

# Uporaba ultrazvoka

---

Tadej Strah

29. maj 2022

Izvedeno ..... 10.5.2022

## 1 Uvod

Nedestruktivne metode opazovanja notranjosti človeškega telesa in drugih objektov slonijo na pojavih absorpcije, sipanja in odboja valovanja v notranjosti telesa. Uporabljamo lahko najrazličnejša valovanja, odvisno od zahtev preiskave. Važna je valovna dolžina, ki na določa ločljivost metode in pa zmerna absorpcija ali sipanje. Poleg tega potrebujemo priročne izvore in detektorje valovanja.

Ultrazvočne metode se že dolgo uporabljajo tako v medicini kot v industriji. Nizke jakosti ultrazvoka niso škodljive človeškemu telesu. Ultrazvok s frekvenco nekaj MHz ima v večini snovi valovno dolžino okoli mm, kar zadostuje za opazovanje človeškega telesa in mnogih izdelkov v industriji.

Merjenje jakosti odbojev ultrazvoka v različnih globinah merjenja je najbolj pogost način meritve. V tem primeru merimo čas, ki ga valovanje porabi od izvora do nehomogenosti, ki valovanje delno odbija, in nazaj do detektorja. Meritev časa nam omogoča sunkovni način delovanja ultrazvočnega izvora, ki je analogen delovanju radarja. Izvor (piezoelektrični kristal) odda kratek močan impulz valovanja, ki je dolg nekaj valovnih dolžin, nato pa merimo jakost odbitega signala v odvisnosti od časa. Detektor je običajno kar isti piezoelektrični kristal, ki služi tudi kot izvor ultrazvoka. Na ta način dobimo enodimenzionalen prerez skozi merjeno telo. Večje število izvorov in detektorjev omogoča opazovanje dvodimenzionalnih prerezov skozi telo.

Z natančnimi meritvami hitrosti ultrazvoka v snovi lahko določamo tudi mnoge druge lastnosti snovi, ki so povezane z njeno trdnostjo. V homogenih snoveh lahko npr. določimo modul elastičnosti  $E$ , strižni modul  $G$  in Poissonovo število  $\mu$ . V tanki palici (valovna dolžina je dosti večja od premera palice) se širi longitudinalno valovanje s hitrostjo

$$c_{long,tanka}^2 = \frac{E}{\rho}, \quad (1)$$

kjer je  $\rho$  gostota palice. Hitrost longitudinalnega valovanja v razsežnem sredstvu je podana s formulo

$$c_{long}^2 = \frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}. \quad (2)$$

Hitrost transversalnega valovanja v razsežnem sredstvu lahko izrazimo s strižnim modulom ali pa s prožnostnim modulom in Poissonovim številom

$$c_{trans}^2 = \frac{G}{\rho} = \frac{E}{2\rho(1 + \mu)}. \quad (3)$$

Hitrost transversalnega valovanja v taki palici je bolj zapletena funkcija geometrije in je poleg tega odvisna še od valovne dolžine.

## 2 Potrebščine

- ultrazvočni defektoskop kot izvor in detektor valovanja
- digitalni osciloskop
- ultrazvočna sonda za longitudinalno valovanje MB4S-N z resonančno frekvenco 4MHz in za transversalno valovanje V155 z resonančno frekvenco 5MHz
- posoda z vodo in sondo MB4S-N in z nastavljivo odmevno površino, atenuator (dušilec) signala
- standardni miniaturni in kalibracijski blok normalne velikosti nepravilnih oblik z režami in izvrtinami
- valji iz jekla, aluminija in drugih materialov
- kontaktne paste za zapolnitev reže med sondami in merjenci

## 3 Naloga

1. Opazujte odboj longitudinalnega ultrazvočnega valovanja na različnih ploskvah priloženega merjenca nepravilnih oblik z izvrtinami in zarezi. Kalibrirajte skalo na zaslonu osciloskopa v mm poti valovanja v jeklu.
2. Poiščite odboj na izvrtini premera 1mm in določite njen položaj glede na zunanje ploskve merjenca. Ocenite globinsko ostrino meritve.
3. Določite hitrost longitudinalnega in transversalnega ultrazvočnega valovanja v jeklu in aluminiju. Uporabi ultrazvočni interferometer. Izračunajte prožnostni modul E, strižni modul G in Poissonovo število  $\mu$ .

## 4 Izvedba meritev, obdelava podatkov in rezultati

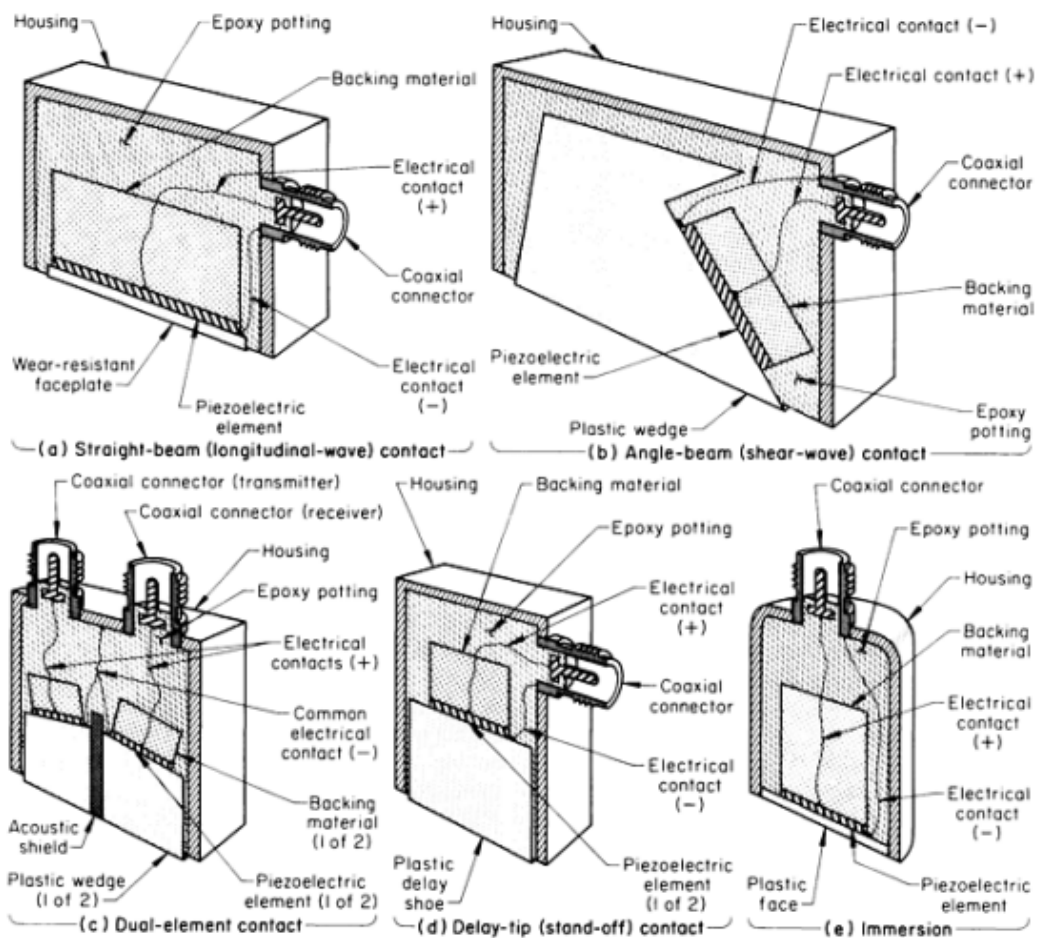
Ultrazvočni defektoskop vsebuje izvor, ki odda kratek napetostni sunek (približno 200V, 100ns), ki je povzročen s hitrim praznjenjem kondenzatorja. Sinek vodimo na ultrazvočno sondo, ki močno zaniha in odda sunek valovanja v material, ki se ga sonda dotika. Osrednji del sond je piezo-električni kristal; odvisno od orientacije v posamezni sondi zaniha v transversalni ali pa longitudinalni smeri.

Isto sondo uporabimo tudi kot sprejemnik odbitega valovanja. Vzbujačni sunek uporabimo tudi za proženje osciloskopa.

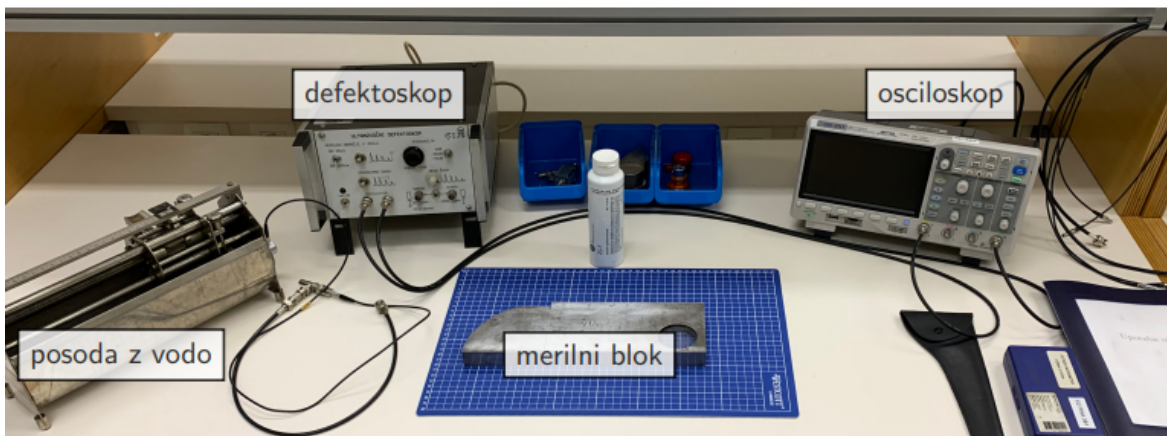
Za dober kontakt med sondo in merjencem uporabimo gosto pasto, s katero zmanjšamo odboj valovanja na meji sonda-merjenec.

Za začetek opazujemo odboje na merjencu znanih dimenzij (3). Tako iz znanih dimenzij in izmerjenega časa od izseva do odboja izračunamo hitrost valovanja v merjencu.

Hitrost v jeklu, iz katerega je merjenec je tako

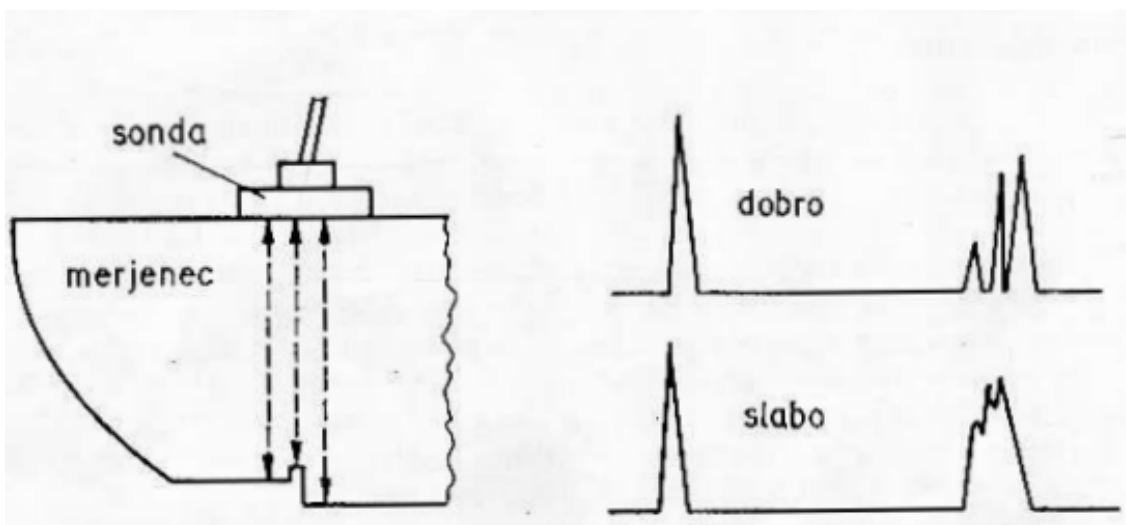


Slika 1: Različne izvedenke ultrazvočnih sond

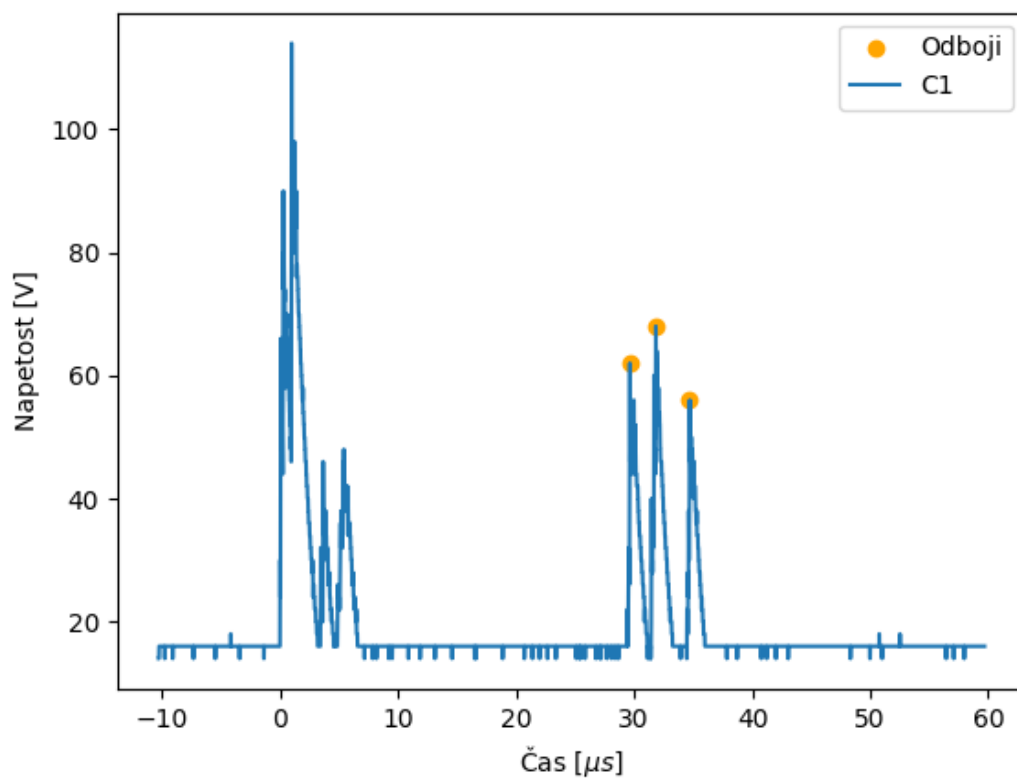


Slika 2: Postavitev eksperimenta





Slika 4: Del merjenja z zarezo



Slika 5: Del merjenja z zarezo - meritev

	Longitudinalno		Transverzalno	
	$d_{jeklo}$ [mm]	$d_{alu}$ [mm]	$d_{jeklo}$ [mm]	$d_{alu}$ [mm]
1	2	2	6.5	6
2	8.5	8	18.5	17.5
3	15	14	30	28.5
4	21	20	41	39.5
5		26		

Tabela 1: Meritve z interferometrom

Na enak način poravnamo še signal odboja iz interferometra z drugim, tretjim...odbojem, da lahko bolj natančno določimo hitrost.

Meritve razdalj interferometra, pri katerih se pokrijejo vrhovi prikazuje tabela 1.

Izračunamo

$$c_L(jeklo) = (6.0 \pm 0.1) \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$c_L(Al) = (6.3 \pm 0.1) \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$c_T(jeklo) = (3.4 \pm 0.1) \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$c_T(Al) = (3.2 \pm 0.1) \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

Vrednosti se znotraj napak ujemajo z referenčnimi vrednostmi iz interneta.

Obrnemo enačbi 2 in 3, da dobimo enačbe za Poissonovo število, Youngov prožnostni modul ter strižni modul.

$$\mu = \frac{c_L^2 - 2c_T^2}{2(c_L^2 - c_T^2)}, \quad (4)$$

$$E = \frac{c_L^2 \rho (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}, \quad (5)$$

$$G = \rho c_T^2. \quad (6)$$

Izračunane rezultate prikazuje tabela 4. Številsko se vrednosti dobro ujemajo z referenčnimi vrednostmi z interneta.

	$c_L$ [km/s]	$c_T$ [km/s]	$\rho$ [kg/dm <sup>3</sup> ]	$\mu$	E [GPa]	G [GPa]
jeklo	(6.0 ± 0.1)	(3.4 ± 0.1)	7.8	(0.31 ± 0.05)	(220 ± 5)	(83 ± 4)
aluminij	(6.3 ± 0.1)	(3.2 ± 0.1)	2.7	(0.34 ± 0.05)	(70 ± 4)	(26 ± 3)