

Uporaba ultrazvoka

Bor Kokovnik

Maj 2024

1 Uvod

Nedestruktivne metode opazovanja notranjosti človeškega telesa in drugih objektov, slo-nijo na pojavih absorpcije, sipanja in odboja valovanja v notranjosti telesa. Uporabljamo različne vrste valovanja, odvisno od zahtev preiskav. Važna je valovna dolžina, ki nam določa ločljivost metode, in pa zmer-na absorpcija ali sipanje.

Ultrazvok s frekvenco nekaj MHz ima v večini snovi valovno dolžino okoli mm, kar za-dostuje za opazovanje človeškega telesa in mnogih izdelkov v proizvodnji, npr. jeklenih blokov v železarni.

Najpogosteje merimo s pomočjo jakosti odbojev na nehomogenostih v materialu. Tako meritev nam omogoča sunkovit način delovanja oddajnika, ki je dolg le nekaj valovnih dolžin. Odbiti signal sprejemamo z istim piezoelektričnim kristalom. Taka meritev nam da 1D meritev v globino, več izvirov pa nam omogoča 2D merjenje. Z meritvami ul-trazvoka lahko merimo tudi lastnosti snovi, npr. modul elastičnosti E , strižni modul G in Poissonovo število μ v homogenih snoveh. V tanki palici velja za hitrost longitudinalnega valovanja

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

kjer je ρ 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 modu-lom ali pa s prožnostnim modulom in Poissonovim številom

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

Iz enačb (2) in (3) lahko izrazimo μ kot

$$\mu = \frac{2c_t^2 - c_l^2}{2(c_t^2 - c_l^2)} \quad (4)$$

2 Potrebščine

- ultrazvočni defektoskop kot izvor in detektor valovanja,
- digitalni osciloskop za opazovanje signala (SigLent SDM 3065X), USB ključek,

- ultrazvočna sonda za longitudinalno valovanje MB4S-N z resonančno frekvenco 4 MHz (proizvajalec GE Kreutkramer) in za transversalno valovanje V155 z resonančno frekvenco 5 MHz (proizvajalec Panametrics),
- posoda z vodo s 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,
- stojalo za montažo sonde in valjastih merjencev, BNC kabli.

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 določi njen položaj glede na zunanje ploskve merjenca. Ocenite globinsko ostrino meritve.
3. Določite hitrost longitudinalnega in transversalnega ultrazvočnega valovanja v jeklu in aluminiju, ali v drugem materialu. Uporabi ultrazvočni interferometer. Izračunajte prožnostni modul E , strižni modul G in Poissonovo število μ .

4 Meritve

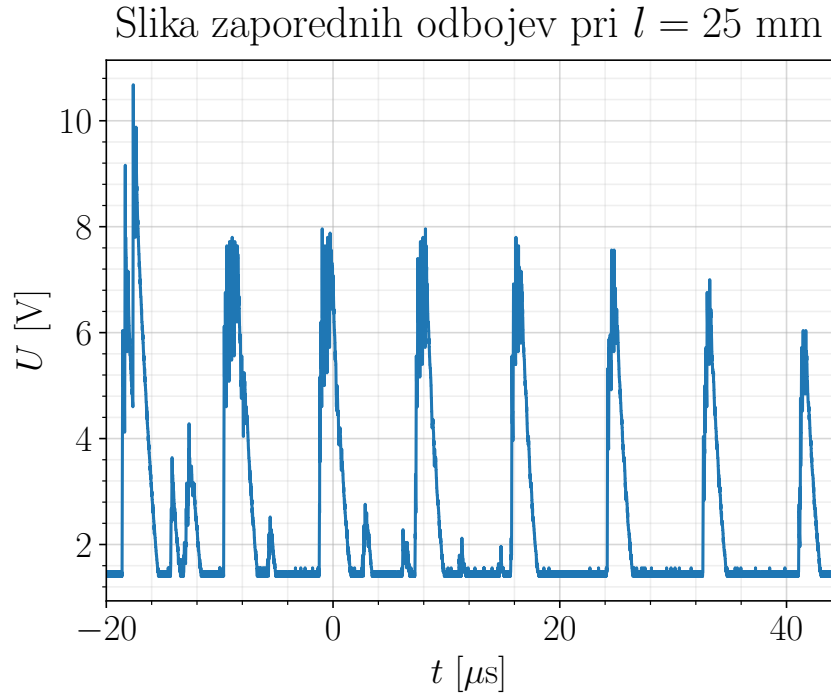
Datum izvedbe vaje: 25. 4. 2024

4.1 Hitrost zvoka v jeklu

Ta meritev služi kot umeritev za naslednji del vaje. Iz izmerjenega časa med zaporednimi odboji (vrhovi na sliki 1) in znanih dimenzij kalibracijskega bloka lahko določimo hitrost zvoka. Meritve na različnih ploskvah bloka, izračunane za več zaporednih vrhov, so prikazane v tabeli 1.

Tabela 1: Hitrost zvoka v jeklu, izmerjena na različnih stranicah in po večjih odbojih.

Zaporedno število odboja	$l = (100 \pm 0,1) \text{ mm}$	$l = (25 \pm 0,1) \text{ mm}$	$l = (90 \pm 0,1) \text{ mm}$
1	5870 ± 120	5620 ± 450	5810 ± 130
2	5880 ± 60	5850 ± 240	5820 ± 70
3	5910 ± 40	5810 ± 160	5860 ± 45
4		5900 ± 120	5840 ± 35
5		5900 ± 100	
6		5890 ± 90	
7		5900 ± 70	



Slika 1: Primer slike iz osciloskopa, ki prikazuje zaporedne odboje longitudinalnega valovanja od stranice na razdalji $l = (25 \pm 0,1)$ mm

Iz vseh teh meritev lahko preko obteženega povprečja, kjer za utež vzamemo kvadrat inverza napake, pridemo do končne vrednosti za hitrost zvoka v jeklu:

$$c_{jeklo} = (5870 \pm 20) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.2 Meritev reže

Iz hitrosti zvoka, ki smo jo izračunali v prejšnjem odseku, in slike 2 lahko določimo razdaljo od oddajnika do posamezne površine reže. Dobimo sledeče vrednosti:

$$l_1 = (84 \pm 2) \text{mm}$$

$$l_2 = (90 \pm 2) \text{mm}$$

$$l_3 = (99 \pm 2) \text{mm}$$

Te so znotraj negotovosti enake tistim, ki jih odčitamo iz mer kalibracijskega bloka.

Globinsko ostrino lahko ocenimo na podlagi širine prejetega pulza pri polovični amplitudi (FWHM). To sem ocenil na

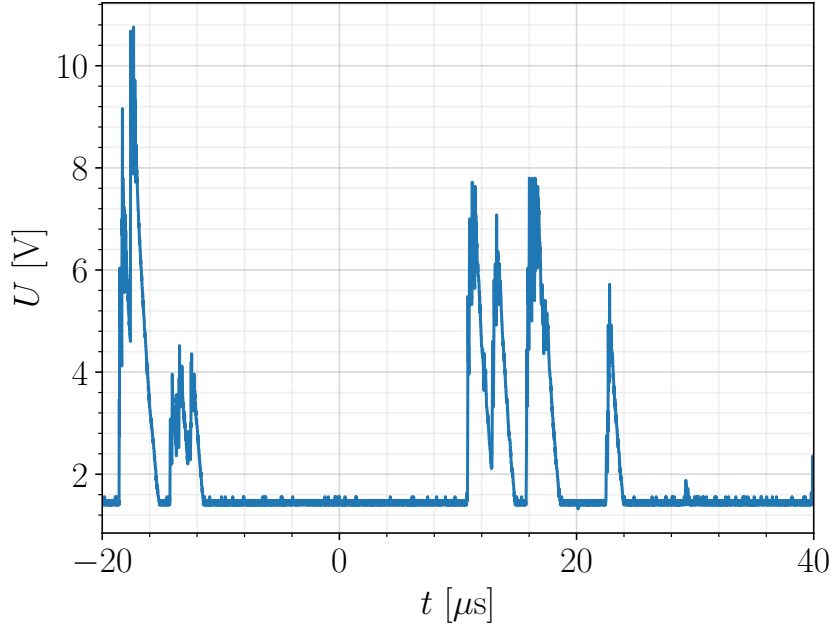
$$\Delta l_{max} = 6 \text{mm}$$

To pomeni, da lahko zanesljivo ločimo le predmete, ki so oddaljeni za Δl_{max}

4.3 Meritve lastnosti materiala

Zaradi težav z merjenjem so meritve, odčitane iz interferometra napačne, zato sem odmaknjenost odbojne površine preračunal iz shranjene slike iz osciloskopa. Preko preprose

Slika odbojev na reži



Slika 2: Primer slike iz osciloskopa, ki prikazuje zaporedne odboje longitudinalnega valovanja od stranice na razdalji $l = (25 \pm 0,1)$ mm

izenačitve časov potovanja pridemo do izraza $c_{material} = \frac{l_{material} c_{vode}}{l_{odbojna}}$. Tako izračunamo longitudinalne in transverzalne hitrosti propagacije:

$$\begin{aligned} c_{jeklo,long} &= (4900 \pm 800) \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ c_{aluminij,long} &= (4600 \pm 700) \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ c_{jeklo,trans} &= (2600 \pm 300) \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ c_{aluminij,trans} &= (2700 \pm 300) \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Te meritve se ne skladajo s pričakovanimi, več o temu pa v zaključku. Iz dobljenih vrednosti lahko izračunamo Poissonovo število μ , modul elastičnosti E in strižni modul G iz enačb (2), (3) in (4):

$$\begin{aligned} \mu_{jeklo} &= 0,3 \pm 0,1 \\ \mu_{aluminij} &= 0,26 \pm 0,14 \\ E_{jeklo} &= (140 \pm 20) \text{ GPa} \\ E_{aluminij} &= (47 \pm 8) \text{ GPa} \\ G_{jeklo} &= (52 \pm 9) \text{ GPa} \\ G_{aluminij} &= (19 \pm 4) \text{ GPa} \end{aligned}$$

5 Zaključek

Rezultati pri prvih dveh delih vaje so znotraj napake enaki pričakovanim. Večja odstopanja pa vidimo pri tretjem delu vaje. Glavni razlog za te so težave pri odčitavanju

razdalje na interferometru, zaradi česar sem se moral zanašati na neostro sliko, zajeto iz osciloskopa. Temu primerno sem poizkusil povečati napake pri meritvi razdalje (posredno iz časa), a se izmerjene vrednosti kljub temu ne skladajo povsem s pričakovanimi, prikazanimi v tabeli 2.

Tabela 2: Pričakovane vrednosti za merjenje

Material	μ	E [GPa]	G [Gpa]	c_t [m/s]	c_l [m/s]
Aluminij	0,33	70	26	6420	3040
Jeklo	0,3	200	79	5940	3220