

NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA

SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005

NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127

Ing. Pavel Gabriška , SS NDT, Račianska ul. č. 71, 832 59 Bratislava 3 , SR

Úvod

Od roku 1995 je v sústave slovenských technických noriem **STN 01 5021 – Nedeštruktívne skúšanie - Meranie hrúbky materiálov ultrazvukom**. Táto národná norma je doposiaľ platnou základnou metodickou normou pre oblasť merania hrúbok ultrazvukom, kontaktným spôsobom. Norma sa týka merania hrúbok ultrazvukovými hrúbkomermi a ultrazvukovými prístrojmi so zobrazením typu A, jednomeničovými kolmými sondami jednoduchými alebo s predsádkou z plexiskla a dvojmeničovými kolmými sondami. Platí pre meranie hrúbky materiálu a/alebo pre meranie zmien hrúbok materiálu spôsobených koróziou alebo eróziou. Definuje základné technické požiadavky, podmienky a požiadavky týkajúce sa ultrazvukových prístrojov a sond, Definuje tiež podmienky pre nastavovanie (kalibráciu) ultrazvukových prístrojov a definuje aj metodiku merania hrúbky.

V roku 2003 bol Technickou komisiou CEN/TC 138 pripravený **návrh európskej normy – Nedeštruktívne skúšanie – Meranie hrúbky ultrazvukom – EN 14127**.

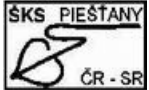
Návrh bol pripravený pod mandátom Európskej komisie.

Keďže Slovensko je od októbra 2002 členom CEN, je v zmysle vnútorných predpisov CEN povinné prebrať všetky schválené európske normy do sústavy STN a zároveň rušiť tie národné normy, ktoré sú s EN konfliktné – a to spravidla v časovom horizonte 6 mesiacov od prijatia resp. schválenia príslušnej normy na úrovni CEN.

Nová norma na meranie hrúbky ultrazvukom

Z dôvodov uvedených v úvode, s nie dlhým časovým odstupom od definitívneho prijatia normy na úrovni CEN bola EN 14127 prevzatá do sústavy STN - a to oznámením vo Vestníku ÚNMS SR č. 12/2004 (bez vydania titulnej strany STN tlačou). Táto norma by mala nahradiť doposiaľ platnú národnú normu – STN 01 5021, ktorá by - ako konfliktná národná norma - mala byť nadväzne na Vnútorné pravidlá CEN zrušená. Preto poukážem aspoň na princípy tejto novej normy na meranie hrúbky ultrazvukom – STN EN 14127.

Spôsoby merania hrúbky ultrazvukom.

 © 2005	* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127	POČET LISTOV : [10]
	* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *	LIST Č. : [1]

Hrúbka dielcov alebo konštrukcií je determinovaná presným meraním času prechodu krátkych ultrazvukových impulzov, generovaných vysielačom, prechádzajúcich jedenkrát, dvakrát alebo viackrát cez meranú hrúbku.

Hrúbka materiálu je potom stanovovaná násobením známej rýchlosti šírenia ultrazvuku v materiáli časom prechodu a delením počtom prechodov impulzu cez meranú stenu materiálu.

Princíp merania hrúbky ultrazvukom môže byť realizovaný jedným zo štyroch v norme definovaných spôsobov merania prechodového času. Tri spôsoby sú na báze odrazovej metódy a jeden na báze prechodovej metódy. **Spôsoby (módy) merania času prechodu impulzov, použiteľné pre meranie hrúbky ultrazvukom sú znázornené na obrázku 1.**

Spôsob 1 Meranie času prechodu od počiatku vybudenia impulzu po prvé vrátené echo (prvý odraz cez meranú hrúbku), s odpočítaním korekcie na počiatok (na nulu), týkajúcej sa hrúbky pokrytia meniča (ochrany a pod.) a hrúbky vrstvy akustickej väzby (jednoechový spôsob).

Spôsob 2 Meranie času prechodu od konca preddráhy po prvé echo od konca materiálu, teda po prvý odraz cez meranú hrúbku (jednoechový spôsob s preddráhou v predsádke).

Spôsob 3 Meranie času prechodu medzi echami od konca materiálu, teda medzi odrazmi cez meranú hrúbku (spôsob s viacnásobnými echami).

Spôsob 4 Meranie času prechodu impulzu z vysielača do prijímača, ktorý je na zadnej stene (prechodový spôsob).

Všeobecné požiadavky

Kategorizované sú typy použiteľných prístrojov a sond.

Na vykonávanie meraní môžu byť používané prístroje:

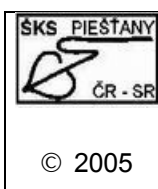
- ultrazvukový hrúbkometer s číslivým zobrazením meraných hodnôt,
- ultrazvukový hrúbkometer s číslivým zobrazením meraných hodnôt a A-zobrazením,
- prístroj určený prednostne ako detektor chýb, s A-zobrazením signálov, ktorý môže mať aj display na číslivé zobrazenie hodnôt hrúbky.

Používané môžu byť vo všeobecnosti sondy pozdĺžnych vln:

- dvojmeničové,
- jednomeničové (bez predsádky, alebo s predsádkou resp. s preddráhou).

Stanovené sú požiadavky na väzobné médium, referenčné bloky, skúšaný objekt i kvalifikáciu skúšobného personálu

Väzobné médium nesmie predstavovať zdravotné riziko pre personál a nesmie poškodzovať skúšaný povrch.



* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA *
SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK

ING. PAVEL GABRIŠKA

**NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY
ULTRAZVUKOM - EN 14127**

* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *

POČET LISTOV :
[10]

LIST Č. :
[2]

Referenčné bloky majú byť reprezentatívne vo vzťahu k meranému objektu – mali by mať porovnateľné rozmery, materiál a štruktúru. Musí byť známa ich hrúbka alebo rýchlosť zvuku v nich.

Skúšaný objekt musí umožňovať šírenie ultrazvukových vln, musí mať voľne prístupné všetky oblasti, kde má byť vykonané meranie, na skúšanom povrchu nesmie byť žiadna látka ktorá by mohla mať nepriaznivé vplyvy pri meraní a na meranie.

Personál okrem základných vedomostí z oblasti fyziky ultrazvuku a vedomostí a praktickej prípravy z merania hrúbky ultrazvukom musí mať vedomosti aj o výrobku a materiáli, ktorého hrúbku meria.

Aplikácia techniky merania a nastavovanie - kalibrácia - prístrojov

Z hľadiska aplikácie techniky skúšania alebo merania definuje požiadavky na prípravu a úpravu povrchu, na techniku skúšania, na výber prístrojov a sond, na nastavovanie prístrojov s ohľadom na vlastnosti referenčných blokov (ich rozmery, materiál, kvalita povrchu) a s ohľadom na rôzne špecifiká podmienok skúšania (teplota, prostredie). Definuje tiež systémové požiadavky na overovanie nastavenia meracieho systému pomocou referenčných blokov.


Z hľadiska účelu možno meranie hrúbok ultrazvukom rozdeliť do dvoch aplikačných oblastí:

- meranie počas výroby,
- prevádzkové merania zostatkovej hrúbky steny.

Každá z oblastí má špecifické podmienky, ktoré si vyžadujú špecifické techniky merania.

Pri zohľadnení znalostí o meranom materiáli, geometrii, hrúbke a požadovanej presnosti musí byť vybrané najvhodnejšie meracie zariadenie a spôsob merania. Určité odporúčania uvádza norma v prílohe D:

- v závislosti od hrúbky a materiálu majú byť používané frekvencie ultrazvuku od 100 kHz pre prechod materiálmi s veľkým útlmom až po 50 MHz pre tenké kovové listy;
- ak sa použijú dvojmeničové sondy, je potrebná kompenzácia chýb daných „šikmou“ dráhou (V- dráhou) – pozri tiež obrázok 6 ;
- pri meraní na objektoch so zakriveným povrchom musí byť priemer kontaktnej plochy sondy signifikantne menší než priemer skúšaného objektu;
- presnosť merania závisí od toho, ako presne je meraný čas prechodu impulzov, čo závisí od viacerých ďalších okolností – od spôsobu merania času (hrana-hrana, vrchol-vrchol), od spôsobu skúšania (viacnásobné echá, prvé echo, ...), od frekvencie ktorá má byť použitá (pri vyššej frekvencii sa dosahuje vyššia presnosť než pri nižšej, pretože sa presnejšie meria čas);
- meranie hrúbky ultrazvukom býva obvykle požadované na nejakej ploche meraných objektov alebo dielcov; v takých prípadoch má byť braný ohľad na rozsah všetkých meraní. Rozsah ako taký má byť na rovnakých objektoch rovnaký a odporúča sa použiť

 © 2005	* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIESŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127	POČET LISTOV : [10]
	* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIESŤANY *	LIST Č. : [3]

sieť (raster). Pri voľbe veľkosti siete treba brať do úvahy požiadavky na vyváženosť resp. závislosť medzi dôveryhodnosťou výsledkov a náročnosťou resp. objemom práce.

Ultrazvukové meranie hrúbky je robené prostredníctvom merania času prechodu, pričom výpočet hrúbky je založený na konštantnej rýchlosti zvuku. Ak rýchlosť v rámci dráhy, po ktorej sa zvukový impulz šíri, nie je konštantná, môže to ovplyvniť presnosť merania.

V závislosti od požiadaviek a účelu merania hrúbky sú v norme odporúčané štyri typy vývojových diagramov, ktorých aplikáciou sa môže dosiahnuť výber správnej techniky merania - dva sú pre merania hrúbky vo výrobe, dva pre prevádzkové merania zostatkovej hrúbky.

V norme sú taxatívne špecifikované požiadavky, týkajúce sa nastavovania (kalibrácie) prístrojov pre účely merania hrúbky - tak hrúbkometerov ako aj defektoskopov s A-zobrazením.

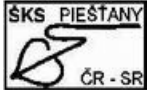
Vplyvy na presnosť merania hrúbky

Z hľadiska presnosti meraní norma špecifikuje rôzne veličiny a vlastnosti skúšaných objektov i skúšobných systémov, ktoré môžu mať na ňu vplyv. Opisuje spôsoby hodnotenia presnosti. Špecifikuje vplyv čistoty a drsnosti povrchu, jeho profilu, teploty povrchu, kovových aj nekovových povlakov, geometrie povrchu – paralelnosť, zakrivenie. Norma opisuje tiež vplyv materiálu skúšaného objektu i vplyv meracích zariadení. Sprievodným znakom lokálnych i objemových variácií zloženia materiálu po jeho hrúbke môžu byť odlišnosti rýchlosti šírenia zvuku voči referenčným blokom a z nich následne aj chyby merania hrúbky. Na presnosť meraní môže mať vplyv aj dosiahnuteľná rozlíšiteľnosť pri meraní a pri odčítaní nameraných hodnôt, rozsah hrúbok (merateľný rozsah – závisí aj od frekvencie použitých sond). Na obrázku 6 je napríklad poukazané na možné problémy, súvisiace s nelinearitou závislosti odčítanej hrúbky a aktuálnej hrúbky pri dvojitých sondách.

Vplyv skúšaného materiálu

Norma opisuje tiež vplyv materiálu skúšaného objektu na výber techniky, ktorá môže byť aplikovaná na meranie hrúbky. Vplyv môže mať zloženie materiálu, vrátane legúr a nečistôt. Výrobný proces môže mať vplyv aj na veľkosť a orientáciu zrn štruktúry. Možnosť výskytu nehomogenít aj takéhoto typu môže mať vplyv na variácie rýchlosti ultrazvuku a jeho útlmu v materiáli, ktorých dôsledkom môžu byť chyby merania – v extrémnych prípadoch môže dôjsť aj k strate čitateľnosti údajov prístroja. V niektorých materiáloch sa môže prejavovať výrazná anizotropia – jej dôsledkom môže byť nie rovnaká rýchlosť šírenia zvuku v rôznych rovinách (kryštalografických), pričom sa v takýchto štruktúrach môžu prejavovať aj variácie pokiaľ ide o smer šírenia sa ultrazvukového zväzku (zakrivenie dráhy a pod.). Tým tiež môžu byť podmienené chyby meraní. Pokiaľ ide o valcované alebo tvárnené kovové materiály, tak príkladom výskytu takýchto problémov bývajú austenitické ocele, meď a jej zliatiny i olovo. Súvislosť času prechodu ultrazvuku, teda rýchlosti šírenia v danom materiáli (resp. meranom mieste) a nameranej hrúbky je vidieť aj z obrázku 5.

Z hľadiska stavu povrchu je významným nielen kontaktný (kde sa prikladajú sondy), ale aj odrážajúci povrch.

 © 2005	* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127	POČET LISTOV : [10]
	* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *	LIST Č. : [4]

Ak má kontaktný povrch povlak, meranie môže byť robené len cez taký, ktorý má dobrú adhéziu k povrchu. Ak sa meria cez povlak, vhodné je použiť techniku viacnásobného echa. Ak sa pre zlú reflexiu náprotivného povrchu alebo pre vysoký útlm má použiť iba technika s odčítaním jedného echa, musí byť známy ekvivalent hrúbky povlaku, ktorý sa potom od hrúbky nameranej technikou jedného echa odpočíta. Ak nie je možné splniť žiadnu z vyššie uvedených podmienok, musí byť povlak pred meraním odstránený - ak je to prípustné. Veľká drsnosť kontaktného povrchu, spôsobená oterom alebo koróziou, môže veľmi vplývať na podmienky akustickej väzby a na presnosť merania. Pri výsledných nameraných hodnotách nemožno uvažovať s presnosťou väčšou, než umožňuje stav povrchu. Výskyt veľkých nerovností kontaktného povrchu môže znamenať, že namerané hodnoty môžu zahŕňať aj ekvivalent hrúbky vrstvy väzobného média vyplňajúceho nerovnosti – pozri napr. obrázok 4.

Meranie hrúbky ultrazvukom je veľmi často dávané do súvislosti s úbytkami materiálu, spôsobovanými prevádzkovou expozíciou. Tieto úbytky materiálu, teda zmenšovanie hrúbky, môžu byť spôsobované korózou alebo eróziou. Výsledkom pôsobenia takýchto mechanizmov poškodzovania môžu byť odlišné typy reflexných povrchov. Ak má byť vykonávané meranie hrúbky ultrazvukom za účelom detekcie úbytku materiálu a/alebo meranie zostatkovej hrúbky steny, je potrebné mať vedomosti aj o očakávanom type alebo typoch úbytku materiálu a o mechanizme špecifického typu opotrebenia, korózie alebo erózie.


V priemyselných oblastiach takých, ako je naftový a plynárenský priemysel resp. petrochémia, výroba elektrickej energie, distribúcia (rozvod) energie, skladovanie a transport výrobkov, sa korózne mechanizmy často spájajú s nádobami a potrubiami resp. zváranými zostavami, vyrobenými z dielcov zo železných materiálov, takých, ako sú valcované oceľové plechy, tvárnené rúry a pod. Na oceľových nádobách a potrubných komponentoch treba uvažovať s možnosťou výskytu rôznych typov korózie. Aj toto musí byť zohľadňované pri výbere ultrazvukovej techniky, ktorá má byť na meranie hrúbky aplikovaná. Tejto problematike sa norma venuje v Prílohe A.

Skúšobná správa, protokol zo skúšky

Norma v relatívne širokom rozsahu špecifikuje údaje, ktoré sú dôležité z hľadiska záznamov o skúške resp. obsahu protokolu zo skúšky.

Pokiaľ ide o **základné informácie**, mali by byť v skúšobnej správe nasledujúce záznamy:

- meno operátora;
- údaje o kvalifikácii operátora;
- údaje o firme operátora;
- dátum prvého a posledného merania, uvedeného v predmetnej správe;
- údaje o lokalite / mieste meraní;
- typ a výrobné číslo meracieho zariadenia;
- opis sondy - typ a výrobné číslo, veľkosť meniča, frekvencia;
- údaje o referenčnom bloku, ak sa použil;
- typ väzobného média;
- metóda a spôsob merania hrúbky;
- typ materiálu;
- údaje o nastavovaní prístroja - spôsob, metóda;

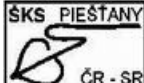
 © 2005	* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127	POČET LISTOV : [10]
	* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *	LIST Č. : [5]

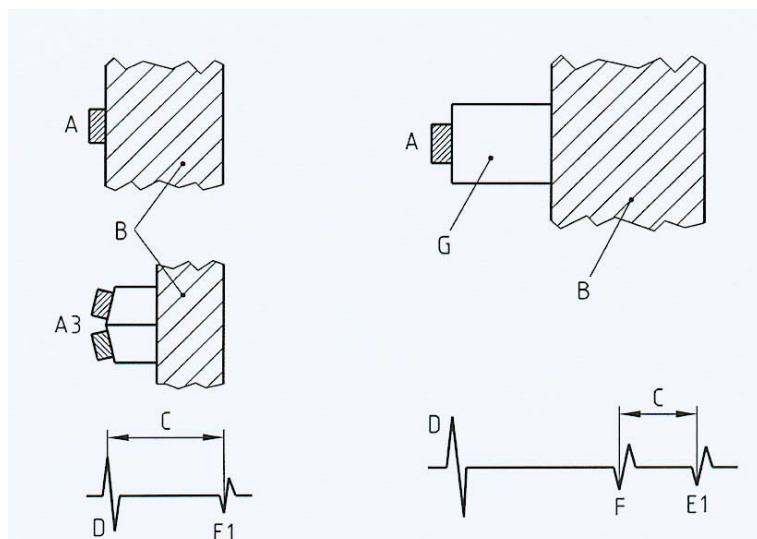
- základný opis závodu (fabriky) / konštrukcie / uzla ktorý bol kontrolovaný, vrátane opisu (vizuálneho posúdenia) stavu povrchu, napr. natrený / izolovaný / drsný / hladký / opieskovaný / a pod.,;
- údaje o firme / agentúre, pre ktorú sa meranie vykonávalo;
- odkazy na aplikovanú normu alebo špecifikáciu;
- podpis operátora;

Pokiaľ ide o **inšpekčné informácie**, mali by byť v skúšobnej správe nasledujúce záznamy:

- opis meracieho usporiadania (schémy);
- opis / identifikácia meraných bodov;
- pôvodná hrúbka, ak bola známa / alebo je požadovaná;
- dovoľené tolerancie hrúbky steny kontrolovaného objektu / uzla (ak sú známe);
- výsledky merania (tabuľka a /alebo mapa);
- zoslabenie v percentách alebo aktuálnych hodnotách, ak sa žiada uviesť;
- doplňujúce nákresy ukazujúce lokalizáciu necelistvostí;
- opis vizuálnej inšpekcie / stav, príprava povrchu;
- doplňujúce nákresy ukazujúce lokalizáciu meraných miest.

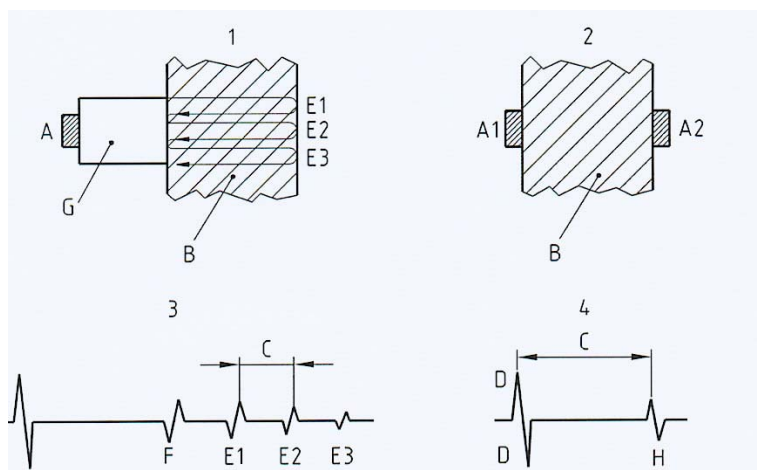
Rešpektovanie ustanovení novej normy a jej aplikácia v praxi môže prispieť k zvýšeniu úrovne prác v oblasti merania hrúbok ultrazvukom a tým aj k zvýšeniu úrovne soľahlivosti a bezpečnosti prevádzky príslušných zariadení.

	<p>* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA *</p> <p>SEMINÁR PIESŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK</p> <p>ING. PAVEL GABRIŠKA</p>	<p>POČET LISTOV : [10]</p>
<p>© 2005</p>	<p>NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127</p> <p>* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIESŤANY *</p>	<p>LIST Č. : [6]</p>



Spôsob 1

Spôsob 2



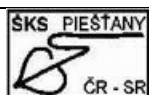
Spôsob 3

Spôsob 4

Legenda

A	vysielaco/prijímacia sonda	D	indikácia vysielaného impulzu
A1	vysielacia sonda	E1 až E3	odrazové echa
A2	prijímacia sonda	F	echo od povrchu
A3	dvojmeničová sonda	G	preddráha (v predsádke)
B	skúšaný objekt	H	prijatý impulz
C	čas prechodu zodpovedajúci dráhe zvuku		

Obrázok 1 – Spôsoby merania času prechodu impulzov



© 2005

* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA *
SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK

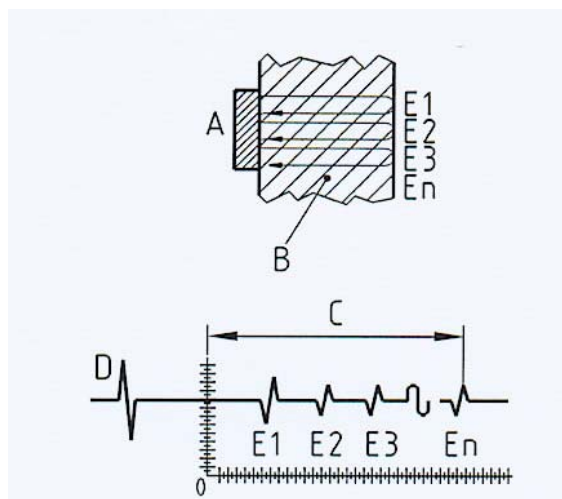
ING. PAVEL GABRIŠKA

**NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY
ULTRAZVUKOM - EN 14127**

* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *

POČET LISTOV :
[10]

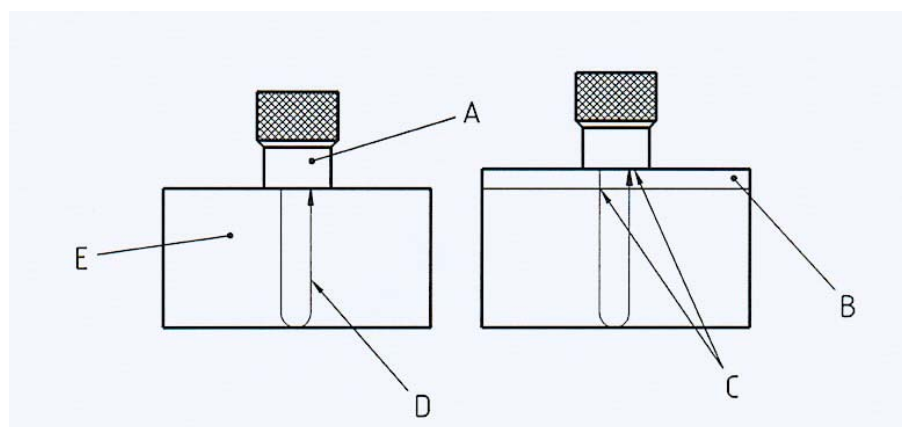
LIST Č. :
[7]



Legenda

- A vysielaco/prijímacia sonda
- B skúšaný objekt
- C čas prechodu zodpovedajúci dráhe zvuku
- D indikácia vysielaného impulzu
- E1 až En odrazové echá

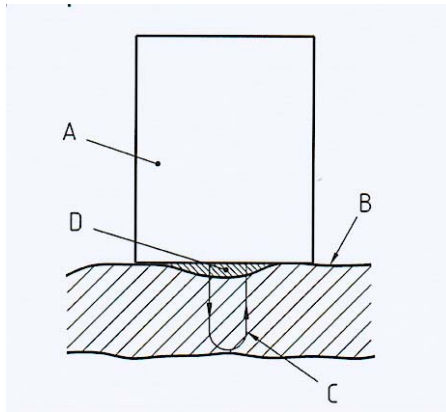
Obrázok 2 – Nastavenie prístroja pre spôsob 3



Legenda

- A sonda
- B povlak alebo plátovanie
- C zväčšená dráha zvuku cez povlak
- D čas prechodu zodpovedajúci dráhe zvuku
- E kov

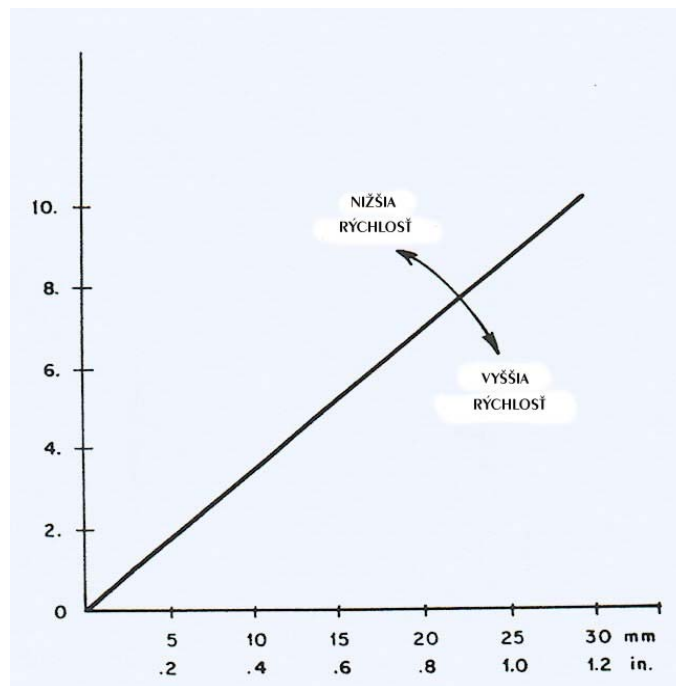
Obrázok 3 – Zväčšená dráha zvuku cez povlak



Legenda

- A sonda
- B skúšaný objekt
- C dráha zvuku
- D väzobné médium

Obrázok 4 – Dráha zvuku cez vrstvu väzobného média

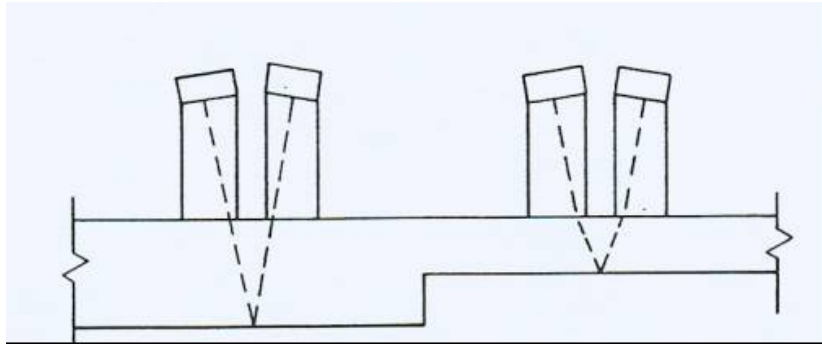


Legenda

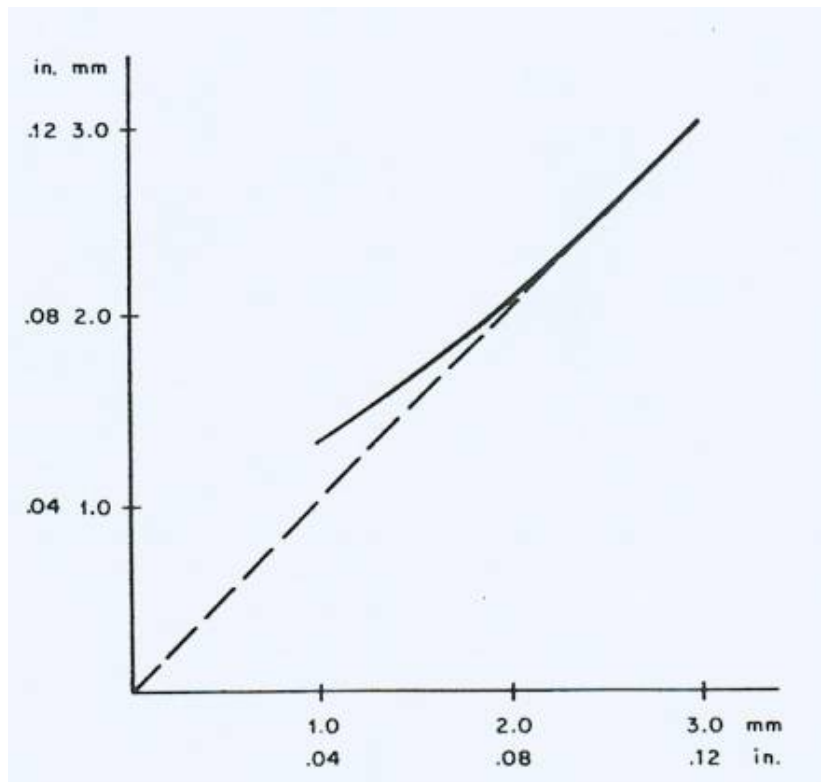
- zvislá os čas prechodu ultrazvuku v μs
- vodorovná os zodpovedajúca hrúbka materiálu

Obrázok 5 – Čas prechodu ultrazvuku / zodpovedajúca hrúbka

	<p>* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127</p> <p>* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *</p>	POČET LISTOV : [10]
© 2005	LIST Č. : [9]	



(a) – Proporciónálne zväčšovanie dráhy ultrazvuku so zmenšovaním hrúbky (pomer dráhy ultrazvuku v materiáli ku skutočnej hrúbke)

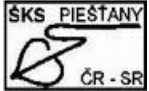


Legenda

zvislá os odčítaná hodnota hrúbky na ultrazukovom meracom zariadení
 vodorovná os aktuálna hrúbka materiálu

(b) – Typická chyba odčítaných hodnôt hrúbky, daná šikmou dráhou ultrazvuku (V – dráhou)

Obrázok 6 – Nelinearita dvojitéch sond

 © 2005	* NDT - LT A VODNÝ ZÁKON. POŽIADAVKY A REALITA * SEMINÁR PIEŠŤANY, MÁJ 2005 – PRÍSPEVOK ING. PAVEL GABRIŠKA NOVÁ EURÓPSKA NORMA NA MERANIE HRÚBKY ULTRAZVUKOM - EN 14127	POČET LISTOV : [10]
	* ŠKOLIACE A KONZULTAČNÉ STREDISKO NDT PRE ODBOR NETESNOSTÍ PIEŠŤANY *	LIST Č. : [10]