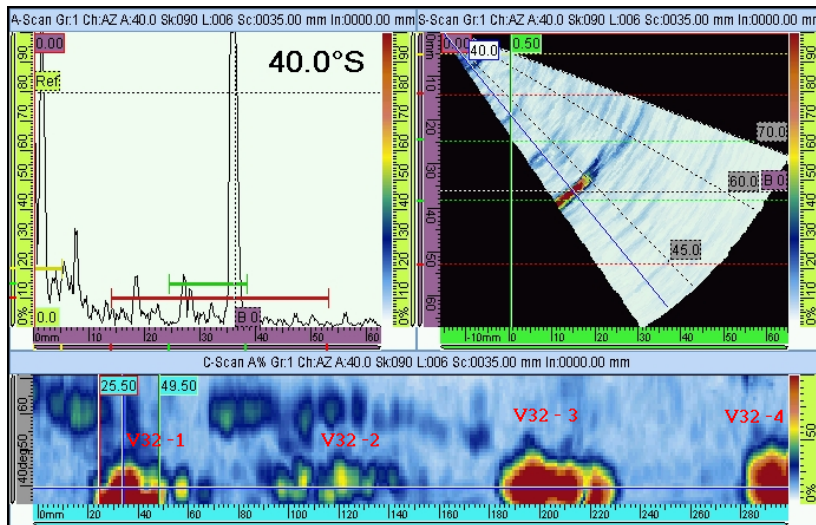
Ob části potrubí spojené svarem S37 a i samotný svar jsou austenitické. To se negativně projevilo i na výsledcích prozvuování. Z deseti necelistvostí bylo identifikováno šest, při němž obraz nález nebyl vždy jednoznačný, echo od koncových necelistvostí se těžko odlišovaly od tvarových odrazů z mírně protaženého kódu.



Obr.7 Ukázka výsledků zkoušky části svaru S37 technikou Phased Array

3. Svar V32

Tento svar je heterogenní. Z jedenácti necelistvostí bylo zjištěno devět. I v tomto případě bylo úspěšnější prozvuování ze strany feritu.

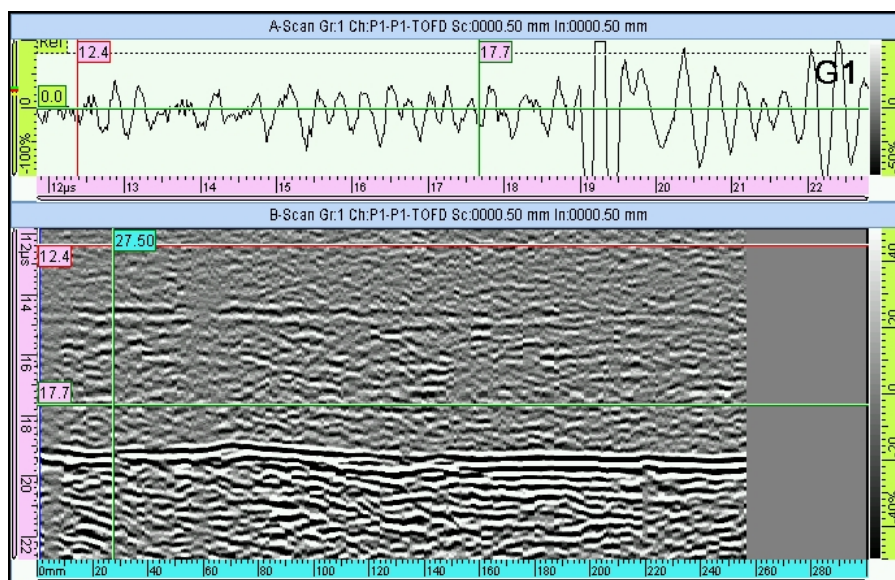


Obr.8 Ukázka výsledku zkoušky části svaru V32 technikou Phased Array

Zkoušení svar technikou TOFD

Na svaru V32 bylo odzkoušeno i použití techniky TOFD, která má při zkoušení svar feritických materiálů výhodu v tom, že umožňuje zjistit hloubkový rozměr nečelistvostí, což je žádoucí především u trhlin a studených spojů v úkose svaru. Při aplikaci TOFD u svaru V32 se však ukázalo, že není možné odlišit difrakční echa vyvolané nečelistvostí svaru od šumu na pozadí, který způsobuje hrubozrnná struktura austenitu.

Při zkoušení technikou TOFD byla použita dvojice sond \varnothing 5 mm frekvence 5 MHz s klíny pro podélnou vlnu 45° . Rozstup sond byl 80 mm. Vzhledem na útlum austenitického materiálu byl použit předzesilovač signálu získkem 40 dB. Celkové zesílení při zkoušení bylo 80 dB. Na potlačení šumu bylo použito zprůměrování s faktorem 16. Ani při snaze dosáhnout uvedeným způsobem zlepšení poměru užitečného signálu k šumu, nebyl výsledek (Obr.8) vyhovující ani u heterogenních svarů.



Obr.9 Ukázka výsledku zkoušky části svaru V 32 technikou TOFD

Jak je vidět získaný obraz je zašuměný a neinterpretovatelný. Na základě toho pokus jsme usoudili, že technika TOFD není je vhodnou pro daný typ svarů.

Závěr

Zkoušení heterogenních svarů je úinnější ze strany feritického materiálu a zkoušení austenitických svarů bylo podle očekávání méně úspěšné než zkoušení heterogenních svarů. Z dosažených výsledků na kontrolních svarech usuzujeme, že zkoušení technikou phased array by i přes to, které svoje nedostatky mohlo být vhodné i při nasazení na skutečném záření. Zkoušení technikou TOFD nepovažujeme za vhodné ani pro heterogenní, ani pro austenitické svary.

Poznámka: Mimo echa od záměrně implementovaných nečelistvostí byly v nich kterých případech zjištěny i indikace, které podle našeho názoru pocházejí od přirozených vad svarů, a vady které byly do svarů zanesené při vsazování implantátů. Amplituda těchto indikací je však podstatně nižší než u záměrně vyhotovených nečelistvostí.