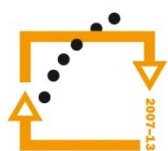




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Kontrola a měření strojních součástí a jejich polotovarů

Téma: **Nedestruktivní defektoskopie
- Zkoušky zvukem a ultrazvukem**

Autor: Ing. Smolek Jan

Číslo: VY_32_INOVACE_23-18

Anotace: Prezentace jako podpora k výkladu o metodách zjišťování vad strojních součástí bez jejich porušení a to především s využitím akustického vlnění.

Problematika je zmiňována ve Strojních a technologických laboratořích středních průmyslových škol.

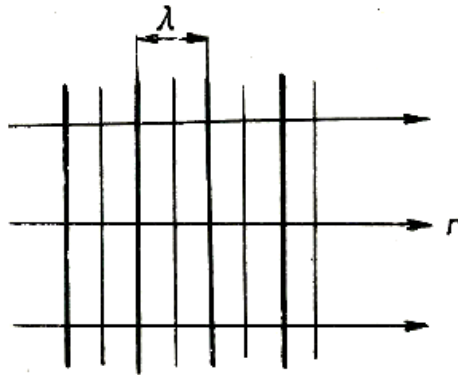
DUM je určen pro čtvrté ročníky.

Materiál byl vytvořen v únoru 2013

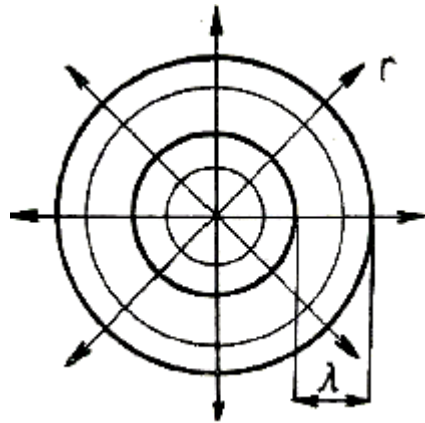
Zkoušky zvukem a ultrazvukem:

- **Zvuk jako vlnění.**
- **Poslech strojů a zařízení.**
- **Akustická zkouška poklepem.**
- **Ultrazvuková defektoskopie:**
 - **Zdroj ultrazvuku;**
 - **Metoda průchodová;**
 - **Metoda odrazová;**
 - **Imersní zkoušky;**
 - **Metoda rezonanční;**
 - **Používané UZ sondy;**
 - **Kontrola a cejchování sond;**
 - **Příklady zjištěných vad;**

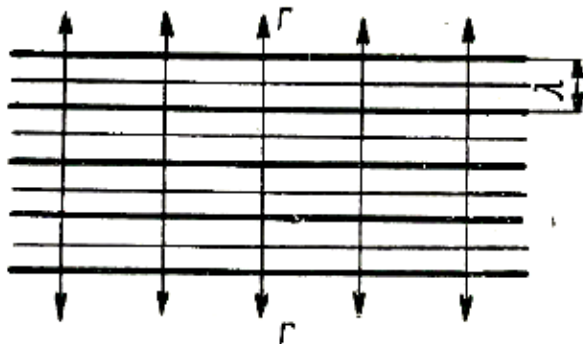
Tvar zvukových vln a druhy vlnění:



Rovinná

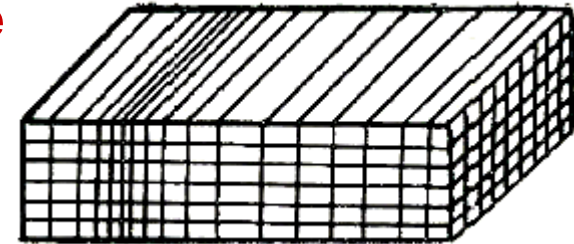


Kruhová

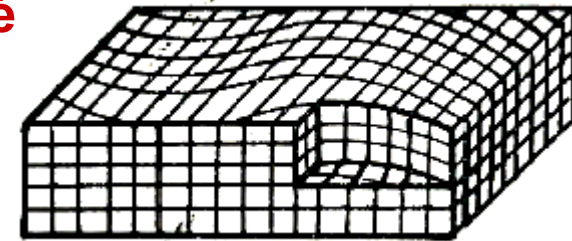


Válcová

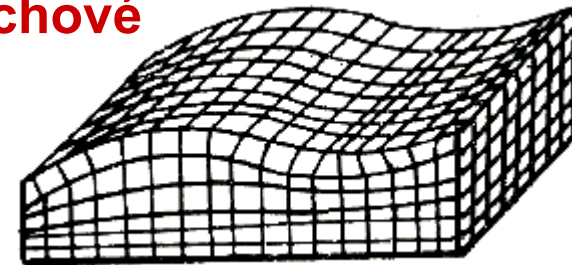
Podélné



Příčné

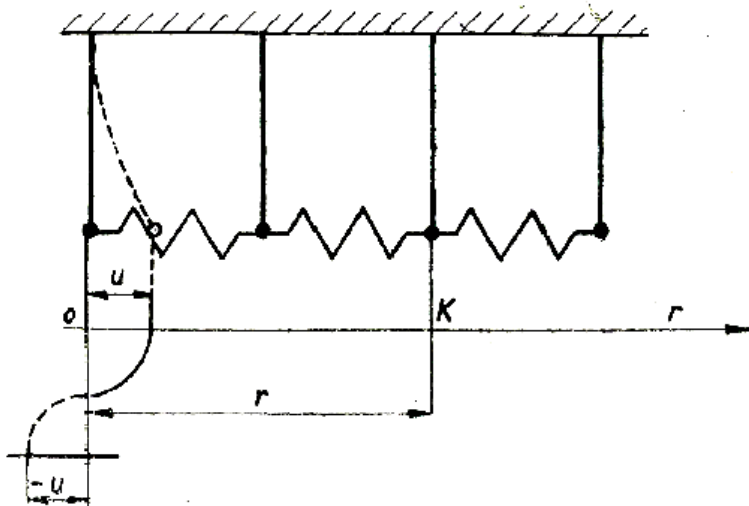
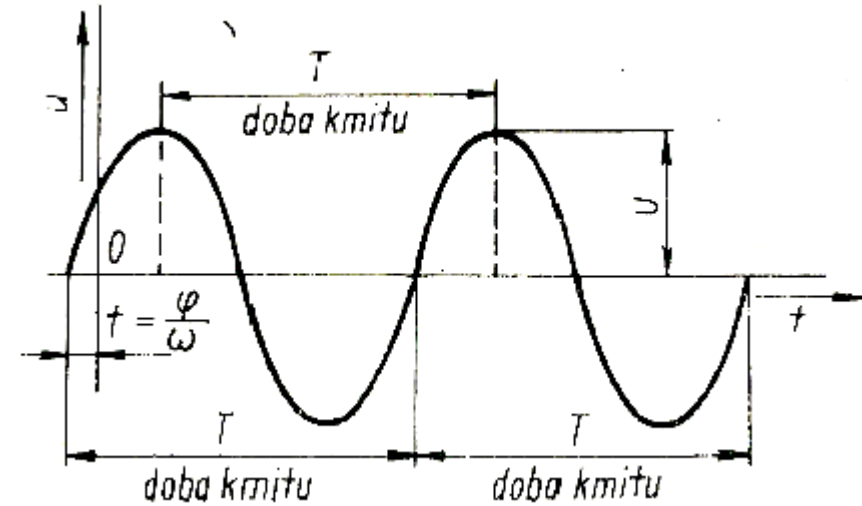


Povrchové



Vlnění, vlnová rovnice a délka vlny:

$$u = U_0 \cos \omega \left(t - \frac{r}{c} \right)$$



Délka vlny v mm pro různé materiály a frekvence

Frekvence [MHz]	Ocel		Hliník		Měď		Porcelán		Voda	Plexi-sklo
	λ_L	λ_T	λ_L	λ_T	λ_L	λ_T	λ_L	λ_T	λ_L	λ_L
0,25	23,5	12,9	25,2	12,3	18,8	9	21,8	13,4	6	10,9
0,5	12	6,5	12,6	6,2	9,4	4,5	10,9	6,7	3	5,5
1	6	3,2	6,3	3,1	4,7	2,3	5,5	3,4	1,5	2,7
2	3	1,6	3,2	1,6	2,4	1,2	2,7	1,7	0,75	1,4
4	1,5	0,8	1,6	0,8	1,2	0,6	1,4	0,85	0,4	0,7
6	1	0,55	1,05	0,5	0,8	0,4	0,9	0,55	0,25	0,45

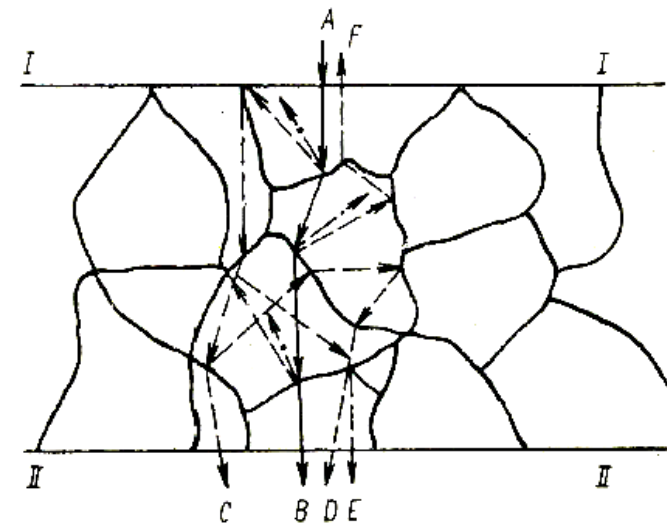
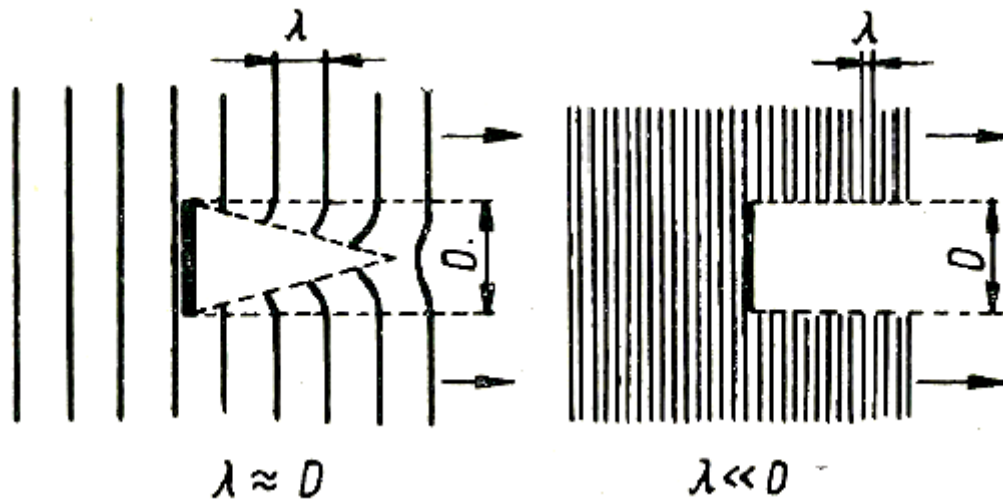
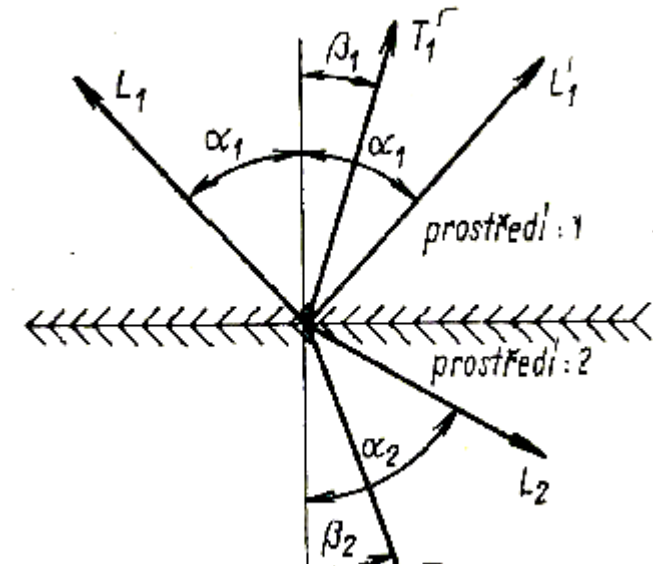
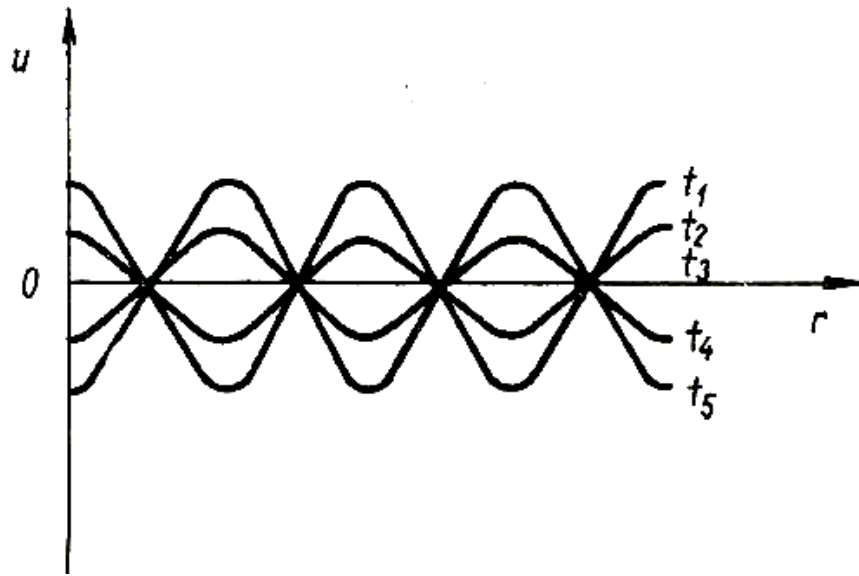
Rychlost šíření:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Látka	ρ [gcm ⁻³]	E (daNmm ⁻²)	G (daNmm ⁻²)	ν	c_k [ms ⁻¹]	c_T [ms ⁻¹]	c_R [ms ⁻¹]	Akustický vlnový odpor ρc [10 ⁶ kgm ² .s ⁻¹]
Antimon	6,7	7 950	2 000		3 400	1 700		
Cín	7,3	5 540	1 700	0,33	3 320	1 670		24,2
Guma měkká	0,9				1 479			1,4
Guma tvrdá	1,2				2 405			2,9
Glycerín	1,26				1 923			26,6
Hliník	2,7	6 960	2 590	0,34	6 260	3 080	2 800	17,0
Hořčík	1,7	4 430	1 610	0,30	5 670	3 050		10,0
Litina	7,2				3 500	2 200		25,0–40,0
					až	až		
					5 600	3 200		
Led	1	988	372	0,33	3 980	1 990		3,2
Mangan	8,4	12 600	7 730	0,33	4 460	2 350		39,0
Měď	8,9	12 500	4 640	0,35	4 700	2 260	2 100	42,0
Mosaz	8,1	9 850	3 650	0,35	4 430	2 123		36,1
Nikl	8,8	20 140	7 700	0,31	5 630	3 960		49,5
Ocel	7,8	20 600	8 040	0,28	5 850	3 230	3 000	45,6
Olaj	0,9				1 425			10,0
Olovo	11,4	1 570	568	0,44	2 160	700	660	24,6
Platina	21,4	17 000	6 600	0,39	2 800	1 740		84,6
Plexisklo	1,18	524	148	0,35	2 670	1 121		3,2
Polyamid	1,1				1 800			
					až			
					2 200			2,0–2,7
Porcelán	2,4				5 300			13,0
					až			
					5 900			
Polystyrén	1,06	426	136	0,32	2 350	1 120		2,3
Sklo	3,2	5 620	2 200	0,28	4 650	2 605		14,5
Stříbro	10,5	7 500	2 940	0,38	3 600	1 660		38,0
Teflon	2,2				1 479			1,49
Vzduch	1,3				335			0,0003
Wolfram	19,1	36 200	13 460	0,35	5 460	2 870	2 650	104,2
Zinek	7,1	10 500	4 000	0,25	3 810	2 350		29,5
Zlato	19,3	7 960	2 790	0,42	3 240	1 200		62,5

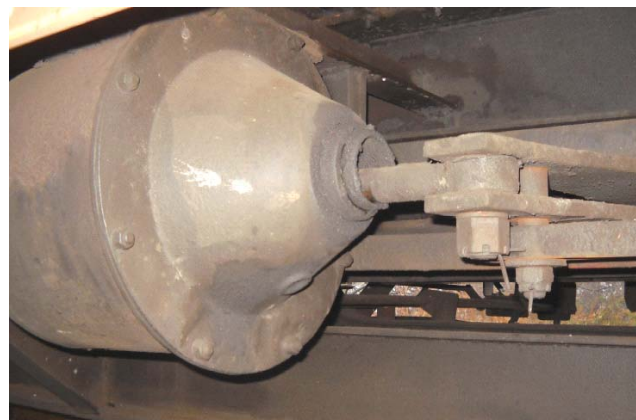
- Rychlost šíření c – podélná vlna
- Ocel 5920 m/s
- Hliník 6300 m/s
- Plexisklo 2730 m/s
- Rychlost šíření c – příčná vlna
- Ocel 3250 m/s
- Hliník 3140 m/s
- Frekvence f – $1/T$
- Vlnová délka λ

Interference, odraz, lom, ohyb a útlum:



Akustická zkouška poklepem:

- Zkouška brzd železničních vagónů - vozmistr (kolot'uk);



Pro provádění zkoušek brzd zaměstnanci je jako pomůcka určeno vozmistrovské kladivo s dlouhou násadou. V mimořádných případech (mimo činnost vozmistra s odbornou zkouškou V 07), kdy není vozmistrovské kladivo k dispozici (není v dosahu žádné hnací vozidlo a místo uložení kladiva ve stanici je vzdáleno), lze pro vyzkoušení přilehnutí brzdových špalíků při zkoušce ruční brzdy použít jinou vhodnou pomůcku, případně se o přilehlosti zdrží přesvědčit tlakem chodidla, za dodržení podmínek bezpečnosti práce.

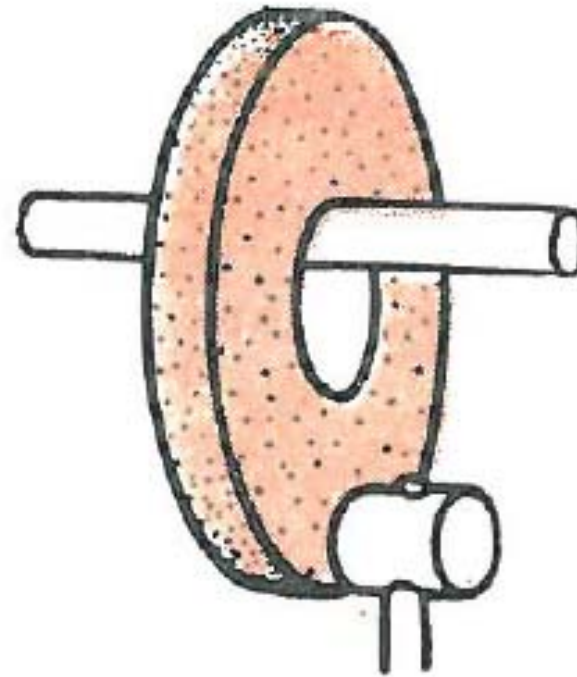
Nelze-li provést ověření přilehlosti zdrží podle těchto podmínek, je nutno považovat ruční brzdu vozu za neupotřebitelnou.

④) *násada délka 50 cm, hlavice 1/2 kg*

117. Pro správné vykonávání zkoušek brzd zaměstnanci, vyjmenovanými v čl.116, je ve stanicích a na hnacích vozidlech uloženo kladivo s dlouhou násadou ④) a těsnicí kroužky do hlavic brzdových spojek.

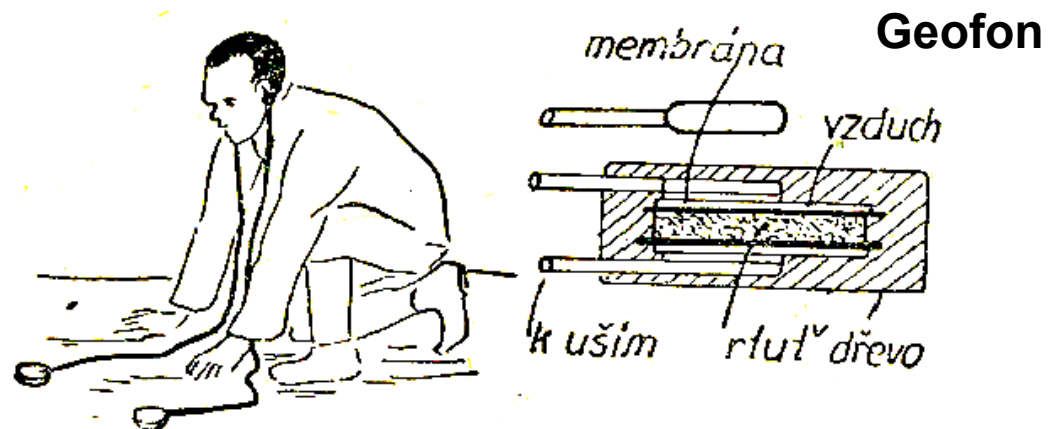
Prasklý předmět má jiný zvuk než předmět téhož tvaru, ze stejného materiálu a bez trhlin.:

- **Brusné kotouče;**
- **Střešní tašky;**
- **Pingpongové míčky;**
- **Prasklé talíře;**
- **Zvony...**



Diagnostika poslechem:

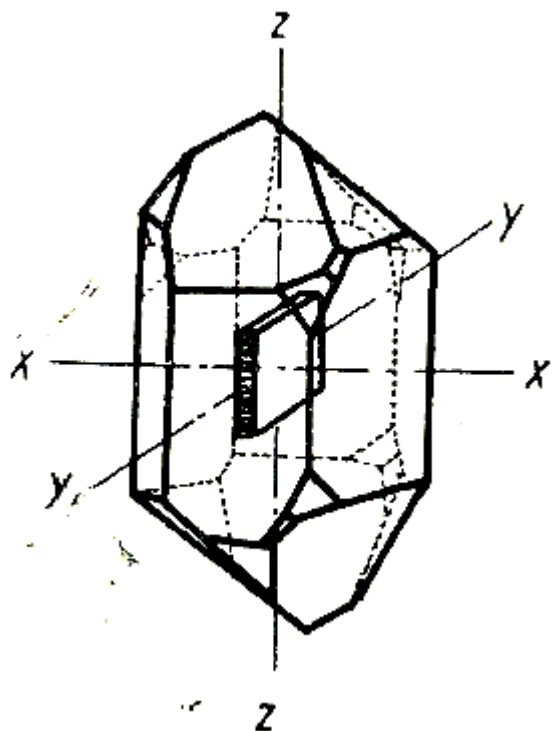
- **klepání**
 - ojničních hlav
 - ventilů
 - ložisek
 - atp.
- **šelesty**
 - převodových skříní atp.



Stetoskop, fonendoskop..:

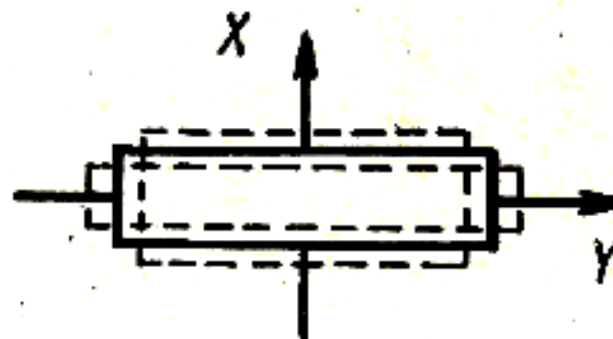
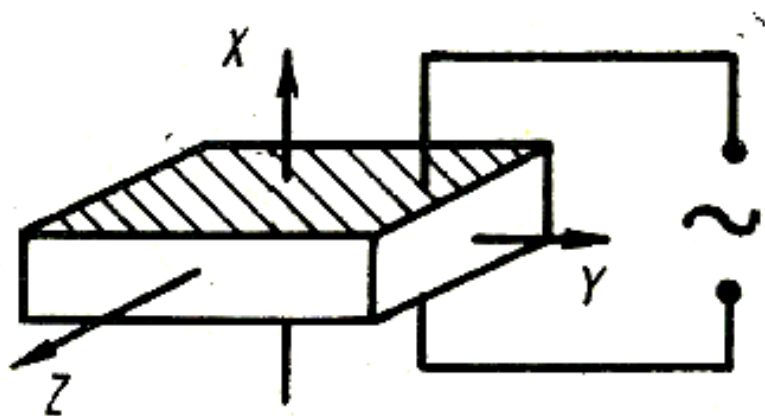
(Bez membrány, s membránou, s prodlužovací tyčkou..)



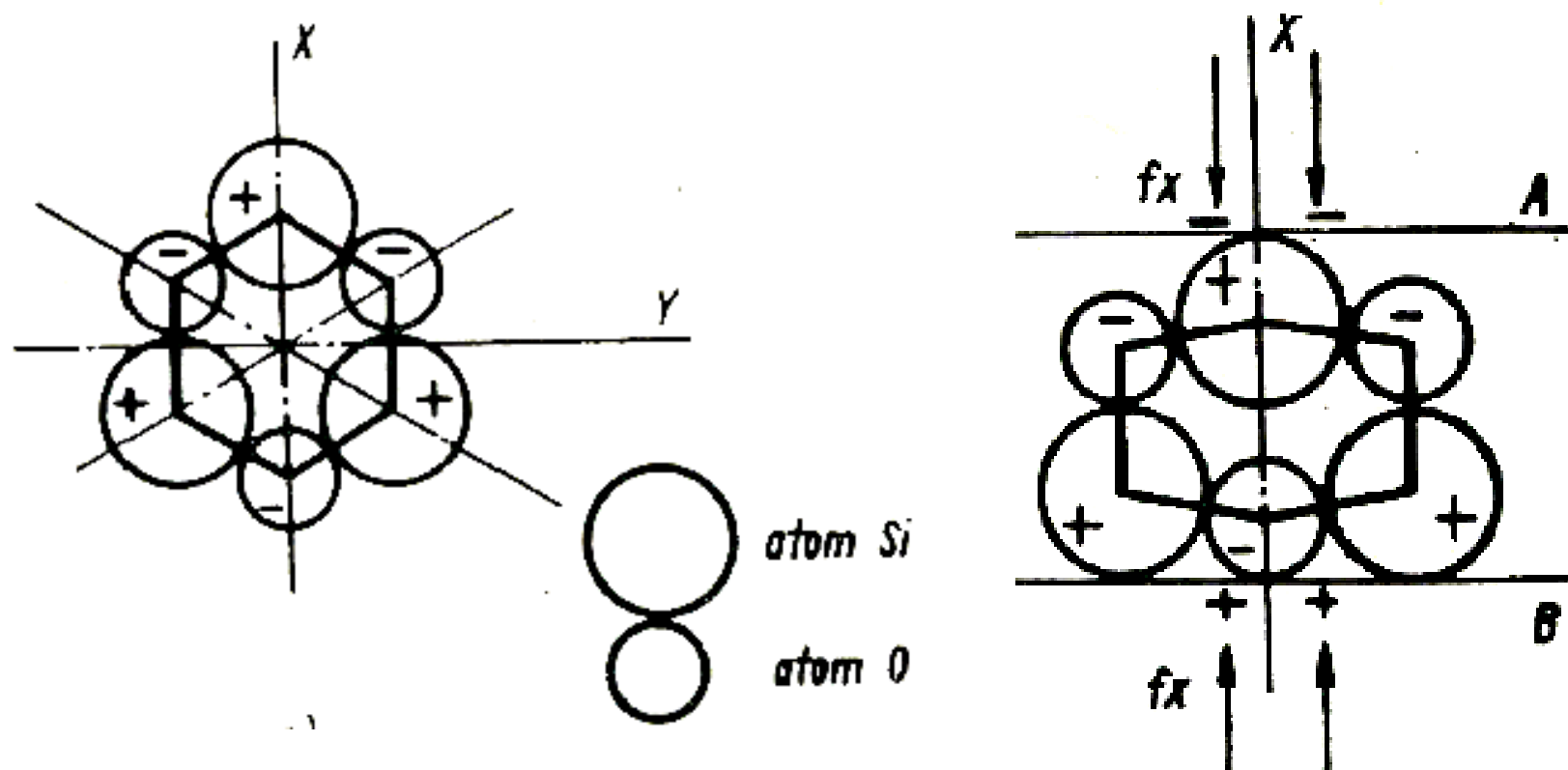


Zdroj ultrazvuku: (křemen, topas, turmalín, Seignettova sůl)

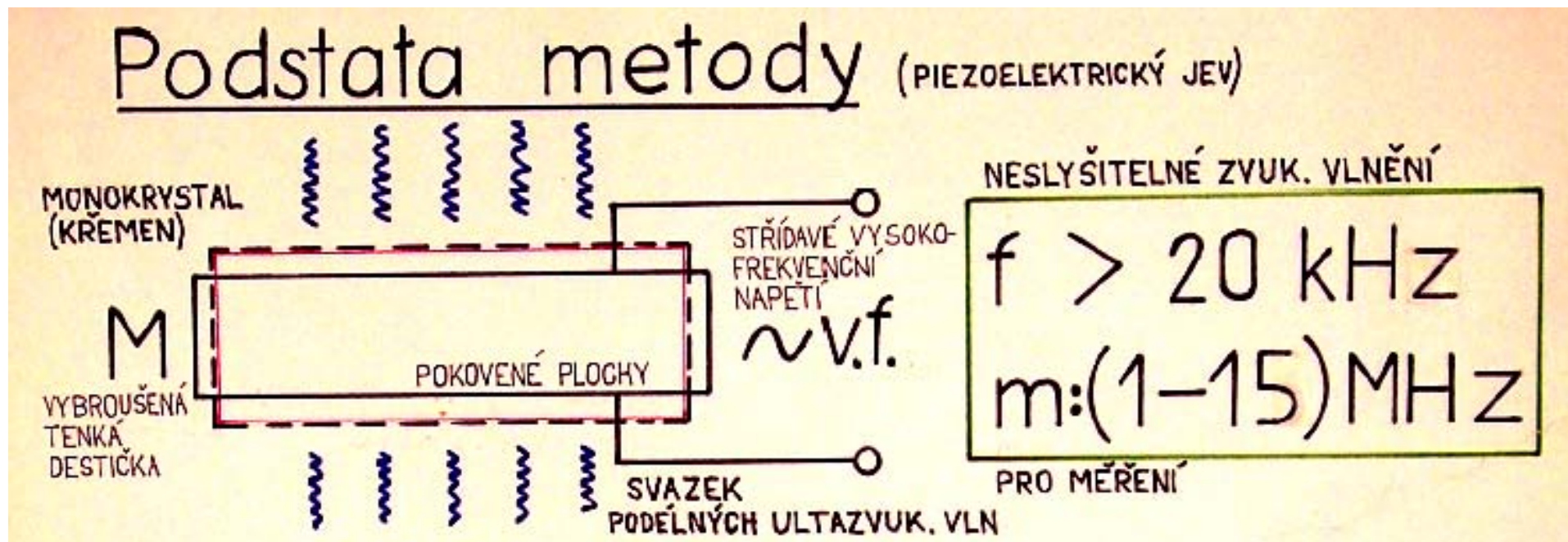
X- elektrická osa
Y- mechanická osa
Z- optická osa



Piezoelektrický jev křemene:

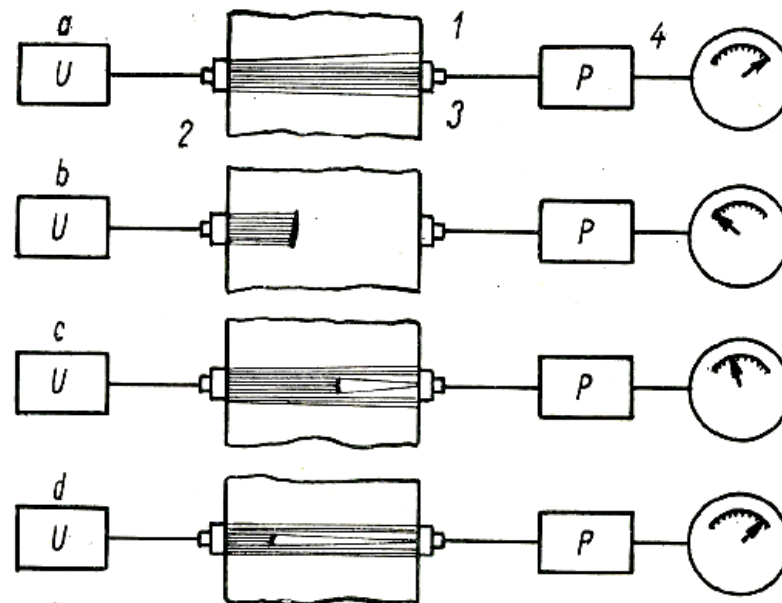


Vznik zvuku a ultrazvuku:

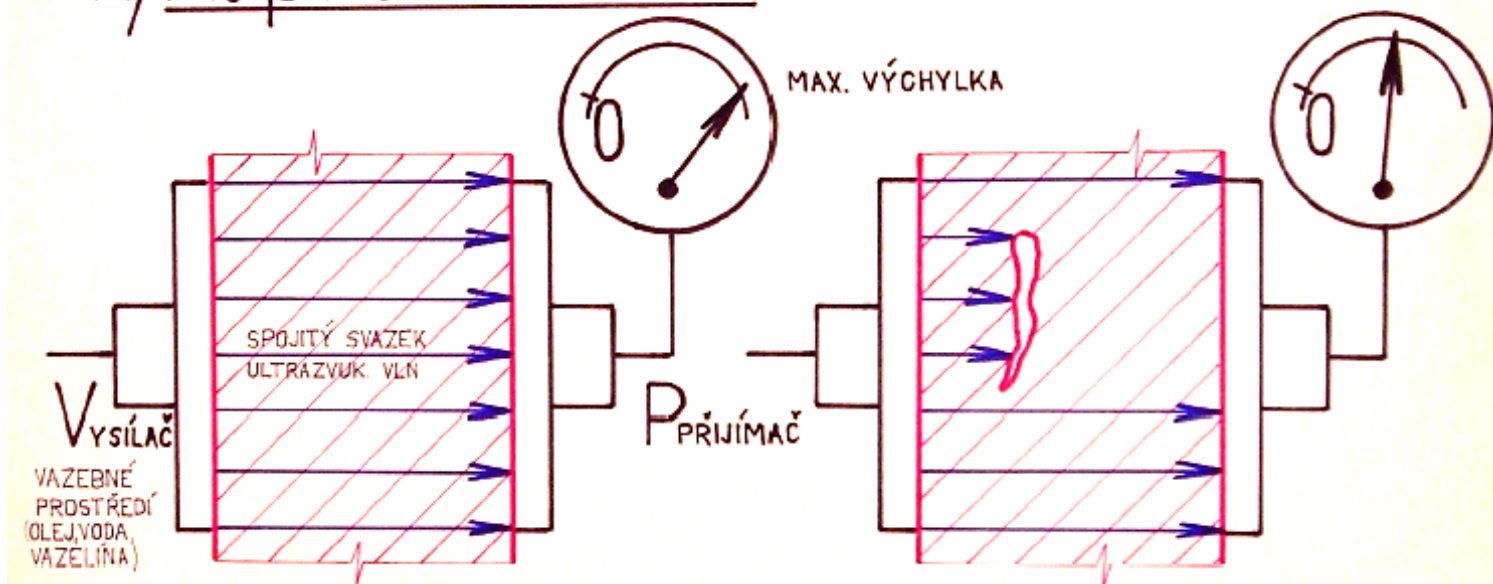


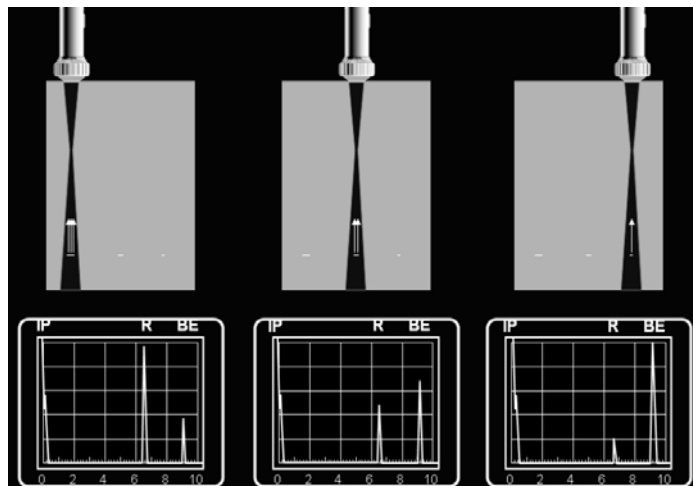
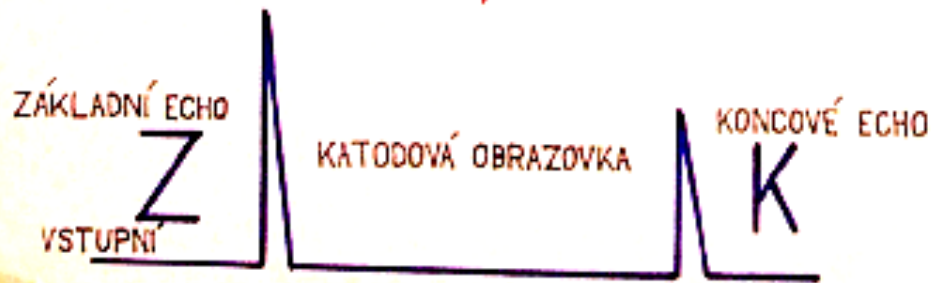
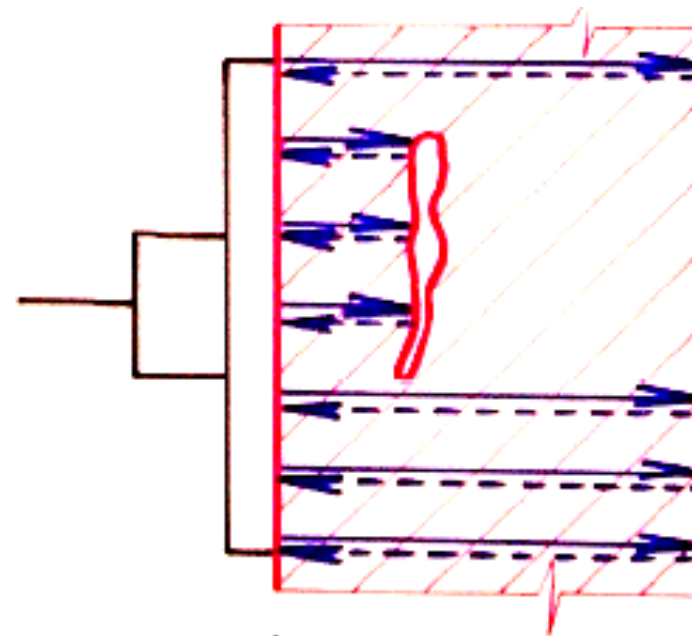
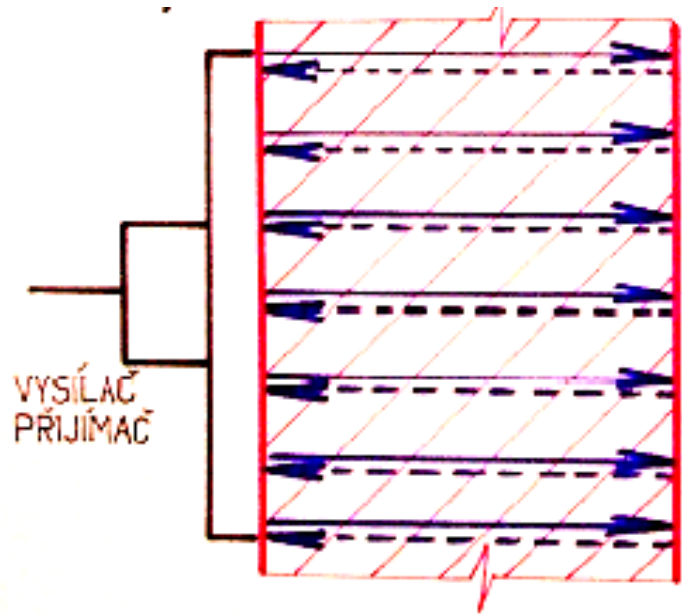
Metoda průchodová:

Pouze pro velké vady a rovnoběžné stěny přístupné s obou stran.



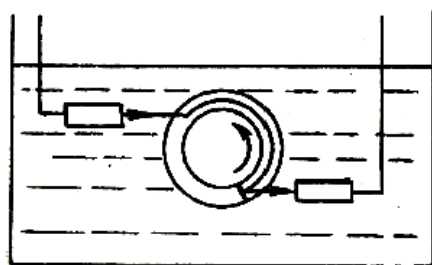
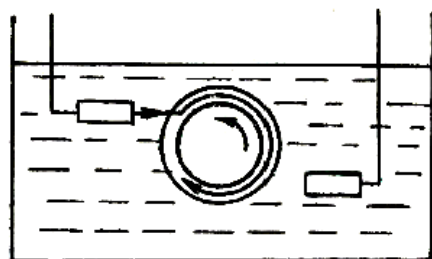
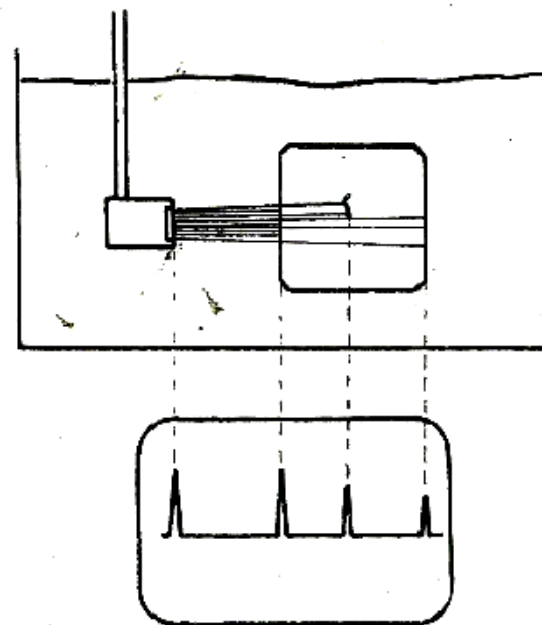
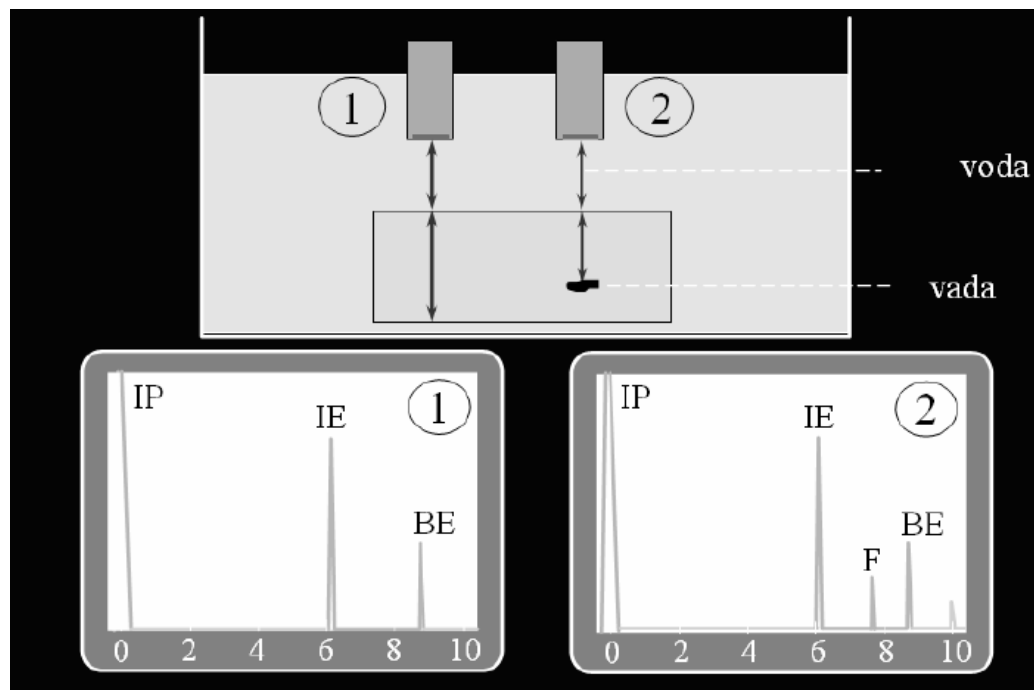
A, M. průchodová



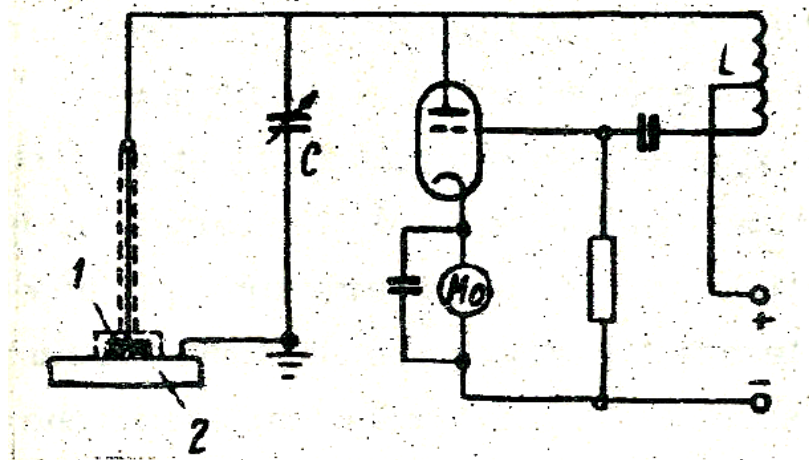
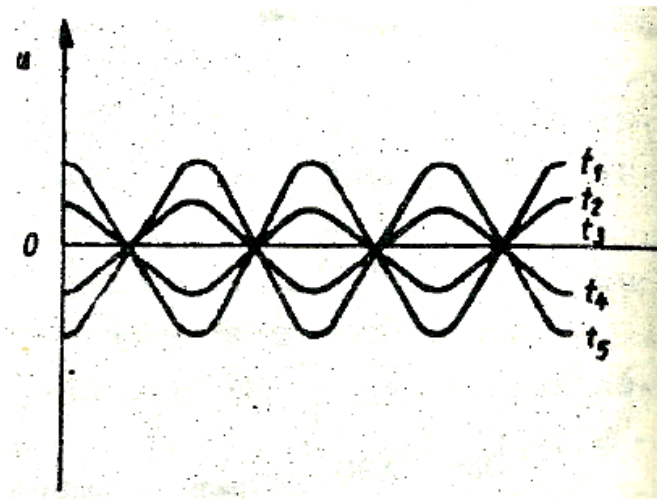
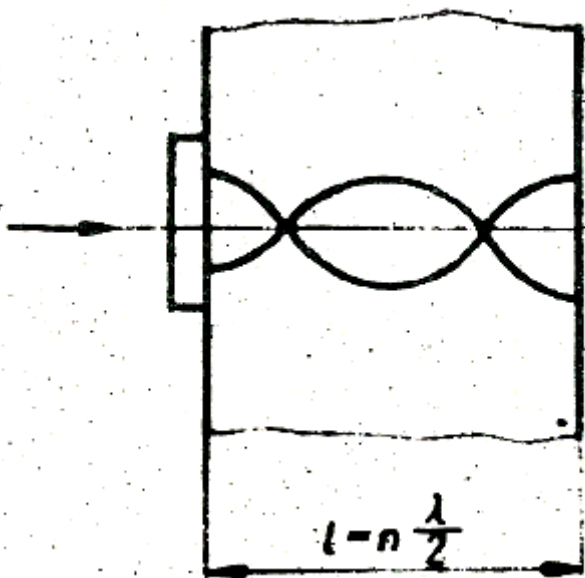


**Metoda odrazová
(impulsní):**

Imersní zkoušky:

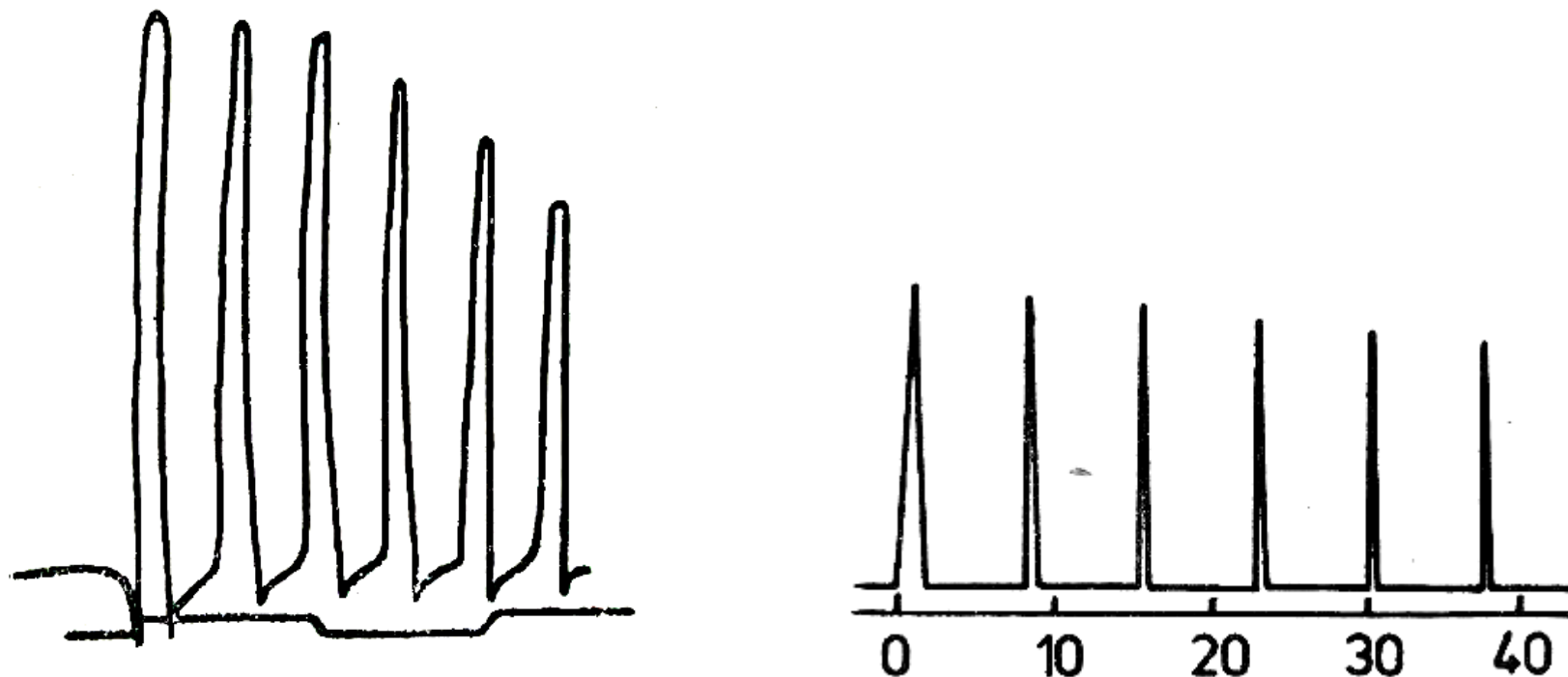


Metoda rezonanční:



Měření tloušťek od 0,1 do 100mm.

Stanovení tloušťky měřením doby průchodu ultrazvuku:

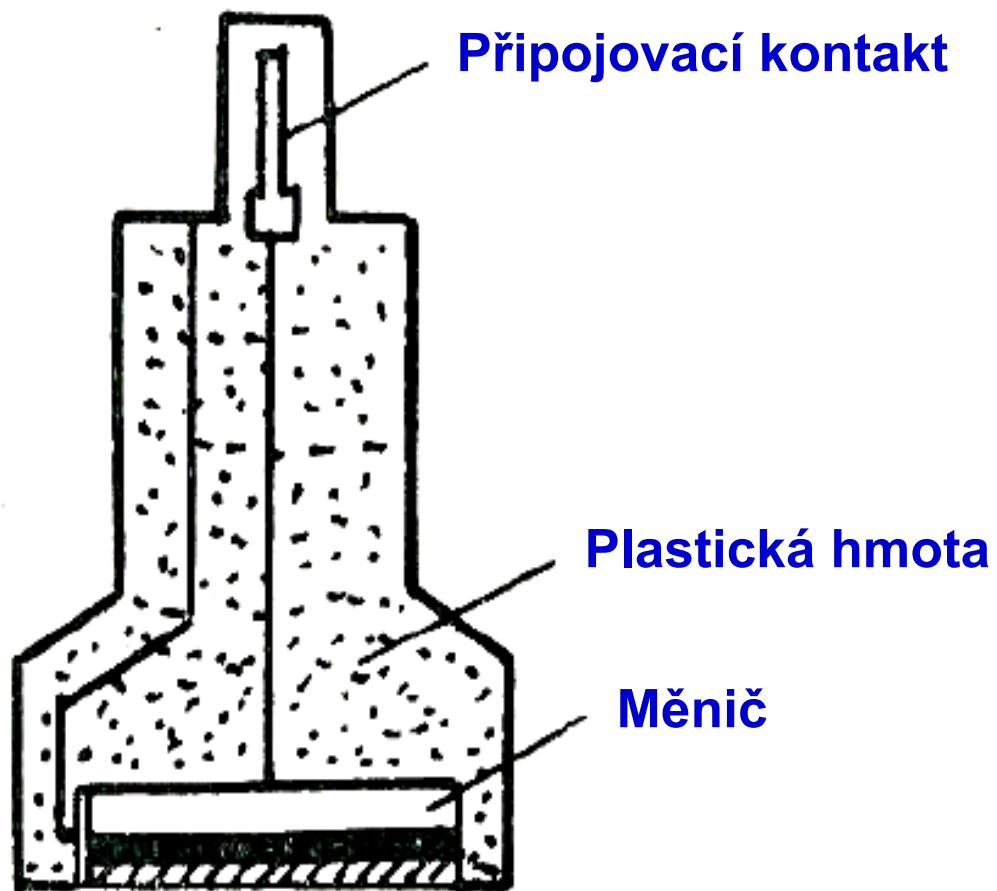


uvažovaný počet koncových impulsů $n = 4$

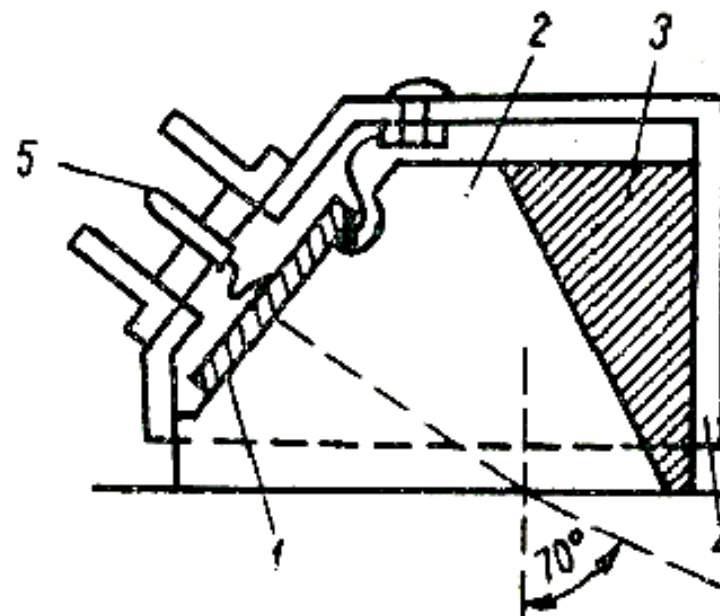
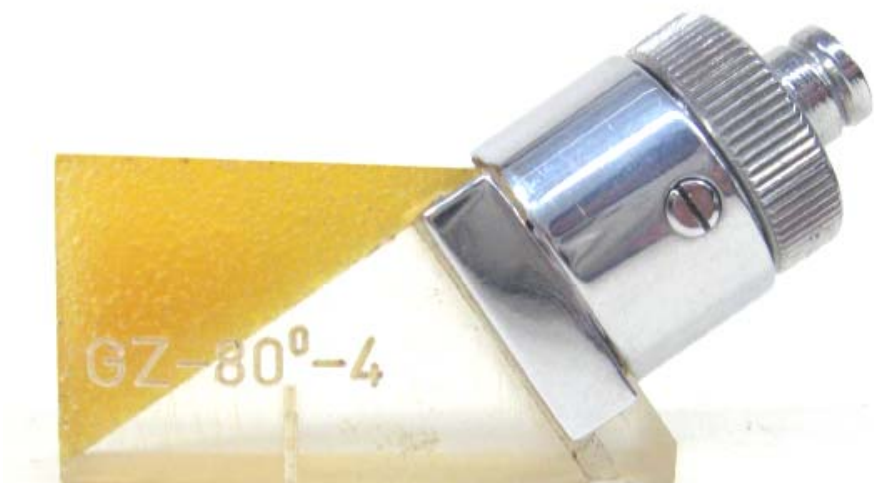
vzdálenost čtvrtého impulsu na časové základně obrazovky = 30 mm

tloušťka stěny $t = \frac{30}{4} = 7,5$ mm.

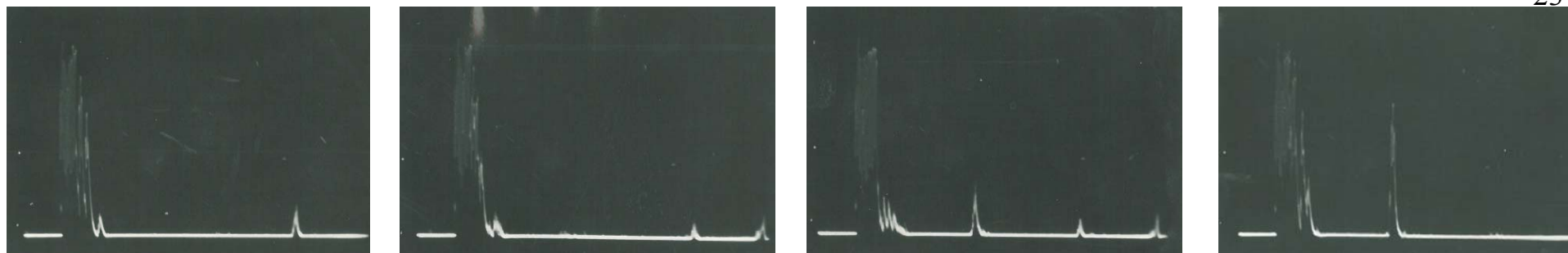
Čelní sonda:



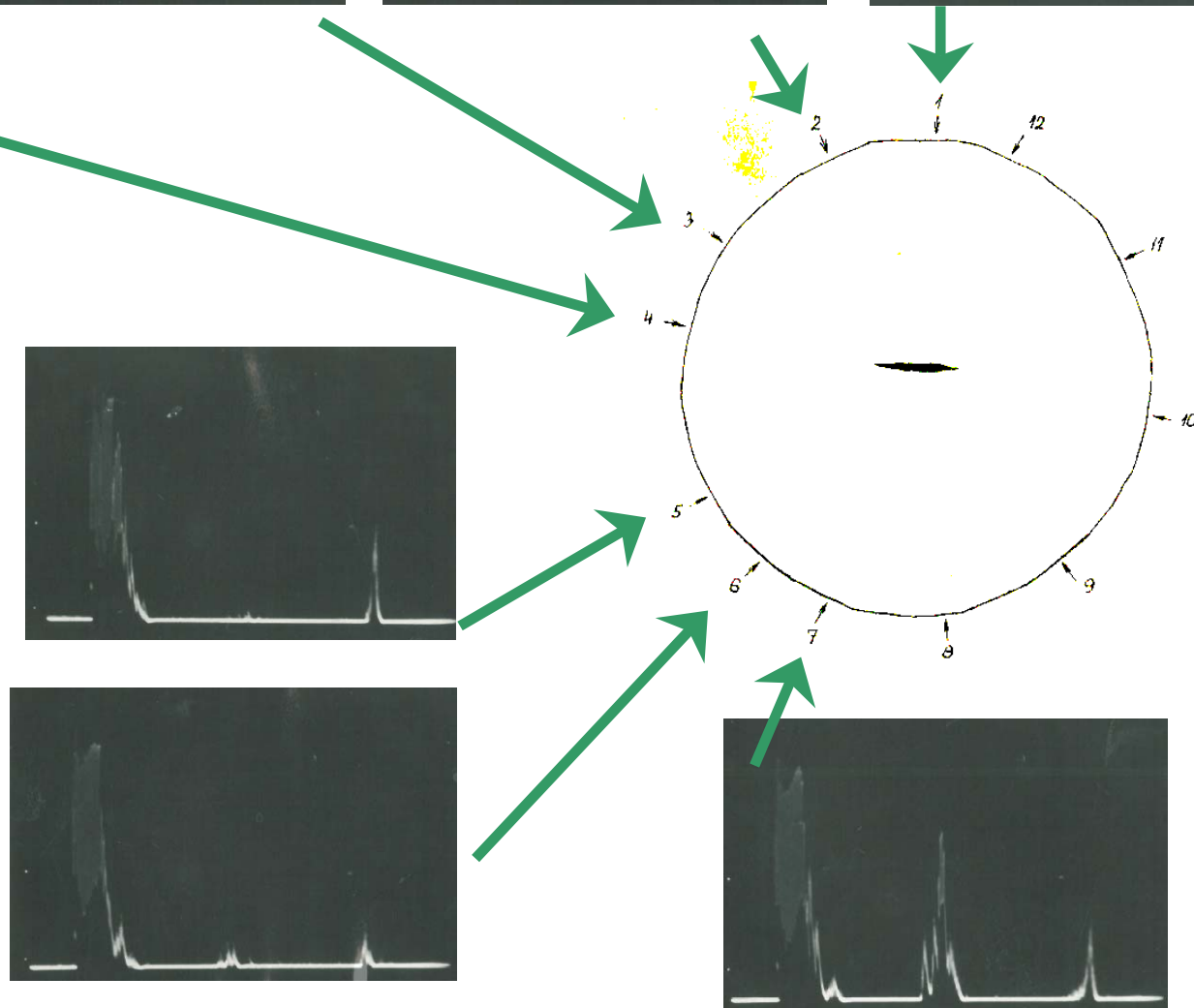
Úhlová sonda:



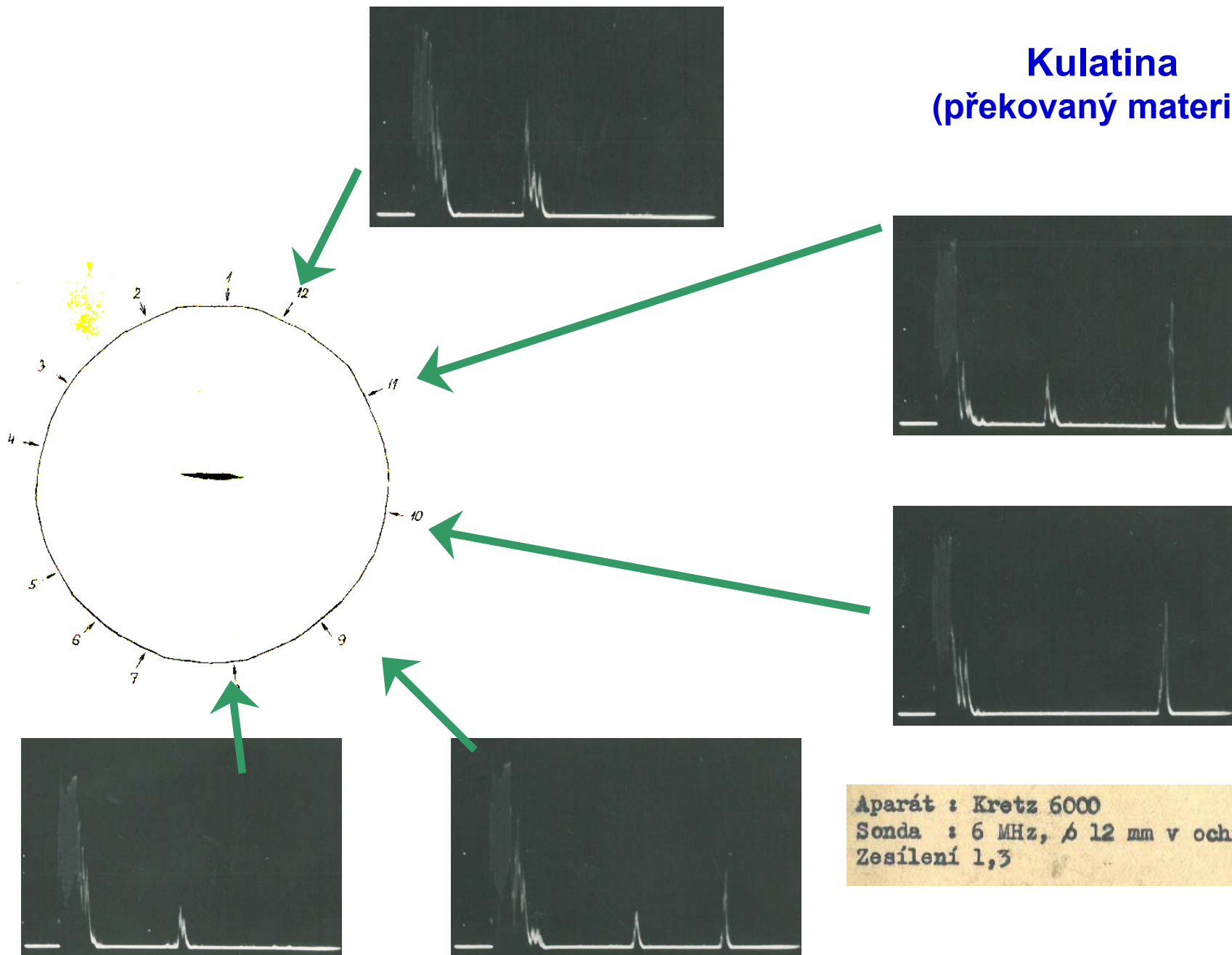
- 1) piezoelement
- 2) prizma z plexiskla
- 3) absorbátor
- 4) pouzdro
- 5) připojovací kontakt



**Kulatina
(překovaný materiál)**

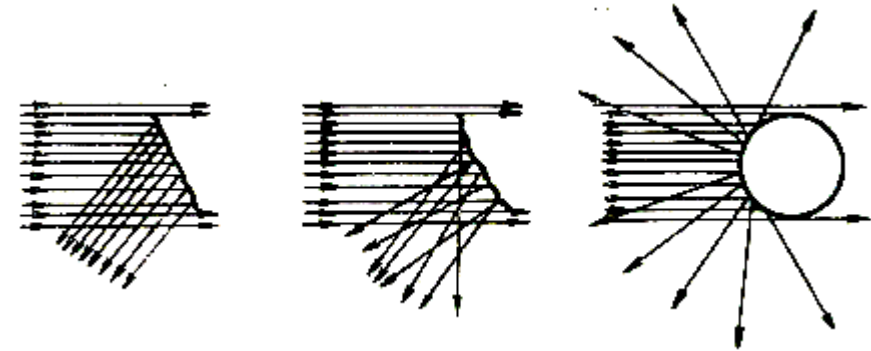
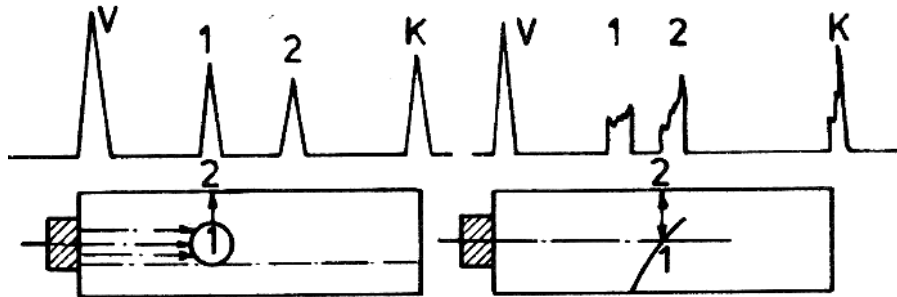
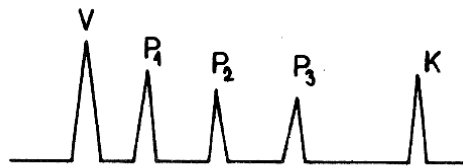
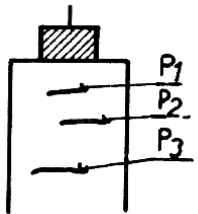
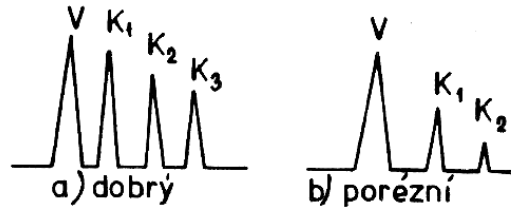
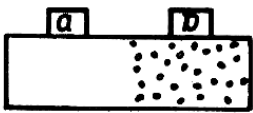
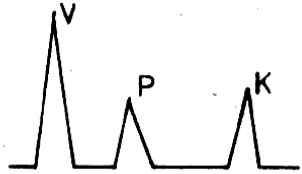
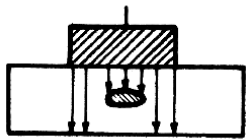
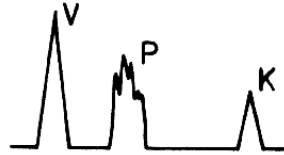
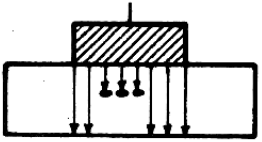
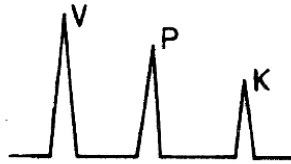
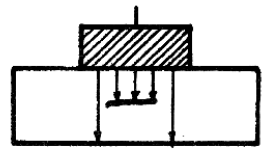


Kulatina (překovaný materiál)



Aparát : Kretz 6000
Sonda : 6 MHz, ø 12 mm v ochraném obalu
Zesílení 1,3

Charakteristiky některých vad:



- **Nepravé indikace**

„Interaktivní prvky“:

- **Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;**
- **V průběhu výkladu si poznamenávejte klíčové informace;**
- **Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);**
- **Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti. Pro svůj názor formulujte argumenty.**

Použitá literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- DOBROVOLNÝ B., *Technická fyzika*. Praha: Práce 1952.
- DORAZIL E., *Nauka o materiálu I., návody a cvičení*. VUT Brno 1989.
- CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.
- MANAS V., SPIKA L., *Zkouseni materialu magnetickými a kapilarními metodami*. SVUM Praha 1990
- MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.
- MÍŠEK B., PTÁČEK L., *Zkoušení materiálů bez porušení*. Praha: STNL 1968.
- *Návody k použití přístrojů a firemní prospekty*.
- ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: STNL 1982.
- ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.
- VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1967.
- VYSLOUŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.