

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



Sonda B2S, ocel → šedá litina

dráha v šedé litině v mm ($c_L = 3500$ m/s)	přepočet $S_{\text{ocel}} = S_{\text{šedá litina}} \times c_{L,\text{šedá litina}} / c_{L,\text{ocel}}$	dráha v oceli v mm ($c_L = 5920$ m/s)
5	$5 \times 3,5 / 5,92 = 2,96$	3
10	$10 \times 3,5 / 5,92 = 5,91$	6
20	$20 \times 3,5 / 5,92 = 11,82$	12
30	$30 \times 3,5 / 5,92 = 17,74$	18
40	$40 \times 3,5 / 5,92 = 23,65$	24
atd.		

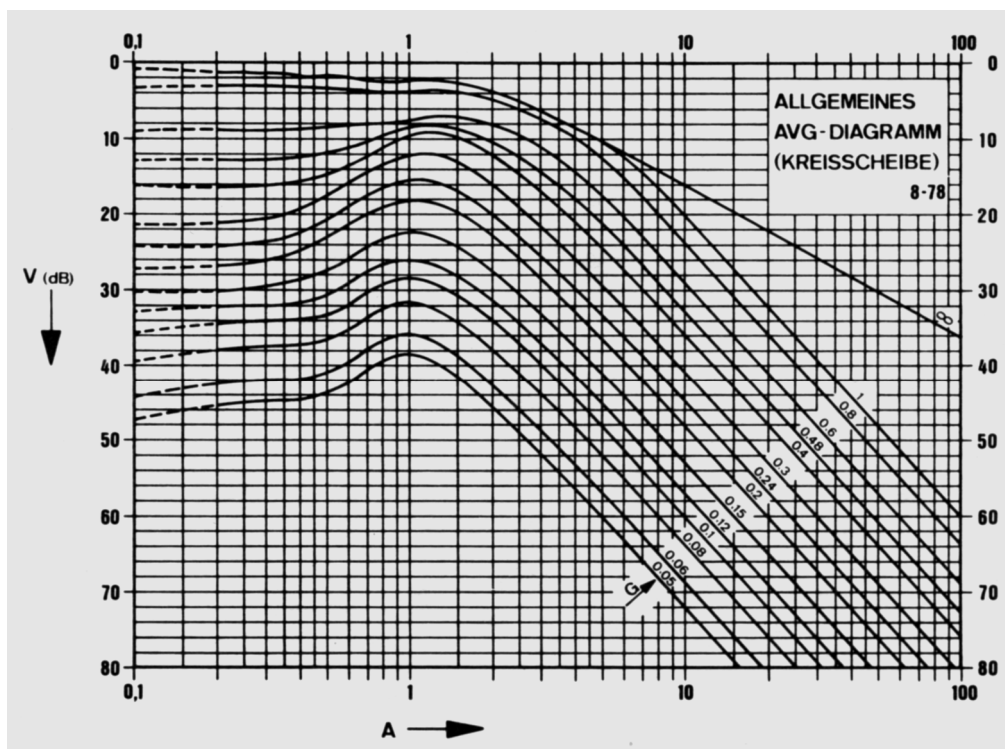
Tab. 6.1

B.6.3. Obecný AVG diagram

Když máme k dispozici AVG diagram pro použitou sondu je s ním práce jednoduchá. Když výrobce nedodává k použité sondě AVG diagram použijeme obecný AVG diagram na obr. 6.5.

Použitelnost obecného AVG diagramu

Obecný AVG diagram je použitelný pouze pro jednoměničové úzkopásmové sondy přímé i úhlové Gamma.



Obr. 6.5

Poměrná dráha A

Starší obecné AVG diagramy měly vodorovnou stupnici poměrné dráhy ultrazvuku podrobně popsanou 0,1 - 0,2 - 0,3 - atd., nové AVG diagramy, obr. 6.5, mají pouze hrubý popis 0,1 - 1 - 10 - 100. U těchto diagramů doporučujeme doplnit popis vodorovné stupnice.

- | | |
|-----------------------|--|
| $A = s / N$ | - pro přímé sondy |
| $A = (s + s_V) / N^*$ | - pro úhlové sondy |
| s | - dráha ultrazvuku, |
| s_V | - skutečná dráha $s_{L, 2730}$ podélných vln v plexiklínu úhlové sondy pro $c_L = 2730$ m/s přepočtená na dráhu s_V příčných vln v oceli $c_T = 3250$ m/s, |
| N | - délka blízkého pole v oceli, |
| $N^* = N + s_V$ | - délka blízkého pole od měniče pro $c_T = 3250$ m/s. |

Příklad

Úhlová sonda MWB70-4, z datového listu odečteme $s_{L, 2730} = 8,5$ mm a pod tabulkou $s_V = 7$ mm. Kontrola výpočtem $s_V = s_{L, 2730} \times c_{L, \text{plexi}} / c_{T, \text{ocel}} = 8,5 \cdot 2730 / 3250 = 7,14$ mm.

Poměrná náhradní velikost vady G

$G = D_{KSR} / D_{ef}$ - poměrná náhradní velikost vady
 D_{KSR} - náhradní velikost vady

přímé a úhlové sondy s kruhovým měničem

D_{ef} - efektivní průměr měniče
 $D_{ef} = 0,97 \cdot D_0$ - pro přímé a úhlové sondy s kruhovým měničem
 D_0 - jmenovitý průměr měniče

úhlové sondy se čtvercovým nebo obdélníkovým měničem

$D_{ef} = \sqrt{(a_{ef} \cdot b_{ef} \cdot 4 / \pi)}$ - pro úhlové sondy se čtvercovým nebo obdélníkovým měničem se musí měnič přepočítat na kruhový měnič stejné plochy podle vztahu
 $\pi \cdot D_{ef}^2 / 4 = a_{ef} \cdot b_{ef}$,
 D_{ef} - ekvivalentní měnič o stejné ploše,
 a_{ef} a b_{ef} - efektivní rozměry čtvercového nebo obdélníkového měniče úhlové sondy.

Příklad

Sonda MWB70-4, z datového listu odečteme $D_0 = 9 \times 8$ mm, $a = 9$ mm, $b = 8$ mm
 $D_{ef} = 8,6 \times 7,7$ mm, $a_{ef} = 8,6$ mm, $b_{ef} = 7,7$ mm.

z rovnosti ploch $\pi \cdot D_{ef}^2 / 4 = a_{ef} \cdot b_{ef}$ vypočítáme
 $D_{ef} = \sqrt{(a_{ef} \cdot b_{ef} \cdot 4 / \pi)} = \sqrt{(8,6 \times 7,7 \times 4 / \pi)} = 9,2$ mm.

Náhradní velikost vady

Příklad pro úhlovou sondu MWB70-4, $D_{ef} = 9,2$ mm

- 1) přepočet náhradní velikosti vady $D_{KSR} = 2$ mm na poměrnou náhradní velikost vady
poměrná náhradní velikost vady $G = 2 / 9,2 = 0,22$
- 2) přepočet poměrné náhradní velikosti vady $G = 0,22$ na náhradní velikost vady
náhradní velikost vady $D_{KSR} = G \cdot D_{ef} = 0,22 \times 9,2 = 2$ mm

B.7. Stanovení náhradní velikosti vady – přímé sondy

B.7.1. Určení náhradní velikosti vady z předsádky

Příklad

Ocelový výkovek $500 \times 500 \times 150$ mm se zkouší sondou B2S z povrchu 500×500 mm pro třídu jakosti 4 podle normy ČSN EN 10228-3 pro ultrazvukové zkoušení výkovků. Třída jakosti 4 podle normy ČSN EN 10228-3 odpovídá registrační úroveň náhradní velikost vady $D_{KSR} = 2$ mm.

Sestrojení AVG křivky $D_{KSR} = 2$ mm na předsádce

Podle norem ČSN EN stačí 3 body pro sestrojení AVG křivky. To platí pouze, když budou všechny tři body ve vzdáleném poli sondy, kde v závislosti na dráze ultrazvuku klesá křivka pro náhradní vadu nepřímo úměrně čtverci dráhy $1/s^2$ a pro koncové echo nepřímo úměrně dráze $1/s$.

Obecně potřebujeme minimálně 1 až 2 body v blízkém poli, 1 bod ve vrcholu AVG křivky a 2 body ve vzdáleném poli. Proto podle rozsahu č.z. a průběhu AVG křivky volíme skok čtení po 2, 4 nebo 6 dB.

- 1) V AVG diagramu na **obr. 7.1** si vyznačíme body, které přeneseme na obrazovku, **obr. 7.2**. Pro nastavený rozsah 175 mm stačí skokem po 6 dB.
- 2) Když křivka AVG klesne na 20 % BSH (20 % rastru obrazovky) přidáme 12 dB a pokračujeme s křivkou na 80 % BSH, protože echa pod 20 % jsou už malá pro hodnocení a také proto, že nám to normy ČSN EN prikazují. Je praktické zapsat si data do tabulky 7.1.

s v mm $s = 17,5 \times T$	T v dílcích $T = s / 17,5$	ΔV v dB	H v % rastru pro 1. křivku	H v % rastru pro 2. křivku + 12 dB
20	1,14	6	40	
45	2,57	0	80	
88	5,03	6	40	
130	7,42	12	20	80
175	10	17	11,3	45,2

Tab. 7.1

3) Po sestrojení křivky přiložíme sondu B2S na výkovek v oblasti bez vad a vrchol 1. KE nastavíme ke křivce, **obr. 7.3**. Odečteme základní zesílení například $G_J = V_J = 8$ dB, které značíme G_J nebo V_J , kde G = Gain, V = Verstärkung, J = Justierung.

4) Z AVG diagramu pro sondu B2S odečteme dB-rozdíl $\Delta V = 34$ dB mezi křivkou náhradní vady $D_{KSR} = 2$ mm a křivkou ∞ v dráze s rovné tloušťce výkovku $t = s = 100$ mm pro 1. KE na výkovku, **obr. 7.1**.

5) Registrační zesílení bude pro 1. křivku $G_R = V_R = V_J + \Delta V = 8 + 34 = 42$ dB,
pro 2. křivku o 12 dB větší $G_R = 42 + 12 = 54$ dB.

Je praktické zapsat si data do tabulky 7.2.

křivka AVG	1.	2.
základní zesílení G_J	8	
přídavné zesílení ΔV	34	
přenosové ztráty ΔV_T	0	
fokusační korekce $\Delta V_{K2/R25}$	0	
registrační zesílení G_R	42	54
T pro 1. KE na výkovku $T = tl. \times 10 / s_B = 100 / 17,5 = 5,71$ dílku		

Tab. 7.2

Určení náhradní velikosti vady

1) Po nastavení registračního zesílení budeme hodnotit všechny vady, jejichž vadové echo dosáhne nebo přesáhne vyhodnocovací křivku $D_{KSR} = 2$ mm, tj. registrační úroveň.

2) Když zjistíme vadu ve výkovku, odečteme dB-rozdíl mezi vrcholem vadového echa a křivkou $D_{KSR} = 2$ mm, **obr. 7.4**. Zmenšíme zesílení až vrchol vadového echa bude ke křivce $D_{KSR} = 2$ mm, ubrali jsme 4 dB a tzn., že $\Delta V = 4$ dB, **obr. 7.5**.

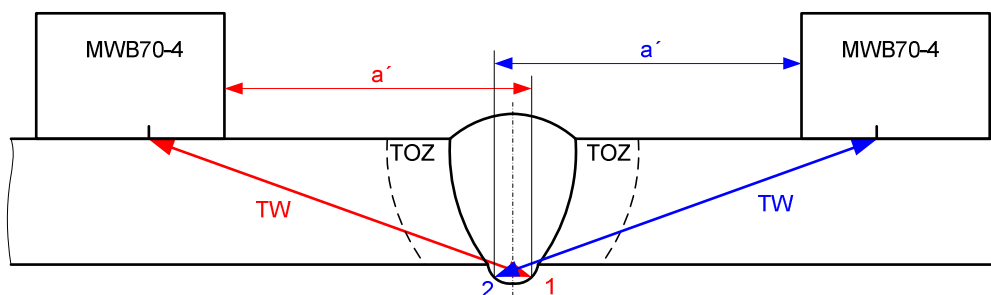
3) Podle $\Delta V = 4$ dB a hloubky vady $h = 3 \times 17,5 = 52,5$ mm odhadneme v AVG diagramu náhradní velikost vady $D_{KSR} = 2,7$ mm, **obr. 7.6**, mezi křivkami náhradních velikostí $D_{KSR} = 2$ a 3 mm.

B.7.2. Určení náhradní velikosti vady z AVG diagramu

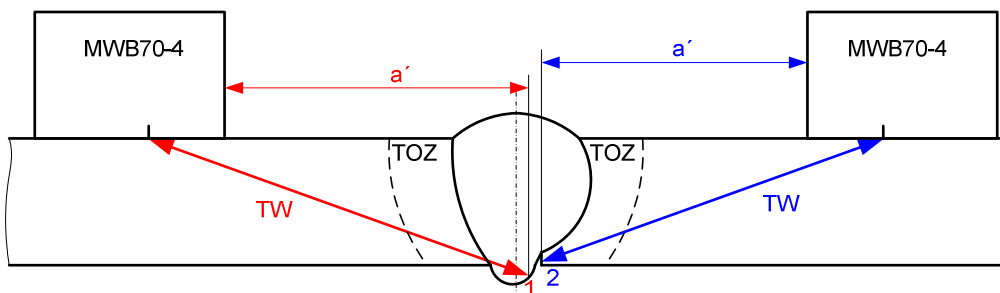
Princip je v tom, že vadové echo a 1. koncové echo (v oblasti bez vad) nastavíme na stejnou výšku 40 % rastru a odečteme dB-rozdíl ΔV . Z ΔV a dvou drah (pro vadu a 1. KE) odečteme z AVG diagramu náhradní velikost vady.

Příklad (stejně zadání jako při práci s předsádkou, kap. B.7.1)

Ocelový výkovek $500 \times 500 \times 100$ mm se zkouší sondou B2S z povrchu 500×500 mm pro třídu jakosti 4 podle normy ČSN EN 10228-3 pro ultrazvukové zkoušení výkovků. Tříde jakosti 4 podle normy ČSN EN 10228-3 odpovídá registrační úroveň náhradní velikost vady $D_{KSR} = 2$ mm.



Obr. 10.7



Obr. 10.8

Pouze AD-2000 Merkblatt HP 5/3 se zabývá i tímto hlavním problémem při zkoušení svarů. Uvažuje chybu ± 1 mm vyznačení příslušného bodu odpovídajícího a' na svaru zleva a chybu ± 1 mm vyznačení příslušného bodu odpovídajícího a' na svaru zprava. Proto vadu definuje do přesahu 2 mm zkrácených průmětových vzdáleností. A tvarová echa, tzn. odraz od kořenové housenky od přesahu 3 mm výše.

C.10.3. Tvarová echa při zkoušení kulatiny

V tomto případě se rozlišuje zkoušení kolmým prozvučováním z čelního nebo válcového povrchu kulatiny.

C.10.3.1. Zkoušení kulatiny z válcového povrchu

Na obr. 10.9 jsou tři tvarová echa.

První echo je 1. koncové echo pro podélnou vlnu v dráze ultrazvuku rovné průměru kulatiny $D = 100$ mm.

Druhé echo, tvarové echo, odpovídá rovnostrannému trojúhelníku s vrcholovými úhly 60° (obr. 10.10) a je pro podélnou vlnu v dráze $1,3 \times D = 130$ mm.

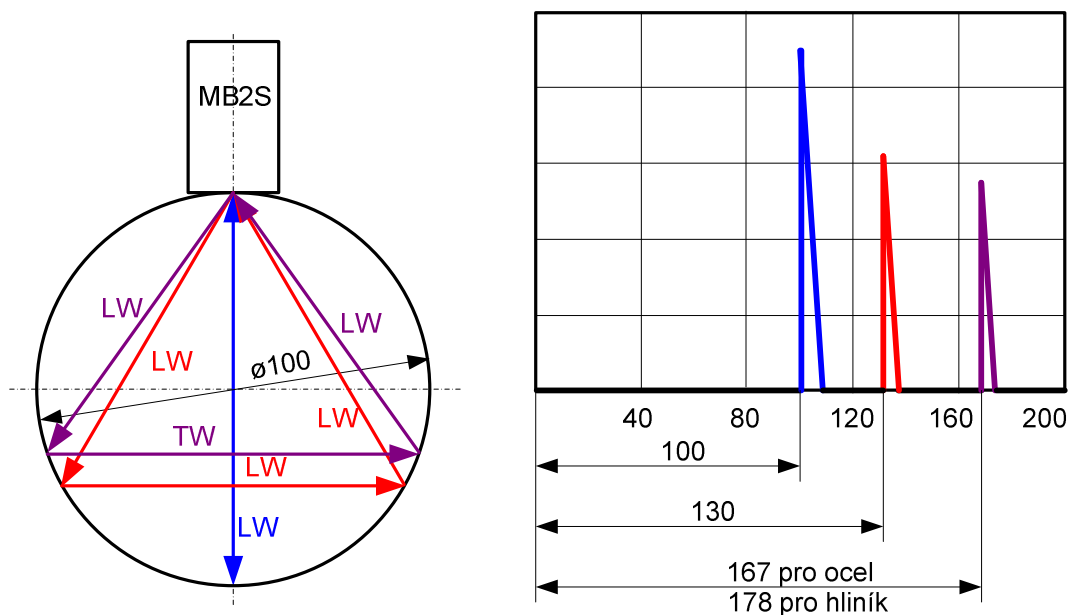
Prozvučovaný materiál ocel

Třetí echo, tvarové echo, odpovídá rovnostrannému trojúhelníku. Podélná vlna se šíří ocelí pod úhlem lomu $35,6^\circ$, po dopadu na válcovou plochu kulatiny se transformuje na příčnou vlnu, která se šíří pod úhlem lomu $18,8^\circ$, po dopadu na protilehlý povrch se transformuje zpět na podélnou, která se šíří pod úhlem lomu $35,6^\circ$, obr. 10.11. Při kalibraci časové základny pro podélné vlny v oceli se zobrazí v dráze $1,67 \times D = 167$ mm.

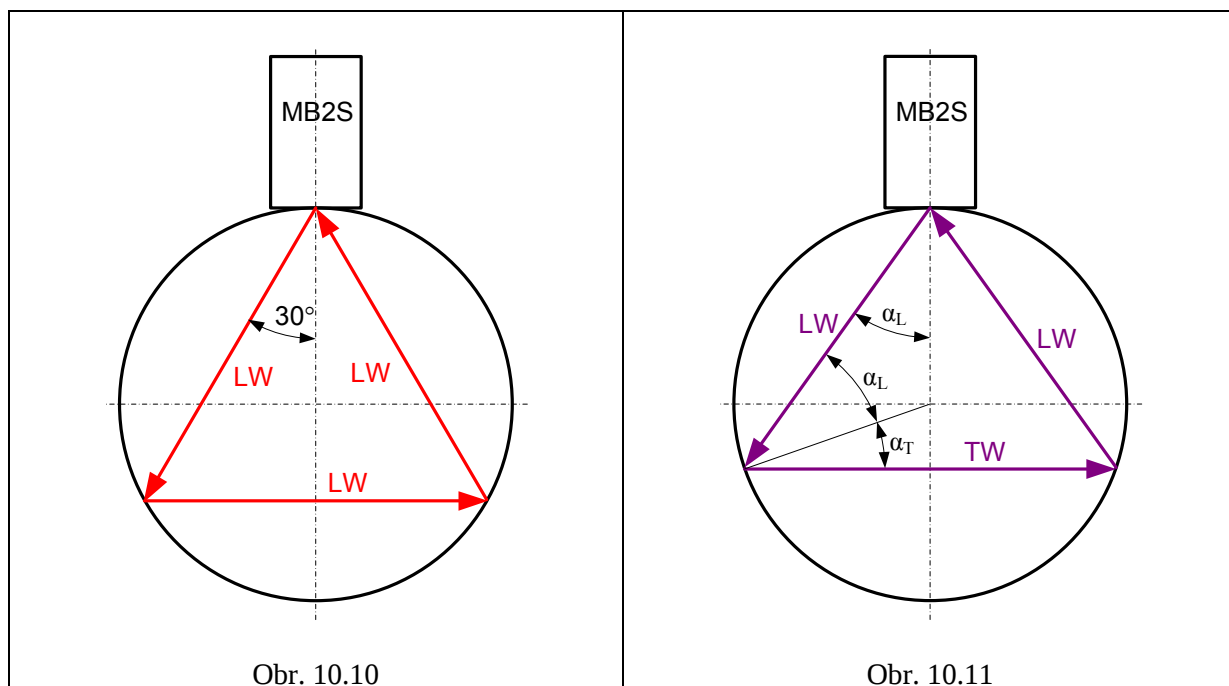
Prozvučovaný materiál hliník

Třetí echo = tvarové echo odpovídá rovnostrannému trojúhelníku. Podélná vlna se šíří hliníkem pod úhlem lomu $36,5^\circ$, po dopadu na válcovou plochu kulatiny se transformuje na příčnou vlnu, která se šíří pod úhlem lomu $17,0^\circ$, po dopadu na protilehlý povrch se transformuje zpět na podélnou, která se

šíří pod úhlem lomu $36,5^\circ$, obr. 10.11. Při kalibraci časové základny pro podélné vlny v hliníku se zobrazí v dráze $1,78 \times D = 178 \text{ mm}$.



Obr. 10.9



Obr. 10.10

Obr. 10.11

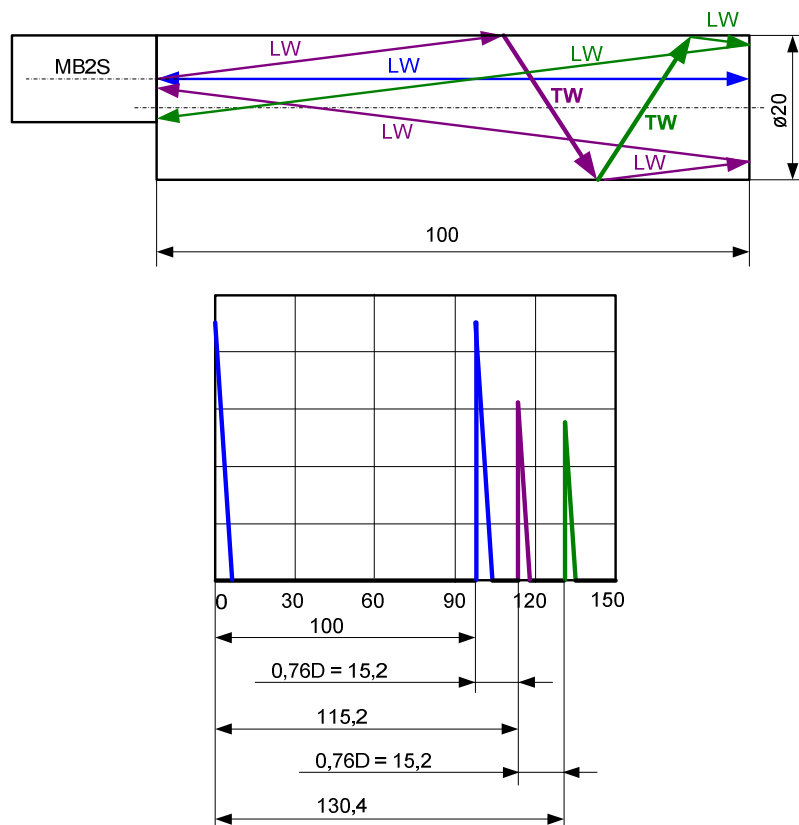
C.10.3.2. Zkoušení kulatiny z čelního povrchu

Při zkoušení tyčoviny z čelního povrchu nebo tenkých ocelových plechů z bočního povrchu (typický jev při kalibraci časové základny na dráze 100 mm kontrolní měřky K1 (č. 1) pro kolmé prozvučování) jsou za koncovým echem další tvarová echa. Vzdálenost mezi těmito echy je $0,76 D$, kde D je průměr tyče nebo tloušťka plechu, obr. 10.12.

První echo je 1. koncové echo v dráze ultrazvuku 100 mm rovné délce tyče nebo plechu.

Druhé echo je tvarové echo v dráze o $0,76 \times D$ větší, tj. $100 + 0,76 \times 20 = 115,2 \text{ mm}$, obr. 10.13.

Třetí echo je tvarové echo v dráze o $2 \times 0,76 \times D$ větší, tj. $100 + 2 \times 0,76 \times 20 = 130,4$ mm, obr. 10.14. Kolik bude tvarových ech za 1. koncovým echem závisí na délce tyče nebo plechu.



Obr. 10.12

Výklad na obr. 10.13 a obr. 10.14

Pro úhel lomu $\alpha_T = 33^\circ$ transformované příčné vlny a osový paprsek podélné vlny dopadající na boční povrch se vypočítá úhel dopadu podélné vlny na boční povrch $\alpha_L = 83^\circ$ ze vztahu

$$\sin \alpha_L / \sin \alpha_T = 5920 / 3250.$$

Vzhledem k rozevření svazku nastává transformace podélné vlny na příčnou vlnu již od úhlu dopadu podélné vlny na boční povrch $\alpha_L > 70^\circ$.

C.10.4. Tvarová echa při zkoušení různých výrobků

C.10.4.1. Průchodky, redukce

Při zkoušení výrobků, které obsahují vnitřní válcové otvory, například různé průchodky nebo redukce, vznikají tvarová echa vlivem odrazu ultrazvuku od bočních stěn.

Tvarová echa

Na obr. 10.15 je příklad tvarových echo od podélné vlny (1) a transformované příčné vlny (2).

V případě šíření LW-LW je úhel dopadu podélné vlny na válcový povrch 45° . Odraz od bočního povrchu 1 se indikuje jako zdánlivá vada v pozici 1'.

V případě šíření LW-TW je úhel dopadu podélné vlny na válcový povrch 61° . Odraz od bočního povrchu 2 se indikuje jako zdánlivá vada v pozici 2'.

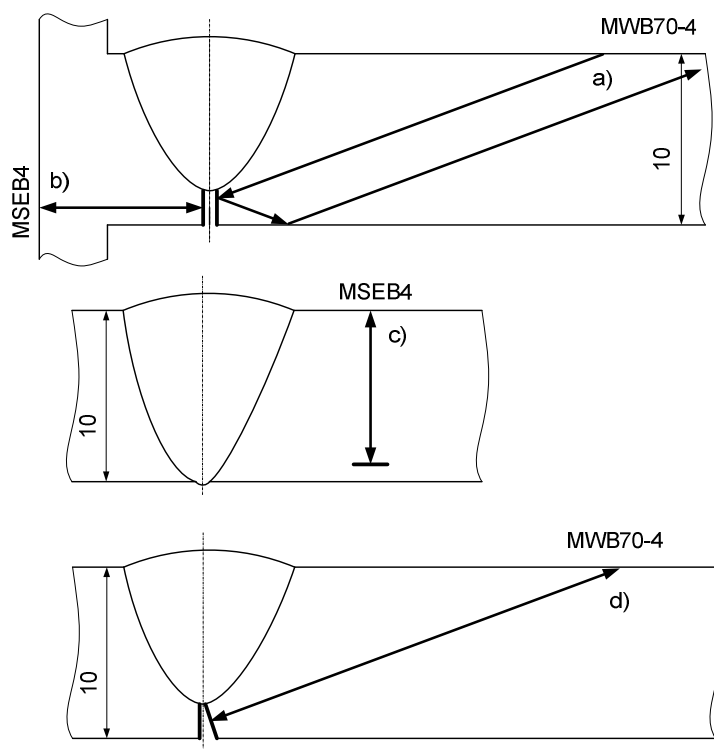
Jednoznačné rozlišení mezi skutečnou odrazovou plochou (1, 2) a zdánlivou vadou (1', 2') se provede zkouškou podle obr. 10.16. V těchto pozicích přímé sondy nebo dvojité sondy se nezobrazí žádné vadové echo.

D. TESTY

TEST UT 1/A Všeobecná část

1. Když budeme dodávat energii spotřebovanou odporem prostředí dostaneme kmitání
A) tlumené.
B) netlumené.
C) pouze tlumené.
D) impuls.
2. Zvukové vlny, jejichž frekvence je nad hranici slyšitelnosti lidského ucha se nazývají ultrazvukové vlny. Tento pojem zahrnuje vlny, jejichž frekvence je větší než
A) 20 kHz.
B) 1 MHz.
C) 2 kHz.
D) 200 kHz.
3. Jiný název pro Rayleighovu vlnu je
A) příčná vlna.
B) longitudinální vlna.
C) transversální vlna.
D) povrchová vlna.
4. Za dobu jednoho kmitu urazí podélná vlna o frekvenci 1 MHz v materiálu rychlostí 6 km/s dráhu:
A) 6 mm.
B) 6 cm.
C) 60 cm.
D) 6 m.
5. Ultrazvukové příčné vlny se šíří v prostředí:
A) pevném.
B) kapalném.
C) plynném.
D) platí A, B, i C.
6. Ultrazvukové příčné vlny se šíří v materiálu rychlostí c_T přibližně:
A) $c_T = 0,9 \cdot c_L$.
B) $c_T = 0,5 \cdot c_L$.
C) $c_T = c_L$.
D) $c_T = 1,1 \cdot c_L$.
7. Ultrazvuková vlna má určitou vlnovou délku, ze které lze vypočítat nejmenší zjistitelnou
A) velikost trhliny
B) velikost libovolné umělé vady typu
C) velikost náhradní vady
D) velikost bubliny a struskového vměstku ve svaru
8. Na kterém obrázku je kolmé vysílání a kolmý odraz od vady:
A) obr.1a.
B) obr.1b.
C) obr.1c.
D) obr.1b a obr.1c.
9. Na kterém obrázku je šikmé vysílání a zrcadlový odraz od vady:
A) obr.1a a obr.1d.

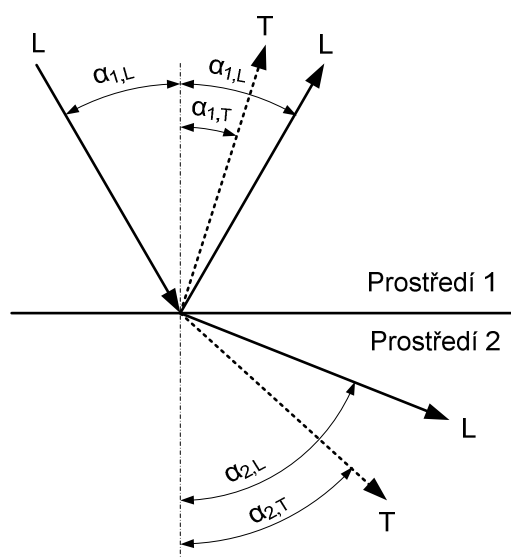
- B) obr.1b.
C) obr.1c.
D) obr.1d.



Obr.1

10. Na obr. 2 je úhel transformované příčné vlny do prostředí 2 označen

- A) $\alpha_{1,L}$
B) α_{2T}
C) α_{1T}
D) α_{2L}



Obr. 2

11. Po dopadu ultrazvukové vlny na rozhraní dvou prostředí může nastat odraz, lom a transformace vln. Příslušné úhly vypočítáme podle Snellova zákona:

- A) pouze pro příčné vlny,
- B) pouze pro lomené vlny,
- C) pouze pro transformované vlny,
- D) pro kterékoliv dvě vlny.

12. Úhlová sonda MWB45-4 není vhodná pro zjišťování vnitřních trhlin kolmých k povrchu, které nesouvisí s povrchem, protože:

- A) po odrazu od trhliny nastává transformace příčné vlny na podélnou, která se nešíří směrem k sondě, vada nebude zjištěna,
- B) po odrazu od trhliny nastává transformace příčné vlny na povrchovou, která se v materiálu utlumí, vada nebude zjištěna,
- C) úhlová sonda MWB45-4 je vhodná pouze pro zjišťování objemových vad v materiálu,
- D) na trhlíně nastává zrcadlový odraz a odražená příčná vlna se nešíří zpět k sondě, vada nebude zjištěna.

13. Tloušťka piezoelektrického měniče sondy je rovna

- A) λ v měniči,
- B) $\lambda / 2$ v měniči,
- C) 2λ ve zkoušeném materiálu,
- D) $\lambda / 2$ ve zkoušeném materiálu.

14. Kterým elektrickým obvodem se mění výška vadového echa na obrazovce?

- A) změnou výkonu vysílače,
- B) zesilovačem přijímače,
- C) časovou základnou,
- D) platí A i B.

15. Čím lze ovlivnit délku ultrazvukového impulsu vysílaného do zkoušeného materiálu? Změnou

- A) tlumení a jmenovité frekvence sondy,
- B) průměru měniče,
- C) tloušťky zkoušeného materiálu,
- D) vazebního prostředku.

16. Který z následujících druhů vln má v oceli nejvyšší rychlost šíření?

- A) podélné vlny,
- B) příčné vlny,
- C) povrchové vlny,
- D) všechny uvedené tři druhy vln mají stejnou rychlost.

17. Jak se nazývá úhel dopadu podélné vlny, při kterém úhel lomu podélné vlny dosáhne 90° ?

- A) úhel šíření,
- B) první kritický úhel,
- C) úhel největšího odrazu,
- D) druhý kritický úhel.

18. Rychlost šíření ultrazvuku v materiálu závisí na

- A) elastických vlastnostech materiálu,
- B) hustotě materiálu,
- C) útlumu ultrazvuku v materiálu,
- D) A a B jsou správně.

19. Která z níže uvedených sond, definovaných jmenovitou frekvencí, má při stejném tlumení nejlepší rozlišovací schopnost?

- A) 1 MHz,
- B) 2 MHz,
- C) 4 MHz,
- D) 10 MHz.

20. Jak závisí úhel rozevření hlavního svazku na rychlosti šíření ultrazvuku v materiálu:

- A) přímo úměrně,
- B) nepřímo úměrně,
- C) nezávisí na rychlosti šíření ultrazvuku v materiálu, závisí přímo úměrně na útlumu,
- D) nezávisí na rychlosti šíření ultrazvuku v materiálu, závisí nepřímo úměrně na útlumu.

21. Když zkoušíme ocel přímou sondou o frekvenci 2 MHz a průměru měniče 10 mm, vypočítáme ze vztahu $\sin \varphi_{-50\%} = 0,5 \lambda / D_{ef}$ poloviční úhel rozevření svazku. Jaký bude tento úhel, když tuto sondu nahradíme přímou sondou o frekvenci 4 MHz a průměru měniče 5 mm:

- A) menší,
- B) stejný,
- C) větší,
- D) čtyřnásobný.

22. Jak závisí chyba oběhu u dvojitých sond na střechovém úhlu:

- A) přímo úměrně, tzn. čím je větší střechový úhel, tím je větší chyba oběhu,
- B) nepřímo úměrně, tzn. čím je větší střechový úhel, tím je menší chyba oběhu,
- C) nezávisí na střechovém úhlu, ale závisí na útlumu ultrazvuku v materiálu,
- D) se změnou střechového úhlu se nemění.

23. Rozměr X (vzdálenost bodu výstupu od čela sondy) u úhlové sondy se normálně určuje

- A) na vývrtu R25 v měrce K1,
- B) na vývrtu R0,75 mm v měrce K1,
- C) na kvadrantu R100 mm měrky K1,
- D) na hraně položené měrky K1.

24. Na měrce K1 použité k nastavení rozsahu časové základny pro přímou sondu jsou k dispozici tyto kalibrační dráhy

- A) 100 mm,
- B) 25 mm,
- C) 50 mm, je-li měrka s vloženým plexisklem R25 mm,
- D) platí A, B i C,

25. Na obr. 3 je vada zjištěna

- A) přímým svazkem,
- B) 1× odraženým svazkem,
- C) 2× odraženým svazkem,
- D) stav na obrázku je nereálný pro použitou úhlovou sondu.

26. Ultrazvuková vlna má frekvenci, která je ve srovnání se slyšitelným zvukem

- A) větší,
- B) menší,
- C) stejná,
- D) poloviční.

27. Jaká je délka blízkého pole pro sondu MB2S? $D_o = 10$ mm, $f = 2$ MHz, materiál ocel

$c_L = 5920$ m/s

- A) 15,9 mm,
- B) 8,0 mm,
- C) 0,8 mm.
- D) 32,0 mm

D. SEZNAM VZORCŮ**Symbolika**

A	maximální výchylka (amplituda)
a,b	rozměry obdélníkového měniče sondy
a_{ef}, b_{ef}	efektivní rozměry obdélníkového měniče sondy
a	průmětová vzdálenost od bodu výstupu
a'	zkrácená průmětová vzdálenost od čela sondy
a_p	délka kroku
a_A	konstanta absorpce
a_R	konstanta rozptylu
a_{RR}	konstanta Rayleighho rozptylu
a_{RS}	konstanta stochastického rozptylu
a_{RD}	konstanta difúzního rozptylu
c_L	rychlost šíření podélných (longitudinálních) ultrazvukových vln
c_T	rychlost šíření příčných (transversálních) ultrazvukových vln
c_R	rychlost šíření povrchových (Rayleighho) ultrazvukových vln
D_o	jmenovitý průměr měniče
D_{ef}	efektivní průměr měniče
D_{KSR}	náhradní velikost vady = průměr náhradní vady (Typ AVG)
D_Q	průměr bočního vývrtu (typ ASME)
d	šířka spáry (trhliny, studeného spoje), průměr tyče
d_m	tloušťka měniče
d_{ST}	střední rozměr zrna
D	koeficient průchodu
D_B	šířka svazku
E	modul pružnosti v tahu
f, f_N	jmenovitá frekvence
G	modul pružnosti ve smyku
h	hloubka vady
I	intenzita akustického tlaku
L, LW	podélná (longitudinální) vlna
L	délka trhliny do materiálu
N	délka blízkého pole
P	dopadající akustický tlak
P_D	odražený akustický tlak
P_R	prošlý akustický tlak
R	koeficient odrazu
R	poloměr
RW	Rayleighho povrchová vlna
s	dráha ultrazvuku
s_B	rozsah časové základny
$s_{L,PLEXI}$	skutečná dráha ultrazvuku v plexiklínu úhlové sondy pro $c_{L,PLEXI} = 2730 \text{ m/s}$ podélné vlny v plexiskle
$s_{T,OCEL}$	dráha ultrazvuku v plexiklínu úhlové sondy přepočítaná pro rychlost $c_{T,OCEL} = 3250 \text{ m/s}$ příčné vlny v oceli
s_V	dráha ultrazvuku v plexiklínu úhlové sondy přepočítaná pro rychlost $c_{T,OCEL} = 3250 \text{ m/s}$ příčné vlny v oceli
s_p	dráha kroku
t	čas
t	tloušťka
T	doba kmitu
T, TW	příčná (transverzální) vlna
v	výška vady

X	index sondy, vzdálenost bodu výstupu od čela sondy
Z	akustický vlnový odpor, akustická impedance
α	úhel dopadu
α_{1K}	1. kritický úhel
α_{2K}	2. kritický úhel
α_{3K}	3. kritický úhel
β	úhel lomu
λ	vlnová délka
κ	útlum
κ_A	útlum absorpcí
κ_R	útlum rozptylem
μ	Poissonovo číslo
σ	měrná hmotnost
$\varphi_{6\text{ dB}}$	poloviční úhel rozevření svazku pro pokles echa o 6 dB
φ	úhel mezi odrazovou plochou a osou svazku

ZÁKLADY ULTRAZVUKU

1) Kmitání a vlnění

Základní pojmy

Doba kmitu T	$T [s] = 1 / f [Hz]$	$T [\mu s] = 1 / f [MHz]$.
Vlnová délka	$\lambda [mm] = c [mm/s] \cdot T [s] = c [km/s] \cdot T [\mu s]$	$\lambda [mm] = c [km/s] / f [MHz]$.

Materiál	ρ [kg/dm ³]	c_L [km/s]	c_T [km/s]	Z [kg/(mm ² .s)]	G [MPa]	E [MPa]
ocel	7,7	5,9 ¹⁾	3,23 ¹⁾	45	82916	213320
hliník	2,7	6,32	3,13	17		
plexisklo	1,18	2,73	1,43	3,2		
voda	1,0	1,483 ⁴⁾	-	1,5		
motorový olej SAE 20 a 30	0,87	1,74	-	1,5		
BaTiO ₃	5,3	5,2		27,6		
křemen	2,65	5,74		15,2		

Tab. 1

Poznámky k tab. 1:

1) Rychlosti v kontrolních měrkách K1 a K2 $c_L = 5920 \pm 30$ m/s, $c_T = 3255 \pm 15$ m/s.

2) $Z = \rho \cdot c$, pro ρ [kg/dm³], c_L [km/s], c_T [km/s]

3) $G = \rho \cdot c_T^2$ [Pa]

$E = 4 \cdot \rho (0,75 c_L^2 - c_T^2) / ((c_L^2 / c_T^2) - 1)$ [Pa]

$\mu = (0,5 \cdot c_L^2 - c_T^2) / (c_L^2 - c_T^2)$,

pro ρ [kg/m³], c_L [m/s], c_T [m/s]

4) při teplotě vody 20 °C.

Převody jednotek	$1 \cdot 10^6$ Pa = 1000000 Pa = 1 MPa
	$1 \cdot 10^3$ Pa = 1000 Pa = 1 kPa
	$1 \text{ Pa} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ kg/cm}^2 = 0,00001 \text{ kg/cm}^2 = 0,1 \text{ kg/m}^2$
	$1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$

Povrchové vlny	$c_R = (0,92 \text{ až } 0,94) \cdot c_T$	pro ocel 0,92 pro hliník 0,93
-----------------------	---	----------------------------------

