

# Ultrazvuková defektoskopie

Vypracoval Jan Janský

# Základní principy

- použití vysokých akustických frekvencí pro zjištění vlastností materiálu a vad
- typické zařízení:
  - generátor/přijímač pulsů
  - snímač
  - zobrazovací zařízení
- odraz ultrazvuku na strukturách
  - stěny vzorku
  - dutiny, praskliny
  - zrnech a krystalech

# Výhody

- analýza vad povrchových i vnitřních
- možnost měření hlubších vrstev materiálu, než v ostatních metodách
- postačí přístup ke vzorku pouze z jedné strany
- přesné pro lokalizaci a odhad velikosti struktur/vad
- jednoduchá příprava
- okamžité výsledky
- obrazové zpracování získaných dat
- další použití – například měření tloušťky, rychlostí, atd.

# Omezení

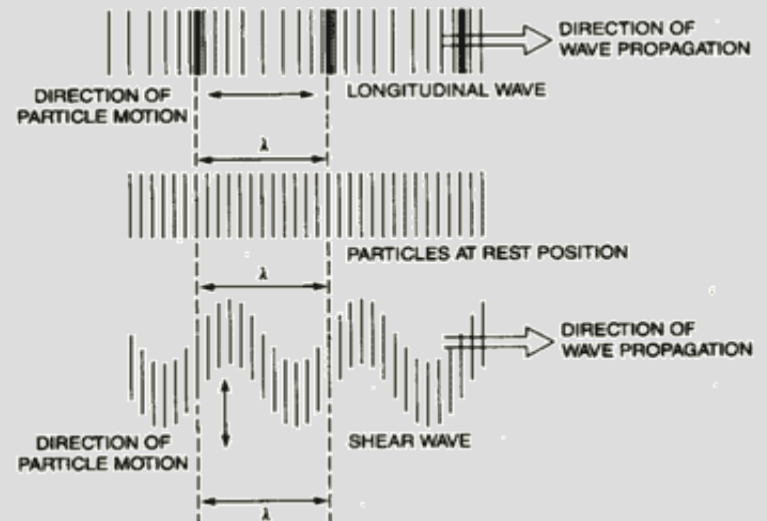
- nutnost přístupu k povrchu vzorku pro přenos ultrazvuku
- většinou je potřeba přenosové médium pro transmisi akustických vln do testovaného vzorku
- problematické pro hrubé, nepravidelné, malé, příliš tenké či nehomogenní vzorky
- vysoký podíl šumu a špatný přenos signálu pro materiály s hrubozrnnou strukturou
- lineární defekty paralelní ze zvukovým paprskem nemusí být detekovány
- nutné standardy pro kalibraci a charakterizaci chyb

# Historie

- 1929,1935 – Sokolov užívá Ultrazvuk pro detekci kovových předmětů
- 1931 – Mulhauser – patent pro detekci chyb v pevných látkách ultrazvukovou metodou
- II. světová válka - SONAR
- 50. léta – Japonsko prezentuje použití UZ v lékařství
- 60. léta – USA - “Safe-Life” design – rozvoj detekčních technik pro zjišťování jakosti výrobků a charakterizaci typu a závažnosti vad

# Šíření vln

- podélné vlnění
  - rychlejší
  - oscilace ve směru šíření
  - i v kapalinách a plynech
  - větší přenos energie
- příčné vlnění
  - pomalejší
  - oscilace kolmé na směr šíření
  - pouze v pevných látkách
  - často jako důsledek vlnění podélného
- eliptické vlnění
  - na površích



# Vlnová délka a detekce

- lze detekovat nespojitosti větší, než je polovina vlnové délky použitého signálu
- citlivost – schopnost detekovat malé nespojitosti
- rozlišení – schopnost rozlišit dvě blízké nespojitosti
- citlivost i rozlišení rostou s použitou frekvencí
- s rostoucí frekvencí také roste rozptyl signálu na hranicích zrn a jemných nedokonalostech struktury materiálu a vzrůstá podíl šumu
- s rostoucí frekvencí klesá maximální hloubka detekce
- detekci dále ovlivňuje:
  - délka pulsu
  - použité napětí a typ krystalu
  - velikost snímače

# Vlastnosti šíření vln

- Hookeův zákon
- doba navrácení prvku (atomu) do nulové polohy ve struktuře je nezávislá na vychýlení (amplitudě)
- rychlost šíření

$$v = \sqrt{\frac{C_{ij}}{\rho}}$$

$v$  – rychlost šíření

- $\rho$  – hustota materiálu
- $C_{ij}$  – elastické konstanty – závislost na směru pro anizotropní materiály
- exponenciální pokles intenzity s průnikem do vzorku



# Akustická impedance

- definována jako součin hustoty a rychlosti šíření zvuku:

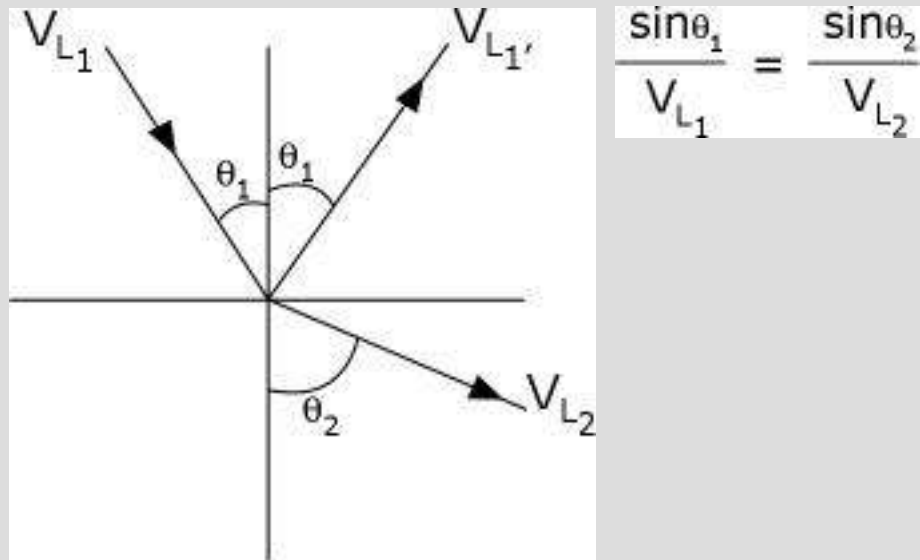
$$Z = \rho v$$

- akustická impedance má význam pro:
  - zjištění odrazu a průchodu signálu na hranici dvou prostředí s rozdílným akustickou impedancí
  - návrh akustických snímačů
  - absorpci zvuku v prostředí
- podíl odražené energie na hranici dvou prostředí:

$$R = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

# Lom vlnění a Snellův zákon

- na rozhraní dvou prostředí dochází k lomu vlnění
- platí Snellův zákon lomu



- kritický úhel – vlnění se dále šíří jen po povrchu vzorku
- při lomu se část energie podélného vlnění přemění na vlnění příčné
- může existovat i druhý kritický úhel – pro příčné vlnění

# Poměr signál/šum

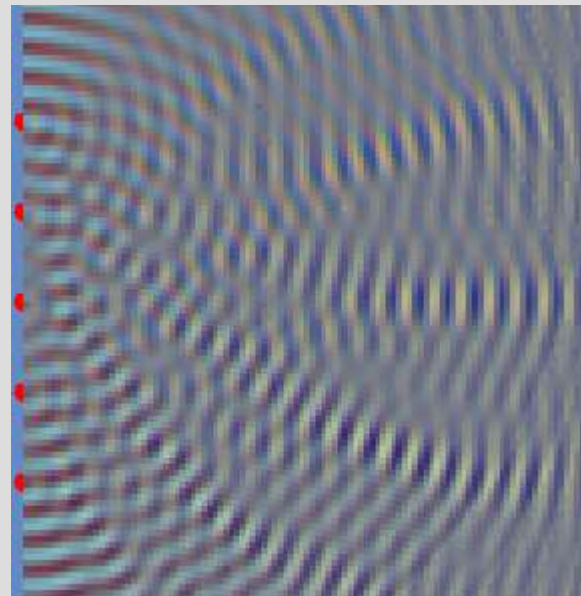
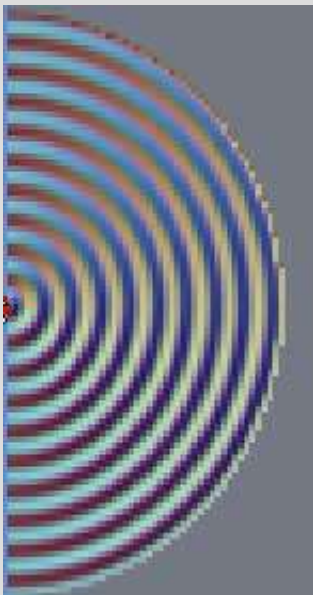
- poměr intenzity odraženého signálu od pozadí
- jako minimum je požadován poměr 3:1
- poměr signál šum:
  - roste s velikostí defektu
  - roste s lokalizovaností paprsku
  - roste s klesající dobou pulsu
  - klesá s rostoucí hustotou a rychlostí šíření zvuku
  - většinou roste s rostoucí frekvencí
- dále je ovlivněn:
  - velikostí sondy, jejím frekvenčním rozsahem a “zaostřením”
  - vzdáleností vady od povrchu a její orientaci
  - vlastním akustickým pozadím v materiálu

$$\frac{S}{N} = \sqrt{\frac{16}{\rho v_{metal} w_x w_y \Delta t}} \frac{A_{flaw}(f_0)}{FOM(f_0)}$$

Diagram illustrating the Signal-to-Noise Ratio (S/N) formula. The numerator is the square root of 16 divided by the product of sound speed in metal ( $\rho v_{metal}$ ), lateral beam widths at flaw depth ( $w_x$  and  $w_y$ ), and pulse duration ( $\Delta t$ ). The denominator is the ratio of Flaw scat. ampl. at center frequency ( $A_{flaw}(f_0)$ ) to Noise FOM at center frequency ( $FOM(f_0)$ ).

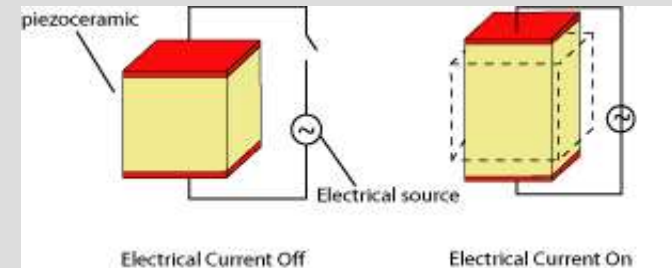
# Interference vlnění

- problematická v blízkosti snímače



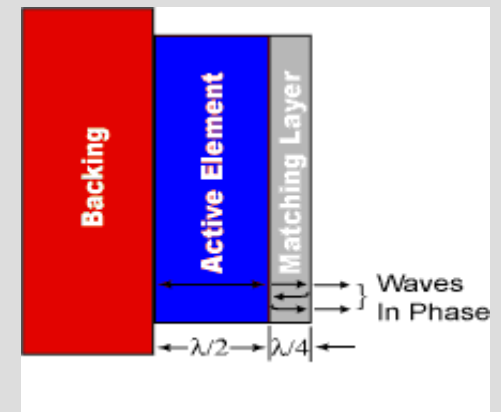
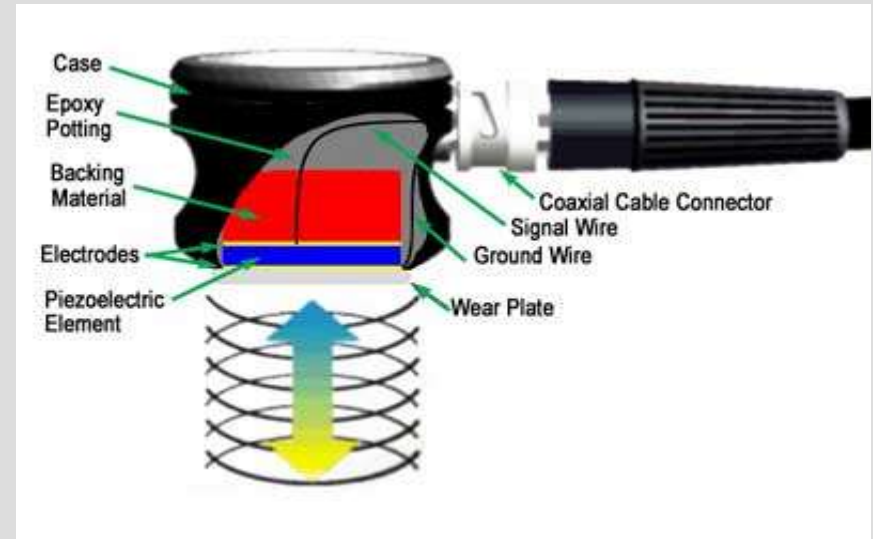
# Piezoelektrické snímače

- nepoužívanější
- elektrostriktce a piezoelektrický jev
- konverze elektrického napětí na mechanické a zpět
- aktivní část -  $\frac{1}{2}$  vlnové délky
- pro vyšší frekvence – tenčí aktivní element
- kvůli křehkosti se kontaktní snímače nedělají vysokofrekvenční



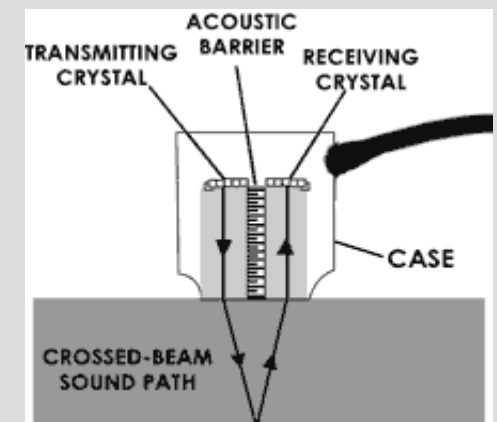
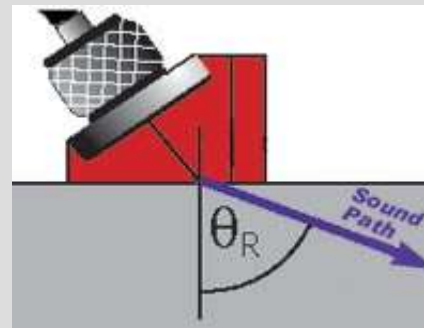
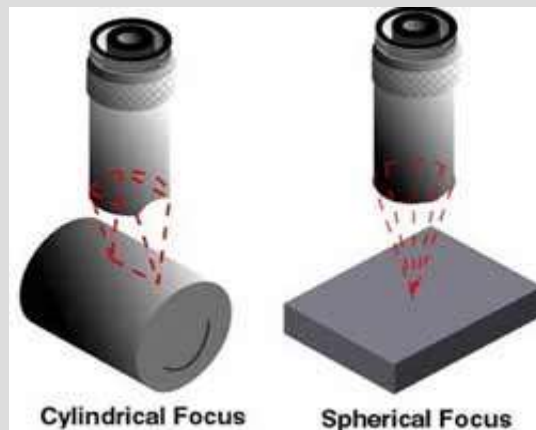
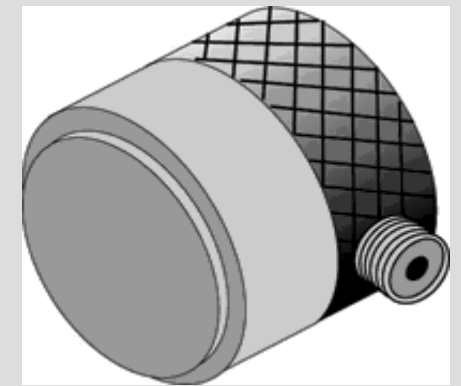
# Charakteristika PE snímače

- piezoelektrický element -  $\frac{1}{2}$  požadované vlnové délky
- krycí destička -  $\frac{1}{4}$  vlnové délky pro zachování fáze vlnění
- akustická impedance krycí destičky je v hodnotách mezi aktivním elementem a ocelí (pro kontaktní snímače) a mezi a.e. a vodou pro ponorné snímače
- s širším frekvenčním rozsahem se zvyšuje citlivost
- s užším frekvenčním rozsahem roste penetrace



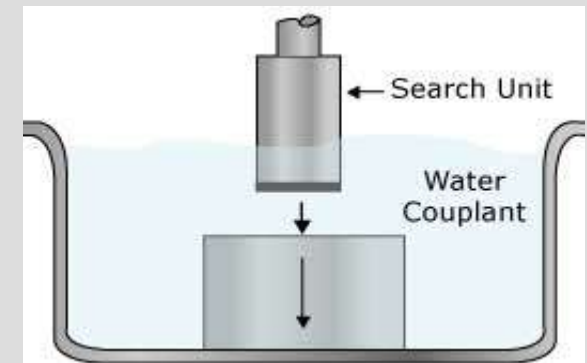
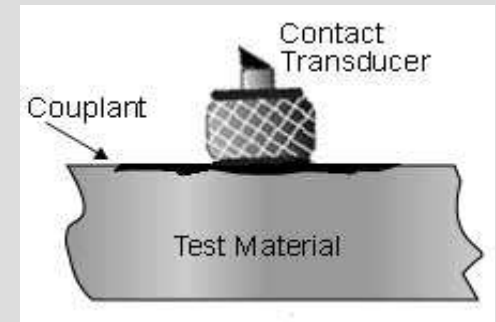
# Typy PE snímačů

- kontaktní
  - ruční manipulace
  - s dvěma elementy, úhlové
  - ve styčném místě se pro přenos signálu používá voda, olej, vazelína
- bezkontaktní
  - v kapalném prostředí
  - osové či bodové zaostření



# Styčné médium

- většinou kapalina
- zajišťuje přenos signálu ze snímače do vzorku
- na vzduchu se většina energie odráží
- kontaktní měření
  - voda
  - olej
  - glycerin
- bezkontaktní měření
  - voda





# Vyhodnocení dat

- A-scan
  - množství zpětně zachycené energie jako funkce času
- B-scan
  - časové hodnoty navrácení signálu jako funkce polohy
- C-scan
  - kombinace A a B, počítačové zpracování



# Reference

- [www.ndt-ed.org](http://www.ndt-ed.org)
- [http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/cc\\_ut\\_index.htm](http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/cc_ut_index.htm)