

PAGRINDINIAI ULTRAGARSINIAI MATAVIMO METODAI. SKENAVIMO IR VAIZDŲ FORMAVIMO METODAI, VIZUALIZACIJA

DARBO TIKSLAS

Susipažinti su skirtingais ultragarsiniais matavimo metodais. Susipažinti su A, B ir C ultragarsiniais vaizdais.

PAGRINDINIAI ULTRAGARSINIAI MATAVIMO METODAI

Ultragarsiniai matavimo ir neardomųjų bandymų metodai gali būti skirstomi į keletą grupių pagal įvairius požymius:

- Kontaktiniai ir nekontaktiniai (imersiniai, per oro tarpą) metodai;
- Metodai naudojant vieną ar kelis keitiklius;
- Metodai naudojant statmenąją ar kampinę keitiklį (pagal bangų kritimo į objektą kampą);
- Aido impulsinis ir praėjimo metodai.

Yra galimos įvairios visų šių metodų kombinacijos. Pvz., gali būti taikomas kontaktinis aido impulsinis metodas naudojant vieną statmenąją keitiklį arba imersinis praėjimo metodas naudojant du statmenuosius keitiklius ir pan.

Kontaktinis aido impulsinis matavimo metodas naudojant statmenąją keitiklį

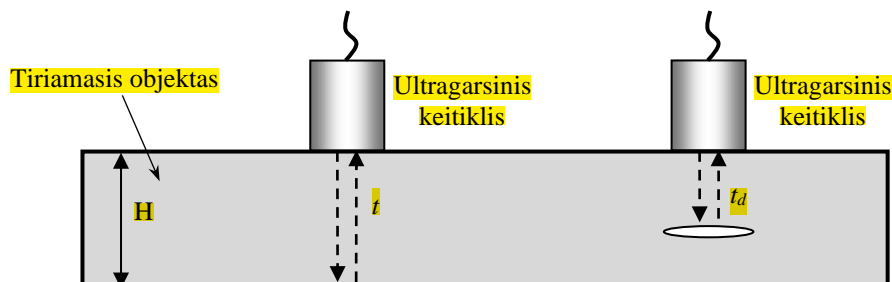
Kontaktinis aido metodas naudojant statmenąją keitiklį yra vienas plačiausiai taikomų metodų. Juo galima nustatyti defekto gylį ir skersinius jo matmenis. **Atliekant matavimus keitiklis priglaudžiamas prie tiriamosios medžiagos, išspinduliuojama ultragarsinė banga ir tuo pačiu keitikliu priimama nuo tiriamosios medžiagos dugno ar nuo medžiagoje esančių nevienalytiškumų atsispindėjusi banga** (1.1 pav.).

Aido impulsinis metodas pagrįstas ultragarso bangos sklidimo laiko matavimu. Sklisdama tiriamuoju objektu banga visiškai arba iš dalies atsispindi nuo objekto dugno ar savo kelyje sutikto nevienalytiškumo (1.1 pav.). Šiuo metodu galima nustatyti ultragarso bangos sklidimo greitį (jei žinomas bandinio storis), **nustatyti bandinio storį (jei žinomas greitis) ir nustatyti gylį, kuriame yra defektas.**

Bandinio storis ar defekto gylis apskaičiuojamas, išmatavus bangos sklidimo laiką pagal šią formulę:

$$H = \frac{V \cdot t}{2}; \quad (1.1)$$

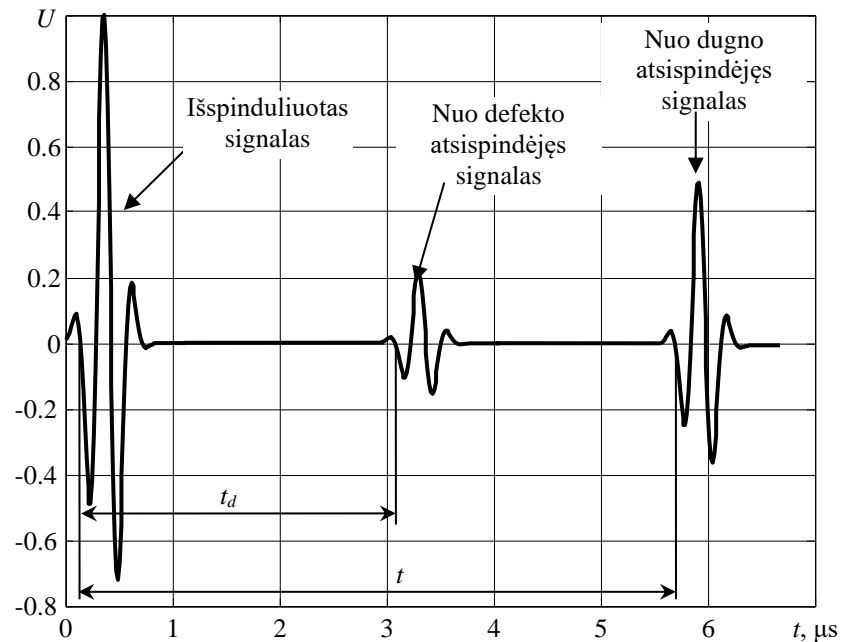
čia V – ultragarso greitis tiriamojame medžiagoje; t – signalo sklidimo iki bandinio dugno ar defekto trukmė.



1.1 pav. Aido impulsinis matavimo metodas

Signalai, atsispindėję nuo tiriamojo objekto dugno ir defekto, ir jų sklidimo laikai parodyti 1.2 pav. **Bet koks signalas, kurio sklidimo laikas t_d yra mažesnis už sklidimo laiką iki dugno t ,**

indikuoja apie nehomogeniškumo buvimą tiriamajame objekte. Jei tiriamoje objekto vietoje nėra defektų, keitiklis priims tik nuo dugno atsispindėjusį signalą ir monitoriaus ekrane bus matomas išspinduliuotas impulsas ir atspindėtas nuo dugno signalas (1.2 pav.). Kai keitiklis pozicionuojamas virš defekto, monitoriaus ekrane pirmiausia matomas išspinduliuotas impulsas, o tada signalas, atspindėtas nuo defekto. Dar galimas variantas, kai dalis keitiklio spinduliuojamo signalo atsispindės nuo nevienalytiškumo, o kita dalis nusklis iki dugno ir atsispindės nuo jo (1.2 pav.). Tuo atveju atsispindėję signalai laiko ašyje bus tose pačiose vietose, tik jų amplitudės mažesnės. Be to, priklausomai nuo defekto padėties ir tiriamojo objekto savybių, galima matyti ir daugkartinius atspindžius, pvz., pakartotinį atspindį nuo defekto.



1.2 pav. Signalų laiko srityje pavyzdys

Kontaktinio aido metodo pranašumai: užtenka priėjimo iš vienos objekto pusės, nereikalinga talpa su vandeniu (kaip imersinio metodo atveju), paprasta įranga. Deja, šis metodas turi ir trūkumų: sunku rasti defektus arti paviršiaus ar statmenus paviršiui defektus. Dažniausiai kontaktinis aido metodas taikomas: nevienalytiškumų vietoms rankiniu būdu rasti, storiui matuoti, atsisluoksniavimo defektams rasti.

Skenavimo ir vaizdų formavimo metodai, vizualizacija

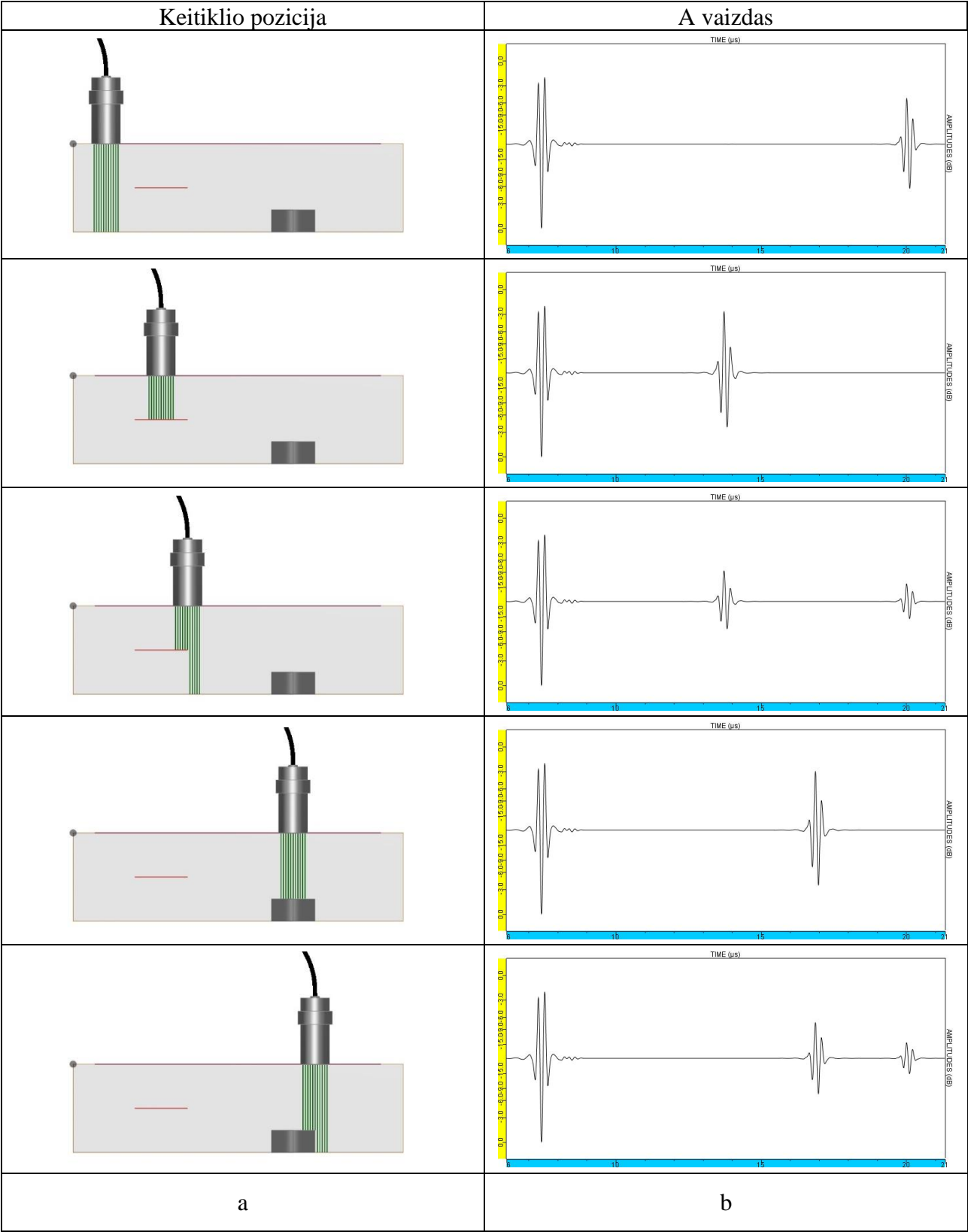
Skiriami tokie skenavimo būdai ir vaizdų tipai:

- A vaizdas;
- B vaizdas;
- C vaizdas.

A vaizdas

Plačiausiai naudojamas A vaizdas. Jis yra vienmatis – parodo reakciją išilgai išspinduliuotos bangos kelio tam tikroje tiriamojo objekto vietoje (1.6 pav.). Nevienalytiškumų gylį parodo signalo sklaidimo trukmė. Pirmiausia laiko ašyje (1.6 pav., b) matomas žadinimo signalas P. Atspindys nuo defekto C ateis anksčiau nei atspindys nuo defekto B. Atspindys nuo dugno linijos A ateis anksčiau nei nuo dugno linijos D. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad vienu metu monitoriaus ekrane bus matomi tik kai kurie iš pavaizduotų impulsų – pvz., keitikliui esant pozicijoje k_1 , monitoriaus ekrane bus matomas žadinimo signalas P ir atspindys nuo dugno linijos A, o keitikliui esant pozicijoje k_2 bus matomas žadinimo signalas, atspindys nuo defekto B ir atspindys nuo dugno linijos D (nebūtinai, - tai priklausys nuo defekto dydžio ir keitiklio padėties defekto atžvilgiu). Nevienalytiškumų dydį

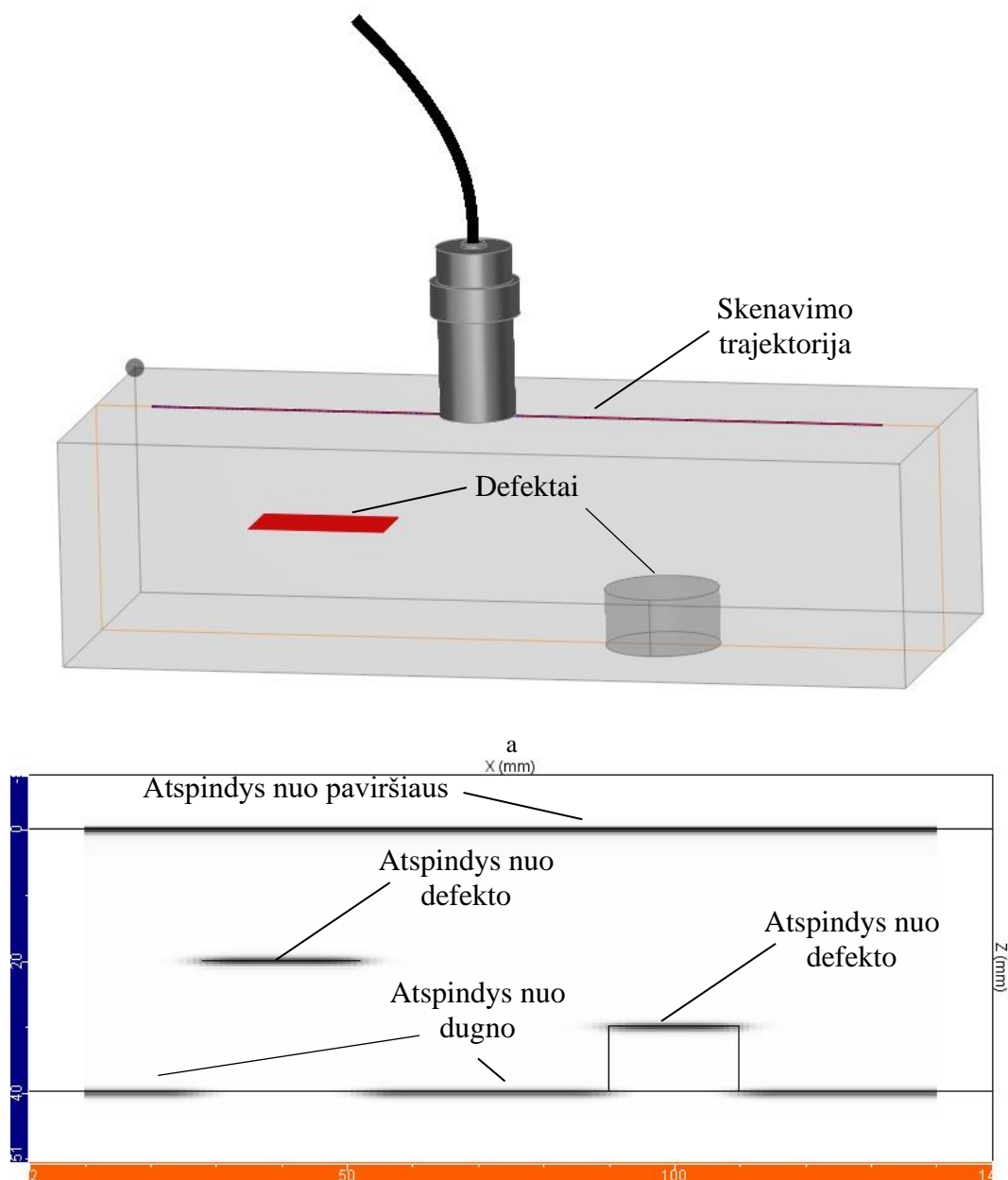
galima įvertinti iš atspindėjusio signalo amplitudės. A vaizdas yra naudojamas daugelyje standartinių ultragarsinių matavimo prietaisų.

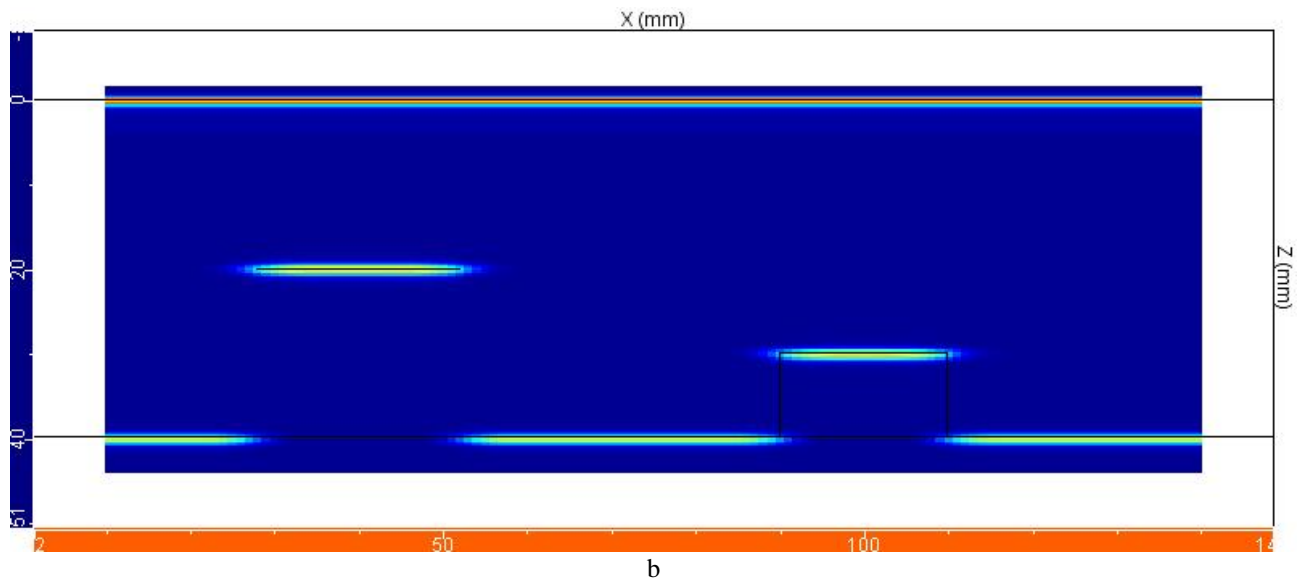


1.6 pav. A vaizdo gavimas: a – keitiklio pozicija ant tiriamojo objekto; b – A vaizdai esant skirtingoms keitiklio pozicijoms

B vaizdas

B vaizde parodomas tiriamojo objekto skersinis pjūvis. Norint gauti skersinį pjūvį skenuojama išilgai vienos ašies. Keitiklio padėtis išilgai skenavimo kelio parodoma ant vienos ašies, o sklaidimo trukmė (gylis) – išilgai kitos ašies (1.8 pav.). Iš B vaizdo galima nustatyti gylį, kuriame yra defektas, ir apytikslūs defekto matmenis skenavimo kryptimi.

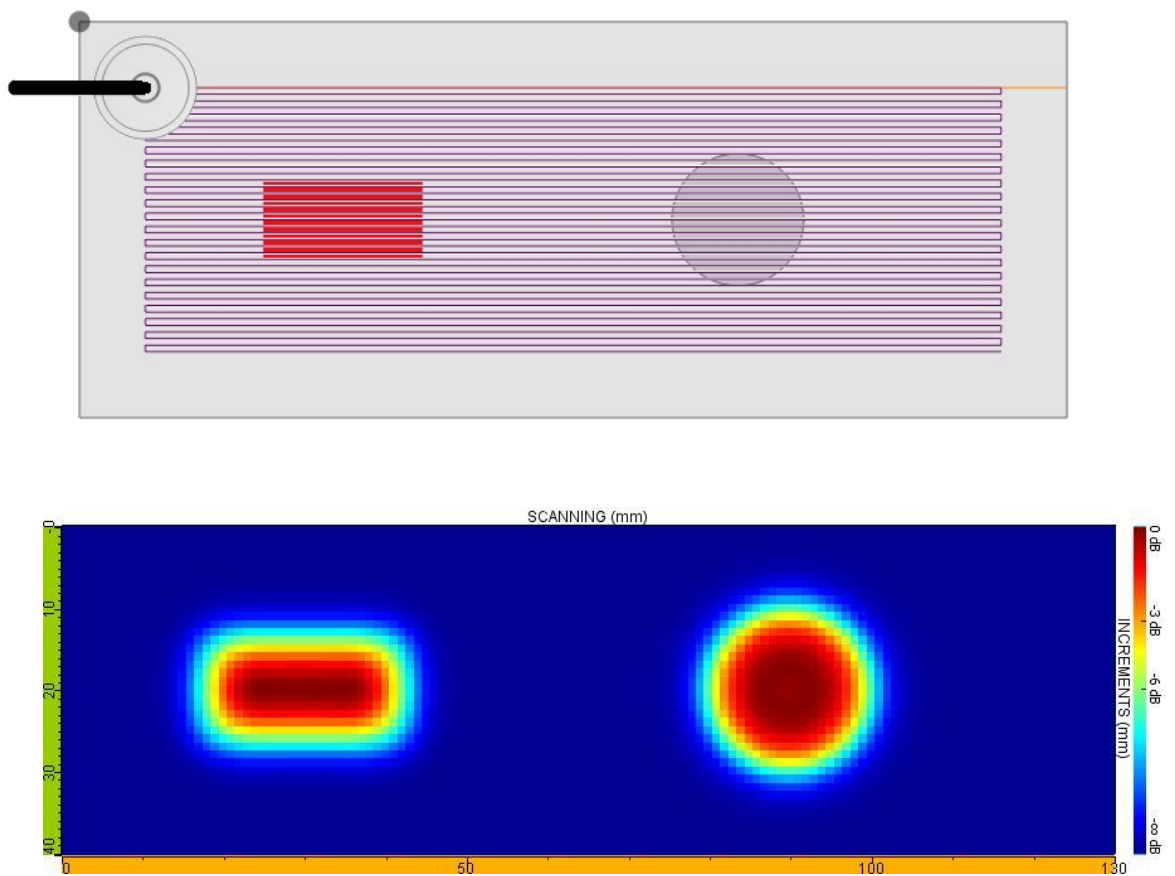




1.8 pav. B vaizdo gavimas: a – tiriamasis objektas; b – B vaizdas

C vaizdas

Norint gauti C vaizdą – nevienalytiškumų vaizdą iš viršaus – skenuojama skersai ir išilgai vieno paviršiaus (1.10 pav.). C vaizde pateikiama projekcija iš viršaus. Jame yra atvaizduotos įvairiomis spalvomis užkoduotos signalo amplitudės. Nevienalytiškumų padėtis ir dydis nustatomi iš amplitudės pokyčių, priklausančių nuo keitiklio padėties.

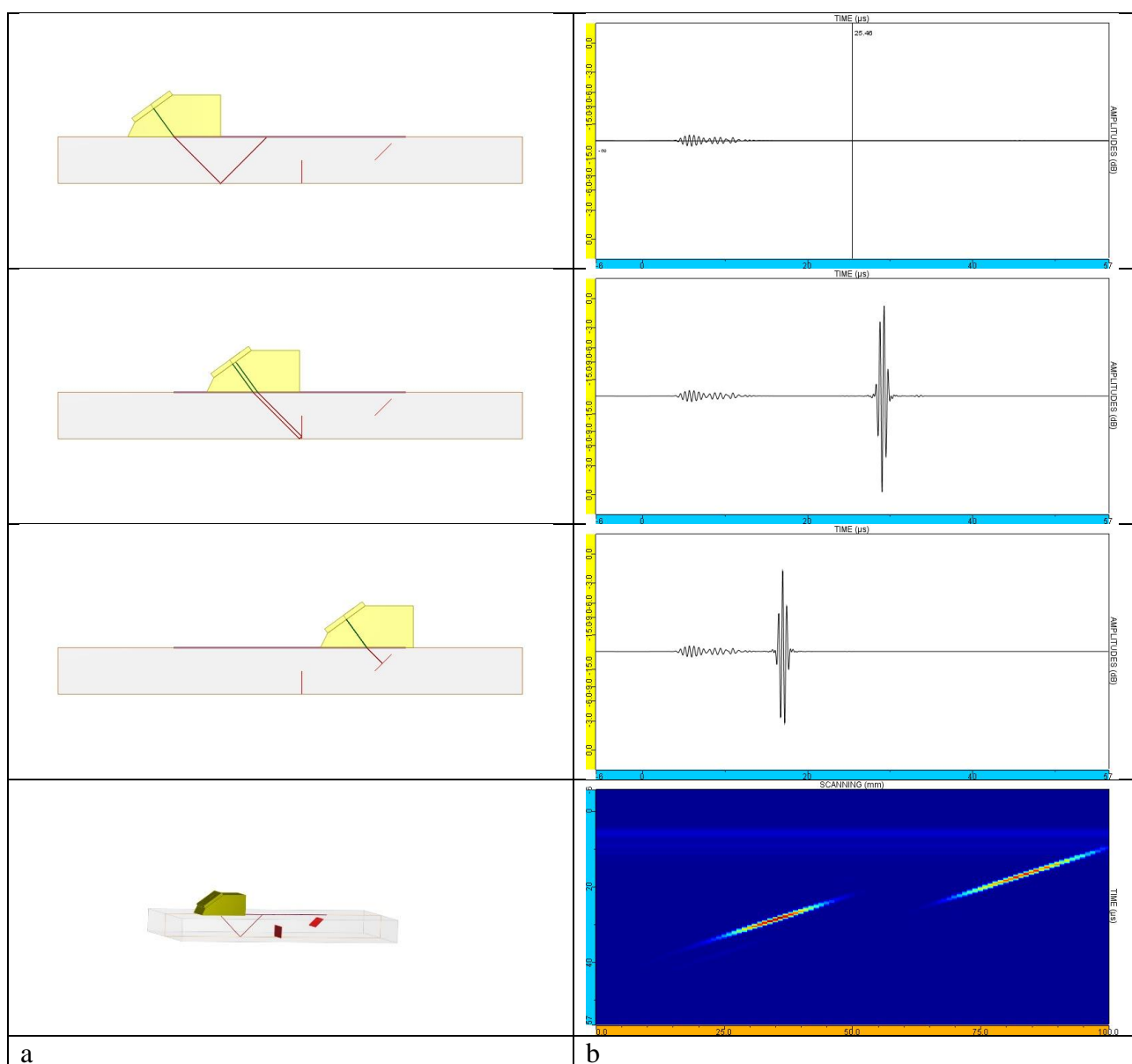


1.10 pav. Tiriamojo objekto: a – vaizdas iš viršaus; c – C vaizdas

Kontaktinis aido metodas naudojant kampinį keitiklį

Neardančioje kontrolėje plačiai naudojami kampiniai keitikliai. Pagal ultragarsinio bangos sklaidimo kampą jie gali sugeneruoti tiek išilgines, tiek skersines bangas. Kampiniai keitikliai naudojami nevienalytiškumams, kurie yra nelygiagretūs su tiriamojo objekto paviršiumi, rasti. Jei kampinis keitiklis naudojamas aido impulsiniu režimu ir tiriamajame objekte nėra defektų, monitoriaus ekrane bus matomas tik išspinduliuotas impulsas II (1.3 pav., a), nes banga, atsispindėdama nuo apatinės ir viršutinės objektų sienelės, sklis tolyn. Jeigu bangos kelyje pasitaikys nevienalytiškumas, banga nuo jo atsispindės ir sugrįš į keitiklį (1.3 pav., b). Žinant bangos sklaidimo laiką ir kampą galima apskaičiuoti defekto padėtį objekte.

Pagrindinis šio metodo pranašumas – galima rasti nevienalytiškumus, kurie nelygiagretūs su tiriamojo objekto paviršiumi. Pvz., naudojant statmenąjį keitiklį aido impulsiniu režimu, negalima aptikti statmenų paviršiui defektų, o naudojant kampinį keitiklį, tokie defektai lengvai aptinkami. Šis metodas dažniausiai taikomas suvirinimo siūlėms tikrinti ir statmeniams paviršiui defektams rasti



1.3 pav. Aido metodas naudojant kampinį keitiklį

Imersinis aido impulsinis matavimo metodas naudojant statmenąjį keitiklį

Atliekant ultragarsinius matavimus, labai dažnai yra taikomas imersinis metodas – kai tiriamasis objektas panardinamas į vandenį. Vanduo leidžia pagerinti ultragarso bangos perdavimą iš ultragarsinio keitiklio į tiriamąjį objektą. Be to, vanduo veikia kaip vėlinimo linija ir padeda atskirti signalus. Praktikoje imersiniai tyrimo metodai labai plačiai taikomi, nes galima tirti įvairių formų objektus. Neprarandamas kontaktas dėl paviršiaus netolygumo ar dydžio variacijų. Keičiant atstumą tarp keitiklio ir tiriamojo objekto, galima fokusuoti ultragarsinį lauką skirtingame gylyje.

Pagrindiniai šio metodo trūkumai būtų šie: sudėtinga sistema (nenašiojama), netinka koroduoti linkusiems objektams. Imersiniai metodai tinka sudėtingos formos objektams tirti.

Skenuojanti akustinė mikroskopija

Skenuojanti akustinė mikroskopija (SAM) leidžia užfiksuoti didelės raiškos vaizdus dėl aukšto dažnio keitiklių ir mažo bangos ilgio. Skenuojanti akustinė mikroskopija (SAM) naudoja ultragarso bangas, kad aptiktų ir identifikuotų vidines delaminacijas, oro poras, medžiagos tankio pokyčius ir kitus medžiagų ir konstrukcijų defektus. Veikimo principas remiasi aido impulsiniu metodu (1.1 pav.) – t.y. ultragarso bangų atspindžiu dviejų medžiagų riboje. Eksperimentinė tyrimo schema pateikta 1.10 pav. SAM yra labai jautrus delaminacijoms ir medžiagos tankio pokyčiams, kuriuos sunku aptikti naudojant radiografiją.. Tai yra pripažintas mikroelektronikos komponentų ir medžiagų neardomosios kokybės kontrolės metodas, kuris įprastai naudojamas integriniams grandynams ir kitiems elektroniniams komponentams tikrinti.

Įvairių medžiagų ultragarsiniai tyrimai

Skirtingų medžiagų skiriasi tankiai, grūdėtumas ir kitos savybės, dėl to atliekant ultragarsinius tyrimus tenka įvertinti ir konkrečios medžiagos savitumus.

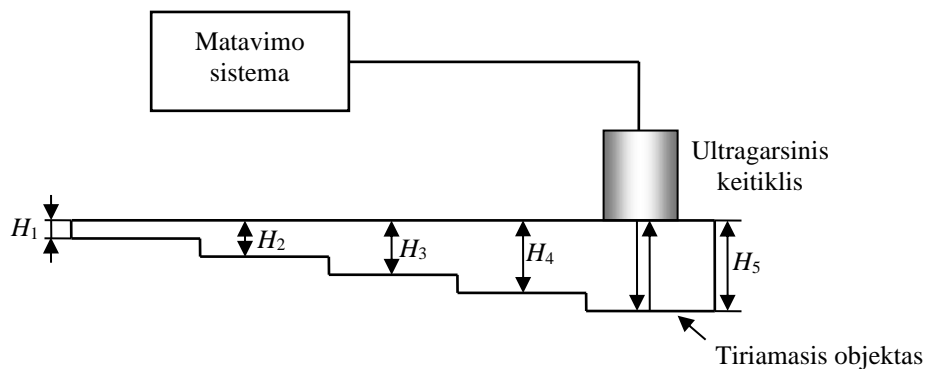
DARBO APARATŪRA

- Ultragarsinių matavimų sistema *Ultralab, Omniscan, TecScan* (žr. priedą);
- 5 MHz statmenasis kontaktinis išilginių bangų keitiklis (V126-RM);
- 5 MHz imersiniai keitikliai (C309-SU);
- 4 MHz 60° ir 70° kampiniai keitikliai,
- 2MHz 45° kampiniai keitikliai
- Oriniai 300kHz keitikliai;
- Organinio stiklo ir plieninis storio kalibravimo blokai, aliuminio plokštelės, aliuminio-stiklo pluošto kompozito (GLARE), anglies pluošto plokštelės bandiniai.

DARBO UŽDUOTIS LABORATORIJOJE

1. Storio matavimas kontaktiniu aidu metodu:

- Sujungti ultragarsinių matavimų sistemą *Omniscan* (žr. priedą) matavimams aidu impulsiniu režimu atlikti (1.11 pav.);
- Tyrimui atlikti naudoti 5 MHz statmenąjį išilginių bangų keitiklį;
- Keitiklį uždėti ant bandinio, akustiniam kontaktui pagerinti naudoti vandenį;
- Užregistruoti signalus, atspindėtus nuo bandinio dugno;
- Įrašyti bandiniuose sklindančius signalus;
- Išmatuoti laiko intervalus tarp gretimų atspindžių t ;
- Žinant ultragarso bangų greitį objekte, apskaičiuoti bandinių storį pagal (1.1) formulę;
- Išmatuoti tiriamųjų bandinių storį ir palyginti jį su eksperimentiškai išmatuotu;
- Matavimų ir skaičiavimų duomenis surašyti į 1.1 lentelę.



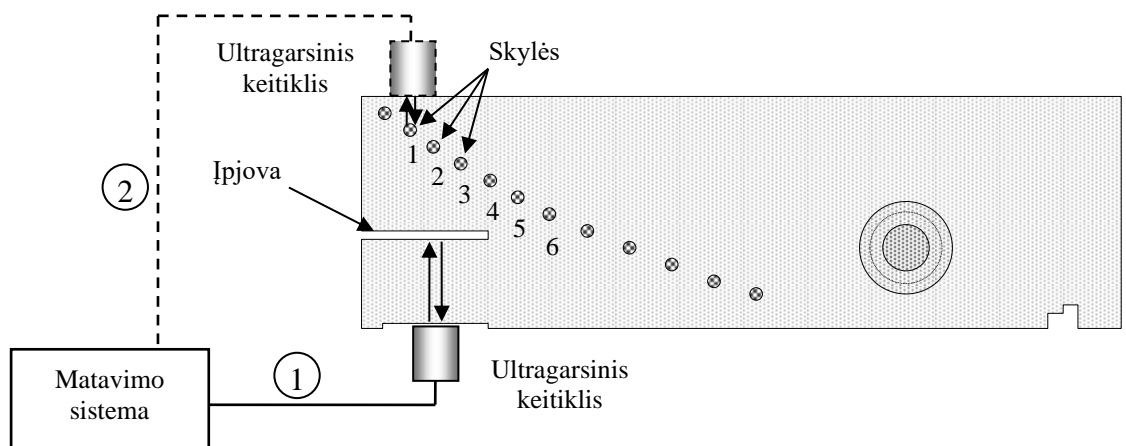
1.11 pav. Apibendrintoji eksperimentinė storio matavimo schema

1.1 lentelė

Pakopos nr.	Teorinis ultragarso greitis, m/s	Laiko intervalas tarp gretimų atspindžių, μ s	Apskaičiuotasis storis, mm	Išmatuotasis storis, mm

2. Defektų gylio nustatymas kontaktiniu aido metodu:

- Sujungti ultragarsinių matavimų sistemą *Omniscan* (žr. priedą) matavimams aido impulsiniu režimu atlikti;
- Tyrimui atlikti naudoti 5 MHz statmenąjį ultragarsinį keitiklį;
- Keitiklį uždėti ant organinio stiklo bandinio virš įpjovos, akustiniam kontaktui pagerinti naudoti vandenį (1.12 pav.);
- Įrašyti bandinyje sklindančius signalus;
- Pagal užregistruotus signalus nustatyti įpjovos gylį nuo bandinio paviršiaus;
- Išmatuoti, kokiame gylyje įpjova yra iš tikrųjų;
- Matavimų ir skaičiavimų duomenis surašyti į 1.2 lentelę;
- Keitiklį pastatyti ant organinio stiklo bandinio ir jį stumdant gauti atspindžius nuo skirtingame gylyje esančių skylių (1.12 pav.);
- Įrašyti bandinyje sklindančius signalus;
- Pagal užregistruotus signalus nustatyti kiekvienos iš skylių gylį;
- Pagal ant organinio stiklo bloko esančius duomenis nustatyti, kokiame gylyje skylės yra iš tikrųjų;
- Matavimų ir skaičiavimų duomenis surašyti į 1.2 lentelę.



1.12 pav. Eksperimentinė organinio stiklo bandinio tyrimo schema

1.2 lentelė

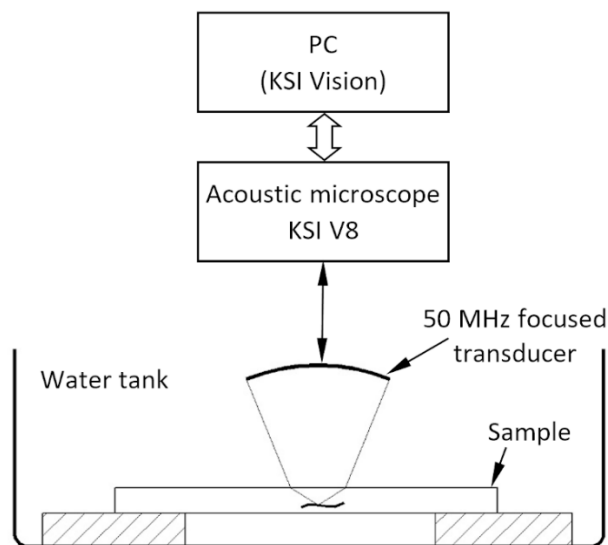
Defekto tipas	Teorinis ultragarso greitis, m/s	Išmatuotasis laiko intervalas, μ s	Apskaičiuotasis gylis, mm	Išmatuotasis gylis, mm
Ipjova				
Skylė 1				
Skylė 2				
Skylė 3				
Skylė 4				

3. Defektų aptikimas atliekant matavimus naudojant akustinę mikroskopą:

- Matavimams naudoti 1.14 pav. pavaizduotą schemą;
- Tyrimui atlikti naudoti 50MHz keitiklį;
- Keitiklį pozicionuoti taip, kad skenavimo metu Jis būtų statmenai bandiniui. Eksperimentinė schema pateikta (1.14 pav.).
- Atlikti bandinio skenavimą ir suformuoti objekto pjūvio C vaizdą;
- Užrašyti naudotas matavimų sistemos parametrus į 1.4 lentelę;
- Gautuose rezultatuose identifikuoti defektų vietas.

1.4 lentelė. Naudotieji matavimų sistemos *Ultralab* parametrai

Parametras	Nustatytoji vertė
Dažnis	
Periodų skaičius	
Žadinimo įtampa	
Statinis stiprinimas	
Skenavimo parametrai y ašies kryptimi	



1.14 pav. Eksperimentinė tyrimo schema

DARBO ATASKAITOS TURINYS

Darbo tikslas.

Dėstomoji dalis:

1. Storio matavimas kontaktiniu aido metodu:

- Matavimų sistemos struktūrinė schema;
- Tiriamajame bandinyje užregistruoti signalai, gauti nuo skirtingo storio pakopų;
- Signaluose pažymėti laiko intervalai, naudoti storio matavimams atlikti;
- Storiui apskaičiuoti naudotos formulės;
- Užpildyta 1.1 lentelė.

2. Defektų gylio nustatymas kontaktiniu aido metodu:

- Matavimų sistemos struktūrinė schema;
- Organinio stiklo bandinyje užregistruotas nuo įpjovos atspindėtas signalas;
- Organinio stiklo bandinyje užregistruoti atspindžiai nuo pirmų šešių skylių;
- Signaluose pažymėti laiko intervalai, naudoti gylio matavimams atlikti;
- Gyliui apskaičiuoti naudotos formulės;
- Užpildyta 1.2 lentelė.

3. Defektų aptikimas atliekant matavimus naudojant akustinę mikroskopą:

- Matavimų sistemos struktūrinė schema;
- Bandinio C vaizdas;
- Pažymėti defekto vietą vaizde;
- Užpildyta 1.4 lentelė.

Išvados, aptariančios darbo rezultatus.

KONTROLINIAI KLAUSIMAI

- Kas atvaizduojama A vaizde?
- Kas atvaizduojama B vaizde?
- Kas atvaizduojama C vaizde?
- Kokie yra pagrindiniai A, B ir C vaizdų skirtumai?
- Iš kokių vaizdų galime nustatyti defekto gylį?
- Iš kokių vaizdų galime nustatyti skersines defekto koordinates?