

Úhlové dvojitě ultrazukové sondy se stabilními vlastnostmi v širokém rozsahu teplot

Syasko V, Sevastyanov V.

Referát je v nován otázkám vývoje a použití termostabilních úhlových piezoelektrických sond s úhlem vstupu 70° v p ipojitelných a mobilních prost edcích souvislé ultrazukové kontroly železni ních kolejí.

Ve velké ásti evropského území se ultrazuková kontrola provádí v r zných sezónn -klimatických podmínkách, p í emž teplota vzduchu, p edm tu kontroly i sond se m že m nit v širokém rozmezí dokonce b hem jednoho pracovního dne. Tak nap íklad mechanizovaná a automatizovaná ultrazuková kontrola kolejí se provádí jak v zim , p í teplot do -40° (Skandinávské zem a Rusko), tak i v lét , kdy se koleje na slunci zah ívají až do $+60$ i více stup Celsia.

Je známé, že zm na teploty tradi ní úhlové (prizmatické) sondy (dále PES) je provázena zm nou úhlu vstupu svazku do kontrolovaného objektu (v d sledku zm ny rychlosti podélné vlny v materiálu optického hranolu) a citlivosti (v d sledku zm ny koeficientu tlumení podélné vlny v materiálu optického hranolu). K analogickým jev m dochází také v kontrolovaném objektu, nicmén jsou zanedbateln malé ve srovnání s jevy v optickém hranolu sondy.

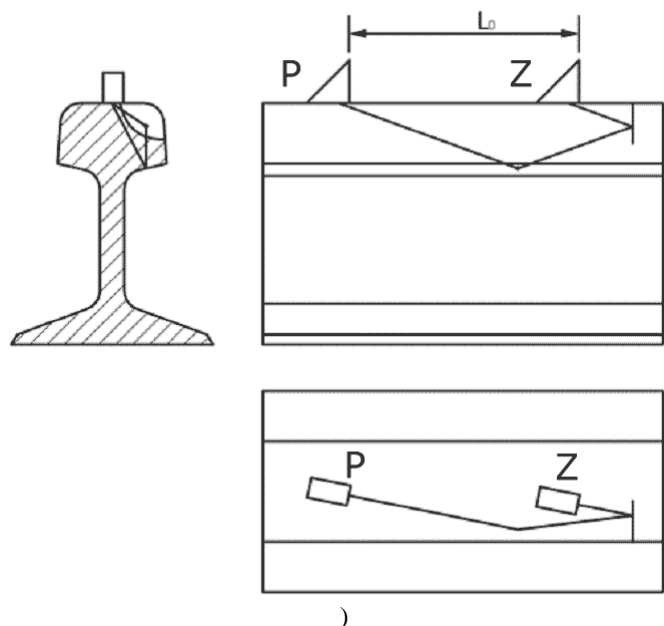
Výpo et podle Snellova zákona nap íklad ukazuje, že pro PES s nominálním úhlem vstupu 70° zm na rychlosti zvuku v optickém hranolu z plexiskla vede ke zm n úhlu vstupu v rozmezí $65^\circ \dots 75^\circ$ v rozsahu teplot $-30^\circ \dots +50^\circ$.

Co to m že zp sobit? Nap íklad p í kontrole kolejí na trati je nezbytné odhalovat nebezpe né vady – vertikáln orientované p í né trhliny v hlav kolejnice. Pro tuto kontrolu se mimo jiné používá zrcadlová metoda, jejíž schéma je uvedeno na obr. 1.

PES s frekvencí 2,5 MHz s nominálním úhlem vstupu 70° jsou umíst ny v p edem vypo ítaném úseku L_0 . Nominálního úhlu vstupu se dosahuje p í teplot $t = 20^\circ$. P í tom se v p ípad výskytu vady fixuje zrcadlov odražený signál, tak jak je uvedeno na obr. 1. . Pokud se v d sledku zm ny teploty zm nil úhel vstupu PES, dochází k narušení schématu kontroly, jak je uvedeno na obr. 1.b. P í výskytu vady zrcadlov odražený signál nedosahuje p íjímací PES a dochází k vynechání vady.

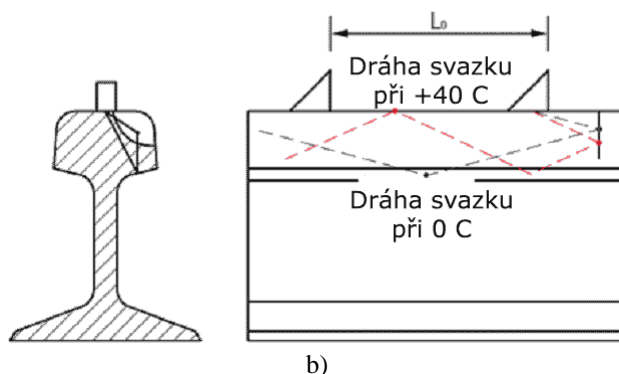
Celkov se klade d raz na dva zp soby ešení:

- použití souboru tradi ních PES, z nichž každá zajiš uje požadovaný úhel



vstupu v úzkém rozsahu teplot (tj. PES pro chladné, normální a parné pracovní podmínky);

- vývoj PES na základ optických hranol z nového materiálu, zajišťujícího termostabilitu úhlu vstupu paprsku a výrazně vyšší odolnost v i opotřebení ve srovnání s plexisklem (PES s optickým hranolem z plexiskla je nezbytné mít každých 200-300 km zkontrolovaných kolejí železniční trati).



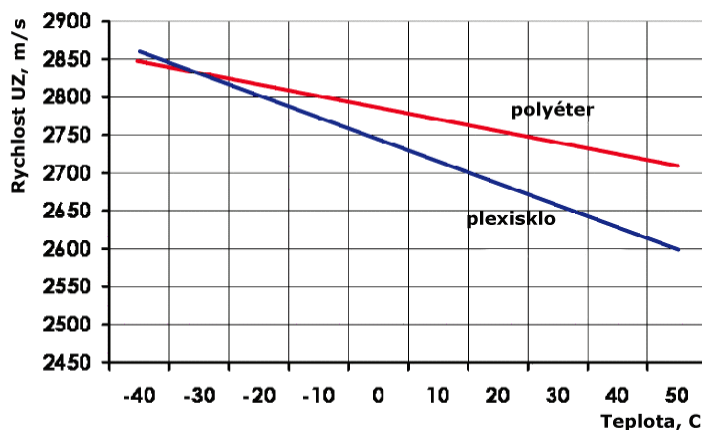
Obr. 1. Schéma vyhledávání trhlin v hlavě kolejnice: a) zjištění vady při dodržení zadaného úhlu vstupu, $t = 20^\circ$; b) vynechání vady při porušení úhlu vstupu, $t = 0^\circ$ a $t = 40^\circ$

Druhá varianta vyžaduje použití speciálních materiálů optického hranolu, pro něž je možné zformulovat následující požadavky:

- stálost mechanických vlastností materiálu v rozsahu $-50^\circ \dots +100^\circ$ (minimálně);
- nízká závislost rychlosti zvuku na teplotě;
- nízká závislost koeficientu tlumení zvukových vln na teplotě;
- nízký koeficient teplotní roztažnosti, blízký koeficientu pro piezokeramickou destičku;
- nízká hodnota koeficientu tření proti oceli.

Zformulovali jsme požadavky a vybrali jsme odpovídající materiál, představující sklem vyztuženou polyéterovou plastickou hmotu (dále polyéter). Provedená zkoumání prokázala, že pro výrobu optických hranolů úhlových PES s termostabilními vlastnostmi se více hodí tyto vyrobené metodou extruze.

Zkoumali jsme závislost rychlosti zvuku v plexiskle a polyéteru na teplotě okolního prostředí, kontrolovaného pomocí samotné sondy (obr. 2). U polyéteru dochází k menší změně rychlosti zvuku v daném rozsahu teplot.

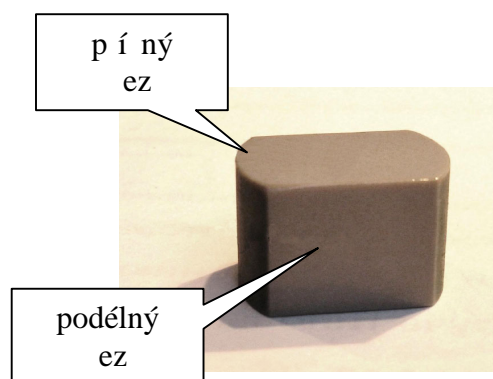


Obr. 2. Závislost rychlosti šíření ultrazvukových vln na teplotě prostředí u plexiskla a polyéteru

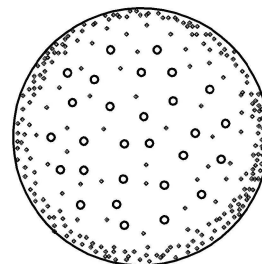
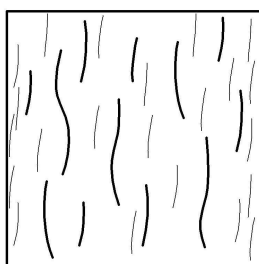
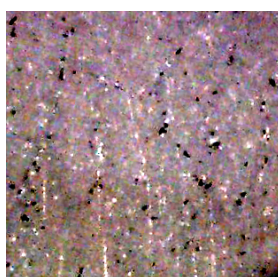


Studovali jsme mikrostrukturu polyéteru, jež má, jak je zobrazeno níže, principální význam pro jeho vlastnosti. K tomu byly vyrobeny vzorky materiálu, představující fragmenty extrudované tyče. Jeden ze vzorků je zobrazen na obr. 3. Vzorek má podélné a příčné broušené ezy.

Mikrostruktura materiálu byla zkoumána pomocí elektronového mikroskopu s šestisetnásobným zvětšením. Mikrostruktura ezu polyéteru a jejich schematické znázornění jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 3. Vzorek polyéteru



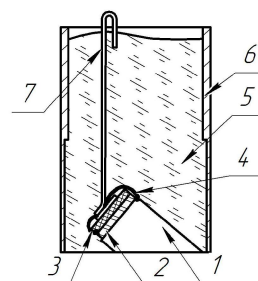
Obr. 4. Mikrofotografie ezu polyéteru a „vysvětující“ schematické náčrtky: a) podélného ezu; b) příčného ezu

U podélného ezu tyče jsou jasně viditelné nitrosklovlákna, probíhající ve směru extruze (obr. 4.a).

Na příčném ezu tyče (obr. 4.b) jsou viditelné svtlé body – elní ezy sklovláken. Silnější vlákna se soustředí v jádru tyče a množství tenších vláken je vytvářeno kolem něj, což je viditelné na fotografii jako svtlá vrstva poblíž stěny. Tlumení zvuku je v této vrstvě podstatně vyšší než ve středové části tyče.

Vzhledem k daným zvláštnostem materiálu byl konstruován optický hranol i samotná PES a také vytvořen komplet konstrukční dokumentace. Na obr. 5 je zobrazena konstrukce PES s tímto optickým hranolem.

Na obr. 5.b jsou vyznačeny: 1 – optický hranol, 2 – piezoelement, 3 – zvukoizolační vrstva, 4 – vodič, 5 – licí izolant, 6 – kostra, 7 – elektrické kontakty

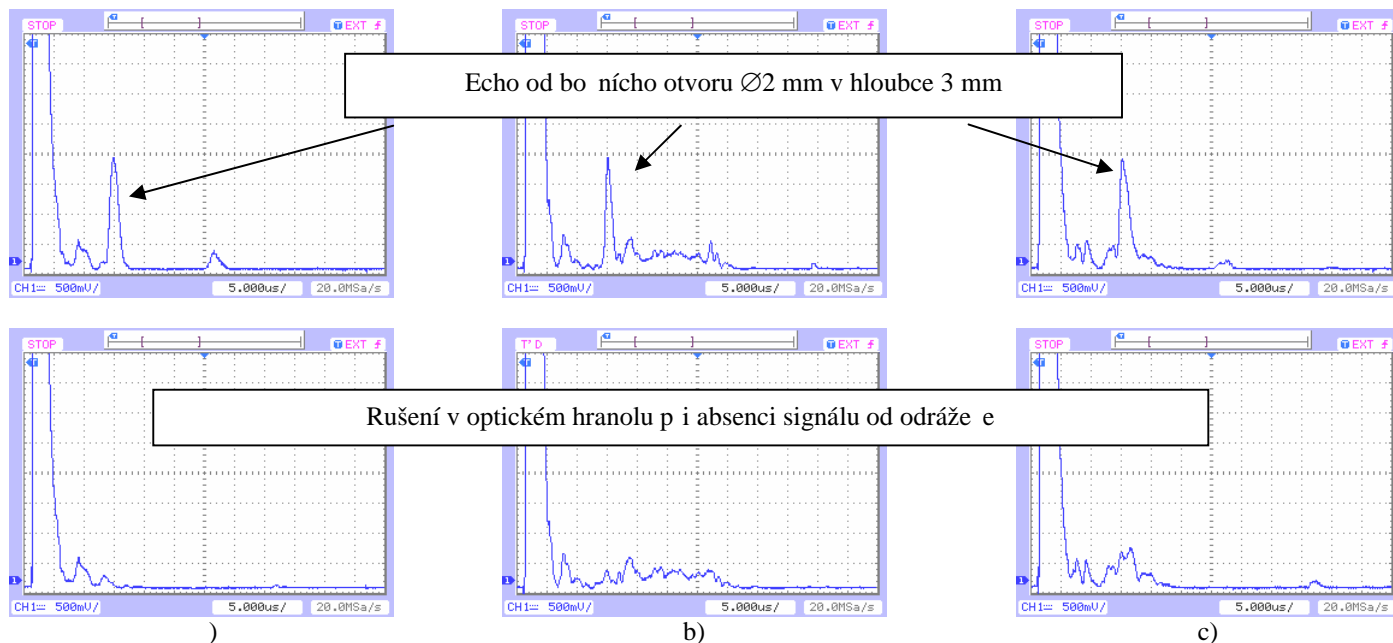


Obr. 5. Konstrukce PES 70TS

Průměr výchozí tyče musí být roven průměru optického hranolu. Zachování povrchové vrstvy s vysokou koncentrací sklovlákna zlepšuje charakteristiku reverberačních ech PES.

Tento jev je znázorněn diagramy na obr. 6. Pro tři PES, vyrobené různými způsoby, jsou uvedeny spektra, obsahující echo od cylindrického otvoru o průměru 2 mm v hloubce 3 mm v ocelovém vzorku.





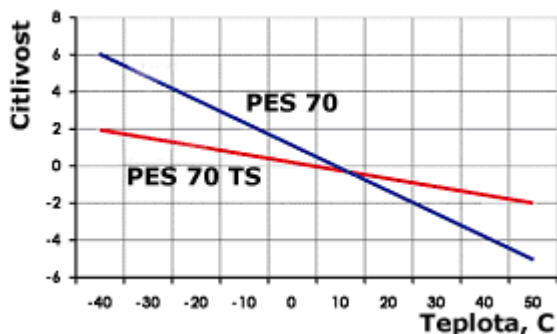
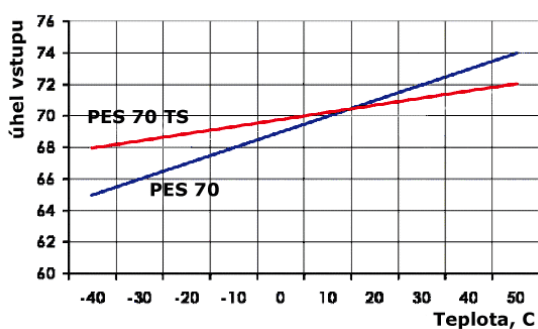
Obr.6. -zobrazení pro sondy vyrobené r znými zp soby:

) s optickým hranolem z polyéteru se zachováním povrchové vrstvy;

b) s optickým hranolem z polyéteru p i odstran ěné povrchové vrstvy ; c) s optickým hranolem z plexiskla

Optický hranol vyrobený z extrudované ty e se zachováním povrchové vrstvy (obr. 6.a) zajiš uje pom r signál/šum 20 dB. P i od ezání povrchové vrstvy se v optickém hranolu objevují reverbera ní šумы velké amplitudy a délky (obr. 6.b), zároveň se pom r signál/šum snižuje do 10 dB. Na obr. 6.c je uvedeno A-zobrazení pro sondy s optickým hranolem z plexiskla (pom r signál/šum íní 12 dB).

V souladu s konstruk ní dokumentací byly vyrobeny zkušební exemplá e PES, provedeny p edb žné a schvalovací zkoušky zkušební série PES 70 S. S použitím krytostatu byla zkoumána teplotní závislost úhlu vstupu a citlivosti. Je zobrazena na obr. 7. Pro srovnání jsou uvedeny analogické parametry s optickým hranolem z plexiskla. Na obr. 7.a se úhel vstupu ur oval podle standardního vzorku. Na obr. 7.b se citlivost charakterizovala amplitudou echa od vydutého povrchu vzorku, p i emž jako podmín ná hladina 0 dB byla p ijata amplituda signálu p i 10 ° (je shodná pro PES s optickým hranolem z plexiskla a polyéteru). Pro vyvinuté PES 70 S s optickým hranolem z polyéteru zm na pulzního koeficientu sondy íní pouze 2 dB zm na úhlu vstupu $\pm 2^\circ$.

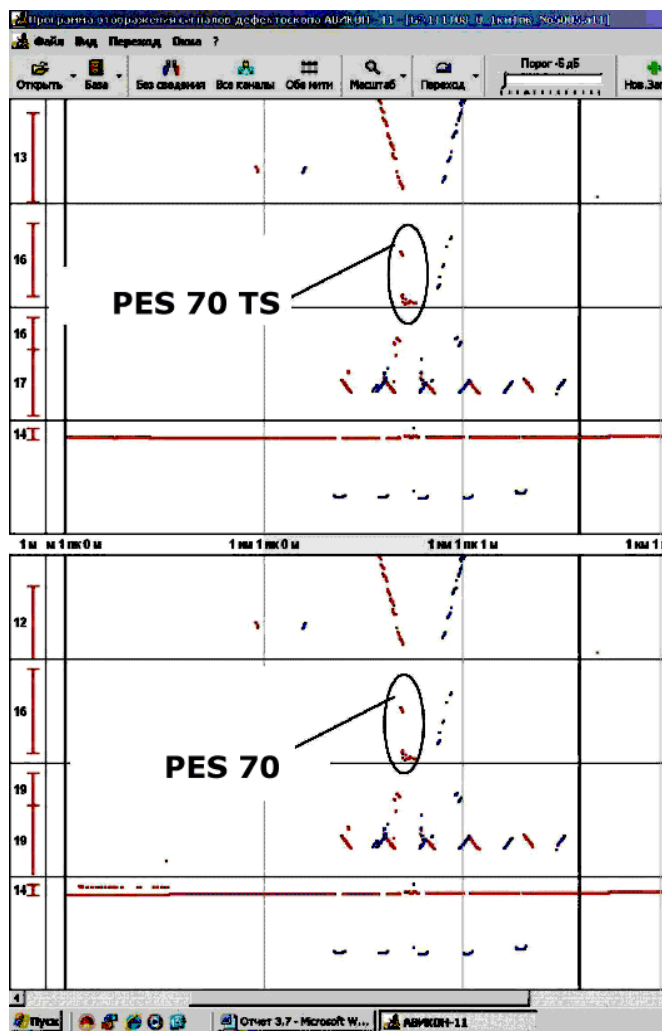


Obr. 7. Závislost vlastností PES na teplot :) úhlu vstupu; b) citlivosti

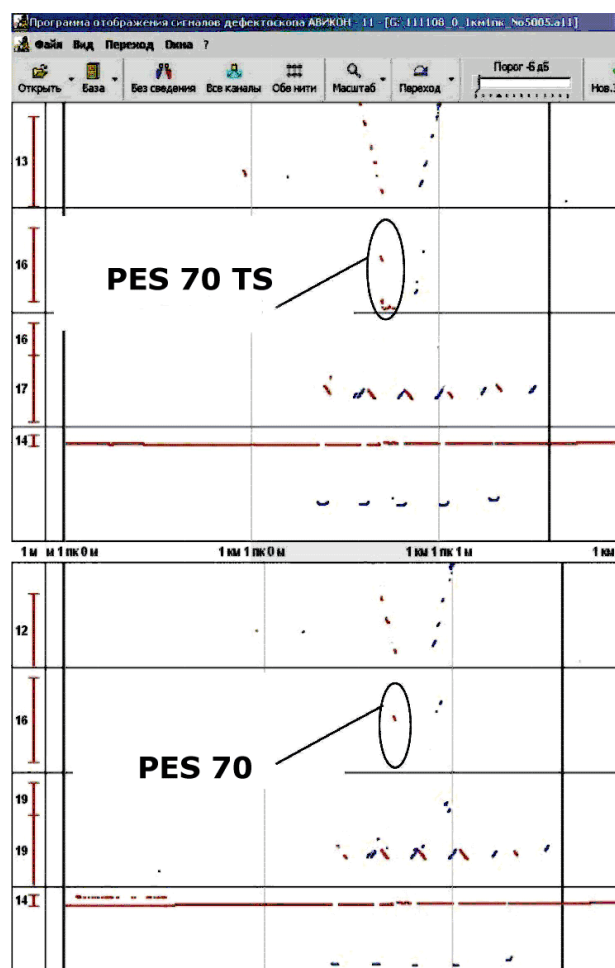


Jako příklad jsou na obr. 8 uvedeny defektogramy svarového spoje obsahujícího p irozený neprovar. Uvedené defektogramy jsou získány koncem září. Ráno, kdy teplota kolejnice a PES činila $+5^{\circ}$, byla vada spolehlivě zjištěna jak tradiční, tak i nově vyvinutou PES (defektogramy na obr. 8.a). Ovšem p i slunečním poasí v poledne, kdy se vzduch ohřival do $+17^{\circ}\text{C}$ a kolejnice a PES do $+27^{\circ}\text{C}$, se u tradiční PES zvtšoval úhel vstupu, což vedlo k vynechání vady. Sonda s optickým hranolem z polyéteru rovněž spolehlivě odhalila vadu (defektogramy na obr. 8.b).

Bhem funkčních zkoušek, p i nichž v jednom kanálu defektoskopu byly instalovány tradiční PES 70 a v druhém PES 70 S, byla potvrzena ještě jedna vlastnost – významně lepší odolnost v i opotěbení. Po použití sond na 200 km kolejové trati, p i m rné opotěbení činilo 1,5 mm u PES s optickými hranoly z plexiskla a 0,2 mm u PES 70 S. Zkoušky ukázaly, že sondy umožní zkontrolovat více než 1300 km trati do opotěbení piezoelementu.



)



b)

Obr. 8. Defektogramy svarového spoje kolejnic: a) ráno, $+5^{\circ}$; b) poledne, $+27^{\circ}\text{C}$



Díky blízkým koeficient m teplotní roztažnosti optického hranolu, piezoelementu a licího izolantu sondy dobře snášejí poklesy teplot a mohou být použity ihned po přechodu z teplé místnosti do mrazivého prostředí.

Závěr

Vyvinuté s termostabilními vlastnostmi PES 70 S zaručeně odhalují vady stanovené metodikou kontroly v rozsahu teplot -40° ... $+50^{\circ}$ a mají následující přednosti ve srovnání s optickými hranoly z plexiskla:

- změna pulzního koeficientu sondy ± 2 dB;
- odchylka úhlu vstupu od nominální hodnoty maximálně $\pm 2^{\circ}$;
- o 10 dB menší hladina reverberačních ech v optickém hranolu PES;
- 5x větší doba provozu z hlediska opotřebení.

Výrobní cena PES 70 S je vyšší než výrobní cena PES o 50 % při souasném zajištění podstatně delší doby použití a garantované spolehlivosti kontroly.

Uvedené faktory dovolují doporučit PES 70 S k použití v nepřehledných a mobilních prostředích souvislé kontroly kolejí v rozsahu teplot okolního prostředí od -40° do $+50^{\circ}$.

