



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Gabija Obelienytė

**TERMITINIŲ BŪDU SUVIRINTŲ BĖGIŲ SANDŪRŲ DEFEKTŲ
APTIKIMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Robertas Keršys

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

TERMITINIŲ BŪDU SUVIRINTŲ BĖGIŲ SANDŪRŲ DEFEKTŲ
APTIKIMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

Doc. dr. Robertas Keršys

Recenzentas

Prof. dr. Žilvinas Bazaras

Projektą atliko

Gabija Obelienytė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Gabija Obelienytė

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija 621E20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų aptikimo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 _____ 17 _____ m. _____ Gegužės _____ 26 _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Gabijos Obelienytės**, baigiamasis projektas tema „Termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų aptikimo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

Studijų krypties programų vadovas
prof. Artūras Keršys

Transporto inžinerijos katedros vedėjas
doc. Rolandas Makaras

2016 m. vasario mėn. 8 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Gabijai Obelienytei*

1. Projekto tema: Termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų aptikimo tyrimas

Patvirtinta: 2017 m. balandžio mėn. 21 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-8

2. Projekto tikslas: Nustatyti galimus termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektus ir jų atsiradimo priežastis, ištirti sandūrų defektų aptikimo problemas.

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai: Išanalizuoti termitiniu būdu suvirintoms jungtims būdingus defektus. Susipažinti su jų nustatymo būdais, metodika bei įranga. Naudojant ultragarsinius ir sūkurinius srovių defektoskopus atlikti bėgių sandūrose ir bėgiuose dirbtinai padarytų įvairių parametrų defektų aptikimo bandymus. Išanalizuoti termitinių sandūrų patirtų duomenis.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2016 m. vasario mėn. 8 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2017 m. gegužės mėn. 18 d.

Vadovas: Robertas Keršys
(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau Gabija Obelienytė
(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Obelienytė, Gabija. Termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų aptikimo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: termitinis suvirinimas, defektas, defektoskopas, bėgiai

Kaunas, 2017. 71 p.

SANTRAUKA

Pirmame skyriuje apžvelgta bėgių tikrinimo darbų planavimas ir tikrinimas, pasiruošimas ir suvirinimas termitinės sandūros. Nagrinėta bėgių cheminė sudėtis ir mechaninės savybės, termitinės sandūros sudėtis ir struktūra. Atlikta rankinių defektoskopų RDM - 3, RDM – 33 bei sūkurinių srovių defektoskopo 7505 analizė. Apžvelgti termitinių sandūrų defektų rūšys ir jų aptikimo būdai.

Antrame skyriuje apžvelgtas termitinio defektoskopo RDM – 33 metodika. Pasiruošimas termitinės sandūros tikrinimui su defektoskopu. Darbo eiga keičiant ieškiklio įvedimo kampus 0° , 45° , 70° .

Trečiame skyriuje tirta problema aptinkant dirbtinius defektus termitinėje sandūroje naudojant rankinius ir ištisinės kontrolės defektoskopus RDM – 22, RDM – 23, RDM – 33 bei sūkurinių srovių defektoskopu 7505. Nustatyta, kad termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų paieškai reikia naudoti platesnį diapazoną keitiklių, kurių ieškojimo kampai yra platesni.

Obelienytė, Gabija. Aluminothermic welded rail joints defects detection research.: Master's thesis in / supervisor assoc. prof. Robertas Keršys. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: aluminothermic welded, defect, ultrasonic flaw detector, rail.

Kaunas, 2017. 71 p.

SUMMARY

The first chapter reviews the track inspection and verification work planning, preparation and Thermite welding joints. Examined track chemical composition and mechanical properties, Aluminothermic interface composition and structure. Done hand flaw detectors RDM - 3 RDM - 33 and eddy current flaw detectors 7505 analysis. Reviewed Aluminothermic splicing defect types and detection methods.

The second chapter reviewed Aluminothermic defektroskopo RDM - 33 methodology. Preparing Aluminothermic splice inspection with flaw detectors. Procedure meanwhile was changed detector input 0° angles, 45°, 70°.

The third chapter studied the problem of complying with artificial defects in Thermite junction using manual controls and continuous flaw detectors RDM - 22, RDM - 23, RDM - 33 and eddy current flaw detectors 7505th. It was determined that Aluminothermic welded rail joints defects need to use a wider range of inverters with wider searching the corners.

TURINYS

IVADAS	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1 Bėgių tikrinimo darbų planavimas ir tikrinimas.....	9
1.2. Bėgių cheminė sudėtis ir mechaninės savybės.....	12
1.3. Terminis apdirbimas.....	14
1.4. Pasiruošimas ir suvirinimas termitinės sandūros.....	14
1.5 Rankinių defektoskopų analizė.....	21
1.5.1 Defektoskopas RDM-3.....	21
1.5.2 Defektoskopas RDM-33.....	23
1.5.3 Sūkurinių srovių defektoskopas 7505.....	26
1.6 Termitinės sandūros defektų rūšys ir jų aptikimo būdai.....	28
1.7. Termitinės sandūros sudėtis ir struktūra.....	29
2. TYRIMŲ METODIKA	33
2.1. Termitu suvirintų bėgių tikrinimas defektoskopu RDM-33.....	33
3. DEFEKTAI TERMITINĖS SANDŪROS ZONOJE	43
3.1. Dirbtinis defektas termitu suvirintos sandūros kakliuke.....	44
3.1.1. Defekto tikrinimas ultragarsiniu defektoskopu RDM-33.....	45
3.1.2. Defekto tikrinimas ultragarsiniu defektoskopu RDM-23.....	50
3.3 Dirbtinis defektas termitu suvirintos sandūros pade.....	52
3.3 Dirbtiniai suformuoto defekto aptikimas su sūkurinių srovių defektoskopu 7505.....	58
4. TERMITINĖS SANDŪROS DEFEKTINGUMO TYRIMAS	60
5. EKONOMINIS NAUDINGUMAS	64
DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS	65
IŠVADOS	66
LITERATŪROS SĄRAŠAS	67

IVADAS

Tobulėjant geležinkelių transportui, didėja traukinių greitis, krovinių gabenimo intensyvumas ir riedmenų ašies apkrova, didėja ir kelio konstrukcijos elementų apkrovos.

Vienas iš pagrindinių viršutinės kelio konstrukcijos elementų yra bėgis. Bėgių būklė lemia patikimą, nepertraukiamą ir saugų traukinių eismą. Bėgiai pagal defekto dydį ir pavojingumą skirstomi į defektinius ir itin defektinius. Itin defektiniams bėgiams priklauso bėgiai su lūžiais ir įtrūkiams, dėl kurių gali kilti pavojus saugiam traukinių eismui. Toks bėgis gali bet kuriuo metu suirti ir dėl to riedmenys gali nukristi nuo bėgių. Defektiniais bėgiais galimas saugus traukinių eismas, tačiau kartais reikalingas traukinių greičio apribojimas.

Užtikrinant saugų traukinių eismą ir bėgių defektų savalaikį išaiškinimą, vadovaujantis 142/K „Bėgių neardomųjų bandymų reglamentu“, 71/K „Bėgių defektų ir pažeidimų klasifikatoriumi“ bei defektoskopų darbo grafikais, bėgiai tikrinami ištisinės kontrolės ultragarsiniais defektoskopais (RDM-22, RDM-23) bei mobiliais rankiniais suvirintų sandūrų defektoskopais (RDM-3, RDM-33).

Tikrinant bėgius ultragarsiniais defektoskopais atsiranda problemos aptikti defektus. Buvo atkurtos situacijos, kai esant defektams bėgiuose ultragarsiniai defektoskopai jų neaptinka.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Bėgių tikrinimo darbų planavimas ir tikrinimas

Bėgių tikrinimas planuojamas vadovaujantis bėgių faktine būkle. Pagrindinis kriterijus, kuriuo vadovaujantis, sudaromas bėgių tikrinimo periodiškumas yra bėgių defektingumas. Jis skaičiuojamas pagal formulę:

$$D = \frac{0,2 \times D3 + 0,4 \times D2 + 0,6 \times D1 + 0,8 \times DP + (ID - L) + 2 \times L}{m \times K}$$

čia:

D – ruožo defektingumas,

$D3, D2, D1, DP$ – nustatytų defektinių bėgių skaičius atitinkančio $D3, D2, D1, DP$ pavojingumo laipsnį,

ID – nustatytų itin defektinių bėgių kiekis,

L – lūžių kiekis,

m – mėnesių skaičius, pagal kurį skaičiuojamas bėgių defektingumas,

K – ruožo, kuriam skaičiuojamas defektingumas, ilgis [1].

Nustatant bėgių tikrinimo defektoskopais periodiškumą atsižvelgiama į didžiausią bėgių defektingumą. Sudarytą K-69 formos Bėgių tikrinimo periodiškumą patvirtina Filialo direktorius arba jo pavaduotojas kelių ūkiui. Atskirame ruože stipriai pasikeitus bėgių defektingumui (2 ir daugiau kartų) turi būti sudarytas naujas K-69 formos Bėgių tikrinimo periodiškumas šio ruožo bėgių tikrinimo defektoskopais [1].

Bėgių tikrinimas naudojant ultragarsinius defektoskopus

Defektoskopų aptarnaujančiojo personalo etatų sąrašas nustatomas atsižvelgiant į jų eksploatavimo ir aptarnavimo instrukcijas. Filialo NB baro vadovo nurodymu prie kiekvieno defektoskopo vežimėlio skiriama dviejų NB operatorių brigada, vienas iš jų atsakingas už užduoties įvykdymą. Jei tuo metu nėra atitinkamo skaičiaus NB operatorių, dirbti defektoskopu gali NB operatorius ir operatoriaus padėjėjas. Kai bėgiai tikrinami ten, kur traukinių eismas uždraustas, tarpstotyje darbai gali būti atliekami tik lydint palydovui. Dirbant kelyje, NB operatoriai turi būti aprūpinti įrankiais, jį turi lydėti kelio meistras ar kelio brigadininkas, kurie yra atsakingi už atitvėrimą, bėgių paviršiaus paruošimą suvirintų sandūrų patikrinimui, o prireikus – bėgio galvutės važiavimo

paviršiaus paruošimą ir už itin defektinių bėgių pakeitimą laiku. Kai defektoskopą aptarnauja du NB operatoriai, bėgių kontrolė atliekama paeiliui [1,17].

Tikrinimo metu turi būti tiksliai užrašyti kelio ruožai (km, pk, m), iešmai, suvirintos sandūros, kurias tikrino kiekvienas NB operatorius. Tyrimo rezultatus būtina įrašyti formos žurnalus, nurodant nustatytų defektų kodo Nr., o jų neaptikus – kad defektų nėra [17].

Pagrindiniai NB operatoriaus uždaviniai ir funkcijos yra:

- defektų išaiškinimas bėgiuose, iešmų metalinėse dalyse pradinėje jų vystymosi stadijoje, kad būtų užtikrintas saugus traukinių eismas;
- kiekvieną dieną atlikti defektoskopo pamaininę techninę priežiūrą ir patikrinti kaip jis veikia;
- tvarkingai užlaikyti jam patikėtą defektoskopą, laiku, atlikti periodinę techninę priežiūrą;
- informuoti NB baro vadovą apie defektoskopo gedimus ir imtis priemonių jiems pašalinti;
- prieš pradėdant dirbti, patikrinti pas stoties budėtoją ar išduotas perspėjimas traukiniams apie defektoskopo darbą tarpstotyje (forma E-20) ir ar yra įrašas E-11 formos žurnale, dirbant stočių keliuose;
- įsitikinti, kad yra signaliniai reikmenys;
- prieš darbo pradžią laiku atvykti į meistriją, ten išklaustyti instruktažą apie rizikos veiksnius ir apsaugos nuo jų priemones, atliekant paskirtą darbą numatyta ruože, su vykimu į darbo vietą ir iš darbo maršrutu. Įsisavinus patvirtinti tai savo parašu RDS-16 formos saugos darbe einamųjų instruktavimų darbo vietoje registracijos žurnale. Į darbo vietą vykti su meistrijoje paskirtu lydinčiu asmeniu;
- teisingai atitverti defektoskopą, taip pat, aptikus itin defektinį bėgį, pavojingą vietą, imtis priemonių ir užtikrinti saugų traukinių eismą;
- aptikus itin defektinį bėgį arba lūžį, vadovaujantis galiojančiomis instrukcijomis, imtis priemonių saugiam traukinių eismui užtikrinti pagal.
- darbų, atliktų per pamainą, apimtis ir rezultatai užrašyti į K-40 formos *Defektoskopo darbo apskaitos žurnalą*. Kai aptarnauja du NB operatoriai, faktiškai patikrinti kilometrai ir iešmai, aptikti defektiniai ir itin defektiniai bėgiai užrašomi kiekvienam NB operatoriui atskirai, už kuriuos jis pasirašo ir yra atsakingas;
- pabaigus darbą, perduoti NB baro vadovui arba Filialo budinčiajam apie atliktą darbą ir aptiktus itin defektinius bei defektinius bėgius. Dėl darbo grafiko nesilaikymo nurodomos priežastys [17].

Baigus bėgių tikrinimą defektoskopais ir neaptikus defektinių ir itin defektinių bėgių, lydintis kelio meistras ar kelio brigadininkas taip pat pasirašo K-40 formos *Defektoskopo darbo apskaitos žurnalo* 20 skiltyje patvirtinant savo parašu apie atliktą bėgių patikrinimą defektoskopu [1,17].

Ištisinės kontrolės defektoskopų darbai žiemos sąlygomis esant neigiamai bėgio temperatūrai vietoj vandens kaip kontaktinio skysčio naudojamas etilo alkoholio su vandeniu mišinys [1].

NB baro vadovas Filialo vadovams pateikia mėnesio darbo ataskaitą ir atsiskaito bėgių tikrinimo grafiko, defektoskopų tvarkingumo, jų panaudojimo efektyvumo, darbų saugos, medžiagų aprūpinimo, specialiųjų rūbų ir atsarginių dalių klausimais, atsiskaito apie savo asmeninio darbo plano įvykdymą [1].

Kiekvienas bėgių lūžio atvejis turi būti ištirtas Filialo direktoriaus pavaduotojo kelių ūkiui ir Kelių tarnybos vadovų, o kai bėgio sandūros suvirinimo vietoje lūžio priežastis yra defektas dėl suvirinimo technologijos – dalyvaujant bėgių suvirinimo įmonės atstovui. Tiriant turi būti nustatytos lūžimo priežastys ir kiek yra defektoskopijos kaltės, numatytos priemonės, kad tai daugiau nebepasikartotų. Lūžio analizės išvados turi būti perduotos Direkcijos Kelių tarnybai per penkias dienas [1].

Neardomųjų bandymų darbo atlikimas (%) skaičiuojamas kiekvienai neardomųjų bandymų darbo rūšiai (kelių tikrinimas, iešmų tikrinimas ir kita) pagal formulę :

$$D_k = \frac{P_k}{N_k} \times 100 \%$$

čia:

P_k – patikrinta kelių, km;

N_k – buvo numatyta patikrinti kelių, km.

Analogiškai skaičiuojami ir kiti koeficientai.

Darbų atlikimas (%) yra visų atliktų darbų vidurkis ir skaičiuojamas pagal formulę:

$$D_A = \frac{D_k + D_i + D_e + D_t}{4}$$

Defektoskopų darbo efektyvumas E skaičiuojamas pagal formulę:

$$E = \frac{D}{D + (ID - L - N) + 10 \times L + 2 \times N} \times 100 (\%)$$

čia:

D – defektinių bėgių, nustatytų NB priemonėmis, kiekis;

L – bėgių lūžiai, kurie įvyko dėl defektoskopijos darbuotojų kaltės, kiekis;

N - nustatyta itin defektinių bėgių ne Neardomųjų bandymų baro darbuotojų;

Bėgių suvirintų sandūrų tikrinimas

NB baro vadovas, gavęs nurodymą dėl gamykloje suvirintų bėgių tikrinimo, planuoja jų tikrinimą specializuotais defektoskopais vadovaujantis reikalavimais:

- gamykloje suvirintus ir atgabentus į klojimo vietą bėgius išrinktinai turi patikrinti defektoskopais ir išmatuoti nelygumus struktūrinio padalinio darbuotojai;
- patikrinimo rezultatai įforminami laisvos formos aktu.
- Suvirintų sandūrų tikrinimui naudojami lokalinės kontrolės defektoskopai RDM-3 arba RDM-33.
- Išimties tvarka leidžiama planuoti tikrinti atskiras suvirintas sandūras defektoskopu RDM-2.
- Pakartotinai suvirintos sandūros planuojamos tikrinti po 30-40 dienų, trečią kartą po 8-14 mėnesių, ketvirtą – po 2-2,5 metų [1].

1.2. Bėgių cheminė sudėtis ir mechaninės savybės

Bėgių plienai gaminami iš anglingų plienu, kurių sudėtyje yra 0,6–0,82% anglies. Didėjant anglies kiekiui pliene didėja trapumas, mažėja plastiškumas, didėja jautrumas įtempimų koncentratoriams, blogėja suvirinamumas, tačiau atsparumas dilimui didėja, o tai ilgina eksploatacijos laiką. Anglinio plieno legiravimas didina stiprumą, bei atsparumą dilimui. Kai anglies kiekis pasiekia didžiausią ribą 0,82 %, o manganas 1,79%, gaunamas aukšto stiprumo ir atsparus dilimui plienas, taikomas sunkiųjų bėgių gamybai. Daryti tyrimai parodė, kad plieno takumo ribai didžiausią įtaką daro anglis, manganas, silicis ir vanadis. Iš jų manganas ir vanadis, o taip pat kaitinimo normalizacijai laikas teigiamai veikia smūginį tūsumą, o anglis – neigiamai [11].

Bėgių plienų savybių gerinimui gali būti naudojami ir šie legiravimo elementai: chromas ir nikelis. Beinitinės struktūros plienai gaminami legiruojant įprastiniais legiravimo elementais: molibdenas ir boras skatina beinito susidarymą, anglis, chromas ir manganas suteikia stiprumą, o silicis stabdo karbidų susidarymo procesą, skatinantį atsparumą dilimui [12].

Lietuvos geležinkelyje tiesiami sunkieji bėgiai iš anglingojo plieno, mikrolegiruoto vanadžiu (1.2.1 lentelė.). Didesnis anglingų (0,7–0,82%) su vanadžiu plienų atsparumas dilimui (10–40%) didesnis, nei be vanadžio aiškinamas ne tik kiek aukštesniu kietumu, bet ir dispersinio kietėjimo metu išsiskiriančiais vanadžio karbidais. Vanadžiu legiruotų plienu atsparumas dilimui priklauso ir nuo grūdinimo bei atleidimo temperatūrų. Jei lygintume identišką sudėties plieno be vanadžio ir plieno su vanadžiu atsparumą dilimui po atleidimo 580–650 °C temperatūrų intervale, tai plieno su vanadžiu

atsparumas dilimui bus 1,8–2,0 kartus aukštesnis nei be vanadžio. Tačiau virš 700 °C atleidimas suvienodina minėtų plienų atsparumą dilimui. Lyginamų plienų pavyzdžių kietumas apytikriai vienodas, optiniu mikroskopu stebima mikrostruktūra praktiškai identiška, o dilimas ženkliai skiriasi. Didžiausias mechaninių savybių didinimo efektas legiruojant vanadžiu gaunamas po atleidimo 550 °C ir aiškinamas dispersinių karbidų buvimu. Vanadis su karbidus sudarančiais elementais sudaro karbidus, kurių dydis keičiasi terminio apdirbimo metu. Vanadžio tirpumas austenite priklauso nuo anglies kiekio pliene ir nuo kaitinimo temperatūros. Šis procesas yra pagrindinis grūdo dydžio ir α - kietojo tirpalo persotinimo ataušinus veiksnys. Todėl austenito aušinimo būdas ir atleidimo laipsnis atleidimo metu reguliuoja vanadžio karbidų išsiskyrimą. Taigi, vanadinio plieno padidintas atsparumas atleidimui sąlygojamas ne absoliučiu vanadžio kiekiu, o jo kiekiu, ištirpusiu austenite. Karbidų sudėtis, dispersiškumas ir pasiskirstymas priklauso nuo plieno cheminės sudėties, kaitinimo ir aušinimo procesų. Efektyvus santykinis atsparumas dilimui gaunamas legiruojant kompleksiskai ir optimalus jų kiekis: mangano 1,0–1,4%, silicio 0,3–0,5%, chromo 0,3–0,6% ir vanadžio 0,06–0,15% [11].

Vidutinio anglingumo plienų tempimo stiprumas apie 430 N/mm² (tai reiškia, kad 1,4 mm viela gali išlaikyti 70 kg svorį). Anglingojo plieno tempimo stiprumas sudaro nuo 900 N/mm² iki 1200 N/mm². (1,4 mm vielą pakeistų 0,8 mm viela) [11].

1.2.1 lentelė

Kai kurių bėgių plienų cheminė sudėtis

Plieno markė	% elemento masėje						Fosforas ne daugiau kaip	Siera	Aliuminis
	Anglis	Manga- nas	Silicis	Vanadis	Titanas	Chromas			
K78XCF	0,74–0,82	0,75-1,05	0,40-0,80	0,05-0,15	-	0,40-0,60	0,025	0,025	0,005
M76F	0,71-0,82		0,25-0,45	0,03-0,15		-	-	0,035	0,040
K76F				0,030	0,035				
M76T				0,035	0,040				
K76T				0,007-0,025		0,030	0,035		
M76 K76 E76	0,71-0,82	0,75-1,05	0,25-0,45	-	-	-	0,035 0,030	0,040 0,035	0,025

PASTABOS:

Markėje raidės M – marteninis, K – konvertorinis ir E – elektroplienas reiškia plieno lydimo būdą, skaičiai – vidutinį kiekį anglies, raidės F, S, X, T – plieno legiravimas vanadžiu, siliciu, chromu ir titanu.

Leistinas masės kiekis likusių elementų – chromo (T1, T2 – termiškai sustiprintuose ir H – termiškai nesustiprintuose kategorijų bėgiuose), nikelio ir vario ne daugiau kaip 0,15 %, kiekvieno, šių elementų masė užima ne daugiau kaip 0,40 %.

Cheminė plieno sudėtis R65K bėgių tipui turi atitikti nurodytai, išimtis - anglies masės kiekis, kuris turi būti (0,83 – 0,87) %. Šiuo atveju skaičiai plieno markėje keičiami į 85.

1.3. Terminis apdirbimas

Didėjant anglies kiekiui pliene didėja bėgių atsparumas dilimui. Dilimo intensyvumą galima sumažinti taikant tūrinį ar dalinį, bėgio galvutės terminį apdirbimą, o taip pat pasirenkant legiruotus bėgių plienus. Kai kurie plienai po karšto valcavimo aušinami ore. Kiti plienai nuo 800 °C aušinami greitai purškiant vandenį. Toks greitesnis aušinimas įprastinį 260–300 HB kietumą padidina iki 355–390 HB. Moderniosios terminio apdirbimo sistemos vadinamos gamykliniu terminiu apdirbimu, kurio metu gaunamas smulkios dispersijos perlitas ir plienas tiekiamas su 400 HB kietumu. Tai pasiekama kontroliuojant aušinimo greitį [10].

1.4. Pasiruošimas ir suvirinimas termitinės sandūros

Bendrieji reikalavimai termitiniam bėgių suvirinimui

Bėgių suvirinimo termitu darbai turi būti vykdomi esant bėgių temperatūrai nuo plus 5 °C iki plus 30 °C. Galimas besandūrio kelio atstatymas, esant bėgių temperatūrai nuo plus 5 °C iki minus 5 °C, tačiau tam būtina gauti Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojo leidimą. Leidime Viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas nustato reikalavimus, kuriuos būtina užtikrinti, atliekant bėgių suvirinimo termitu darbus [17].

Prieš pradėdant bėgių suvirinimo termitu darbus turi būti nustatyta:

- reikiamo bėgio ilgis, siekiant tinkamai atstatyti bėgių siūlės vientisumą;
- kelyje eksploatuojamo ir įvirinamo bėgio tinkamumo grupė.

Prireikus suvirinti bėgius termitu, kurių aukščių skirtumas yra didesnis kaip 3 mm (pvz. UIC60 ir R65), būtina naudoti specialias pereinamąsias keramines formas.

Įvirinamų ir eksploatuojamų bėgių šoninės nuodylos darbinėje briaunoje skirtumas turi būti ne didesnis kaip 1 mm. Termitiniu būdu suvirinamų bėgių ilgis klojant naujus ilgabegius turi būti:

- I kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 10,0 m;
- II kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 6,0 m;
- kituose keliuose ne mažesnis kaip 3,0 m.

Termitinio suvirinimo būdu atnaujinant eksploatuojamą besandūrį kelią, kuriame pakloti UIC60 (60E1) ir sunkesnio tipo bėgiai, atstumas tarp dviejų termitiniu arba termitiniu ir elektrokontaktiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų turi būti:

- I kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 6,0 m;
- II kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 3,0 m;
- kituose keliuose ne mažesnis kaip 1,5 m.

Termitinio suvirinimo būdu atnaujinant eksploatuojamą besandūrį kelią, kuriame

pakloti R50 ir lengvesnio tipo bėgiai, atstumas tarp dviejų termitiniu arba termitiniu ir elektrokontaktiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų turi būti:

- I kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 10,0 m;
- II kategorijos keliuose ne mažesnis kaip 6,0 m;
- kituose keliuose ne mažesnis kaip 3,0 m.

Suvirinimo medžiagų paruošimas

Prieš kiekvieną termitinį bėgių suvirinimą, darbo vietoje apsaugotoje nuo kritulių būtina paruošti reikiamą suvirinimo medžiagų kiekį:

- termitinę porciją/porcijas (parenkama pagal naudojamą suvirinimo metodą);
- keraminę formą (susidedanti iš dviejų pusformių);
- sandarinimo smėlį (ne mažiau kaip 8 kg);
- termitinį degtuką (degtuko ilgis priklauso nuo naudojamo tiglio aukščio);
- vienkartinį arba daugkartinį tigli.

Suvirinant skirtingo kiečio bėgius, termito porcijos parenkamos pagal mažesnio kiečio bėgiams naudojamą termito porciją (1.4.1 lentelė). Keraminės formos parenkamos atsižvelgiant į suvirinimo metodą, suvirinamų bėgių tipą ir protarpio dydį tarp bėgio galų. Esant bėgių aukščių skirtumui didesniai kaip 3 mm, būtina naudoti specialias pereinamąsias keramines formas [17].

1.4.1 lentelė. Termito porcijos pakuotės ženklavimas

Pakuotės ženklai	Ženklo reikšmė
65 120 SkV Elite	Bėgių tipas (R65). Laikinas pasipriešinimas ⁽¹⁾ (1200 N/mm ²). Suvirinimo metodas. Šis suvirinimo metodas atliekamas naudojant daugkartinį tigli.
60 90 SkV Elite E	Bėgių tipas (UIC60). Laikinas pasipriešinimas ⁽¹⁾ (900 N/mm ²). Suvirinimo metodas. Šis suvirinimo metodas atliekamas naudojant vienkartinį tigli (Eurotigli I).

¹⁾ Metalų savybė priešintis deformavimui arba suardymui (negrižtamai pakeičiant formą) veikiant statinei ar dinaminei apkrovai.

Reikalavimai sandarinimo smėlio paruošimui:

- sandarinimo smėlis turi būti vienodo drėgnio (smėlio drėgnis turi būti nuo 6 % iki 8 %);
- dieną prieš naudojimą, sausą sandarinimo smėlį būtina sudrėkinti vandeniu;
- prieš sandarinimo smėlio naudojimą būtina atlikti jo tinkamumo nustatymo bandymą.

Bandymas atliekamas metant suspaustą smėlio gniutulą iš 1 m aukščio. Jei nukritus gniutulas subyrėjo į keletą stambių dalių - smėlis tinkamas tolimesniam naudojimui, jei subyrėjo į daug smulkių dalių - smėlis nėra tinkamas naudoti ir turi būti papildomai drėkinamas (1.4.1.pav.) paveikslą [17].

Prieš suvirinimą būtina parinkti termitinius degtukus. Termitiniai degtukai naudojami uždegti termitinę porciją tiglio viduje. Degtukai būna dviejų dydžių:

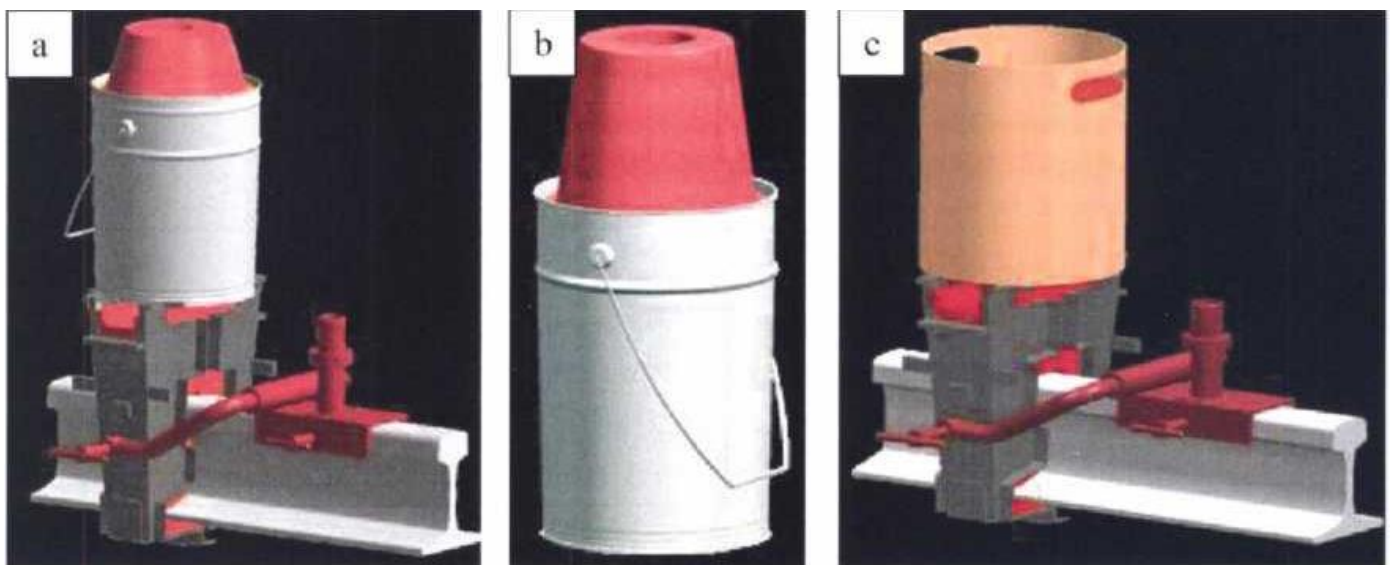
- trumpi 15 cm;
- ilgi 30 cm.

Transportuojant termitinius degtukus būtina juos laikyti transportavimo dėžutėse sandariai uždarytus.



1.4.1 pav. Sandarinimo smėlio drėgmės nustatymas

a-netinkamos drėgmės; b-tinkamos drėgmės.



1.4.2.pav. Vienkartiniai tigliai

a - vienkartinis tiglio; b - vienkartinis aukštos konstrukcijos; c – užpildytas termito porcija vienkartinis tiglio.

Draudžiama naudoti ištrupėjusius ir (arba) drėgnus termitinius degtukus. Termitiniam bėgių suvirinimui gali būti naudojami šios rūšies tigliai:

- vienkartiniai (F.urotigliis I, Eurotigliis 1 aukštos konstrukcijos tigliis, užpildyta termito porcija - Eurotigliis II) (1.4.2.pav.);
- daugkartiniai (1.4.3.pav.)



1.4.3pav. Daugkartinis tigliis

Vienkartinis Eurotigliis I naudojamas, kai atliekamas termitinis suvirinimas SkV Elite metodu. Vienkartinio Eurotigliio I termitinės porcijos uždegimui naudojami trumpi ir ilgi termitiniai degtukai. Aukštos konstrukcijos vienkartinis tigliis Eurotigliis I naudojamas, kai atliekamas tennitinis suvirinimas SkV L-50 ir (arba) SkV L-75 metodais. Naudojant aukštos konstrukcijos vienkartinį Eurotiglių I, būtina naudoti ilgus termitinius degtukus. Visų vienkartinų tiglių užpildymui būtina naudoti termito porcijas, pažymėtas ženklu (SkV Elite E). Vienkartinis Eurotigliis II su užpildyta termito porcija naudojamas, kai atliekamas termitinis suvirinimas SkV Elite metodu. Prieš naudojimą Eurotiglių II su viduje esančią termitinę porciją būtina gerai sukratyti. Vienkartinio Eurotigliio II su viduje esančią termitinę porciją uždegimui naudojami trumpi arba ilgi termitiniai degtukai. Daugkartinis tigliis naudojamas, kai atliekamas termitinis suvirinimas SkV Elitemetodu. Aukštas daugkartinis tigliis naudojamas, kai atliekamas termitinis suvirinimas SkV L-50 ir (arba) SkV L-75 metodais [17].

Bėgių galų paruošimas suvirinimui termitu

Iš abiejų suvirinamos sandūros pusių atlaisvinamos bėgių sąvaržos nuo pabėgių:

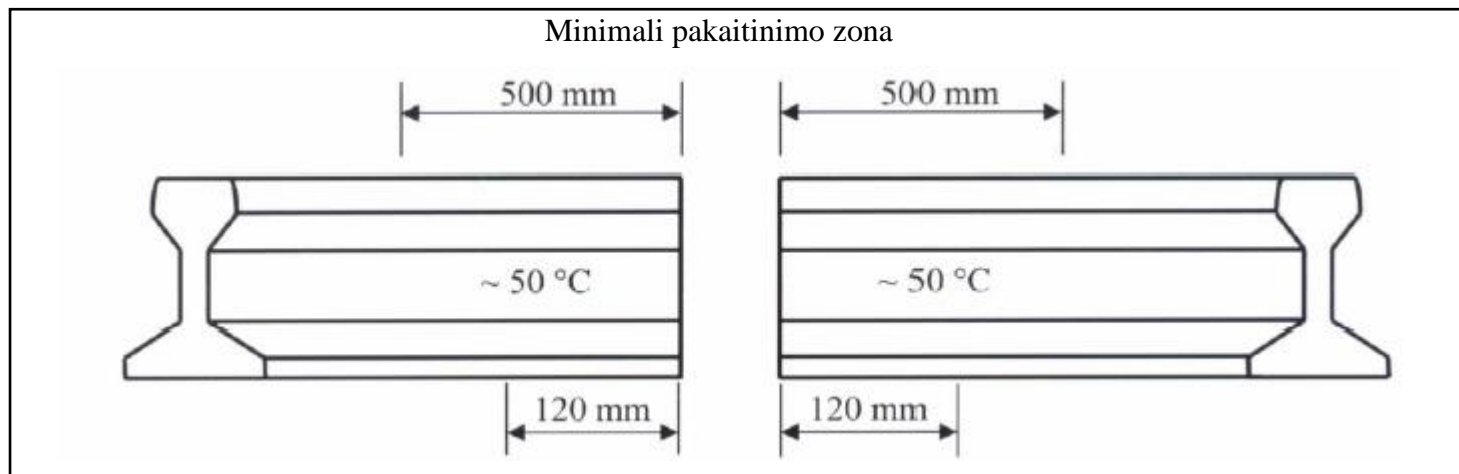
- ne mažiau kaip nuo trijų pabėgių, suvirinant SkV Elite ir SkV L-50 metodu;
- ne mažiau kaip nuo keturių pabėgių, suvirinant SkV L-75 metodu.

Nuo pirmų iš abiejų suvirinamų sandūros pusių atlaisvintų pabėgių išimami

guminiai/plaslikiniai elementai tam, kad bėgio galų pakaitinimo metu nebūtų jie pažeisti (sudeginti). Taip pat, nepažeidžiant bėgio, naudojant rankinius pjovimo/šlifavimo įrankius, nupjaunami privirinti sujungėjai [11].

„Bėgių galų pakaitinimas dujiniu degikliu atliekamas tokia tvarka:

- atliekant propano įsiurbimo bandymą patikrinamos degiklio inžektorinės savybės;
- visa bėgių suvirinimo termitu vieta ir ne mažesnis kaip 500 mm atstumas nuo bėgio galo turi būti pakaitinamas dujiniu degikliu iki plus 50 °C temperatūros (1.4.4 pav.) [17].



Minimalus ženklų ir nešvarumų nuvalymo atstumas

1.4.4 pav. Bėgio pakaitinimo zona

Atlikus bėgių galų pakaitinimą, naudojant rankinius šlifavimo įrankius, 120 mm zonoje nuo bėgių galų būtina pašalinti esančius išgaubtus bėgių žymėjimo ženklus (markiruotes). Pašalinus markiruotes, naudojant metalinį šepetį, 120 mm zonoje nuo bėgių galų būtina nuvalyti esančius nešvarumus (1.4.4 pav.) [11,17].

Suvirinimo procesas

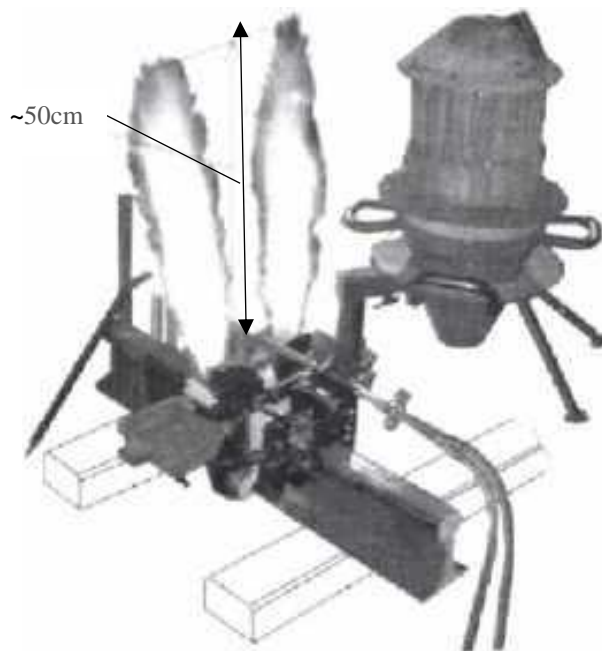
Parengtinis bėgių įkaitinimas

Prieš uždegant degiklį pirmiausia pilnai atsukamas deguonies baliono ventilis, po 3 s - propano dujų baliono ventilis. Degiklio liepsnai uždegti yra naudojamas specialus kibirkštims degiklis su prailginta rankena. Sukinėjant propano dujų baliono ventily nustatyti degiklio liepsną taip, kad jos branduolys būtų nuo 15 mm iki 20 mm ilgio. Naudojant universalus laikiklio reguliavimo sraigtus, sureguliuoti degiklio padėtį taip, kad šis būtų keraminių formų angos viduryje. Stebėti degiklio liepsnos aukštį. Teisingai nustatčius degiklio liepsną, ji turi kilti apie 50 cm virš ortakio angos (1.4.5 pav.) [17].

Parengtinio bėgių ir keraminių formų įkaitinimo (toliau - parengtinis įkaitinimas) metu stebėti manometrų rodmenis, kurie turi būti:

- propano - 1,5 bar.;
- deguonies - 5,0 bar.

Parengtinio įkaitinimo trukmė matuojama sekundmačiu ir pradedama matuoti tik susidarius tinkamai liepsnai. Parengtinio įkaitinimo trukmė parenkama atsižvelgiant į 1.4.2 lentelės reikalavimus [11, 17].

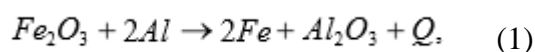


1.4.5 pav. Parengtinis bėgių įkaitinimas

1.4.2 lentelė. Parengtinio įkaitinimo trukmės nustatymas

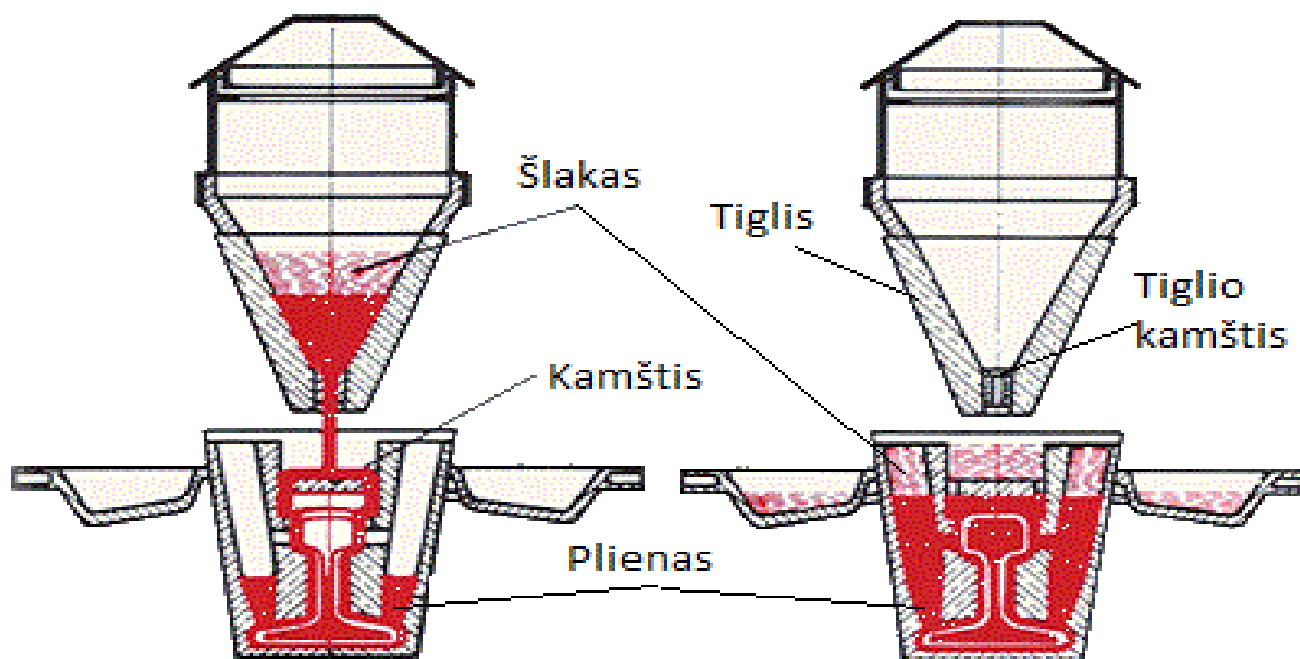
Bėgio tipas	Parengtinio įkaitinimo trukmė
R50 ir lengvesnio tipo bėgiai	1 min 30 s
UIC60 (60E1) ir sunkesnio tipo bėgiai	2,0 min
PASTABA. Esant aplinkos temperatūrai žemesnei kaip plus 10 °C, parengtinio įkaitinimo trukmė turi būti didinama 30 s.	

Atliekant skirtingo tipo bėgių suvirinimą, parengtinio įkaitinimo trukmė turi būti nustatoma pagal aukštesnės markės profilio bėgį. Parengtinio įkaitinimo metu būtina stebėti ar liepsna neprasimuša tarp bėgio ir keraminių formų. Pastebėjus liepsnos prasimušimą, būtina sandarinimo smėliu užtaisyti susidariusį plyšį. Baigus parengtinį įkaitinimą į keraminių formų angą įdedamas keraminis formų kamštis. Po kelių sekundžių, vykstant anglinio metalo egzoterminei reakcijai, susidaro didelis šilumos kiekis :



geležies oksidas + aliuminis = geležis + aliuminio oksidas + šiluma [11].

Pasibaigus termitinei reakcijai jos sudėtinės dalys, kurių temperatūra sudaro apie 2500 °C, išsiskiria -



1.4.6 pav. Termitinio suvirinimo technologinė schema

lengvas šlakas (aliuminio oksidas) plaukioja skystame geležies paviršiuje. Skysta geležis papuola ant tiglio kamščio, kuris automatiškai atsidaro, ir skystas metalas užpildo formą pagal visą bėgio profilį (1.4.6 pav.) [11].

Bėgių suvirinimo ypatumai, taikant skirtingus suvirinimo metodus

Termitinio suvirinimo reakcija laikoma baigta, kai ant skysto metalo susidaro šlako sluoksnis. Galutinai iš tiglio ištekėjus skystam metalui, būtina pradėti matuoti laiką ir atlikti atitinkamus veiksmus, atsižvelgiant į 1.4.3 lentelės reikalavimus [1].

1.4.3 lentelė

Skirtingų suvirinimo metodų ypatumai

Veiksmai	Laikas, po kurio atliekami veiksmai, atsižvelgiant į suvirinimo metodą		
	SkV Elite	SkV L-50	SkV L-75
Keraminių formų metalinių laikiklių nuėmimas	po 3 min 30 s	po 5 min	po 7 min
Keraminių formų apatinės dalies nuėmimas	-	-	po 8 min
Keraminių formų viršutinės dalies nuėmimas	po 4 min 30 s	po 8 min	po 10 min
Viršutinės keraminių formų dalies ir susidariusio metalo nukirpimas, naudojant specialias žirkles	po 5 min	po 8-9 min	po 11 min

Preliminarus suvirinimo vietos apdirbimas

Grato nuėmimo laikas nustatomas vizualiai. Grato nuėmimas pradedamas, kai baltai geltonos spalvos susidariusio metalo paviršius patamsėja ir atsiranda burbulai. Po keraminių formų

viršutinės dalies nuėmimo, būtina bėgių suvirinimo vietoje įrengti specializuotas metalo nukirpimo žirkles U-ML arba pagal technines charakteristikas joms lygiavertes ir pradėti nukirpimo procesą:

- iškilusias metalo dalis (užlajas) ant bėgio galvutės nukirpti hidrauliniu prietaisu;
- nuo bėgių galvutės pašalinti gratą ir palikti nuo 2 mm iki 3 mm aukščio iškilimus.

Nukirpus liejimo kojeles, būtina suvirintas vietas grubiai nušlifuoti, neliečiant pagrindinio bėgio metalo, palikus važiuojamajame paviršiuje nuo 0,5 mm iki 1,0 mm metalo sluoksnį, o darbiniam ir nedarbiniam šoniniuose bėgio paviršiuose - nuo 0,1 mm iki 0,3 mm [17].

1.5 Rankinių defektoskopų analizė

1.5.1 Defektoskopas RDM-3

Paskirtis

Defektoskopas RDM-3, naudojant ultragarsinius svyravimus skirtas (UGS), gaminiuose iš anglies ir legiruoto plieno bei lydinių, tame tarpe ir geležinkelio bėgiuose aptikti įtrūkius, nemetalines ir kitas metalo priemaišas bei poras, tikrinant sandūras:

- tėjines;
- kampines;
- užleidžiamas;
- galų,
- suvirintas termitu, elektrolankiniu, elektrokontaktiniu, dujiniu, dujų spaudimo, šlakiniu,

elektros spinduliavimo būdais [1, 18].

Defektoskopo ultragarso svyravimų greitis tikrinant gaminius yra 5900 + 118 m/s. Aptiktų defektų tipai ir jų sąlyginiai dydžiai nustatomi atsižvelgiant į galiojančius norminius produkcijos dokumentus. Defektoskopu defektai aptinkami AM, ŠM, VŠM ir VM. Signalų, kontrolės režimų, aptiktų defektų koordinacių indikacija į elektros spindulinį ekraną dubliuojasi su garso signalais [2,18].

Techniniai duomenys

Pagrindiniai defektoskopo techninių parametrų ir charakteristikų dydžiai nurodyti 1.5.1 lentelėje. Papildomi defektoskopo parametrai ir charakteristikos:

- elektrinio spindulinio vamzdelio darbinis lauko dydis vertikaliai ir horizontaliai ne mažiau (80 x 60) mm;
- defektoskopo darbo režimo nustatymo laikas – ne daugiau 30 s;
- nepertraukiamas darbas defektoskopu, kai jis maitinamas nuo akumulatoriaus baterijos – ne mažiau 8 val.;

1.5.1 lentelė

Defektoskopo RDM-3 charakteristikos

Eil. Nr.	Parametro arba charakteristikos pavadinimas	Techniniai duomenys
1	2	3
1.	PEK ribinis sąlyginis jautrumas, dB, ne daugiau:	
1.1	П121-2,5-50	18
1.2	П121-2,5-65	28
1.3	П112-2,5	20
2.	Sąlyginio jautrumo nukrypimai, dB	± 4
3.	Defektoskopo nekontroliuojamoji zona, mm, ne daugiau:	
3.1.	П121-2,5-50	6
3.2.	П121-2,5-65, П112-2,5	3
4.	Defektoskopo darbinis dažnis, MHz	$(2,5 \pm 0,25)$
5.	Kontroliuojamos zonos diapazonas, mm	nuo 3 iki 600
6.	Perskaičiuota pagrindinė laiko intervalų ir defektų koordinatų H ir L, % matavimo paklaida, ne daugiau	2
7.	Nustatyto sąlyginio jautrumo nestabilumas dirbant defektoskopu 8 darbo valandas, dB, ne daugiau	± 2
8.	Imtuvo stiprinimo kalibruoto reguliavimo diapazonas, dB	2 - 48
9.	Stiprinimo reguliavimo diskretiškumas, dB	2
10.	Elektrinis maitinimas:	
10.1.	nuo autonominio nuolatinės srovės šaltinio, V	6,5 – 9,0
10.2.	nuo kintamos srovės, V dažnis, Hz	220 (-33,+22) 50 ± 1
11.	Srovė nuo autonominio šaltinio, kai įtampa 7,2 V, ne daugiau	0,4
12.	Masė, kg, ne daugiau	5

Atsižvelgiant į klimato sąlygų poveikį, darbas defektoskopu stabilus, kai:

- oro temperatūra nuo minus 100 iki plus 500 C;
- esant oro temperatūrai 350 C, kai oro drėgmė iki 98 %;

atsižvelgiant į norminius dokumentus defektoskopo darbo laikas ne mažiau 10 metų [17,18].

Veikimo principas

Defektoskope naudojama UGS savybė atsispindėti nuo nevienodumų kontroliuojamajame gaminyje. Gaminyje sužadina ir priima UGS pjezoelektriniai Ultragarsiniai keitikliai (UGK). Geram akustiniam kontaktui gauti tarp keitiklio ir kontroliuojamojo gaminio paviršiaus naudojamas vanduo arba mineralinė alyva [1, 15].

Signalas, kuris atsispindi nuo defekto, sustiprinamas, apdorojamas ir perduodamas į garso indikatorius ir elektroninio vamzdelio ekraną [1,2].

Defektoskope veikia du nepriklausomi vienas nuo kito kontrolės kanalai su jautrumo dB ir VRČ reguliatoriais. Darbo ir matavimo režimų nustatymas atliekamas mygtukais „PARINKTYS“ ir „PRIEMONĖS“.

Darbo režimų ir indikacijos rūšys pateikti 1 lentelėje (žr. priedus). Reikiamas darbo režimas nustatomas spaudžiant mygtuką „PARINKTYS“ ir perjungiant perjungiklį „BENDRAS“ [1, 2].

Stiprinimas reguliuojamas atenuatoriais, diapazone nuo 0 iki 48 dB kas 2 dB. Maitinimo blokas prijungiamas prie 6,5 – 9 V įtampos šaltinio. Esant akumuliatoriaus įtampai žemesnei nei 6 V, prietaisas išsijungia [1, 2].

Pasikraunant akumuliatoriui srovė laikosi automatiškai. Po 16 val. akumuliatoriaus maitinimo bloko šakutę išjungti nuo maitinimo tinklo bloko ir bloką išjungti. Šviečiantis šviesos diodas parodo, kad įkrovimo srovė sumažėjo žemiau ribinės, tai yra, kad akumuliatorius pakrautas. Dirbant su defektoskopu nuo tinklo maitinimo bloko gali šviesti šviesos diodas [1, 2].

1.5.2 Defektoskopas RDM-33

Paskirtis

Defektoskopu, naudojant ultragarsinius svyravimus (UGS), gaminiuose iš anglies ir legiruoto plieno bei lydinių, tame tarpe ir geležinkelio bėgiuose aptinkami įtrūkiai, nemetalinės ir kitos metalo priemaišos bei poros, tikrinant:

- bėgius, suvirintus termitu;
- visiškai ar dalinai nušlifuosius bėgius, suvirintus elektrokontaktiniu būdu;
- kampinius, nuožulnius ir tėjinius sujungimus, atliktus elektros lankiniu, elektros šlakiniu, dujiniu, dujų spaudimo, elektros spinduliavimo būdu [1, 9].

Defektoskopas gali būti naudojamas paklotų į kelią R43, R50, UIC60(60E1), R65 ir R75 tipo bėgių pakartotinam bei suvirinimo įmonėse ar kelyje senų ir naujų bėgių iki juos suvirinant tikrinimui.

Aptiktų defektų tipai ir jų sąlyginiai dydžiai nustatomi atsižvelgiant į norminius pateiktos produkcijos dokumentus [1].

Defektoskopu defektai gali būti aptinkami tikrinant ultragarsiniais aido-metodu (toliau – AM), šešėlio metodu (toliau – ŠM), veidrodžio-šešėliu metodu (toliau – VŠM), veidrodžio metodu (VM) ir deltos metodu. Kontaktiniu būdu, įvedant ultragarsinius svyravimus, naudojamos sutapdintos, atskiros ir atskiros – sutapdintos pjezoelektrinių keitiklių (PEK) schemas [1, 9].

Defektoskopo ultragarso išilginių svyravimų greitis tikrinant medžiagas ir gaminius yra (5000-6200) m/s.

- Defektoskope yra du kontrolės kanalai.

- Tikrinamo gaminio paviršius turi atitikti norminių dokumentų reikalavimus.
- Matricinio indikatoriaus ekrane (displėjuje) atliekama nustatymo, tikrinimo, darbo režimo ir aido-signalų parametų indikacija. Signalų aptikimas užduotoje kontrolės zonoje dubliuojasi su garso signalais [1].

Numatyta kontrolės rezultatų registracijos galimybė, parodant signalus nuo defektų A, oa arba B tipo skleistinėse, užrašant jas defektoskopo atmintyje, jų išsaugojimas personalinio kompiuterio atmintyje. Defektoskopas yra nešiojamas ir skirtas rankinei kontrolei [1].

Techniniai duomenys

Pagrindiniai defektoskopo techninių parametų ir charakteristikų dydžiai nurodyti 2 lentelėje (žr.preidus) [18].

Papildomi defektoskopo parametrai ir techniniai duomenys:

Laikinas defektoskopo parametų nestabilumas juo nepertraukiamai dirbant 8 valandas aido metodo ribinio sąlyginio jautrumo nukrypimai ne daugiau + 2 dB;

Atsižvelgiant į klimato poveikį, darbas defektoskopu stabilus, kai:

- oro temperatūra nuo minus 40 °C iki plus 50 °C;
- esant oro temperatūrai 35 °C ir žemesnei, kai oro drėgmė iki 98 % ir nesant drėgmės kondensacijai;
- ribinio sąlyginio jautrumo nukrypimai esant ribinėms oro temperatūros reikšmėms ne daugiau + 4 dB;
- atšvaito gylio matavimo nukrypimai esant ribinėms oro temperatūros reikšmėms yra ne daugiau dvigubos ribos pagrindinės paklaidos [18].

Defektoskopas stabilus sinuso pavidalu vibracijos poveikiui, kai dažnio diapazonas (10 – 55) Hz esant amplitudės poslinkiui 0,15 mm ir atsparus pavieniams mechaniniams 50 m/s² smūgiams, kai smūgių impulsų ilgumas (0,5 – 30) ms [18].

Defektoskopo komplektas

Defektoskopą sudaro:

- elektroninis blokas - 1 vnt.;
- tinklo maitinimo blokas - 1 vnt.;
- PEK komplektas - 1 kompl.
- Į defektoskopo sudėtį įeina atsarginių dalių komplektas.

Defektoskopo sudėtis ir veikimo principai

Defektoskopo veikimo principas - ultragarso atspindėjimas nuo nevienodumų tikrinamajame gaminyje. Ultragarso sužadinas ir priimamas PEK, kurie jungiamaisiais kabeliais yra prijungti prie defektoskopo elektroninio bloko I ir II kanalo jungčių [18].

Nuo gaminio PEK gaunami signalai perduodami į defektoskopo elektroninio bloko įėjimą, kur jie sustiprėja, pagal laiką, atitinkamai su užprogramuotomis tikrinimo zonomis, selektuojasi ir parodomi defektoskopo matricinio indikatorius ekrane. Tikrinimo zonoje aptikus signalus, viršijančius užprogramuotą ribinį lygį, defektoskopo elektroninio bloko defekto signalizatoriaus pagalba išgaunami valdymo signalai, nustato priimtų signalų amplitudės-laiko charakteristikas ir pateikia informaciją apie aptikto defekto išaiškinimo koeficientą ir jo koordinatas. Nurodyta informacija pateikiama matricinio indikatorius ekrane [18].

Defektoskopo elektroniniame bloke vyksta programiškai - defektoskopo valdymas skirtinguose režimuose, įskaitant PEK prijungimą, nustatymo ir tikrinimo parametrų informacijos įvedimas, grafinės informacijos išvedimas į matricinį indikatorių, priimtų signalų amplitudės ir laiko selekcijos valdymas, defekto išaiškinimo koeficiento ir jo koordinatų nustatymas [18].

Defektoskope, naudojant defektoskopo valdymo organus, yra du darbo režimo programavimo lygiai. Pirmame – programuojama visa būtina kontrolei informacija panaudojant skirtingas ultragarso kontrolės schemas. Šiame lygyje užprogramuota informacija yra 32-uose fiksuotuose nustatymuose, turinčius po dvi eilutes su parametrų schemų užprogramuotomis reikšmėmis. Šiame lygyje informacija išsaugoma energiška nepriklausomojoje atmintyje, tame tarpe ir atjungiant elektroninio bloko maitinimą. Nustatymai turi sąlyginius numerius nuo 1 iki 32 [18].

Antrojo lygio programavime darbo procese (A tipo skleistinėje atitinkančio režimo) operatorius gali operatyviai perprogramuoti kai kurias parametrų, užprogramuotas pirmajame lygyje, reikšmes. Perprogramuotos antrajame lygyje reikšmės, išjungiant defektoskopo maitinimą, neišsaugomos, taip pat, kai defektoskopo matricinio indikatorius oscilogramos signalai A tipo skleistinės režimo, nuspaudus mygtuką BO3B, operatyviai gali būti grąžintos į pirmajame lygyje užprogramuotas reikšmes [18].

Defektoskopų sudedamųjų dalių sudėtis ir veikimo principai

Elektroninis blokas naudojamas:

- valdyti I ir II kontrolės darbo kanalus visose užprogramuotuose režimų nustatymuose;
- išgauti garso signalizatoriais signalus apie aptiktus defektus;

- vizualiai defektoskopo ekrane parodyti informaciją apie defektoskopo nustatymų parametrus ir aptiktų defektų charakteristikas;
 - įsiminti ir išsaugoti ultragarsinės kontrolės rezultatus su galimybe juos perduoti į personalinį kompiuterį protokolu (duomenų kaupimui, jų analizei bei nurodytos informacijos peržiūrai defektoskopo ekrane;
 - kontrolės rezultatams peržiūrėti matriciniame ekrane [18].

Elektroninio bloko korpusas metalinis. Priekiniame skydelyje yra: matricinis indikatorius, jungiklių valdymo klaviatūra, defektoskopo įjungimo šviesos diodo indikatorius, ekrano įrėminimas. Dirbant labai apšviestoje vietoje, kad ekraną apsaugoti nuo intensyvios šviesos, prie įrėminimo galima pritvirtinti apsauginį skydelį [18].

1.5.3 Sūkurinių srovių defektoskopas 7505

Sūkurinių srovių defektoskopas (defektų ieškiklis) skirtas metalinių elementų patikrai bei labai patikimai paviršiaus ar arti paviršiaus esančių defektų nustatymui. Šis metodas leidžia vykdyti defektų kontrolę, lydinių rūšiavimą ar varžtų kiaurymių defektavimą [7].

Sūkurinių srovių metodu galima nustatyti tiek paviršinius, tiek esančius tam tikru atstumu nuo paviršiaus įtrūkimus, susijusius su dauguma problemų, su kuriomis susiduriama atsiradus metalo nuovargiui arba gaminant metalinius gaminius. Tai:

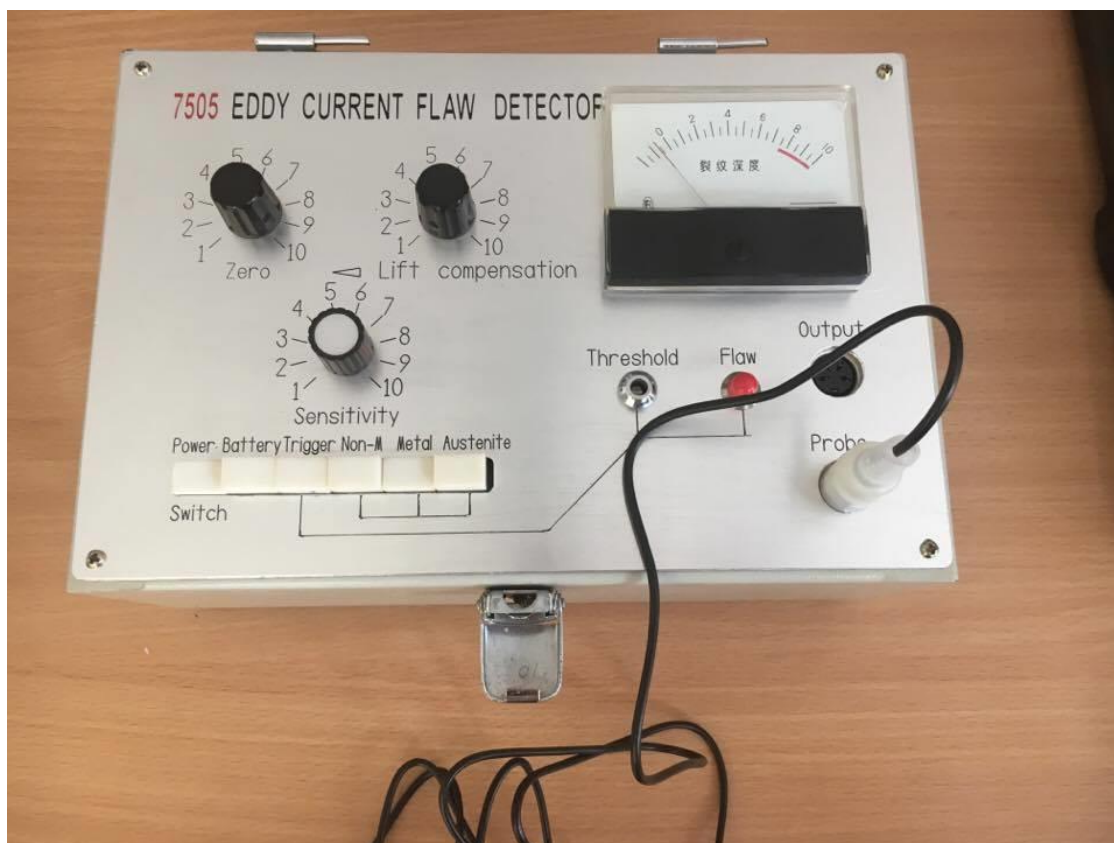
1. Būdingos problemos: trūkiai, atsirandantys liejimo ar kalimo gamybos etapuose – pratrūkimai, vidiniai intarpai, perdengimai ir akytumas;
2. Apdorojimo problemos: defektai, atsirandantys dėl štapavimo, mašininio apdirbimo ar virinimo, tokie kaip išilginiai, šlifavimo ir susitraukimo įtrūkimai, blogas terminis apdirbimas ar netinkamos atleidimo procedūros;
3. Naudojimo problemos: defektai, atsirandantys normalaus komponento arba medžiagos naudojimo metu, tokie kaip erozija, korozija, susidėvėjimas ir metalo nuovargis [7].

7505 tipo sūkurinių srovių defektoskopas aptinka 0,5-60 S / M mažus įtrūkimus ant metalo paviršiaus, jam neturi įtakos oksido sluoksnis ant metalo paviršiaus, dažų, naftos sluoksniai.

Įranga gali būti labai veiksminga aptinkant defektus, specialias zondas. Taip pat gali aptikti krašto įtrūkimus, vidinio skersmens bei vidinės sienelės kūginius įtrūkimus [6].

7505 yra nešiojamas kompaktiškas, mažo dydžio, lengvas prietaisas. (1.5.3.1 pav). Be to, naudojant priemonę stacionariai, padidėja jautrumas ir stabilumas. Defektoskopas yra tinkamas gamybos pramonei ir tyrimams metalurgijoje ar kitose pramonės sektoriuose, pavyzdžiui, orlaivių ir

variklių techninės priežiūros, aviacijos pramonėje ir suvirintų jungčių defektų aptikimui [6].



1.5.3.1. pav. Sūkurinių srovių defektoskopas

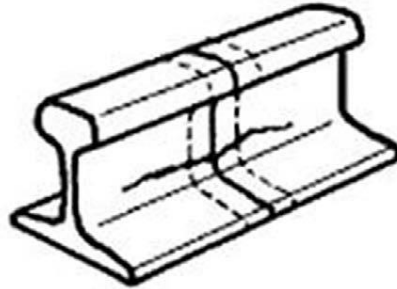
Techninės charakteristikos

Techninės charakteristikos

1. Aptikimo diapazonas: 0.5-4.0 mS;
2. Aptikimo jautrumas: ant lygaus paviršiaus (šiurkštumas yra mažesnis nei 10um) gali aptikti 50um išilginius įtrūkimus;
3. Zondas laikomas atstumu ≥ 6 mm;
4. Baterijos veikimo laikas: nuolatinis naudojimas maždaug 100 valandų, pertrūkiamas naudojimas apie 200 valandų;
5. Darbo sąlygos: C 0-40° [6].

1.6 Termitinės sandūros defektų rūšys ir jų aptikimo būdai

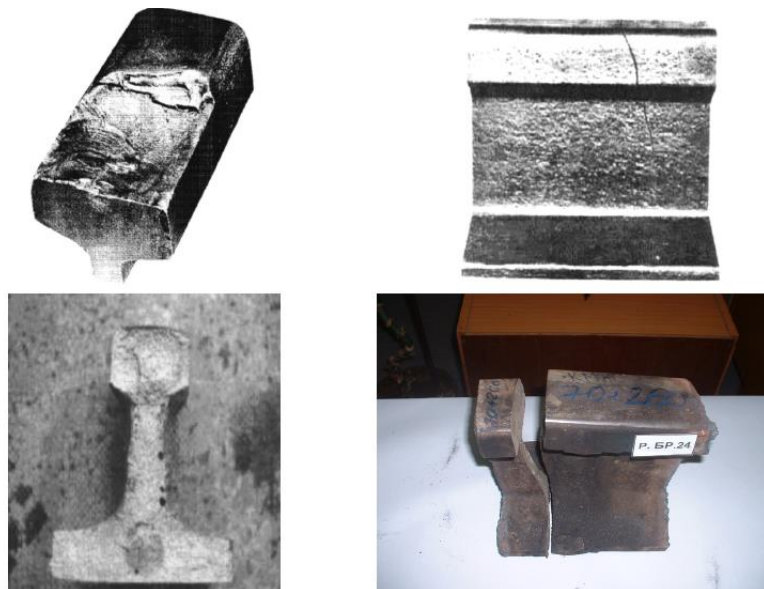
Termitinė sandūra – tai vertikalus (25 – 30) mm legiruoto plieno sluoksnis (toliau – Termitinė suvirinimo siūlė), atskirta nuo bėgių plieno 3 – 8 mm storio difuzijos ir dėl įkaitinimo bėginio plieno pasikeitusios struktūros zonomis. Dažniausiai pažeistoje termitinės sandūros vietoje atsiranda plyšiai kaklelio srytyje (1.6.1 pav.). Jei defektų nėra, tai per termitinį plieną ir difuzijos zoną ultragarso signalai lengvai praeina [3, 13].



1.6.1 pav. Schematiškai pavaizduotas termitinės sandūros plyšys

Naudojant suvirinimo procesą SKV L-50, kai prieš suvirinimą tarpas tarp bėgio skersgalių paliekamas (40 – 50) mm, termitinė suvirinimo siūlė yra (45 – 55) mm, procesą SKV L-75, kai prieš suvirinimą tarpas tarp skersgalių paliekamas (65 – 75) mm, termitinė suvirinimo siūlė yra (75 – 85) mm [16].

Esant suvirinimo technologijos pažeidimams termitinėje sandūroje gali atsirasti dviejų tipų defektai (1.6.2 pav.):



1.6.2 pav. Termitinės sandūros defekrai

- defektai bėgio ir sandūros pliene dujų burbulų, įtrūkių ir šlako priemaišų pavidalu. Šių defektų šiurkštūs pakraščiai, jie aptinkami aido-metodu;

- defektai, kai nėra termito metalo difuzijos bėgio metale. Dėl šios priežasties susidaro vertikalūs įtrūkiai su lygiais pakraščiais, jie aptinkami veidrodžio metodu [13].

Termitinės sandūros užlieto metalo vidiniams defektams aptikti aido metodu (toliau AM) atliekamas pagrindinis tikrinimas. Šiuo metodu nustatomi:

- dviejų pjezoelektrinių elementų keitikliu pagal atskirą darbo schemą (AS PEK) nuo bėgio galvutės paviršiaus vidurio horizontalių įtrūkių pavidalo kakliuke ir jo tęsinyje bėgio galvutėje ir pade;
- prizminiu 70° įvedimo kampo keitikliu pado sparnuose nuo jų paviršiaus ir bėgio galvutėje nuo jos paviršiaus ir šonų skersiniai šiurkštūs įtrūkiai;
- prizminiu 45° įvedimo kampo keitikliu galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po galvute nuo bėgio galvutės paviršiaus skersiniai šiurkštūs įtrūkiai [13, 17].

Termitinės sandūros defektams užlieto ir bėgio metalo sujungime aptikti veidrodžio metodu (toliau VM) tikrinama sinchroniniai dviem keitikliais (tandemu) - vienas iš jų spinduliuoja zonduojančius impulsus, o antras priima aido impulsus. Šiuo metodu nustatomi veidrodiniai defektai:

- dviem 45° įvedimo kampo keitikliais nuo bėgio galvutės paviršiaus suvirintos siūlės galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po kakliuku;
- dviem 70° įvedimo kampo keitikliais nuo bėgio galvutės šonų suvirintos siūlės galvutėje [13, 17].

Aukščiau nurodytos aplinkybės, taip pat, kad termitinė suvirinimo siūlė išgaubta (pylimėlio formos), nustato technologines procedūras, kurias reikia naudoti bėgius suvirintus termitu tikrinant ultragarsu [13, 17].

1.7. Termitinės sandūros sudėtis ir struktūra

Bėgių plienai gaminami iš anglingųjų plienų, kurių sudėtyje yra 0,6–0,82 % anglies. Didėjant anglies kiekiui pliene, didėja trapumas, mažėja plastiškumas, didėja jautrumas įtempių koncentratoriams, blogėja suvirinamumas, tačiau atsparumas dilimui didėja, o tai ilgina naudojimo trukmę. Anglingojo plieno legiravimas didina stiprumą ir atsparumą dilimui. Kai anglies kiekis pasiekia didžiausią ribą – 0,82 %, o manganas – 1,79 %, gaunamas aukšto stiprumo ir atsparus dilimui plienas, naudojamas sunkiųjų bėgių gamybai. Tyrimai parodė, kad plieno takumo ribai didžiausią įtaką daro anglis, manganas, silicis ir vanadis. Iš jų manganas ir vanadis, taip pat kaitinimo normalizacijai trukmė teigiamai veikia smūginį tūsumą, o anglis – neigiamai. Bėgių plieno savybėms gerinti gali būti naudojami ir šie legiravimo elementai: chromas ir nikelis. Beinitinės struktūros plienai gaminami legiruojant įprastiniais legiravimo elementais: molibdenas ir boras skatina beinito susidarymą, anglis, chromas ir manganas suteikia stiprumą, o silicis stabdo karbidų susidarymą – procesą, skatinantį

atsparumą dilimui. Plačiai naudojamų Lietuvoje bėgių plienų cheminė sudėtis pateikta 1.7.1 lentelėje [11, 14].

1.7.1 lentelė

Bėgių cheminė sudėtis

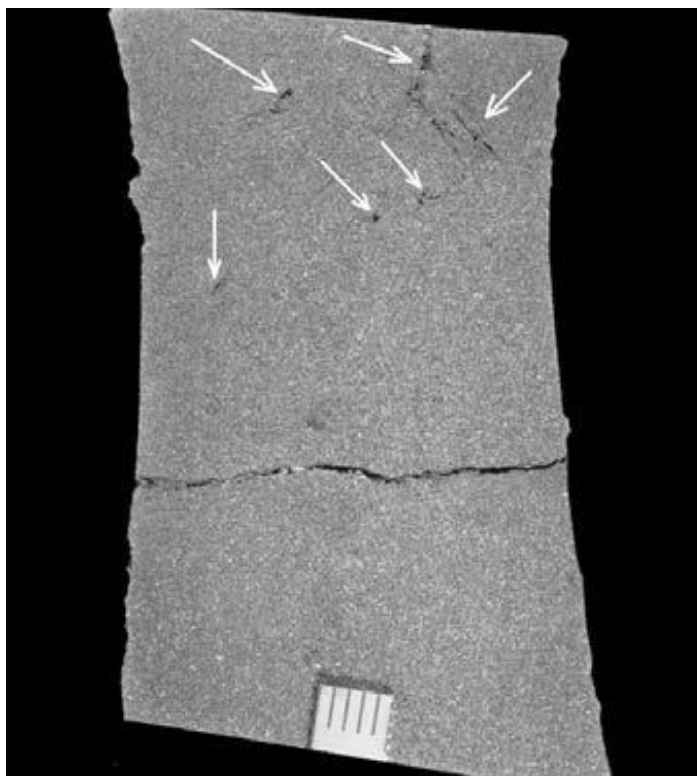
Elementas	Leidžiamasis intervalas, %		Darbinis intervalas	Bėgio markė
	mažiausias	didžiausias		
				EN 13674-1
Anglis	0,30	0,55	±0,12	R200
	<U5	0,70	±0,12	R220
	0,40	0,75	±0,12	R260, R260Mn
	0,50	0,85	±0,12	R320O, R350HT, R350LHT
Silicis	0,0002	1,20	±0,25	Visos
Manganas	0,40	1,00	±0,20	R200
	0,45	1,20	±0,20	R220
	0,50	1,40	±0,20	R260, R320 Cr, R350HT, R350LHT
	0,50	1,60	±0,20	R260Mn
Fosforas	0,00	0,035	-	Visos
Siera	0,00	0,035	-	Visos
Chromas	0,00	0,20	-	R200, R220, R260,
	0,00	0,80	±0,20	R260Mn R320O, R350HT, R350LHT
Molibdenas	0,00	0,10	-	Visos
Nikelis	0,00	0,10	-	Visos
Aliuminis	0,02	0,60	±0,20	Visos
Varis	0,00	0,20	-	Visos
Alavas	0,00	0,02	-	Visos
Stibis	0,00	0,02	-	Visos
Titanas	0,00	0,05	-	Visos
Niobis	0,00	0,01	-	Visos
Vanadis	0,00	0,25	-	R200, R220, R260,
	0,00	0,45	-	R260Mn
	0,00	0,65	-	R320Cr R350HT, R350LHT

Lietuvoje geležinkeliams tiesti naudojami sunkieji bėgiai iš anglingojo plieno, mikrolegiruoto vanadžiu. Didesnis anglingųjų (0,7–0,82 %) su vanadžiu plienų atsparumas dilimui (10–40 %) ir be vanadžio aiškinamas ne tik kiek didesniu kietumu, bet ir dispersinio kietėjimo metu išsiskiriančiais vanadžio karbidais. Vanadžiu legiruotų plienų atsparumas dilimui priklauso ir nuo grūdinimo bei atleidimo temperatūrų. Jei lygintume identišką sudėtis plieno be vanadžio ir plieno su vanadžiu atsparumą dilimui po atleidimo 580–650 °C temperatūrų intervale, tai plieno su vanadžiu atsparumas dilimui bus 1,8–2,0 kartus didesnis nei be vanadžio. Tačiau aukštesnėje nei 700 °C temperatūroje atleidimas suvienodina minėtų plienų atsparumą dilimui. Lyginamų plienų pavyzdžių kietumas apytikriai vienodas, optiniu mikroskopu stebima mikrostruktūra praktiškai identiška, o dilimas labia skiriasi. Didžiausias mechaninių savybių didinimo efektas, legiruojant vanadžiu, gaunamas po atleidimo 550 °C ir aiškinamas dispersinių karbidų buvimu. Vanadis su karbidus sudarančiais IV ir V grupių elementais sudaro karbidus, kurių dydis keičiasi terminio apdirbimo metu. Vanadžio tirpumas austenite priklauso nuo anglies kiekio pliene ir nuo kaitinimo temperatūros. Šis procesas yra pagrindinis grūdo

dydžio ir α kietojo tirpalo persotinimo ataušinus veiksnius. Todėl austenito aušinimo būdas ir atleidimo laipsnis atleidimo metu reguliuoja vanadžio karbidų išsiskyrimą. Taigi didesnę vanadinio plieno atsparumą atleidimui lemia ne absoliutus vanadžio kiekis, o jo kiekis, ištirpęs austenite. Karbidų sudėtis, dispersiškumas ir pasiskirstymas priklauso nuo cheminės plieno sudėties, kaitinimo ir aušinimo procesų. Efektyvus santykinis atsparumas dilimui gaunamas legiruojant kompleksiskai ir optimalus jų kiekis: mangano – 1,0–1,4 %, silicio – 0,3–0,5 %, chromo – 0,3–0,6 % ir vanadžio – 0,06–0,15 % [11,14].

Vidutinio anglingumo plienų tempimo stiprumas – apie 430 MPa (tai reiškia kad 1,4 mm viela gali išlaikyti 70 kg svorį). Anglingojo plieno tempimo stiprumas sudaro nuo 900 MPa iki 1200 MPa (1,4 mm vielą pakeistų 0,8 mm viela) [11, 14].

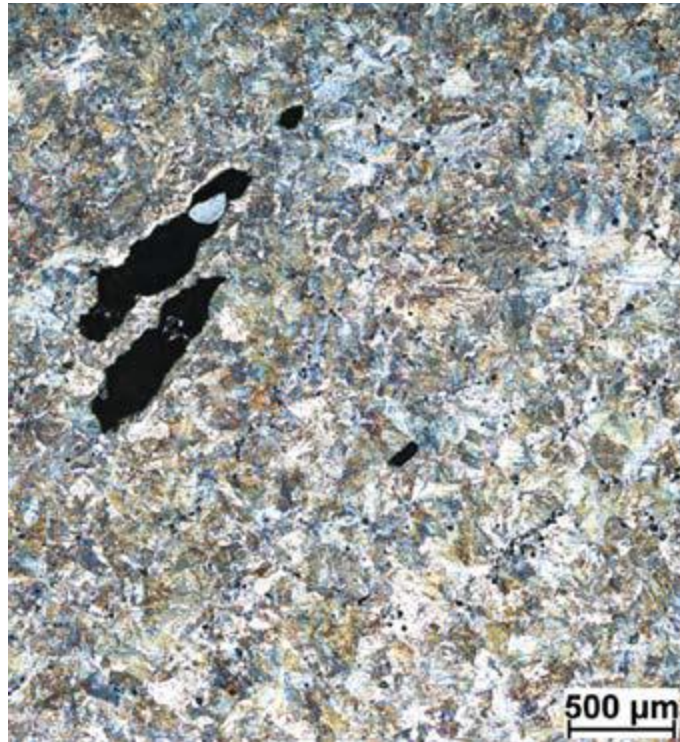
Plienai paprastai charakterizuojami pagal jų mikrostruktūrą. Istoriskai bėgių plienai turi būti pagaminti iš anglingojo plieno, turinčio perlitinę mikrostruktūrą, kai feritas ir cementitas viename grūde išsidėstę plokštelėmis pakaitomis. Bėgių plienų mikrostruktūra skirtinga: nuo perlite su feritu (mažai apkrauti ir iš vidutinio anglingumo plienų pagaminti bėgiai) iki vien perlitinės mikrostruktūros didelio anglingumo plienuose. Kietumas ir stiprumas priklauso nuo perlito kiekio ir mikrostruktūros: kuo mažesni tarpai tarp plokštelių, tuo didesnis atsparumas dilimui, kietumas ir tempimo stiprumo riba. Didelio stiprumo plienai (1200–1400 MPa) turi smulkiadispersio perlito mikrostruktūrą, gaunamą kontroliuojamu terminiu apdirbimu. Bėgių plienas, kurių mikrostruktūra iš esmės jau kitokia, t. y. beinitinė, gaunamas termiškai apdirbant ar reguliuojant cheminę plieno sudėtį [11, 14].



1.7.1 pav. Makrostruktūra po suvirinimo, strėlimis pažymetos dujų poros

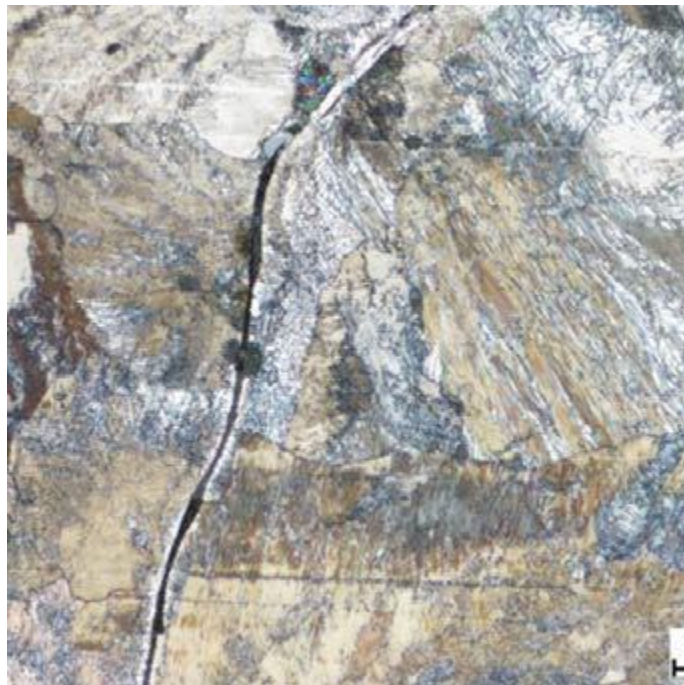
Jau makrostruktūroje (1.7.1 pav.) matyti dujų poros, dėl kurių termitinėje sandūroje atsiranda defektai.

Priartinus vaizdą 50 kartų akivaizdžiai poros matomos dar geriau (1.7.2 pav.) [19].



1.7.2 pav. Mikrostruktūrą po suvirinimo, matomos dūjų poros (padidinta 50 kartų)

Mikrostruktūrą priartinus iki 500 kartų matyti, kad susidaręs FeCl_3 junginys (1.7.3.pav). Tai geležies



1.7.3. pav. Mikrostruktūra po suvirinimo (padidinta 500 kartų)

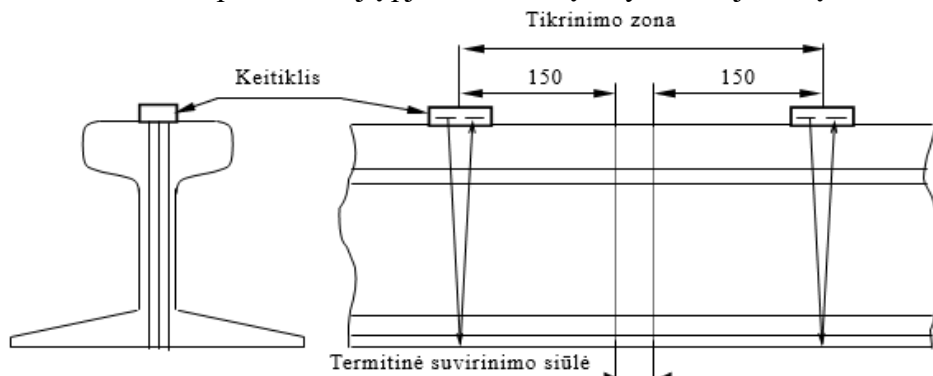
chloridas. Tai minkšta medžiaga raudonai rudos, žalsvos spalvos arba violetinės spalvos su būdingu metalinio blizgesio. Po sąlyčio su oru geležies chlorido bus rodomas geltonos spalvos ir konsistencijos tampa kaip drėgno smėlio. Dėl šios priežasties sandūros zona tampa greičiau pažeidžiama [19].

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Termitu suvirintų bėgių tikrinimas defektoskopu RDM-33

Prieš termitinių sandūrų tikrinimą reikia grandikliais, metaliniais šepečiais, skudurais nuvalyti purvą, mazutą, tepalus nuo sandūros 200 mm atstumu į kiekvieną pusę nuo suvirinimo siūlės. Apžiūrėti sandūros zoną ir, jei nėra išorinių defektų, padengti ją kontaktinio skysčio sluoksniu. Tikrinant dviejų pjezoelektrinių elementų keitikliu pagal atskirą darbo schemą nuo bėgio galvutės paviršiaus vidurio reikia:

- prijungti tiesioginį dviejų pjezoelektrinių elementų atskirą sutapdintą keitiklį prie jungčių priekiniame defektoskopo skydelyje;
- spaudžiant mygtuką „REŽ“ įjungti 1-ąjį režimą;
- spaudžiant mygtuką „MAT“ įjungti matavimo režimą tiesioginiam keitikliui (0^0);
- darbui pagal atskirą schemą perjungiklį „SUTAPT/ATS“ perjungti žemyn;
- reguliatoriumi „MARKERIS“ nustatyti duomenų lauko apatinėje eilutėje pagal aukštį „H“ bėgiams:
 - R50 tipo - 160 mm;
 - UIC60 (60E1) tipo - 180 mm;
 - R65 tipo - 190 mm.
- reguliatoriumi „SKLEIST“ gylio matuoklio žymės pradžią sutapatinti su koordinacių tinklo dešiniuoju kraštu;
- sukinėjant defektoskopo rankeną „1dB“ pasiekti rodmenų lauko viršutinėje eilutėje paieškos jautrumą – 16;
- sukant reguliatorių „VRČ“ į kairę, pašalinti paties keitiklio trukdžius;
- keitiklį pastatyti ant bedefekčio bėgio galvutės paviršiaus 150 mm atstumu nuo termitinės sandūros taip, kad dviejų pjezoelementų dalybos linija būtų statmena bėgio ašiai.

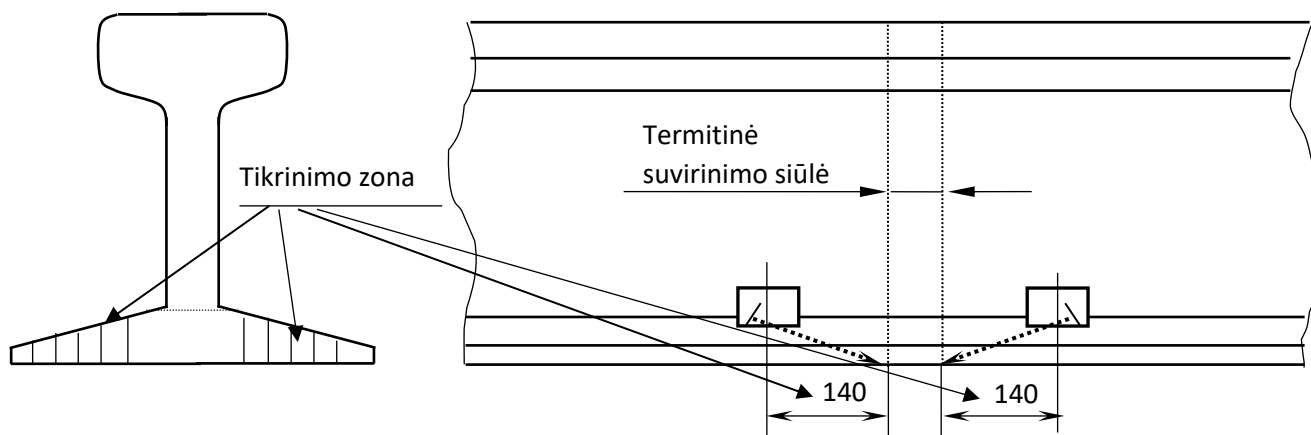


2.1.1 pav. Termitinių sandūrų tikrinimas tiesioginiu suderinamuoju keitikliu su dviem pjezoelektriniais elementais nuo bėgio galvutės paviršiaus

Suvirinta sandūra tikrinama sklandžiu judesiu, be kokių nors keitiklio posūkių, bėgio galvutės centro zonoje, apibrėžtoje 150 mm atstumu į abi puses nuo suvirinimo siūlės (2.1.1 pav.).

Atsiradus ekrane aido signalui nustatyti atskiro sutapdinto keitiklio išbrokavimo jautrumą, kuris yra 4 dB mažesnis už paieškos jautrumą. Atsiradęs aido signalas ekrane ir garsas indikatoriuje, kai nustatytas išbrokavimo jautrumas, reiškia, kad tikrinimo zonoje gali būti defektas. Defekto vietos nustatymui sutapatinti gylio matuoklio žymės pradžia su aido signalo pradžia. Rasti PEK padėtį, kai aido signalo amplitudė yra maksimali ir ekrano rodmenų lauke nuskaityti atšvaito (defekto) vietą. Palyginti matavimų rezultatus su termitinės sandūros paviršiaus apžiūros rezultatais. Defektoskopo suderinimui, tikrinant prizminiu 70° įvedimo kampo keitikliu termitinės sandūros pado sparnus nuo jų paviršių bei bėgio galvutę nuo jos paviršiaus ir šonų, reikia:

- prijungti prizminį 70° įvedimo kampo keitiklį prie 1-ojo kanalo jungties priekinio defektoskopo skydelyje;
- darbui pagal sutapdintą schemą perjungiklį „SUTAP/ATS“ perjungti aukštyn („SUTAP“);
- mygtuku „RĖŽ“ įjungti defektoskopo 1 režimą ir mygtuku „MAT“ - 70° PEK programą (viršutinės eilutės kairėje pusėje skaičius 1, o vidurinis skaičius $65^\circ(70^\circ)$);
- įsitikinti, kad įjungtas „1“ darbo režimas ir koordinacių matavimo režimas $65^\circ(70^\circ)$ PEK;
- reguliatoriumi „MARKERIS“ nustatyti apatinėje eilutėje prie H – 60 mm;
- reguliatoriumi „SLKLEIST“ gylio matuoklio žymės pradžia sutapatinti su ekrano koordinacių tinklo dešiniuoju kraštu;
- nustatyti paieškos jautrumą 16 dB 70° PEK;
- reguliatoriumi „VRČ“ pašalinti paties keitiklio trukdžius.



2.1.2 pav. Termitinės sandūros pado sparnų tikrinimas 70° įvedimo kampo keitikliu

Laikantis reikalavimų, termitinę sandūrą patikrinti 140 mm zonoje iš abiejų pusių nuo termitinės suvirinimo siūlės pado sparnų (2.1.2 pav.). Atsiradus aido signalui ekrane nustatyti 70° PEK išbrokavimo jautrumą, kuris yra 4 dB mažesnis už paieškos jautrumą.

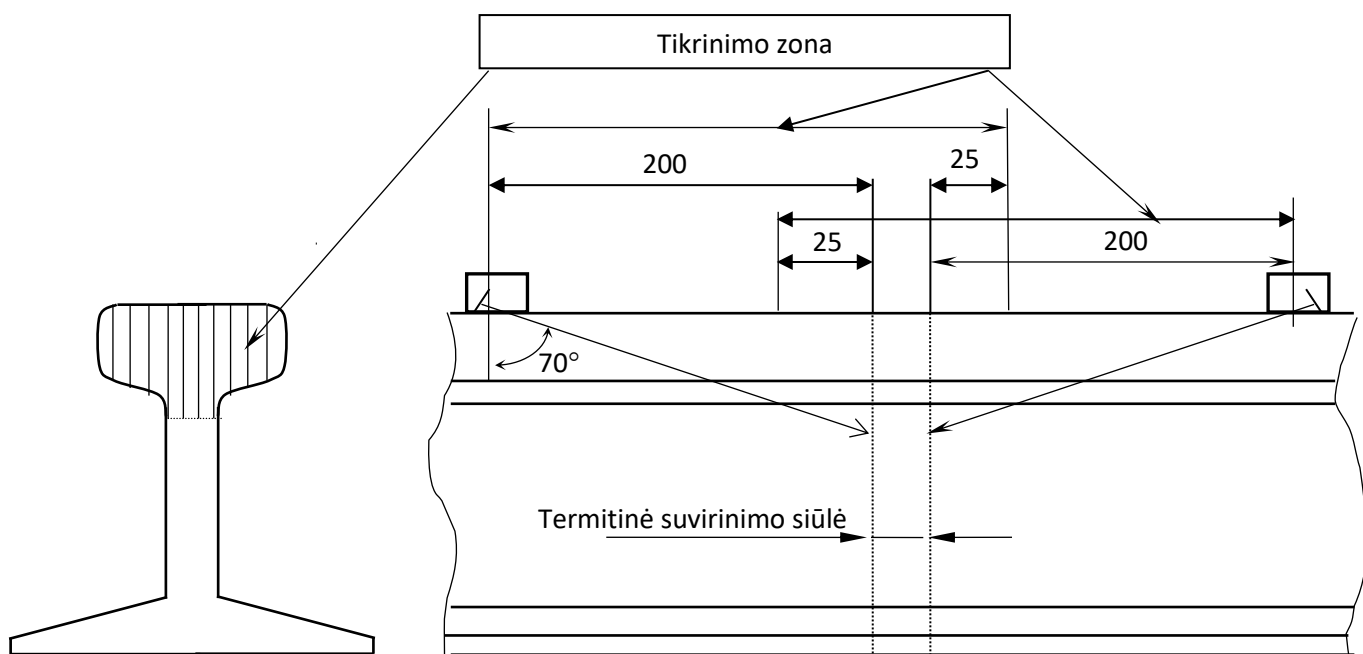
Atsiradęs aido signalas ekrane ir garsas indikatoriuje, kai nustatytas išbrokavimo jautrumas, reiškia, kad tikrinimo zonoje gali būti defektas. Rasti PEK padėtį, kai aido signalo amplitudė yra maksimali.

Sutapatinti gylio matuoklio žymės pradžia su aido signalo pradžia ir:

- pagal rodmenis koordinačių eilutėje prie „H“ ir „L“ nustatyti apytiksle atšvaito (defekto) vietą, kai defektas aptiktas tiesioginiu spinduliu ir nustatyti tik atstumą „L“, kai defektas aptiktas lūžimo spinduliu;
- palyginti matavimų rezultatus su termitinės sandūros paviršiaus apžiūros rezultatais.

Jeigu naudojama 65° defektų koordinačių matavimo programa, kai iešiklio įvedimo kampas apytiksliai lygus 70° , arba iešiklio įvedimo kampas lygus 65° , o naudojama 70° defektų koordinačių matavimo programa, tai tiksliau nustatyti defekto vietą galima išmatavus laiko intervalą tarp zonduojančio ir aido signalų ir naudojant defektų koordinačių lentelę, atsižvelgiant į keitiklio įvedimo kampą ir laiką tarp zonduojančio ir aido signalų.

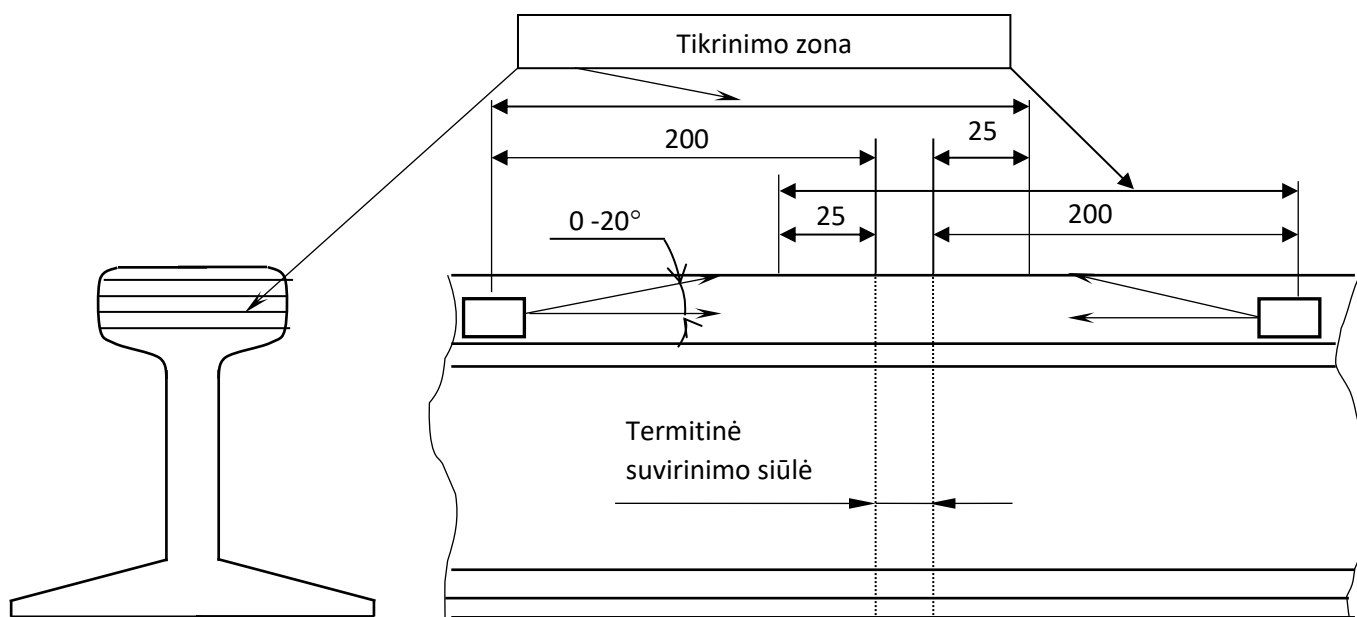
Tikrinant termitinės sandūros galvutę nuo paviršiaus bei šonų padėti 70° keitiklį statmenai sandūrai ir stumdyti (nepasukant keitiklio) išilgai bėgio galvutės (skersai sandūros) kaskart po truputį perstumiant skersai bėgio (išilgai sandūros); analogiškai termitinę patikrinti sandūrą iš abiejų galvutės šonų. Keitiklį stumdyti nuo 200 mm iki sandūros ir 25 mm už termitinės suvirinimo siūlės (2.1.2 pav.).



2.1.2pav. Termitinės sandūros bėgio galvutės nuo važiavimo paviršiaus tikrinimas 70° PEK

Termitinės sandūros defektams, kurie gali būti po galvutės paviršiumi, aptikti būtina tikrinti perstumiant keitiklį bėgio galvutės šonu, periodiškai nukreipiant ultragarsinį spindulį 0° - 20° kampu į bėgio galvutės paviršių (2.1.3 pav.).

Atsiradus ekrane aido signalui 70° įvedimo kampo keitikliui nustatyti išbrokavimo jautrumą 16 dB. Atsiradęs aidas ekrane ir garsas indikatoriuje, kai nustatytas išbrokavimo jautrumas, reiškia, kad tikrinimo zonoje gali būti defektas.



2.1.3 pav. Termitinės sandūros bėgio galvutės nuo šonų tikrinimas 70° PEK

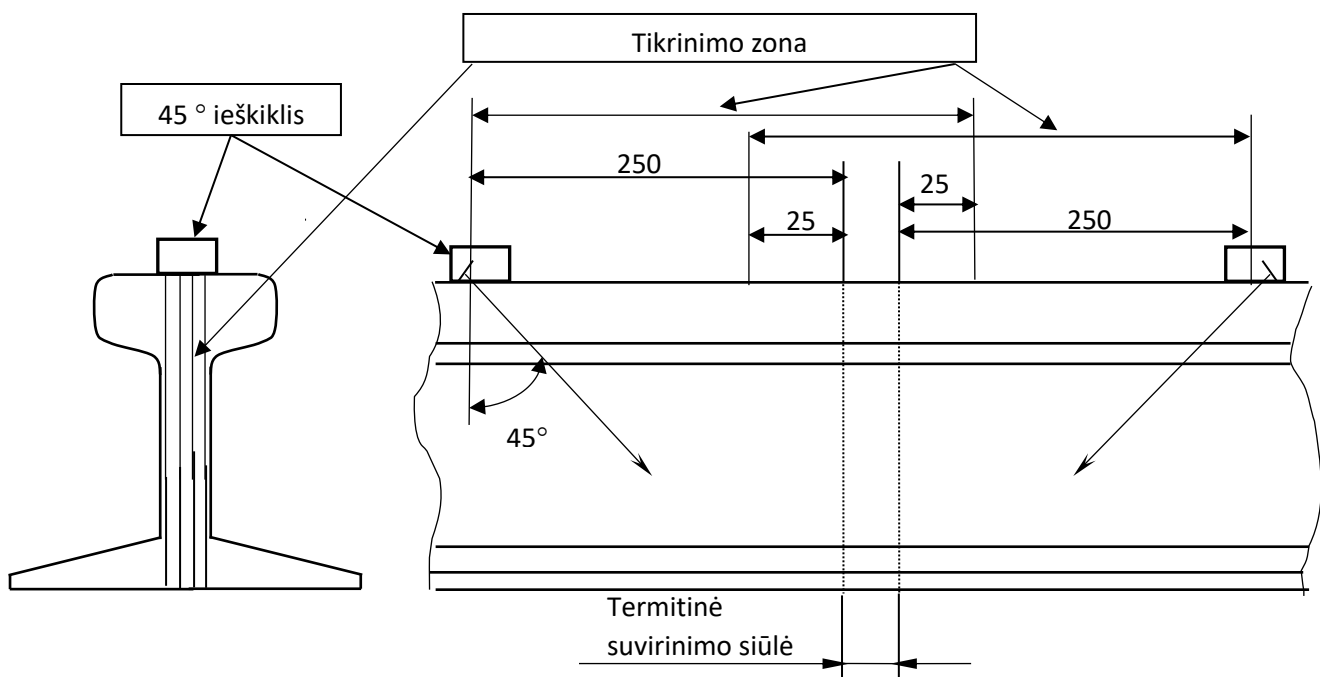
Rasti PEK padėtį, kai aidas signalo amplitudė yra maksimali. Sutapatinti gylis matuoklio žymės pradžia su aidas signalo pradžia ir pagal rodmenis koordinačių eilutėje prie „H“ ir „L“ nuskaityti atšvaito/defekto vietą. Palyginti matavimų rezultatus su tikrinamos termitinės sandūros paviršiaus apžiūros rezultatais. Defektoskopui suderinti, tikrinant prizminiu 45° įvedimo kampo keitikliu bėgio galvutės vidurinę dalį ir kakliuką nuo bėgio galvutės paviršiaus, reikia:

- mygtuku „MAT“ įjungti matavimo režimą 45° (50°);
- įsitikinti, kad defektoskopas įjungtas darbui pagal sutaptintą schemą (jungiklį „SUTAP/ATS“ perjungti aukštyn - „SUTAP“);
- reguliatoriumi „MARKERIS“ nustatyti apatinėje eilutėje kontrolės zoną pagal aukštį „H“ bėgiams:
 - R65 tipo – 190 mm;
 - UIC60 (60E1) – 180 mm;
 - R50 – 160 mm;

- reguliatoriumi „SKLEIST“ gylio matuoklio žymės pradžią sutapatinti su ekrano koordinačių tinklo dešiniuoju kraštu;
- prijungti prizminį 45° įvedimo kampo keitiklį prie jungties „1C →“;
- nustatyti 45° PEK paieškos jautrumą – 24 dB;
- reguliatoriumi „VRČ“ pašalinti paties keitiklio trukdžius.

Termitinės sandūros bėgio galvutės, virš kakliuko, kakliuko ir pado po kaliuku tikrinimas atliekamas sklandžiu slankiojamuoju judėjimu be kokių nors keitiklio posūkių, statmenai sandūros iš abiejų pusių bėgio galvutės centro zonoje: 250 mm iki sandūros ir 25 mm už termitinės suvirinimo siūlės (2.1.4. pav.).

Atsiradus aido signalui ekrane nustatyti 45° įvedimo kampo keitikliui išbrokavimo jautrumą, kuris 18 dB.

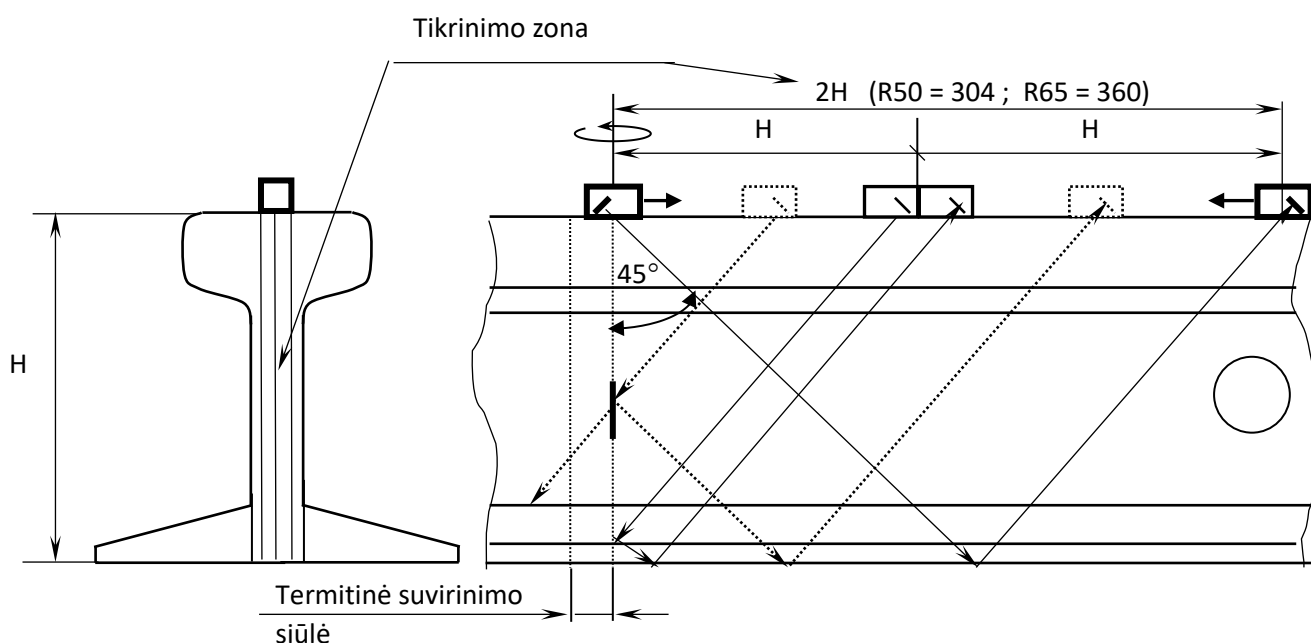


2.1.4 pav. Termitinės sandūros bėgio galvutės virš kakliuko, kakliuko ir pado po kaliuku tikrinimas

Jei ekrane atsiranda aido signalas ir garsas indikatoriuje, kai nustatytas išbrokavimo jautrumas, tai tikrinimo zonoje gali būti defektas. Rasti PEK padėtį, kai aido signalo amplitudė yra maksimali. Sutapatinti gylio matuoklio žymės pradžią su aido signalo pradžia ir pagal rodmenis koordinačių eilutėje ties „H“ ir „L“ nuskaityti atšvaito/defekto vietą. Palyginti matavimų rezultatus su tikrinamos termitinės sandūros paviršiaus apžiūros rezultatais. Tiksliau nustatyti defekto vietą galima išmatavus laiko intervalą tarp zondojančio ir aido signalų, naudojant defektų koordinačių lentelę, atsižvelgiant į keitiklio įvedimo kampą ir laiką tarp zondojančio ir aido signalų.

Termitinės sandūros defektams užlieto ir bėgio metalo sujungime (galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po kakliuku) aptikti dviem 45° įvedimo kampo keitikliais (tandemu), nuo bėgio galvutės paviršiaus, reikia:

- prijungti du 45° PEK prie jungčių priekiniame skydelyje;
- darbui pagal atskirąją schemą perjungiklį „SUTAPT/ATS“ perjungti žemyn -„ATS“;
- reguliatoriumi „1dB“ pasiekti 48 dB;
- kontrolės zoną reguliatoriumi „MARKERIS“ ties raide H nustatyti 120 mm;
- reguliatoriumi „SKLEIST“ gylio matuoklio žymės pradžią sutapatinti su ekrano koordinacių tinklo dešiniuuoju kraštu;
- perjungikliu „SLUOKSNIAIS“ viršun išjungti režimą nuo paviršiaus;
- vieną keitiklį pastatyti ant bėgio galvutės paviršiaus vidurinės dalies taip, kad išėjimo taškas būtų virš užlieto ir bėgio metalo sujungimo siūlės, o ultragarsinių svyravimų spindulio kryptis būtų į priešingą pusę nuo termitinės sandūros (2.1.5 pav.);
- antrąjį keitiklį pastatyti ant bėgio galvutės paviršiaus vidurinės dalies dvigubu bėgio aukščio atstumu nuo pirmojo taip, kad jis priiminėtų UGS (ultragarsinius svyravimus) iš pirmojo su maksimalia amplitude;
- reguliatoriumi „SKLEIST“ aidą signalą kiek įmanoma perstumti į ekrano vidurį;
- reguliatoriumi „1dB“ bei optimaliu keitiklio išdėstymu gauti stabilią 50 % ekrano aukščio (3 langeliai) aidą signalo amplitudę;
- reguliatoriumi „1dB“ padidinti stiprinimą 20 dB;
- keitiklį prie termitinės siūlės apsukti 180° taip, kad išėjimo taškas liktų virš užlieto ir bėgio metalo siūlės.



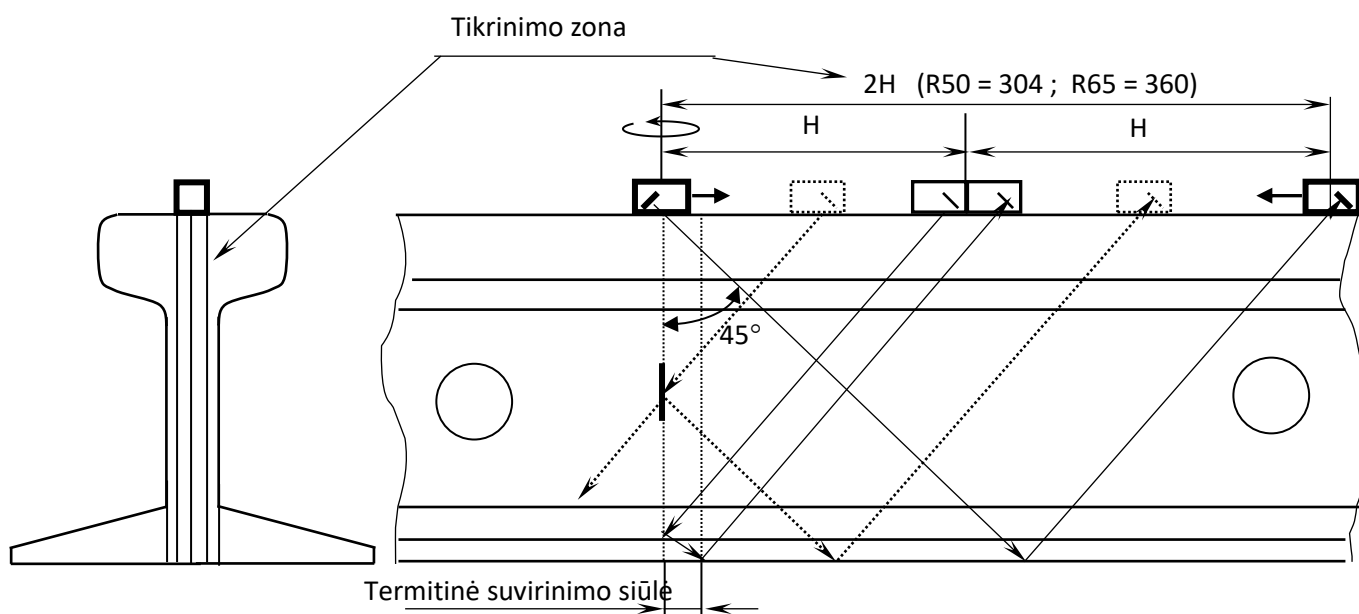
2.1.5 pav. Defektoskopo suderinimas, termitinės sandūros tikrinimas ir defektų aptikimas dviem 45° įvedimo kampo keitikliais (tandemu) užlieto ir bėgio metalo sujungime, galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po kakliuku nuo bėgio galvutės paviršiaus

Abu keitiklius lėtai judinti vienodu greičiu bėgio galvutės paviršiumi vienas prieš kitą. Pirmą keitiklį – nuo termitinės suvirinimo siūlės, antrą – termitinės suvirinimo siūlės link tol, kol jie susitiks (susitikimo taškas - bėgio aukštis nuo termitinės suvirinimo siūlės). Paskui juos drauge 2-3 kartus perstumti pirmyn – atgal (4 –5) cm. Keitiklius perstumti be jokių posūkių. Jei atsiranda didesnis nei 50 % ekrano aukščio (daugiau kaip 3 langeliai) aido signalas ekrane ir garsas indikatoriuje, tai užlieto ir bėgio metalo sujungime gali būti defektas. Tikrinant bėgį dviem 45° keitikliais (tandemu) defekto buvimo vieta yra bėgio ir užlieto metalo sujungime, o gylis atitinka atstumą, kuriuo perstumtas keitiklis nuo termitinės suvirinimo siūlės iki defekto aptikimo veidrodžio metodu. Suderinti defektoskopą ir patikrinti termitinės sandūros užlieto ir bėgio metalo sujungimą galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po kakliuku nuo bėgio galvutės paviršiaus iš kitos suvirintos siūlės pusės.

Jeigu termitinės sandūros zonoje nors tarp vienos skylės krašto ir termitinės suvirintos siūlės atstumas yra:

- R65 tipo bėgiuose - mažesnis kaip 280 mm;
- UIC60 (60E1) tipo bėgiuose – mažesnis kaip 260 mm;
- R50 tipo bėgiuose – mažesnis kaip 220 mm,

Antras patikrinimas dviem 45° keitikliais (tandemu) atliekamas taip, kad pirmas keitiklis spinduliuotų UGS per termitinę siūlę (žr. 2.1.6 pav.).



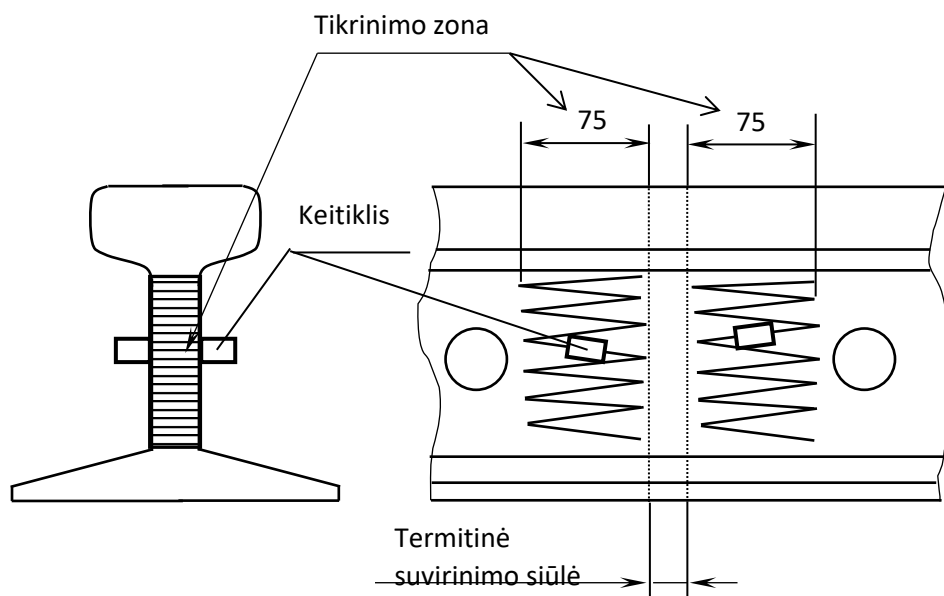
2.1.6 pav. Defektoskopo suderinimas, termitinės sandūros tikrinimas ir defektų aptikimas dviem 45° įvedimo kampo keitikliais (tandemu) užlieto ir bėgio metalo sujungime, galvutėje, kakliuke ir bėgio pade po kakliuku nuo bėgio galvutės paviršiaus, kai iš vienos suvirinimo pusės yra kiaurymė

Jeigu termitinės sandūros zonoje yra dvi skylės, nuo kurių krašto iki termitinės suvirinimo siūlės metalo atstumas yra:

- R65 tipo bėgiuose - mažesnis kaip 280 mm;
- UIC60 (60E1) tipo bėgiuose - mažesnis kaip 260 mm;
- R50 tipo bėgiuose - mažesnis kaip 220 mm,

tai dėl šių skylių negalima bus atlikti patikrinimo dviem 45° keitikliais (tandemu). Šiuo atveju patikrinimas atliekamas 70° įvedimo kampo keitikliu iš abiejų pusių ir iš abiejų kakliuko šonų tokia tvarka:

Laikantis reikalavimų, termitinę sandūrą patikrinti 75 mm zonoje iš abiejų pusių nuo termitinės suvirinimo siūlės kakliuko (2.1.7 pav.).

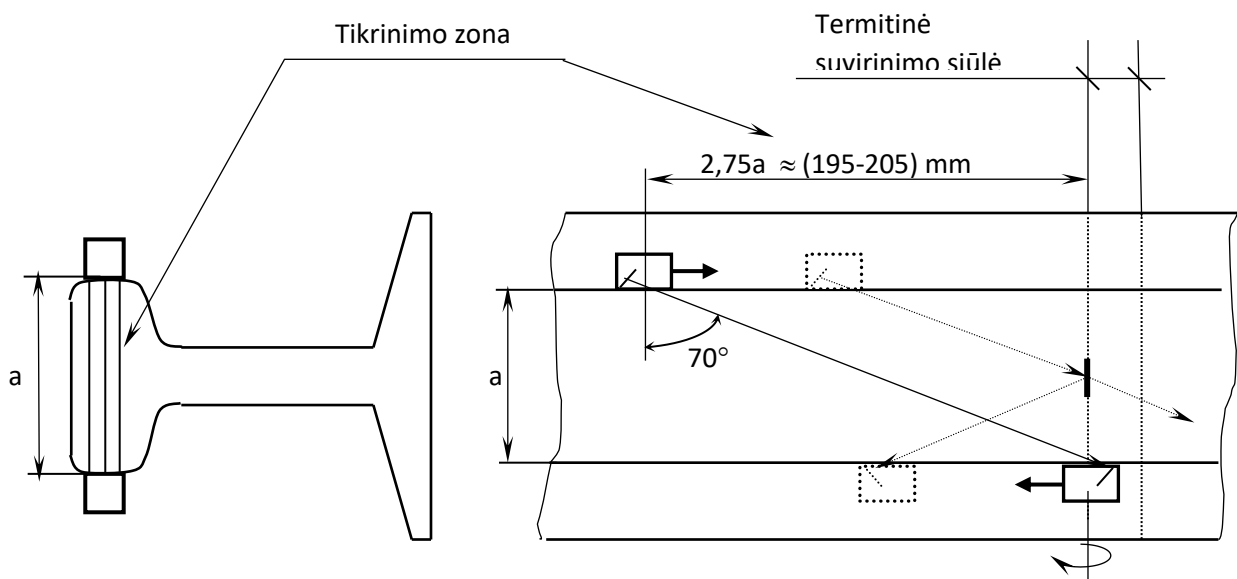


2.1.7 pav. Kakliuko tikrinimas 70° įvedimo kampo keitikliu, kai kakliuke yra dvi skylės netoli suvirinimo siūlės

Atsiradus aidų signalui ekrane nustatyti 70° PEK išbrokavimo jautrumą, kuris yra 4 dB mažesnis už paieškos jautrumą. Atsiradęs aidų signalas ekrane ir garsas indikatoriuje, kai nustatytas išbrokavimo jautrumas, reiškia, kad tikrinimo zonoje gali būti defektas. Rasti PEK padėtį, kai aidų signalo amplitudė yra maksimali. Sutapatinti gylio matuoklio markerį su aidų signalu ir pagal rodmenis koordinatų eilutėje prie „H“ ir „L“ nustatyti atšvaito (defekto) vietą, kai defektas aptiktas tiesioginiu spinduliu ir nustatyti tik atstumą „L“, kai defektas aptiktas lūžimo spinduliu. Palyginti matavimų rezultatus su termitinės sandūros paviršiaus apžiūros rezultatais.

Defektoskopą suderinti defektams aptikti dviem 70° PEK termitinės sandūros užlieto ir bėgio metalų sujungime galvutėje nuo bėgio galvutės šonų, reikia:

- prijungti du prizminius 70° PEK prie jungčių priekiniame skydelyje;
- darbui pagal atskirąją schemą perjungiklį „SUTAPT/ATS“ perjungti žemyn – „ATS“;
- perjungikliu „SLUOKSNIAIS“ viršun išjungti režimą nuo paviršiaus;
- reguliatoriumi „1 dB“ pasiekti 48 dB;
- kontrolės zoną reguliatoriumi „MARKERIS“ ties raide H nustatyti 120 mm;
- reguliatoriumi „SKLEIST“ gylio matuoklio žymės pradžią sutapatinti su ekrano koordinacių tinklo dešiniu kraštu;
- įjungti perjungiklį „SLUOKSNIAIS“ (viršun);
- vieną keitiklį pastatyti ant bėgio galvutės šono taip, kad išėjimo taškas būtų virš užlieto ir bėgio metalo sujungimo siūlės, o ultragarsinių svyravimų spindulio kryptis būtų į priešingą pusę nuo termitinės sandūros (2.1.8 pav.);
- antrąjį keitiklį pastatyti ant bėgio kito šono (195 - 205) mm (2,75 bėgio galvutės šono) atstumu nuo pirmojo taip, kad jis priiminėtų UGS (ultragarsinius svyravimus) iš pirmojo su maksimalia amplitude;
- sukant reguliatorių „MARKERIS“ aido signalą kiek įmanoma perstumti į ekrano vidurį;
- reguliatoriumi „1dB“ bei bei optimaliu keitiklio išdėstymu gauti stabilią 50 % ekrano aukščio (3 langeliai) aido signalo amplitudę;
- reguliatoriumi „1dB“ padidinti stiprinimą 20 dB;
- keitiklį prie termitinės suvirinimo siūlės apsukti 180° taip, kad išėjimo taškas liktų virš užlieto ir bėgio metalų siūlės.



2.1.8 pav. Defektoskopo suderinimas, termitinės sandūros siūlės tikrinimas ir defektų aptikimas dviem 70° įvedimo kampo keitikliais (tandemu) užlieto ir bėgio metalų sujungime galvutėje nuo bėgio galvutės šonų 41

Abu keitiklius lėtai judinti vienodu greičiu bėgio galvutės šonais. Pirmą keitiklį – nuo termitinės suvirinimo siūlės, antrą – link termitinės suvirinimo siūlės tol, kol antrasis keitiklis pasieks išėjimo tašką termitinės suvirinimo siūlės, o pirmasis praeis nuo termitinės suvirinimo siūlės atstumą, išmatuotą tarp 2-ojo keitiklio išėjimo taško ir termitinės suvirinimo siūlės, prieš atliekant tikrinimą. Keitiklius perstumti be jokių posūkių.

Jei atsiranda didesnis nei 50 % ekrano aukščio (daugiau kaip 3 langeliai) aido signalas ekrane ir garsas indikatoriuje, tai užlieto ir bėgio metalo sujungime gali būti defektas. Tikrinant bėgio galvutę veidrodžio metodu dviem 70° keitikliais (tandemu), defekto vieta yra bėgio ir užlieto metalo sujungime, o atstumas iki defekto nuo bėgio galvutės šono proporcingas pirmojo keitiklio perstūmimui nuo termitinės suvirinimo siūlės (perstūmimo atstumą dalinti iš 2,75). Patikrinus termitinės sandūros užlieto ir bėgio metalo sujungimą galvutėje nuo bėgio galvutės šono iš vienos pusės, suderinti defektoskopą bei patikrinti užlieto ir bėgio metalo sujungimą galvutėje nuo bėgio galvutės šono iš kitos termitinės suvirinimo siūlės pusės .

3. DEFEKTAI TERMITINĖS SANDŪROS ZONOJE

Termitinė sandūra – tai dėl bėgių suvirinimo termitu atsiradusi zona, kur yra plieno struktūros, bėgio geometrinių dydžių formos ir kitų pakitimų. Termitinės sandūros zoną sudaro užlietas metalas ir bėgiai nuo jo po 100 mm į kiekvieną pusę.

Į vientisą kelią atskiri bėgiai sujungiami tvarslėmis. Tvarslėmis sutvirtintoje bėgių zonoje defekto atsiradimo galimybė yra 30 - 60 kartų didesnė nei kitoje bėgio dalyje. Atsisakant bėgių tvarsliavimo ir pradėdant juos virinti termitiniu būdu didėja kelio patikimumas, tačiau bėgių siūlėse dėl mechaninio poveikio, aukštos temperatūros ir kitų priežasčių, defektų atsiradimo galimybė yra 2 - 8 kartus didesnė nei kitoje bėgio dalyje. Siekiant aptikti saugiam traukinių eismui pavojų sukeliančius defektus, bėgių suvirinimo zona tikrinama rankiniais suvirintų sandūrų defektoskopais (RDM-3, RDM-33) ir ištisinės kontrolės defektoskopais (RDM-22, RDM-23). Suvirintos sandūros ultragarsiniais defektoskopais tikrinamos vidiniams defektams (skersiniai įtrūkiai, purumai, dujų burbulai, nesuvirinimai, šlako sancaupos) aptikti, taip pat defektams, atsiradusiems suvirinimo arba eksploatacijos metu galvutėje (26.3 ir 26.4 kodų defektai), kakliuke (56.3 ir 56.4 kodų defektai), ir pade (66.3 ir 66.4 kodų defektai) išaiškinti.

Termitinės sandūros tikrinimo periodiškumas.

Termitu suvirintos bėgių sandūros lokalinės vietos ultragarsiniu defektoskopu pagal 142/K „Bėgių neardomųjų bandymų atlikimo reglamentas” 14 punktą tikrinamos:

- pirmą kartą – po suvirinimo;
- antrą kartą – po 30–40 dienų nuo pirmo patikrinimo;
- trečią kartą – po 8–14 mėnesių nuo pirmo patikrinimo;
- ketvirtą kartą – po 2–2,5 metų nuo pirmo patikrinimo.

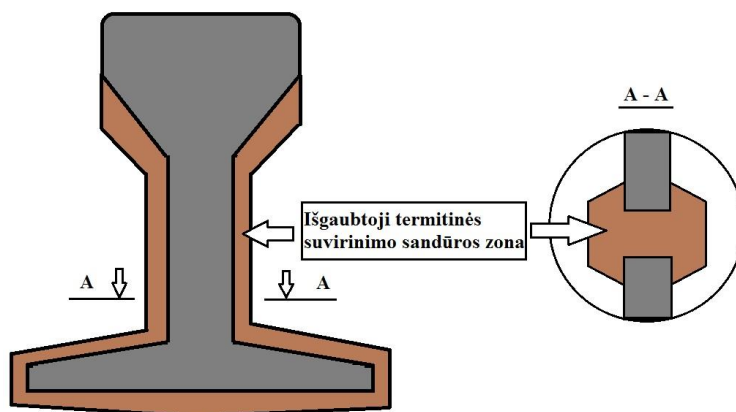
Po ketvirto patikrinimo termitu suvirintos bėgių sandūros lokalinės vietos ultragarsiniu defektoskopu nebetikrinamos.

Ištisine kontrole termitinės sandūros pagrindiniuose keliuose yra tikrinamos ne rečiau – kaip kartą per mėnesį, kitose keliuose atsižvelgiant į kelio kategoriją, priklausomai nuo kelio defektingumo.

3.1. Dirbtinis defektas termitu suvirintos sandūros kakliuke

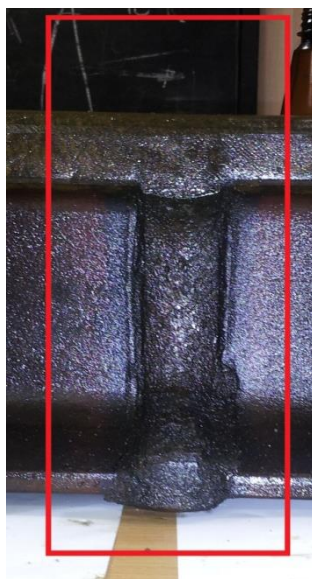
Tikrinant bėgius ištisinės kontrolės defektoskopais (RDM-22, RDM-23) ir rankiniais suvirintų sandūrų defektoskopais (RDM-3, RDM-33), suvirintos sandūros zonoje galima ir neaptikti 50–60 mm ilgio 30, 31, 50, 52, 55, 66 kodų defektų.

Suvirinant bėgius termitu vidiniai defektai ultragarsiniu būdu aptinkami tik kai jų dydžiai yra 6–20 mm² ir daugiau. Termitinės sandūros zonoje defektai sunkiai aptinkami jei jie yra už bėgio profilio (3.1.1 pav.). Defektai tampa neaptinkami, kadangi, dėl temperatūrinio poveikio, virinant bėgių sandūras, pasikeičia metalo struktūra. Dėl šios priežasties didėja ultragarsinių svyravimų slopinimas ir mažėja signalo amplitudė. Toks pat amplitudės sumažėjimas įvyksta ir nuo minėtų defektų.



3.1.1 pav. Išgaubtoje termitinės sandūros zonoje defektų galima ir neaptikti

Bandymui atlikti buvo naudojamas bėgis (UIC60 tipo) su termitine sandūra (3.1.2 pav.).



3.1.2 pav. Termitinė sandūra

Išgaubtojoje termitinės sandūros zonoje padaromas dirbtinis defektas, imituojantis virinimo metu susidariusį dujų burbulą (3.1.3 pav.).

- Defekto parametrai: skersmuo – 4 mm, gylis –9 mm.
- Defekto vieta: ~85 mm nuo bėgio galvutės paviršiaus.



3.1.3 pav. Dirbtinis defektas termitinės sandūros zonoje.

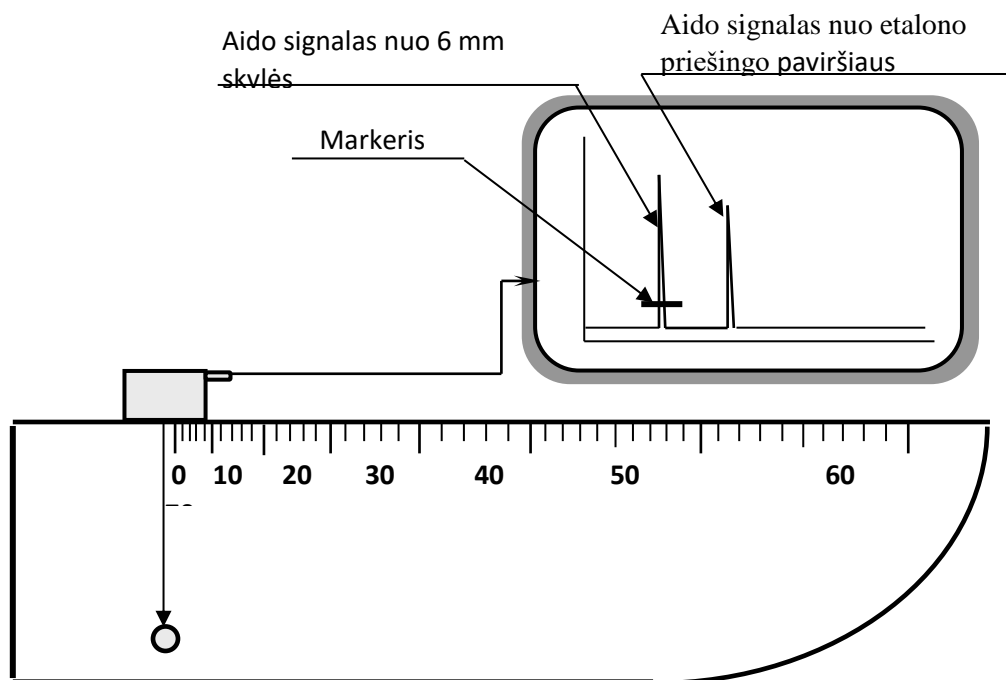
3.1.1. Defekto tikrinimas ultragarsiniu defektoskopu RDM-33

Kiekvienas rankinis ieškiklis skiriasi ultragarso įvedimo į bėgi kampų. Kadangi defektas yra bėgio kakliuke, tai bandymuose bus naudojami 0° ir 45° laipsnių ieškikliai, nes jais galima aptikti defektų bėgio kakliuke. Ieškiklio paieškos jautrumas matuojamas dB.

Paruošimas darbui

Prieš pradėdant darbą pagal „Suvirintų bėgių ultragarsinių bandymų, naudojant defektoskopu RDM-3, RDM-33, instrukciją“ 219/K patikrinami defektoskopo ieškiklių parametrai etalonu (3.1.1.1 pav.), ar atitinka leistinas normas (3.1.1.1 lentelė). Nustatyti ieškiklių jautrumai : 0° – 16 dB, 45° – 24 dB.

Nustatyti ieškiklių tikrinimo jautrumo parametrai neviršija leistinos ribos, dirbti su ieškikliais galima. Viršijus ieškiklių jautrumo leistiną ribą, ieškiklis bėgių tikrinimui netinkamas, nes padidinus jautrumą atsiranda trukdžių, dėl kurių pablogėja defekto indentifikavimas.



3.1.1.1 pav. Jautrumo nustatymas etalonu

3.1.1.1 lentelė

RDM-33 ieškiklių jautrumų leistinos ribos pagal „Suvirintų bėgių ultragarsinių bandymų, naudojant defektoskopus RDM-3, RDM-33, instrukciją“ 219/K.

Tikrinimo operacijos pavadinimas	Ieškiklio įvedimo kampas	Paieškos jautrumas nustatytas pagal etaloną ne daugiau	Gylio tikrinimo zonos nustatymas; mm	Išbrokavimo jautrumas	Galimų defektų aptikimas
Tiesioginis ieškiklis	0°	16 dB	R50-160; UIC60-180; 60E1-180; R65-190	12 dB	Horizontalūs įtrūkiai kakliuke ir jo pratęsimė į galvutę ir padą.
Pado sparnų	70°	16 dB	60 matavimo režimui	12 dB	Defektai pado sparnuose
Galvutės iš šonų ir viršaus	70°	16 dB	60 matavimo režimui	16 dB	Defektai bėgio galvutėje
Kakliuko ir pado po kakliuku	45°	24 dB	R50-160; UIC60-180; 60E1-180; R65-190	18 dB	Kakliuke ir pade po kakliuku

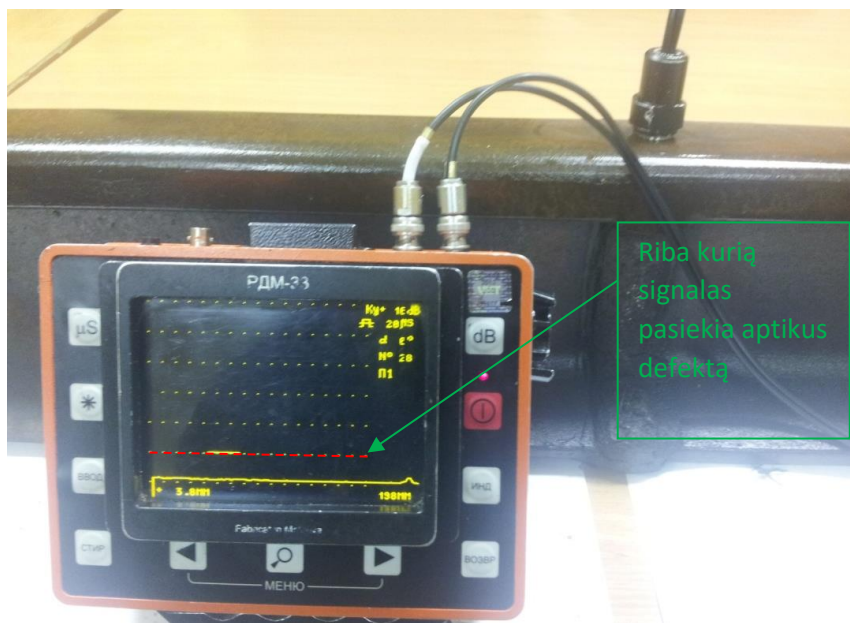
Sandūra tikrinama ultragarsiniu suvirintų sandūrų defektoskopu RDM-33. Pirmiausia naudojamas 0° įvedimo kampo rankinis ieškiklis kurio tikrinimo jautrumas prieš darbą buvo nustatytas 16 dB. Leistinas

ieškiklio tikrinimo jautrumas yra ne daugiau kaip 16 dB (3.1.1.2 pav.). Riba neviršyta, ieškiklis tinkamas darbui, papildomų trukdžių nėra.



3.1.1.2. Defektoskopas RDM-33 su 0° įvedimo kampo rankiniu AS ieškikliu

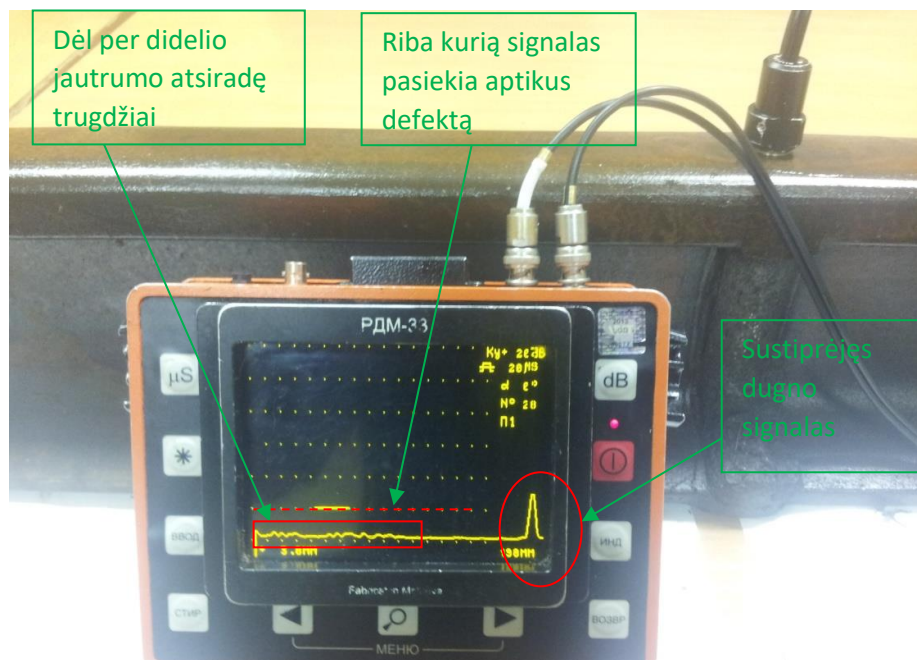
Atliktas sandūros patikrinimas rezultatų nedavė – defektas neaptiktas. Kai ultragarsiniu defektoskopu defektas aptinkamas, ekrane pasirodęs signalas turi siekti pažymėtą raudona punktyrinę liniją (3.1.1.3. pav.).



3.1.1.3 pav. Defekto tikrinimas su RDM-33

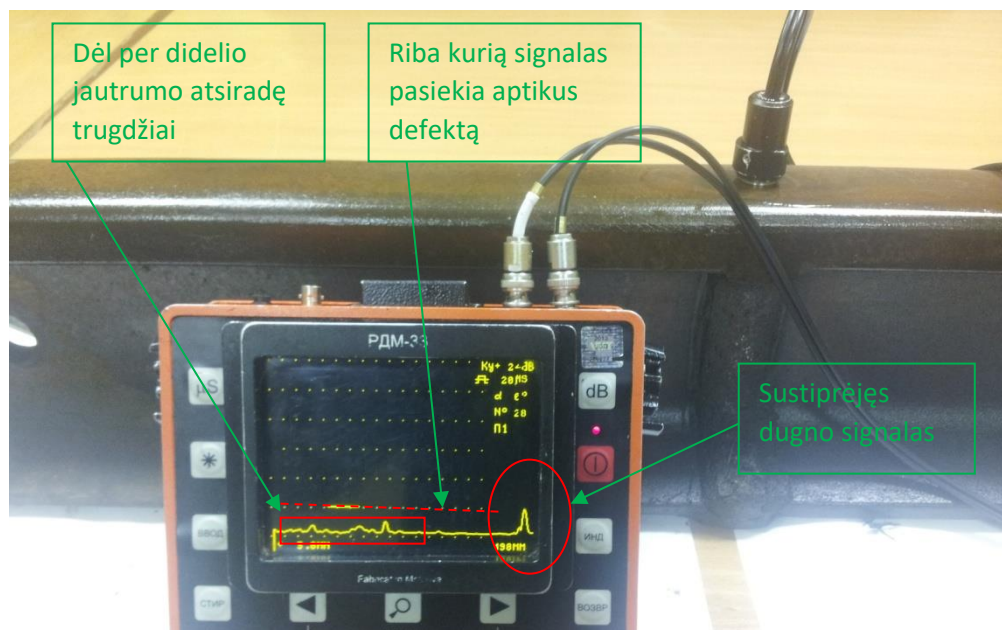
Toliau bandoma aptikti defektą tikrinant termitinę sandūrą ir naudojant 0° įvedimo kampo rankinį ieškiklį bei didinant paieškos jautrumą 4 dB, iki 20 dB. Padidinus jautrumą sustiprėja ultragarsinio signalo sklidimas bėgyje, bet atsiranda trukdžių. Leistinas paieškos jautrumas ne didesnis kaip 16 dB. Leistina riba viršyta 6 dB. Sustiprėjo signalas gaunamas nuo bėgio dugno, tačiau defektas neaptiktas

(3.1.1.4 pav.). Kai ultragarsiniu defektoskopu defektas aptinkamas, ekrane pasirodęs signalas turi siekti pažymėtą raudoną punktyrinę liniją.



3.1.1.4 pav. Defekto neaptikimas su padidintu jautrumu iki 20 dB

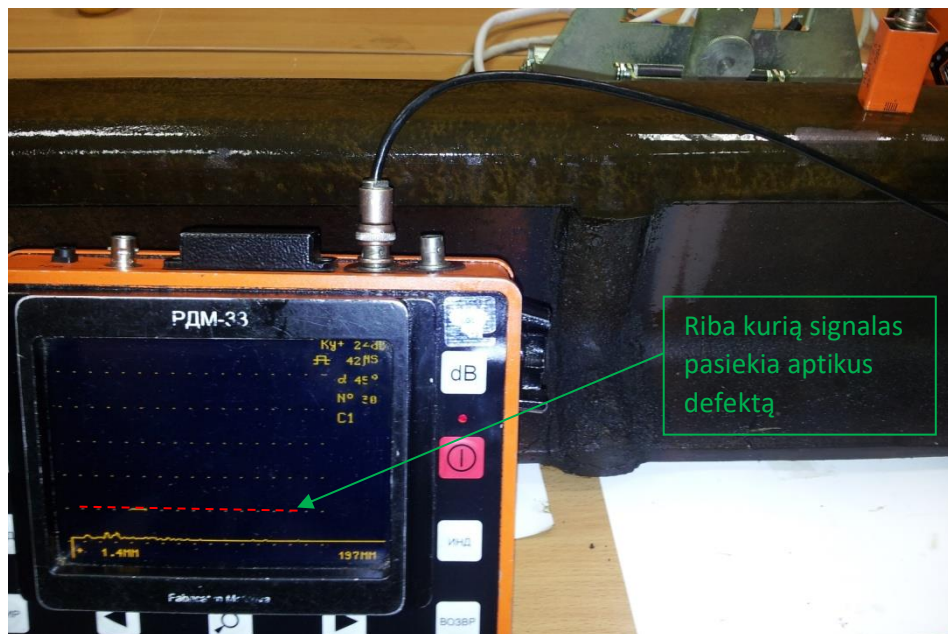
Jautrumas 0° įvedimo kampo rankiniame ieškiklyje padidinamas 4 dB, iki 24 dB. Leistinas ieškiklio jautrumas yra ne daugiau kaip 16 dB. Atliekamas termininės sandūros tikrinimas. Padidinus jautrumą sustiprėja ultragarsinio signalo sklidimas bėgyje, tačiau trukdžiais taip pat padidėja. Viršytas leistinas jautrumas 8 dB, defektas neaptiktas ir dėl padidinto jautrumo atsiranda papildomų trukdžių kurie pablogina defekto aptikimo galimybę (3.1.1.5 pav.).



3.1.1.5 pav. Defekto neaptikimas su padidintu jautrumu iki 24 dB

Kai ultragarsiniu defektoskopu defektas aptinkamas, ekrane pasirodęs signalas turi siekti pažymėtą raudoną punktyrinę liniją.

Toliau buvo atliekamas bandymas su 45° laipsnių įvedimo kampo rankiniu ieškikliu, kurio nustatytas jautrumas darbo pradžioje buvo 24 dB (3.1.1.6 pav.). Leistina ieškiklio jautrumo riba yra ne daugiau kaip 24 dB. Riba neviršyta, ieškiklis tinkamas darbui. Atliekamas bėgio tikrinimas, defektas neaptiktas. Kai ultragarsiniu defektoskopu defektas aptinkamas ekrane pasirodęs signalas turi siekti pažymėtą raudoną punktyrinę liniją.



3.1.1.6.pav. Bandymas aptikti defektą su 45° rankiniu ieškikliu

Tęsimas eksperimentas, paieškos jautrumas 45° laipsnių rankiniam ieškikliui padidinamas 6 dB, iki 30 dB. Leistina ieškiklių jautrumo riba yra ne daugiau kaip 24 dB. Riba viršyta 6 dB. Iš karto buvo pastebėti (3.1.1.7.pav.) ekrane atsirandantys trukdžiai, bet defektas neaptinkamas. Kai ultragarsiniu defektoskopu



3.1.1.7.pav. Bandymas aptikti defektą su 45° ieškikliu su padidintu jautrumu iki 30 dB

defektas aptinkamas, ekrane pasirodęs signalas turi siekti pažymėtą raudoną punktyrinę liniją.

3.1.2. Defekto tikrinimas ultragarsiniu defektoskopu RDM-23

Toliau sandūra buvo tikrinama ištisinės kontrolės ultragarsiniu defektoskopu RDM-23 su „A“ tipo ultragarsinio testavimo schema. Ieškiklių bloke naudojami ieškikliai su 0°, 42°, 65°, 70° įvedimo laipsniais. Prieš pradėdant darbą ieškiklių jautrumo parametrai patikrinami etalonų kaip nurodo „Ultragarsinio defektoskopo RDM-23 eksploatavimo instrukcija“. Atlikus patikrą buvo nustatyti ieškiklių jautrumai : 0° – 16dB, 42° – 12dB, 65° – 33dB, 70° - 26dB. Ieškiklių jautrumai neviršija leistinos ribos (3.1.2.1 lentelė), ieškiklių blokas tinkamas darbui.

Termitinei sandūrai tikrinti buvo pasirinktas 42° įvedimo kampo ieškiklis. Nustačius vienkanalį režimą matoma tik 42° įvedimo kampo ieškiklio tikrinimo duomenys. Pasirinktas šis ieškiklio įvedimo kampas nes juo galima aptikti tiek horizontalius, tiek vertikalius įtrūkius, skirtingai nei su 0° ieškikliu.

3.1.2.1 lentelė

RDM-23 ieškiklių jautrumų leistinos ribos pagal „Ultragarsinio defektoskopo RDM-23 eksploatavimo instrukcija“.

Ultragarso įvedimo į bėgi kampas, laipsniais	dB bazinis jautrumo lygis, ne didesnis nei	Galimų defektų aptikimo vieta
0	18	Horizontalūs įtrūkliai kakliuke ir jo pratesime į galvutę ir padą.
42	18	Horizontalūs ir vertikalūs įtrūkliai kakliuke ir pade po kakliuku
70	27	Defektai bėgio galvutėje
65	35	Defektai bėgio galvutės šonuose
55	28	Defektai bėgio galvutės šonuose

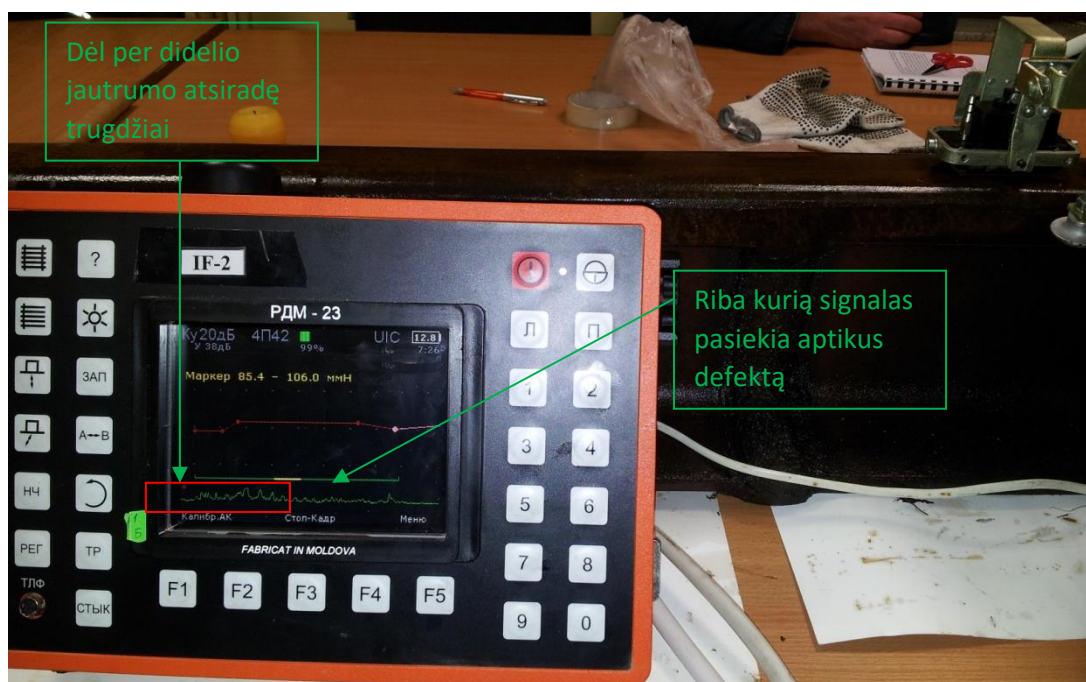
Tikrinama termitinė sandūra su 42° laipsnio įvedimo kampu, kai ieškiklio jautrumas 12 dB. Leistina ieškiklio jautrumo riba ne daugiau kaip 18dB. Riba neviršyta, ieškiklis tinkamas dirbti. Stumiant ieškiklių

bloką pirmyn ir atgal defektas neaptiktas. Defektas aptinkamas, kai signalas pasiekia žalios linijos ribą ekrane (3.1.2.1 pav.).



3.1.2.1 pav. Bandymas aptikti defektą su defektoskopu RDM-23

Analogiškai kaip ir su rankiniu defektoskopu RDM-33, paieškos jautrumas 42° laipsnio ieškikliui, kai darbo pradžioje nustatytas 12 dB jautrumas, padidinamas 8 dB, iki 20 dB. Leistina ieškiklio jautrumo riba yra ne daugiau kaip 18dB. Padidinus jautrumą riba viršyta 2 dB dėl to atlikus bėgio tikrinimą ekrane matomi



3.1.2.2 pav. Bandymas aptikti defektą defektoskopu RDM-23, paieškos jautrumas 20 dB

atsirandantys trukdžiai, defektas neaptiktas (3.1.2.2. pav.). Defektas aptinkamas, kai signalas pasiekia žalios linijos ribą ekrane.

Padidinus jautrumą 42° laipsnio 5 dB, iki 25 dB. Leistina ieškiklių jautrumo riba ne daugiau kaip 18 dB. Padidinus jautrumą riba viršyta 7 dB. Atliekama termitinės sandūros kontrolė ir matome analogišką situaciją, kaip buvo ir su RDM-33 defektoskopu, trukdžiai didėja. (3.1.2.3.pav.). Defektas lieka neaptiktas. Esant tokiems trukdžiams defekto aptikimo tikimybė yra maža.



3.1.2.3.pav. Trukdžiai atsiradę padidinus jautrumą iki 25 dB

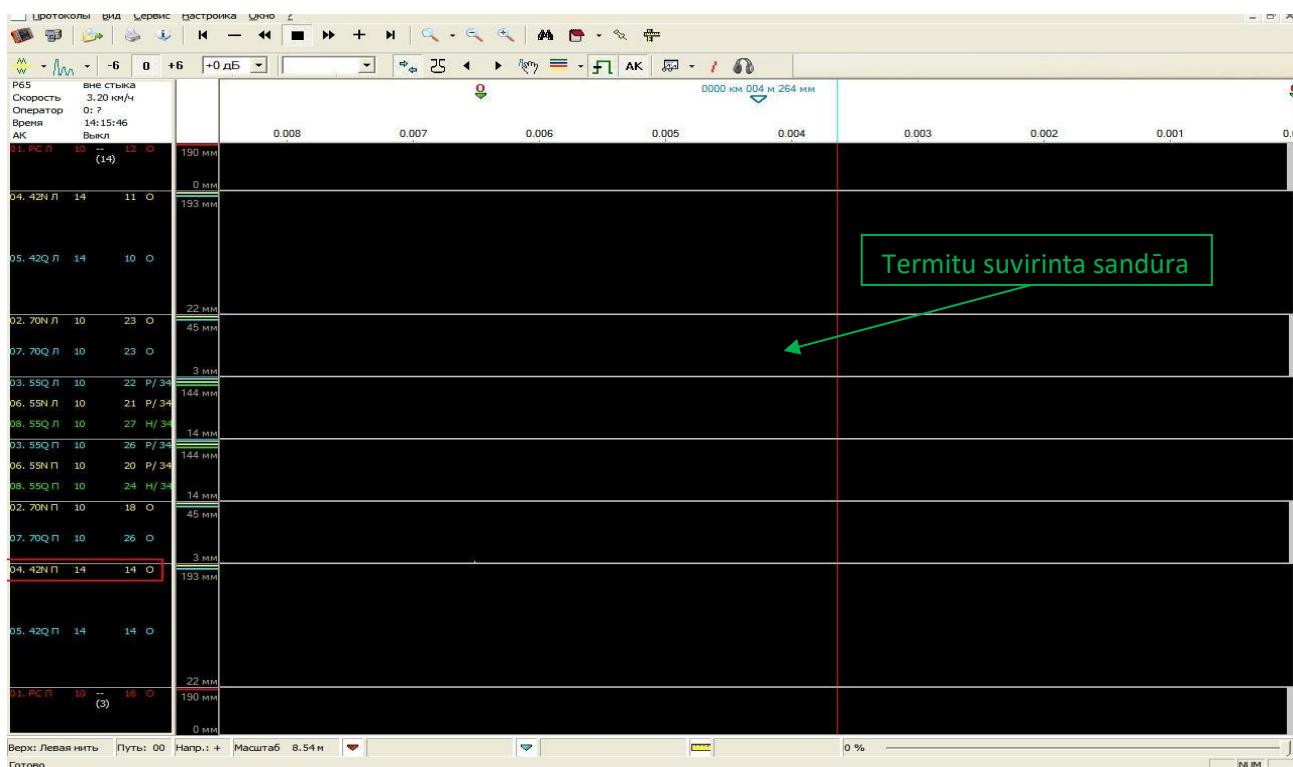
3.3 Dirbtinis defektas termitu suvirintos sandūros pade

Bandymui atlikti buvo naudojamas bėgis (UIC60 tipo) su termitine sandūra. Pade, termitinės sandūros zonoje, su diskiniu pjūklu buvo įpjauta 2,5 cm gylio ir 1,5 mm pločio įpjova. Šalia jos bėgio pade įpjauta 2 cm gylyje 1,3 mm įpjova (3.1.3.1. pav.).



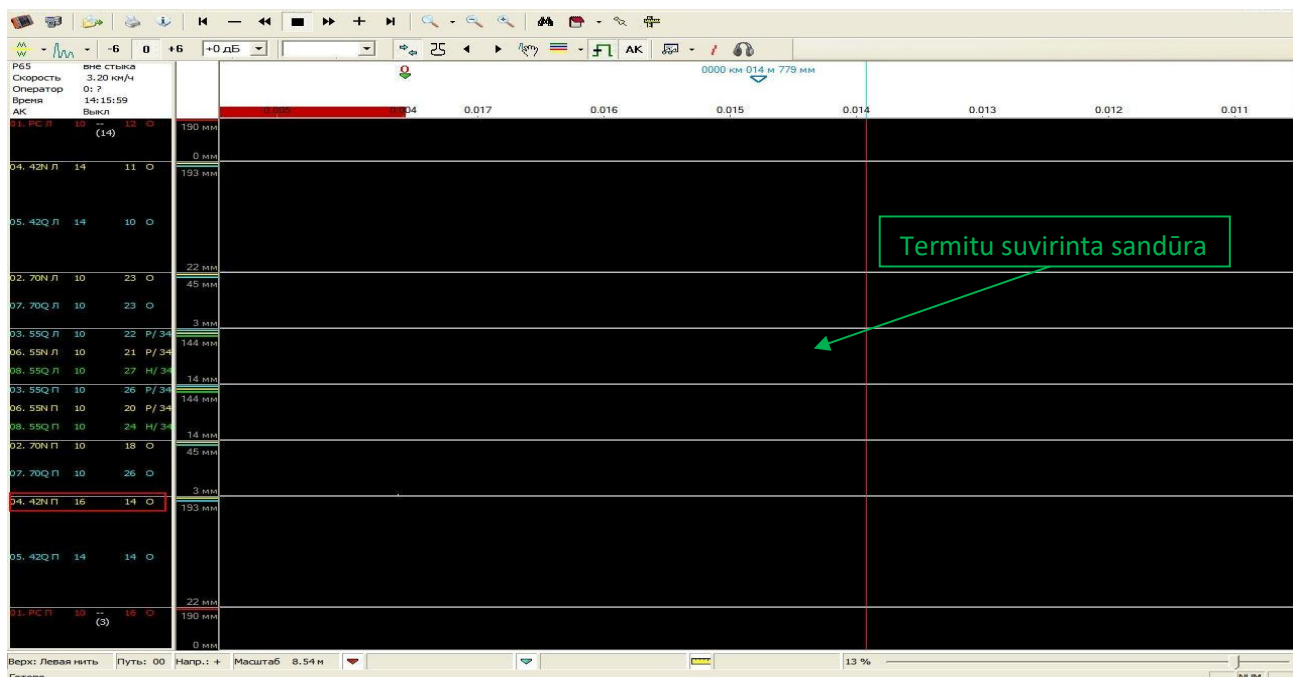
3.1.3.1.pav. UIC60 bėgis su įpjova termitinės sandūros ir bėgio pade

Termitinė sandūra buvo tikrinama ištisinės kontrolės defektoskopu RDM-22. Tikrinant bėgio padą su 42° laipsnių kampo ieškikliu, defektas neaptiktas (jautrumas ir kampas apibraukti raudonu langeliu), defektoskopas jokios įtartinos vietos neaptiko, šifravimo defektograma taip pat pjūvio neparodė (3.1.3.2. pav.).



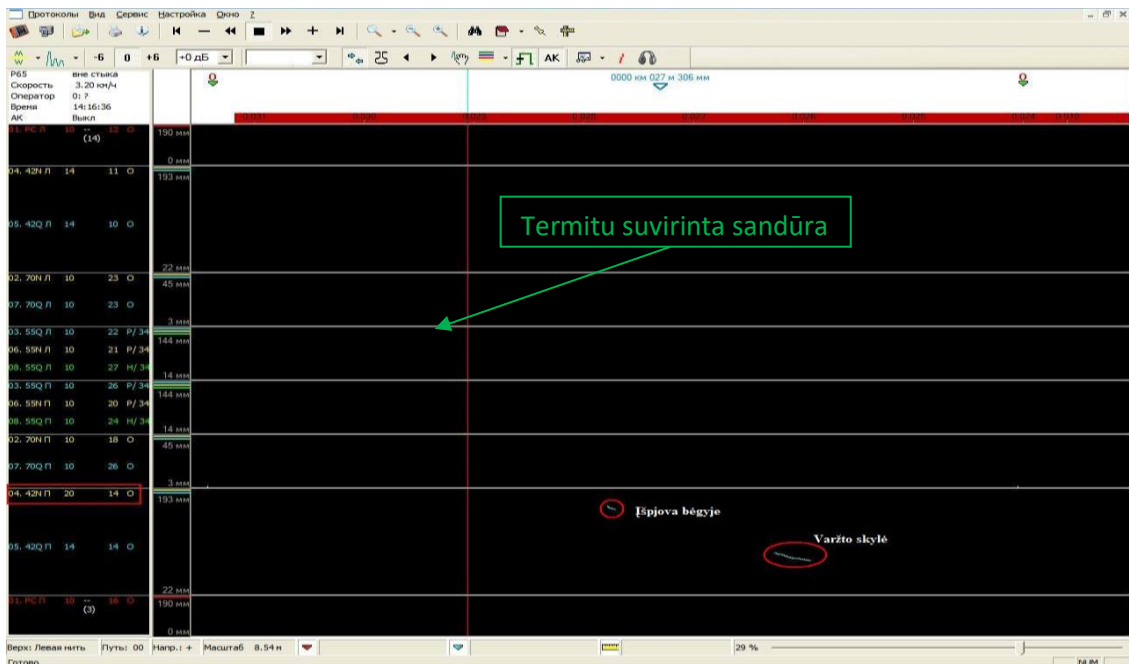
3.1.3.2 pav. Defektograma, kai 45° ieškiklio jautrumas yra 14 dB

Padidinus paieškos jautrumą 2 dB iki 16 dB, įpojva termitinės sandūros vietoje vis tiek nefiksuoja (3.1.3.3 pav.).



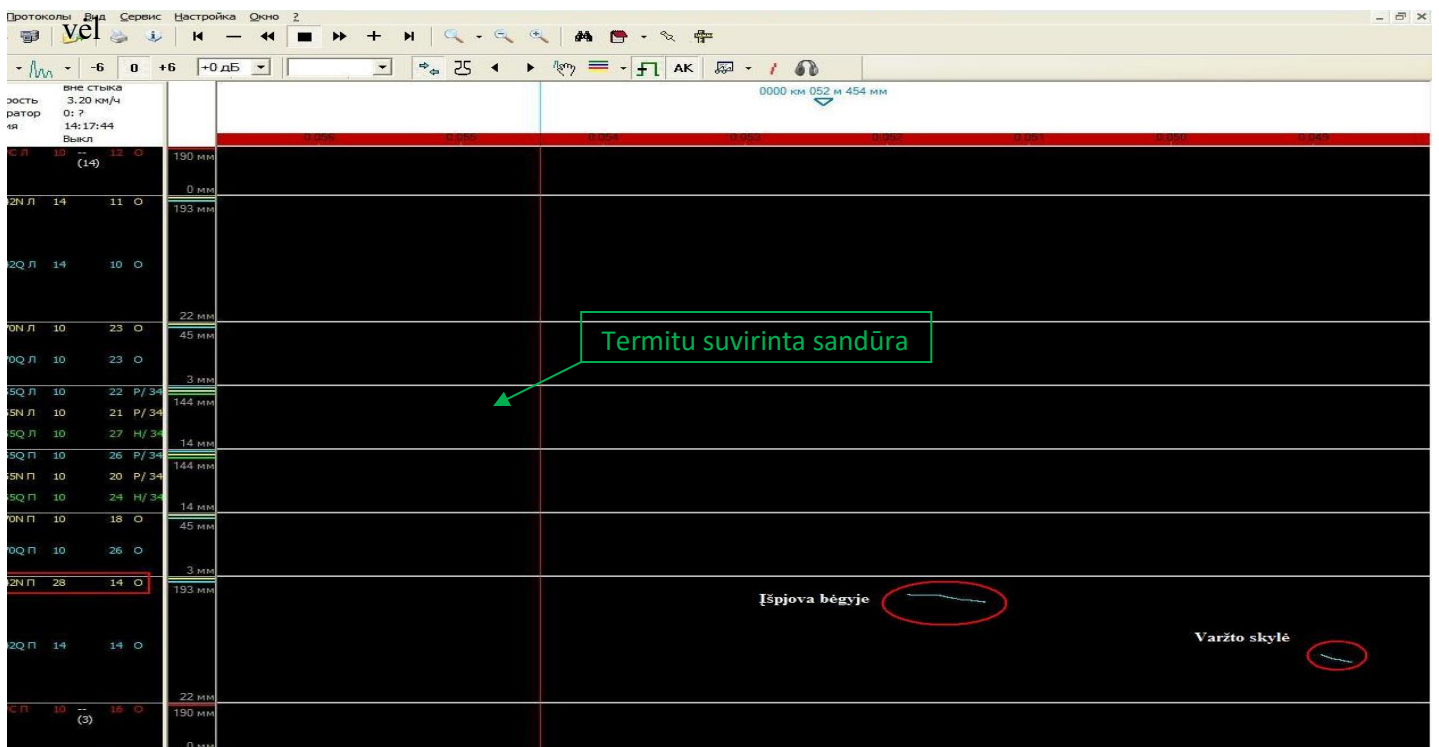
3.1.3.3. pav. Defektograma, kai ieškiklių jautrumas padidinamas iki 16 dB

Padidinus paieškos jautrumą dar 4 dB iki 20 dB, įpjova termitinėje sandūroje - nefiksuoja. Tačiau, šalia termitinės sandūros esanti 2 cm įpjova, esant tokiam jautrumui, aptikta. Mėlynas suveikimas rodo įpjova bėgyje ir varžto skylę (3.1.3.4 pav.). Maksimalus leistinas paieškos jautrumas 18 dB.



3.1.3.4 pav. Defektograma, kai ieškiklių jautrumas padidinamas iki 20 dB

Didinant paieškos jautrumą 8 dB iki 28 dB, įpjova termitinės sandūros pade nefiksuoja toliau. Įpjova, esančia tiesiog bėgio pade, šalia termitinės sandūros, ultragarsinis defektoskopas 42° ieškikliu



3.1.3.5. pav. Defektograma, kai ieškiklių jautrumas padidinamas iki 28 dB

aptinka (3.1.3.5. pav.). Maksimalus leistinas paieškos jautrumas 18 dB.

Kitas bandymas su UIC60 bėgio tipo termitu suvirinta sandūra buvo atliekamas išgręžiant 4 mm skersmens ir 35 mm gylio dirbtinį defektą pade (3.1.3.6 pav.).



3.1.3.6 Pav. Dirbtinis defektas pade

Defekto aptikimui buvo naudojamas ištisinės kontrolės ultragarsinis defektoskopas RDM-23. Tikrinant bėgį su 42° ieškikliu (paieškos jautrumas 14 dB) iš abiejų pusių defekto aptikti nepavyko (3.1.3.7.pav.). Papildomai tame pačiame termitiniame suvirinime buvo išgręžti papildomi 3 dirbtiniai defektai (3.1.3.8pav.):

1. Bėgio galvutėje – skersmuo 4 mm, gylis 35 mm, nuo bėgio važiavimo paviršiaus (H) ~ 23 mm.
2. Bėgio kakliuke – skersmuo 4 mm, gylis 35mm, nuo bėgio važiavimo paviršiaus (H) ~55 mm.

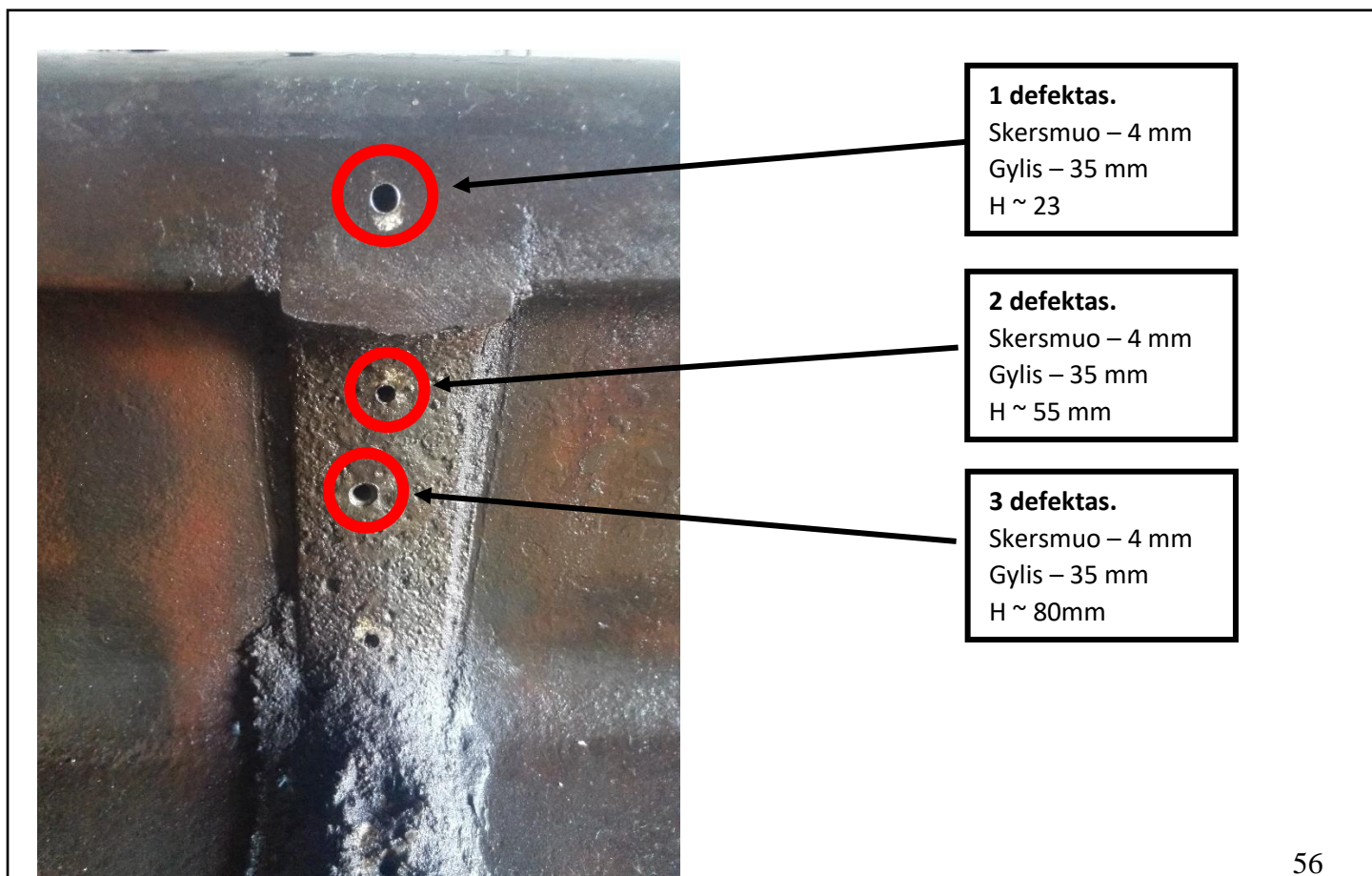
3. Bėgio kakliuke – skersmuo 4 mm, gylis 35mm, nuo bėgio važiavimo paviršiaus (H) ~ 80 mm.

Visus šiuos defektus ultragarsinis defektoskopas RDM-23 aptiko su 42° ieškikliu (3.1.3.9, 3.1.3.10, 3.1.3.11.pav.), paieškos jautrumas 14 dB.

Signalų apie defektą nėra

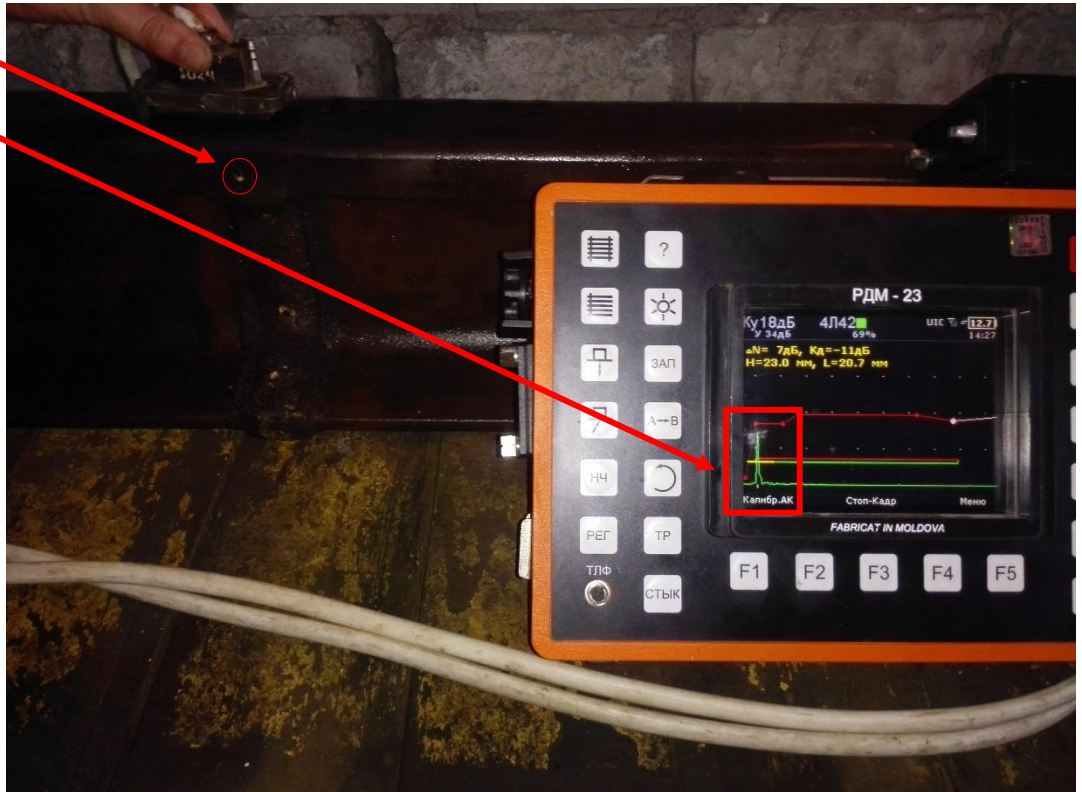


3.1.3.7. pav. Dirbtinio defekto pade tikrinimas išsistinės kontrolės ieškikliais.



3.1.3.8. pav. Dirbtiniai defektai bėgio galvutėje ir kakliuke

1 defektas.
Skersmuo – 4 mm
Gylis – 35 mm
H ~ 23 mm



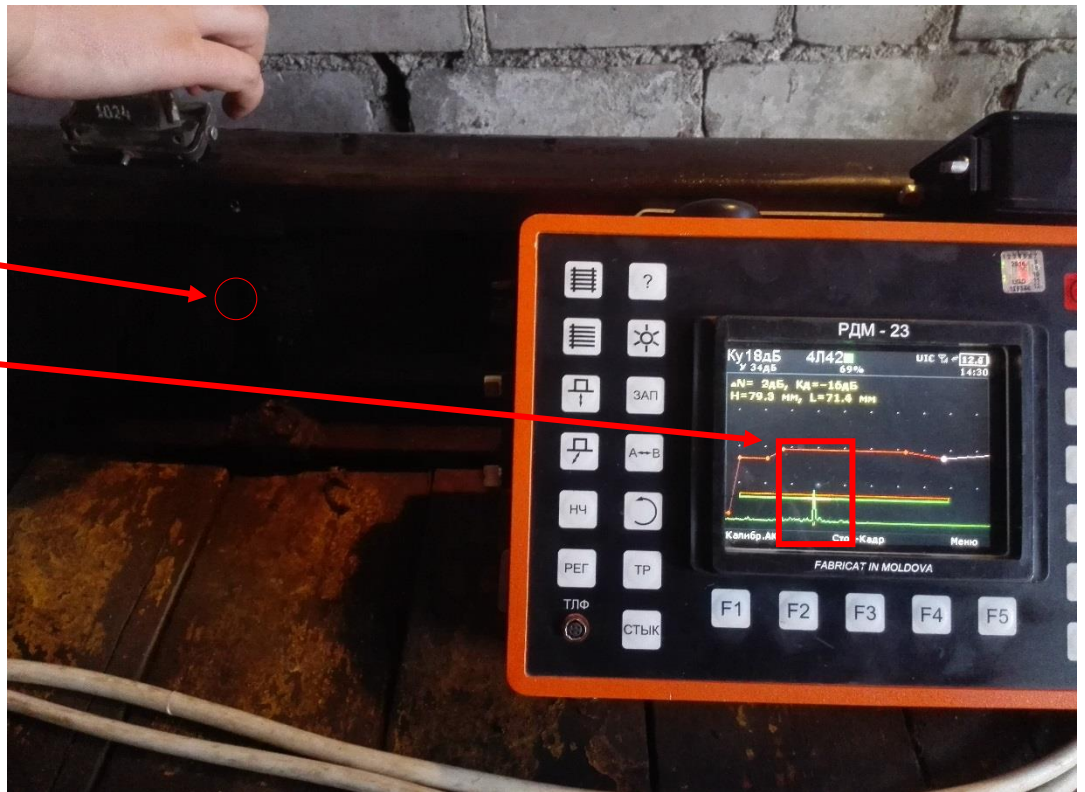
3.1.3.9. pav. Dirbtinio defekto aptikimas bėgio galvutėje defektoskopu RDM-23.

2 defektas.
Skersmuo – 4 mm
Gylis – 35 mm
H ~ 55 mm



3.1.3.10. pav. Dirbtinio defekto aptikimas bėgio kakliuke defektoskopu RDM-23

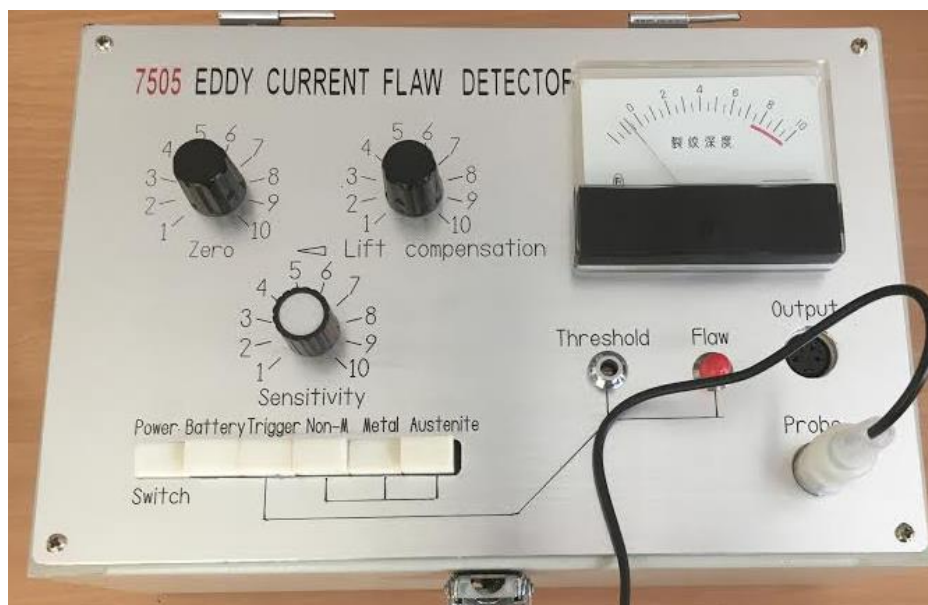
3 defektas.
 Skersmuo – 4 mm
 Gylis – 35 mm
 H ~ 80 mm



3.1.3.11. pav. Dirbtinio defekto aptikimas bėgyje kakliuke defektoskopu RDM-23

3.3 Dirbtiniai suformuoto defekto aptikimas su sūkurinių srovių defektoskopu 7505.

Sūkurinių srovių defektoskopu 7505 (3.3.1.pav.) buvo bandoma aptikti defektą bėgyje (UIC60) su termistine sandūra (3.3.2.pav.) pade, termitinės sandūros zonoje, su diskiniu pjūklu buvo įpjauta 2,5 cm



3.3.1.pav. Sūkurinių srovių defektoskopas 7505

gylio ir 1,5 mm pločio įpjova.

Bandyto metu buvo tikrinama sandūra, zondas laikomas didesniu nei 6 mm atstumu (atstumas



3.3.2pav. UIC60 bėgis su įpjova termitinės sandūros pade



3.3.3pav. Bandyto metu nustatytas defektas

nurodytas defektoskopo instrukcijoje). Defektoskopas reaguoja, raudona riba rodanti defektą pasiekta (3.3.3pav.)

4. TERMITINĖS SANDŪROS DEFEKTINGUMO TYRIMAS

Šioje dalyje tiriama, kaip keičiasi defektų skaičius skirtingais skirtingomis sąlygomis. Nagrinėjama termitinės sandūros defektų pasiskirstymą skirtingais metų laikais, esant skirtingam defekto pavojingumui, defekto tipui, bėgio tipui.

2005-2016 metų aptiktų defektų termitinėje sandūroje tyrimo duomenys pateikti 4.1- 4.5 lentelėse.

4.1 lentelė.

Defektų skaičius pagal bėgio tipą

Bėgio tipas			
R65	60E1	UIC60	R50
201	36	49	2

4.2 lentelė

Defektų skaičius pagal pavojingumo rūšis

Pavojingumo rūšys			
ID	DP	D1	D3
148	91	39	9
Defektiniai bėgiai, atsižvelgiant į defekto plėtimąsi, skirstomi į keturias rūšis: ID – bėgis keičiamas per pirmas 5 valandas; DP – bėgis keičiamas pirmumo tvarka, kadangi bėgių defektų dydžiai yra ribiniai; D1, D2 – bėgis, atsižvelgiant į bėgio defekto dydžių didėjimą, keičiamas planine tvarka; D3 – defektą stebi kelio meistras (brigadininkas) einamojo bėgių patikrinimo metu.			

4.3 lentelė

Defektų skaičius pagal defekto tipą

Defekto tipas						
16.4	21.4	26.4	55.4	56.4	66.4	76.4
47	1	126	1	29	75	8
16.4 – Metalo ištrupėjimas galvutės paviršiuje suvirintos sandūros zonoje; 21.4 – šviesių arba tamsių dėmių pavidalu skersiniai įtrūkiai galvutėje, atsirandantys dėl nepakankamo metalo atsparumo kontaktiniam nuovargiui; 26.4 – skersiniai įtrūkiai galvutėje, atsirandantys dėl bėgių suvirinimo technologijos pažeidimo; 55.4 – įtrūkiai ir dėl jų atsiradusios išlaužos kakliuke dėl ženklinimo įspaudų, smūgių ir kitų mechaninių pažeidimų; 56.4 – įtrūkiai kakliuke suvirintos sandūros zonoje; 66.4 – bėgio pado įtrūkiai bėgių suvirinimo zonoje; 76.4 – trapus bėgio lūžis be aiškios priežasties.						

4.4 lentelė

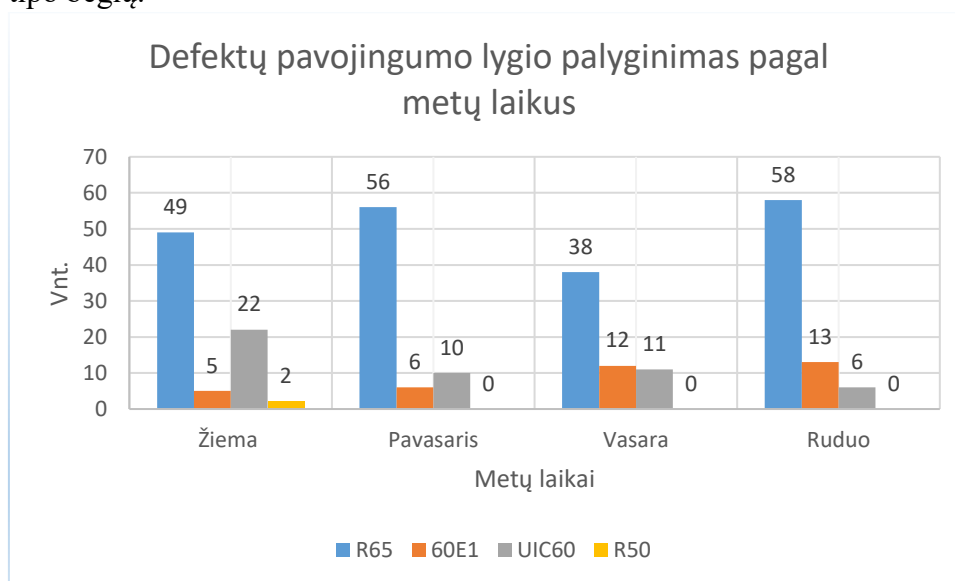
Defektų ant skirtingų bėgio tipų pasiskirstymas metų laikais

Bėgių tipas	Metų laikai			
	Žiema	Pavasaris	Vasara	Ruduo
R65	49	56	38	58
60E1	5	6	12	13
UIC60	22	10	11	6
R50	2	0	0	0
Viso:	78	72	61	77

Defektų pavojingumo lygio pasiskirstymas 2005-2016 metais

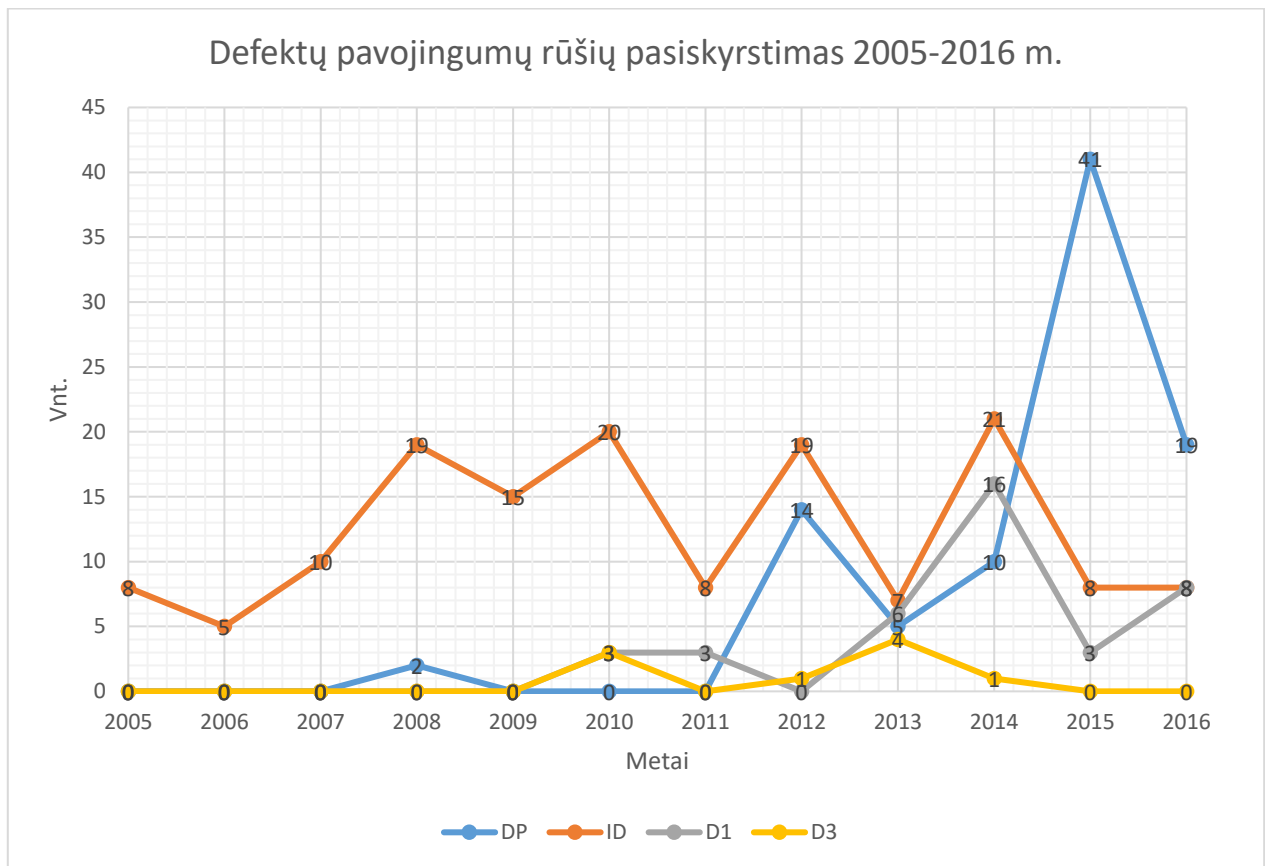
Metai	Defekto pavojingumas				Defektų sk.
	DP	ID	D1	D3	
2005	0	8	0	0	8
2006	0	5	0	0	5
2007	0	10	0	0	10
2008	2	19	0	0	21
2009	0	15	0	0	15
2010	0	20	3	3	26
2011	0	8	3	0	11
2012	14	19	0	1	34
2013	5	7	6	4	22
2014	10	21	16	1	48
2015	41	8	3	0	52
2016	19	8	8	0	35
Viso:	91	148	39	9	287

Iš 4.1 paveikslėlio matome, kad visais metų laikais daugiausiai defektų aptinkama ant R65 tipo bėgių.



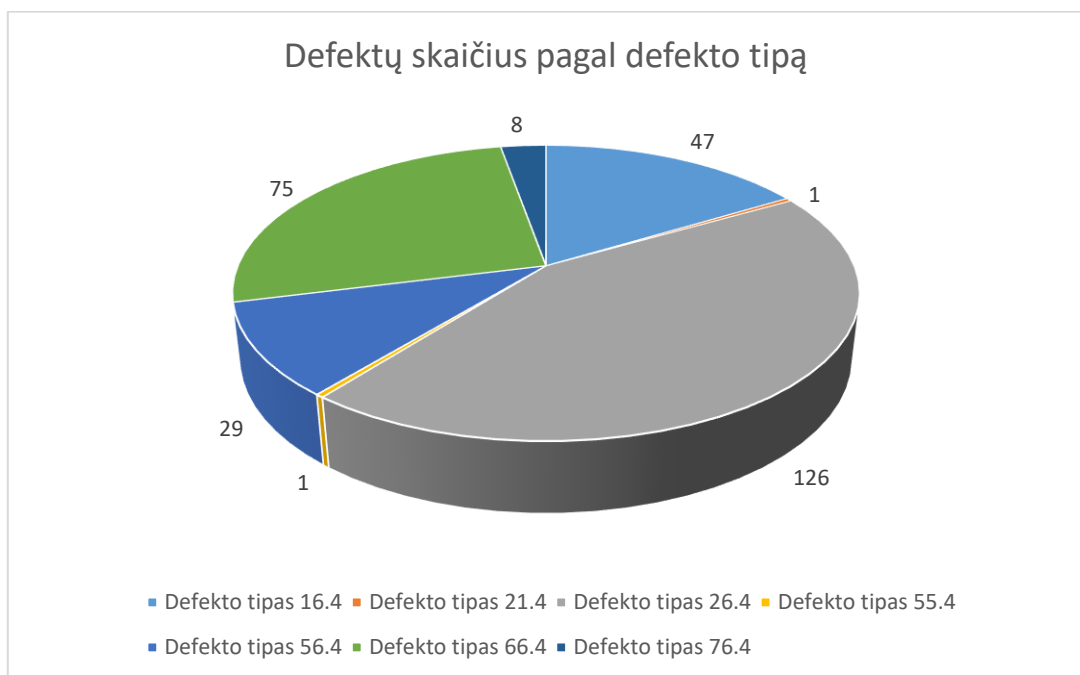
4.1 pav. Defektų pavojingumo lygio palyginimas pagal metų laikus

Iš 4.2 paveikslėlio galima teigti, kad nuo 2005 iki 2016 metų išaugo DP pavojingumo aptikimas.



4.2 pav. Defektų pavojingumo pasiskirstymas 2005-2016 metais

4.3 paveikslėlyje matyti, kad dažniausiai aptinkamas 26.4 defekto tipas.



4.3 pav. Defektų skaičius pagal defekto tipą.

5. EKONOMINIS NAUDINGUMAS

Kad paskaičiuoti ekonominį naudingumą, buvo įvertinti du variantai:

- bėgių keitimas naujais;
- bėgių reprofiliavimas.

Palyginome bėgių keitimo naujais ir bėgių reprofiliavimo išlaidas, pervežus jais 1 mlrd. t bruto krovinių. Darbų atlikimo periodiškumas buvo priimtas taip:

- keičiant bėgius naujais keitimas vykdomas pervežus jais 400 – 500 mln. t bruto krovinių t.y. keitimas vykdomas vieną kartą;
- bėgių pirmas reprofiliavimas atliekamas pervežus jais 300 mln. t bruto, o antras reprofiliavimas 600 mln. t bruto krovinių t.y reprofiliavimas vykdomas du kartus.

Bėgių keitimo naujais ir reprofiliavimo išlaidų 1 km kelio pervežus jais 1 mlrd. t bruto krovinių skaičiavimo rezultatai ir naudotų bėgių reprofiliavimo linijos atsipirkimo laikas pateikti 4.1 lentelėje.

4.1.lentelė Bėgių keitimo naujais ir reprofiliavimo išlaidų vienam km kelio skaičiavimas

Eil. Nr.	Išlaidų pavadinimas	Mato vnt.	Išlaidų skaičiavimas, tūkst. Eur.					
			Naujų bėgių kaina	Bėgių suvirinimas	Bėgių keitimas	Defektnių bėgių keitimas	Reprofiliavimas	Iš viso
1	Bėgių keitimas naujais	1 km kelio	49,2	16,9	36,7	49,2	-	152
2	Bėgių keitimas reprofiliuotais (200m)	1 km kelio	-	23,8	70,8	27,8	17,8	140,2
3	Bėgių keitimas reprofiliuotais (50 m)	1 km kelio	-	41,6	70,8	27,8	17,8	158

DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS

Magistro baigiamajame projekte tirta problema aptinkant dirbtinius defektus termitinėje sandūroje naudojant rankinius ir išsistinės kontrolės defektoskopus RDM – 22, RDM – 23, RDM – 33 bei sūkurinių srovių defektoskopu 7505. Bandymų metu buvo tikrinami dirbtiniai defektai termitinėje sandūroje. Atlikus bandymus su defektoskopais RDM – 22, RDM – 23 ir RDM – 33 buvo nustatyta, kad defektoskopai neaptinka defektų. Naudojant sūkurinių srovių defektoskopą defektai buvo aptikti.

Išanalizavus termitinių sandūrų patikrų duomenis, nustatyta, kad dažniausia aptinkami 26.4 tipo defektai (skersiniai įtrūkiai galvutėje, atsirandantys dėl bėgių suvirinimo technologijos pažeidimo). Pagal pavojingumo lygį dažniausiai aptinkami ID pavojingumo lygio defektai (bėgis keičiamas per pirmas 5 valandas). Didžiausias defektų skaičius buvo aptiktas 2015 metais – 52 defektai.

Kituose tyrimuose buvo tiriama bendras bėgių defektyvumas. Juose tai po gi buvo nustatyta, kad daugiausiai defektų aptinkama ant R65 tipo bėgių. Defekto pavojingumo lygis ID mažiau pasitaikantis, nes termitinės sandūros zonoms taikomi didesni saugumo reikalavimai.

IŠVADOS

Naudojant ultragarsinius defektoskopus atlikti bėgių sandūrose ir bėgiuose dirbtinai padarytų įvairių parametrų defektų aptikimo bandymai.

1. Suvirinus bėgių sandūras termitu ir praėjus lokalinės vietos defektoskopų tikrinimo ciklui (2,5 m.) termitinės sandūras pade įsivystę defektai – 2,5cm įpjova ir 4mm skersmens, 35mm gylio skylė ištisinės kontrolės ultragarsiniais defektoskopais RDM-22 ir RDM-23 neaptinkami.
2. Išgaubtojoje termitinio suvirinimo sandūros zonoje esančių 4 mm skersmens ir 9 mm gylio defektų lokalinės vietos defektoskopai RDM-33 neaptinka.
3. Naudojant defektoskopą RDM-22, bėgio kakliuke ir galvutėje buvo aptiktas 4 mm skersmens ir 35 mm gylio defektas.
4. Tikrinant sūkurinių srovių defektoskopu 7505, bėgio pade buvo aptiktas dirbtinis defektas - 2,5 cm gylio ir 1,5 mm pločio įpjova.
5. Išanalizavus termitinių sandūrų patikrų duomenis, nustatyta, kad dažniausia aptinkami 26.4 tipo defektai (skersiniai įtrūkiai galvutėje, atsirandantys dėl bėgių suvirinimo technologijos pažeidimo). Pagal pavojingumo lygį dažniausiai aptinkami ID pavojingumo lygio defektai (bėgis keičiamas per pirmas 5 valandas). Didžiausias defektų skaičius buvo aptiktas 2015 metais – 52 defektai (iš jų net 42 DP pavojingumo lygio defektai – bėgis keičiamas pirmumo tvarka, kadangi bėgių defektų dydžiai yra ribiniai).

Remiantis gautais tyrimų rezultatais galima daryti išvadą, kad termitiniu būdu suvirintų bėgių sandūrų defektų paieškai reikia naudoti platesnį diapazoną keitiklių, kurių ieškojimo kampai yra platesni.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. 219/K SUVIRINTŲ BĖGIŲ ULTRAGARSINIŲ BANDYMŲ, NAUDOJANT DEFEKTOSKOPUS RDM-3, RDM-33, INSTRUKCIJA. 2006
2. 142-K Bėgių neardomųjų bandymų atlikimo reglamentas. Vilnius 2007
3. LST EN ISO 14730–1. Geležinkelio taikmenys. Geležinkelio kelias. Termitinis bėgių suvirinimas. 1 dalis. Suvirinimo procedūros patvirtinimas. 2008.
4. Šniuolis. P. Medžiagų inžinerija mokomoji knyga. Vilnius: BMK leidykla, 2014, 194p.
5. Lingaitis, L. P.; Liudvinavičius, L.; Butkevičius, J.; Podagėlis, I.; Sakalauskas, K.; Vaičiūnas, G.; Bureika, G.; Gailienė, I.; Petrenko, V.; Subačius, R. 2009. Geležinkeliai.
6. Sūkurinių srovių defektoskopas 7505. [žiūrėta 2017-04-13] Prieiga per internetą:
<http://jointstarsgroup.en.made-in-china.com/product/BofxsjJyCNYE/China-Eddy-Current-Flaw-Detector.html>
7. R. Stalevičius. Orlaivių neardomųjų bandymų metodai: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012, 100 p.
8. Termitinės sandūros mikrostruktūra. [žiūrėta 2017-03-13] Prieiga per internetą:
http://spawalnictwoszyn.pl/wp-content/uploads/2014/08/wielgosz_2013.pdf
9. P. Cawley, P. Wilcox, D.N. Alleyne, B. Pavlakovic, M. Evans, K. Vine and M.J.S. Lowe RCNDE, Dept Mech Eng, Imperial College, London, UK Guided Ultrasonics (Rail) Ltd, 17 Doverbeck Close, Nottingham. Long range inspection of rail using guided waves – field experience. P. 2005 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-04-20]. Prieiga per internetą:
http://www.ndt.net/article/wcndt2004/pdf/railroad_inspection/399_cawl.pdf
10. Mindaugas Rauduvė, Vitalijus Rudzinskas. R65 tipo bėgio termitinio virintinės jungties mechaninių savybių tyrimas. ISSN 2029-2341 print / ISSN 2029-2252 online 2013 5(6): 680–685 doi:10.3846/mla.2013.114
11. I. Višniakas, V. Rudzinskas. Suvirintinių jungčių kokybės kontrolė, valdymas ir optimizavimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012. 168 p.
12. K. Dauskurdis, V. Rudzinskas. R65 tipo bėgio kontaktinio suvirinimo jungties tyrimas. ISSN 2029-2341 / eISSN 2029-2252.
13. Melissa A. Sutton BE(Civil) Track Engineering, QR, Queensland Australia Martin H. Murray BE(Civil), PhD(Melb) Queensland University of Technology, Australia. Effect of maintenance on misaligned rail weld. P 2006 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-04-20]. Prieiga per internetą:
<http://eprints.qut.edu.au/5766/1/5766.pdf>
14. Mihai Brânzei, Tudor Coman. Structure Improvement of Aluminothermic Welding Joints by Using Modifiers. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering Vol:6, No:8, 2012

15. E. Jasiūnienė, E. Žukauskas. The ultrasonic wave interaction with porosity defects in welded rail head. ISSN 1392-2114 ULTRAGARSAS (ULTRASOUND), Vol. 65, No. 1, 2010.
16. 223/K Bėgių suvirinimo ir ilgabėgių vežimo taisyklės, Vilnius 2009.
17. K/114 Bėgių termitinio suvirinimo taisyklės. Vilnius 2014.
18. ULTRAGARSINIS DEFEKTOSKOPAS УДС2-РДМ-23 Eksploatavimo instrukcija 3.3.11.2011 redakcija.
19. Eugeniusz Turyk. Qualifying the Technology of the Aluminothermic Welding of Tramway Rails on the Basis of Quality Assurance System Requirements in Welding Engineering. BIULETYN INSTYTUTU SPAWALNICTWA No. 4/2016.

PRIEDAI

1.lentelė RDM-33 darbo režimai su indikacijos pavyzdžiais

Eil. Nr.	Darbo režimo ir matavimo aprašymas	Indikacijos pavyzdys
1	2	3
1.	Pirmas kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 50 ⁰ PEK, stiprinimas 42 dB, markerio padėtis H= 33 mm, L=39 mm	1 50 42 dB H033 L039
2.	Pirmas kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 65 ⁰ PEK, stiprinimas 38 dB, markerio padėtis H= 33 mm, L=39 mm	1 65 38 dB H033 L070
3.	Pirmas kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 0 ⁰ PEK stiprinimas 38 dB, markerio padėtis H= 180 mm	1 0 38 dB H033
4.	Pirmas kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 0 ⁰ PEK stiprinimas 38 dB , markerio padėtis mikrosekundėmis -60 μs	1 38 dB 060 μs
5.	Dirba pirmas kanalas pagal atskirą-sutapdintą režimą. Šis režimas įjungiamas mygtuku „COBM/PAЗД“. Jame galima pasirinkti bet kurį aukščiau nurodytų indikacijos tipų.	1 50 42 dB H180 L039
6.	Antras kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 50 ⁰ PEK, stiprinimas 34 dB, markerio padėtis H= 35 mm, L=41 mm. Antras kanalas dirba analogiškai pirmam, indikacijos tipas taip pat.	2 50 34 dB H035 L041
7.	Pirmas kanalas spinduliuoja ir priima sutapdintame režime su 50 ⁰ PEK, stiprinimas 42 dB ir antras kanalas priima su 65 ⁰ PEK, stiprinimas 38 dB	1 50 42 dB 2 65 38 dB
8.	Abu kanalai spinduliuoja ir priima sutapdintame režime, kai pirmo kanalo stiprinimas 42 dB, o antro – 38 dB. Signalų pasiekus leistiną ribą, atitinkamose zonose po raidėmis Э (aidas) ir T (šešėlis) atsiranda du skaičiai 1 ir 2. Skleistinė ELT ekrane padalinta po 110 ms kiekvienam kanalui	42 dB 38 dB Э 1 2 T 1 2
	<p>PASTABOS.</p> <p>1. Atitinkamo kanalo indikacijos eilutės 1-7 režimuose, kai signalas nuo defekto viršija leistiną ribą, pradeda mirksėti dB raidės.</p> <p>2. Išsikrovus 6,5 V baterijai, visuose indikacijos režimuose pradeda mirksėti ženklas ≠.</p>	

1. Lentelė RDM-23 charakteristikos

Eil.Nr	Parametro arba charakteristikos pavadinimas	Techniniai duomenys
1	2	3
1.	Aido metodo sąlyginis jautrumas, kai PEK užprogramuota sužadavimo impulsų amplitudė 100 dB, ne daugiau:	
1.1	П121-2,5-45	20
1.2	П121-2,5-50	30
1.3	П121-2,5-55	35
1.4	П121-2,5-65	40
1.5	П121-2,5-70	45
1.6	П112-2,5	25
1.7	П121-5,0-50	35
1.8	П121-5,0-65	45
1.9	П121-5,0-70	50
1.10	П112-5,0	35
2.	Aido metodo sąlyginio jautrumo nukrypimai tarp vienaarūšių PEK, dB, ne daugiau	4
3.	PEK aidų metodo sąlyginio jautrumo atsarga dB, ne mažiau:	
3.1.	П121-2,5-45, П121-2,5-50, П121-2,5-55, П121-5,0-50, П121-2,5-65, П121-5,0-70, П112-5,0	25
3.2.	П121-2,5-65, П121-2,5-70, П112-2,5	16
4.	Defektoskopo nekontroliuojamoji zona, nustatyta pagal etaloną 3R, mm, ne daugiau:	
4.1.	П121-2,5-65, П121-2,5-70, П112-2,5, П121-5,0-65, П121-5,0-70, П112-5,0	3
4.2.	П121-2,5-45, П121-2,5-50, П121-2,5-55, П121-5,0-50	6
5.	VŠM sąlyginio jautrumo reguliavimo diapazonas dirbant su PEK П112-2,5 gauto naudojant etaloną 3R, kai laiko tarpas tarp zondoančio impulso ir signalo yra 60 μs, dB	nuo 20 iki 4
6.	VŠM sąlyginio jautrumo reguliavimo diskretiškumas, dB	1
7.	Defektoskopo dažnis, MHz	
7.1.	pagal išėjimą/įėjimą «2,5 MHz»	(2,5 ± 0,25)
7.2.	pagal išėjimą/įėjimą «5,0 MHz»	(5,0 ± 0,5)
8.	PEK П121-2,5-45 kontroliuojamos zonos diapazonas, μs:	

8.1.	apatinės ribos minimalus dydis	ne daugiau 5
8.2	viršutinės ribos maksimalus dydis	ne mažiau 230
9.	Atšvaito koordinacių H arba L pagrindinės absoliutinės paklaidos riba, mm	$\pm(0,01H(L)+2)$
10.	Aido metodu defekto aptikimo koeficiento diapazonas aido signalams viršijantiems leistiną ribą, dB (K_u – nustatytas sąlyginis jautrumas) (U – nustatytas imtuvo stiprinimas)	nuo minus K_u iki plus U
11.	Defekto aptikimo aido metodu koeficiento išmatavimo pagrindinės leistinos paklaidos reikšmės riba, dB (K_d – defekto aptikimo koeficiento išmatuota reikšmė)	$\pm(2+0,05K_d)$
12.	VŠM defekto aptikimo koeficiento diapazonas, dB (U – nustatytas imtuvo stiprinimas)	nuo 0 iki minus $(76-U)$
13.	VŠM defekto aptikimo koeficiento išmatavimo pagrindinės leistinos paklaidos reikšmės riba, dB (K_d – defekto aptikimo koeficiento išmatuota reikšmė)	$\pm(2+0,05 K_d)$
14.	Aido metodu defekto aptikimo koeficiento išmatavimo diapazonas santykinai ribiniam lygmeniui, dB	nuo minus $(76-U)$ iki plus U
15.	Aido metodu defekto aptikimo koeficiento išmatavimo pagrindinės leistinos paklaidos reikšmės riba, dB (ΔN – defekto aptikimo koeficiento išmatuota reikšmė)	$\pm(2+0,03 \Delta N)$