



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Aurimas Nagreckis

LOKOMOTYVO „SIEMENS ER20 CF“ RATŲ DILIMO TYRIMAS

Magistro baigiamasis projektas

Vadovas

Doc. dr. Robertas Keršys

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

LOKOMOTYVO „SIEMENS ER20 CF“ RATŲ DILIMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Robertas Keršys
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. N. Puodžiūnienė
(data)

Projektą atliko

(parašas) Aurimas Nagreckis
(data)

KAUNAS, 2015

MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

2015 m. Vasario mėn. 06 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Aurimui Nagreckiui*.

1. Darbo tema: LT: Lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ ratų dilimo tyrimas;

EN: Investigation of wheels wear of the locomotive “Siemens ER20 CF”.

Patvirtinta: 2015 m. Gegužės mėn. 11 d. dekanų įsakymu Nr. ST17-F-11-2

2. Darbo tikslas: Ištirti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato nusidėvėjimo (dilimo) priežastis.

3. Darbo uždaviniai ir reikalavimai: Išanalizuoti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ techninius parametrus bei aširačių eksploatacijos ypatumus. Išanalizuoti lokomotyvų aširačių susidėvėjimo tipus. Atlikti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato resurso analizę. Išmatuoti tiriamojo rato kietumą bei atlikti jo metalografinį tyrimą.

4. Darbo konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹: Doc. Dr. Rasa Kandrotaitė – Janutienė (3.2 ir 3.2.2 skyriai)

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. Vasario mėn. 6 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas: 2015 m. Gegužės mėn. 29 d.

Vadovas: Robertas Keršys

(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: Aurimas Nagreckis

(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Aurimas Nagreckis

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija, M5036L21

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ ratų dilimo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 25 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Aurimo Nagreckio**, baigiamasis projektas tema „Lokomotyvų „Siemens ER20 CF“ ratų dilimo 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)

Nagreckis A., Siemens ER20 CF“ ratų dilimo tyrimas. Sausumos transporto inžinerijos magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Kaunas, 2015, 44 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe nagrinėjamos lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ ratų dilimo priežastys. „Lietuvos geležinkeliai“ susiduria su minėtos serijos lokomotyvo aširačių eksploatavimo problemomis – ratai dyla pernelyg greitai, ratų aptekinimas ir aširačių keitimas yra dažnesnis nei buvo numatyta jų gamintojo. Lokomotyvų aširačių resursai nėra išnaudojami taip, kaip turėtų būti, o visa tai smarkiai atsiliepia geležinkelio eismo saugumui bei, žinoma, įmonės finansinei situacijai.

Darbe pateikti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ techniniai parametrai bei šio lokomotyvo aširačių eksploatavimo ypatumai. Taip pat išanalizuoti aširačių susidėvėjimo tipai. Atlikta lokomotyvo rato resurso analizė. Išmatuotas rato plieno kietumas bei padaryta jo mikroskopinė analizė.

Nagreckis A., Investigation of wheels wear of the locomotive “Siemens ER20 CF”. Master’s thesis of the land transport engineering /academic supervisor doc. dr. Robertas Keršys; Kaunas University of Technology, faculty of mechanical engineering and design.

Kaunas, 2015, 44 p.

SUMMARY

The Master’s Theses examine the the wheels wearing reasons of the locomotive “Siemens ER20 CF”. “Lithuanian Railways” encounter the problems of the aforementioned series of locomotive – wheels are weared too fast, turnering of wheels and changing the wheelset is more frequent than manufacturer was specified. The resourses of the wheelsets of locomotive is not turnet to account as it should be. All of it cost much time and money to the company, moreover it is responded to the railway safety.

There are presented the technical parameters of the locomotive “Siemens ER20 CF” in the work, as well operation of wheelset. Also there are analyzed the types of wearing of the locomotives wheelsets in general. Analysis of the locomotive wheel resource was committed. Also the wheel steel hardness was measured and microscopic analysis was made.

TURINYS

ĮVADAS	8
1. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ AŠIRAČIŲ EKSPLOATAVIMO YPATUMAI	9
1.1 Lokomotyvo „Siemens ER20CF“ techniniai parametrai	9
1.2 Lokomotyvo „Siemens ER20CF“ aširačių eksploatacija	11
1.3 Aširačių susidevėjimo tipai	13
1.3.1 Įtrūkiai aširatyje	14
1.3.2 Rato įtrūkiai ir išmušimai	15
1.3.3 Rato paviršiaus ištrupos ir išdilos	16
1.3.4 Rato paviršiaus užlajos ir iščiuožos	17
2. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ RATO RESURSO ANALIZĖ	20
2.1 Lokomotyvų ratų riedėjimo paviršiaus parametrų kontrolė	20
2.1.1 Matuojami rato parametrai	20
2.1.2 Šablono UT – 1 sandara ir naudojimas	21
2.2 Lokomotyvo rato riedėjimo paviršiaus geometrinių parametrų dilimas	22
3. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ RATO KIETUMO IR METALOGRAFIJOS TYRIMAS	28
3.1 Metalų kietumo matavimo metodai	28
3.2 Lokomotyvo rato kietumo matavimas Rokvelo metodu	29
3.3 Lokomotyvo rato lydinio mikrostrukūros tyrimas	32
3.3.1 Bendrosios žinios apie metalų mikroskopinę analizę	32
3.3.2 Metalografinis tyrimas lazeriniu analizatoriumi „LMA Carl Zeiss“	36
IŠVADOS	39
LITERATŪROS SĄRAŠAS	40
PRIEDAI	42

IVADAS

AB „Lietuvos geležinkeliai“ yra viena moderniausių geležinkelio įmonių visoje Rytų ir Centrinėje Europoje. Pagrindinė jos veikla – krovinių ir keleivių vežimas geležinkeliais, viešosios geležinkelių infrastruktūros valdymas, priežiūra bei plėtra. „Lietuvos geležinkelių“ pasididžiavimas – pagal specialų įmonės užsakymą, tarptautinės technologijų ir inovacijų kompanijos „Siemens“ pagamintas vienas galingiausių ir sunkiausių lokomotyvų Europoje – „Eurorunner 20CF“. Šiai dienai „Lietuvos geležinkeliai“ eksploatuoja 44 šios serijos lokomotyvus.

Vykdamas minėtų lokomotyvų eksploataciją Lietuvoje buvo pastebėtas vienas didelis jų trūkumas – lokomotyvo ratai nusidėvi gerokai greičiau nei tai buvo numatęs lokomotyvų gamintojas – tarptautinė technologijų ir inovacijų kompanija – „Siemens“. AB „Lietuvos geležinkeliai“ patiria labai didelius nuostolius pernelyg dažnai aptekindami ar keisdami lokomotyvų ratus. Kadangi „ER20 CF“ serijos lokomotyvų ratai nėra bandažuojami, tai tik dar labiau apsunkina esamą situaciją. Vietoj to, kad būtų aptekinami ar keičiami tik rato bandažai, šiuo metu yra apdirbami patys ratai, kurie pasiekę tinkamumo eksploatacijai riba yra išmetami ir nebenaudojami.

„Lietuvos geležinkeliai“, bendradarbiaudami su „Siemens“ kompanija, deda daug pastangų į šios problemos sprendimą. Tačiau bent jau kol kas vieningos išvados nėra prieita – ši problema lieka aktuali ir šiai dienai – lokomotyvų aširačių resursai nėra išnaudojami taip, kaip turėtų būti. O visa tai smarkiai atsiliepia geležinkelio eismo saugumui bei, žinoma, įmonės finansinei situacijai.

Pagrindinis šio darbo tikslas yra ištirti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato nusidėvėjimo (dilimo) priežastis.

Darbo uždaviniai yra susipažinti su lokomotyvo techniniais parametrais bei išanalizuoti aširačių eksploatacijos ypatumus. Taip pat apžvelgti ir išanalizuoti lokomotyvų aširačių susidėvėjimo tipus. Atlikti lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato resurso analizę. Išmatuoti lokomotyvo rato kietumą bei atlikto jo metalografinį tyrimą.

1. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ AŠIRAČIŲ EKSPLOATAVIMO YPATUMAI

1.1 Lokomotyvo „Siemens ER20CF“ techniniai parametrai

Tarptautinė technologijų ir inovacijų kompanija „Siemens“ pagamino vieną galingiausių ir sunkiausių lokomotyvų Europoje. Lokomotyvas „Eurorunner 20 CF“ (1.1 pav.) – tai šešių ašių dyzelinis-elektrinis lokomotyvas, kurio paskirtis – gabenti krovinius, tačiau jis taip pat gali būti naudojamas ir keleiviniams traukiniams vežti.



1.1 pav. Bendras lokomotyvo „Siemens ER20CF“ vaizdas [11]

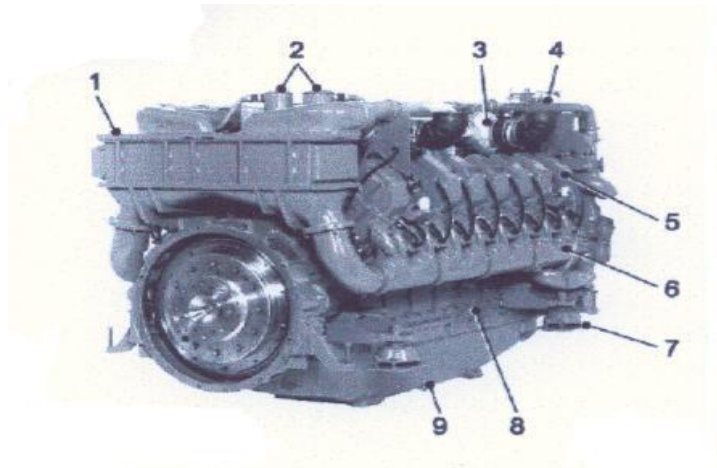
Naujas, 138 tonas sveriantis lokomotyvas, Lietuvos geležinkeliais gali pervežti 1/3 didesnius krovinius, nei galėjo iki šiol naudojami lokomotyvai. Lyginant su ankstesniais prekiniais lokomotyvais, kurie dviguba trauka galėjo traukti 4000 tonų sąstatus, naujasis lokomotyvas pasižymi 40% mažesnėmis kuro sąnaudomis, o tai reiškia iki 70% mažiau CO₂ emisijos. Specialiai pagal AB „Lietuvos geležinkeliai“ užsakymą suprojektuotame ir pagamintame lokomotyve ER20CF įmontuotas 2000 kW galingumo variklis, kas leidžia lokomotyvui pakankamai lengvai pasiekti maksimalų leidžiamą greitį Lietuvos geležinkeliuose – 90 km/h prekiniams traukiniams ir 120 km/h – keleiviniams traukiniams. Didelė masė ir traukos jėga, kuri siekia 450 kN, pasižymintis lokomotyvas dviguba trauka gali traukti 7000 tonų sąstatus.

Šiandien Radviliškio lokomotyvų depe dirba 42 „Siemens“ lokomotyvai. Iš viso AB „Lietuvos geležinkeliai“ eksploatuoja 44 tokio tipo šilumvežius. Bendra jų kaina – virš 400 milijonų litų. 1.1 lentelėje pateikti bendrieji lokomotyvo techniniai parametrai.

Lokomotyvo ER20CF techniniai parametrai

Galios perdavimas	Dyzelinė-elektrinė pavara AC-AC
Ašių formulė	Co'Co
Masė	138 tonos
Ašinė apkrova	22,5 tonos
Ilgis	22850 mm
Plotis	2924 mm
Aukštis (be antenų)	4425 mm
Atstumas tarp vežimėlių centrų	12750 mm
Ratų diametras	1100 mm / 1020 mm (nauji/padėvėti)
Vežės plotis	1520 mm
Jungtinė trauka	Iki trijų lokomotyvų
Maksimalus greitis	120 km/h
Dyzelinio variklio tipas	MTU 16 V 4000 R41
Maksimali galia	2000 kW
Maksimali ratų galia	1600 kW
Kuro bako talpa	7000 litrų
Aplinkos temperatūros diapazonas	-34°C - +40°C
Nominali galia (traukos variklio)	272 kW, prie 1475 1/min
Maksimalus greitis (traukos variklio)	3350 1/min
Maksimali pradinė traukos jėga	450 kN
Maksimali stabdymo jėga	360 kN
Stabdžiai	Elektrodinaminiai, pneumatiniai bei stovėjimo stabdys

Lokomotyve sumontuotas dyzelinis variklis MTU 16 V 4000 R41 (1.2 pav.), V-formos, keturių taktų, 16-os cilindrų, su „Common Rail“ įpurškimo sistema. Variklis aušinamas suspaustu oru.



1.2 pav. Bendras variklio MTU 16 V 4000 R41 vaizdas: 1 – oro aušintuvas; 2 – karterio ventiliacija; 3 – išmetamųjų dujų kolektorius; 4 – oro įėjimo anga; 5 – cilindro galvutė; 6 – išmetamųjų dujų vamzdis; 7 – variklio pakaba; 8 – karterio korpusas; 9 – tepalų rezervuaras [2]

Variklį kontroliuoja ir valdo ECU (Engine Control Unit – angl.) valdymo blokas. Ši integruota valdymo sistema priklausomai nuo variklio apsisukų skaičiaus gali atlikti šias funkcijas:

- Palaikyti vienodą reikalingą variklio apsisukimų per minutę skaičių pasikeitus apkrovų dydžiams;
- Reguluoti variklio apsisukimų skaičių;
- Parinkti reikalingą įpurškiamų degalų kiekį užkuriant variklį;
- Atlikti variklio avarinį išjungimą;
- Optimizuoti išmetamųjų dujų ir kuro sunaudojimo parametrus, taip pat suderinti bendrus darbo parametrus;
- Esant ribiniams variklio apsisukimų skaičiams, palaipsniui mažinti ciklinius kuro padavimus į variklį. Tokiu būdu variklis apsaugomas nuo per didelių apkrovų.

1.2 Lokomotyvo „Siemens ER20CF“ aširačių eksploatacija

Nuo 2007 metų, eksploatuojant minėtus lokomotyvus, buvo pastebėtas vienas trūkumas. Lokomotyvo aširačių ratai nusidėvi gerokai anksčiau nei tai buvo numatęs lokomotyvų gamintojas – tarptautinė technologijų ir inovacijų kompanija – „Siemens“.

AB „Lietuvos geležinkeliai“ patiria labai didelius nuostolius pernelyg dažnai aptekindami ar keisdami aširačius. Kadangi ER20CF serijos lokomotyvų ratai nėra bandažuojami, todėl tai tik dar labiau apsunkina esamą situaciją. Vietoj to, kad būtų aptekinami ar keičiami tik aširačio bandažai, šiuo metu yra apdirbami patys ratai, kurie pasiekę tinkamumo eksploatacijai ribą yra išmetami ir nebenaudojami.

„Lietuvos geležinkeliai“, bendradarbiaudami su „Siemens“ kompanija, deda daug pastangų į šios problemos sprendimą. Pagal specialius užsakymus buvo pagaminti tiek didesnio, tiek mažesnio metalo kietumo ratai. Eksperimentai vykdomi ir lokomotyvą eksploatuojant su kitų serijų lokomotyvų ratais – visa gaunama informacija sisteminama ir daromos tam tikros išvados. Tačiau bent jau kol kas, vieningos išvados neprieita – ši problema lieka aktuali ir šiai dienai – lokomotyvų aširačių resursai nėra išnaudojami taip, kaip turėtų būti. O visa tai smarkiai atsiliepia geležinkelio eismo saugumui bei, žinoma, įmonės finansinei situacijai.

Žemiau yra pateikiamos aširačių aptekinimo bei keitimo priežastys, kurios yra nurodytos lokomotyvo ER20CF eksploatacijos instrukcijose. Dėl šių priežasčių lokomotyvų aširačiai negali būti toliau eksploatuojami, kol jie nebus aptekinti arba pakeisti.

Lokomotyvų aširačių aptekinimo priežastys:

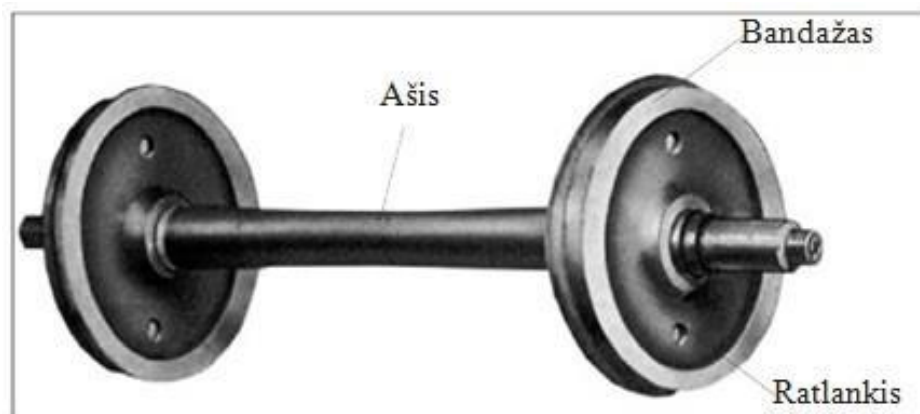
1. Ribinis antbriaunio storis;
2. Ribinis riedėjimo paviršiaus nudilimas (išdyla);
3. Neleistinas vieno aširačio ratų nudilimo (išdylų) skirtumas;
4. Neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas;
5. Pavojinga antbriaunio forma (ribinis antbriaunio statumo parametras);
6. Vertikali antbriaunio įpjova;
7. Smailiaviršūnis antbriaunio rantas;
8. Neleistina iščiuoža (išdauža) riedėjimo paviršiuje;
9. Neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje;
10. Neleistinos ištrupos ar įspaudos antbriaunio viršūnėje;
11. Neleistinos žiedinės išdylos riedėjimo paviršiuje;
12. Neleistinas ratlankio vietinis arba bendras praplatėjimas (metalo užslanka ant nuožulnos);
13. Metalų sąslanka riedėjimo paviršiuje;
14. Paviršinė nuoskala prie išorinės ratlankio briaunos;
15. Žiedinės atbrailos (apskritiminės metalo užslankos ant nuožulnos) nuoskala;
16. Skersiniai ir įstrižieji įtrūkimai antbriaunio viršūnėje;
17. Išilginiai įtrūkimai ir atplaišos antbriaunio paviršiuje;
18. Išilginiai įtrūkimai ir atplaišos riedėjimo paviršiuje;
19. Įdrėskimas prie darbinės antbriaunio dalies papėdės;
20. Ratlankio įdrėskimas riedėjimo apskritimo vietoje.

Lokomotyvų aširačių išridenimo (keitimo) priežastys:

- 1-20. Išridenimas aptekinimui dėl priežasčių Nr.1-20;
21. Ratlankio įtrūkimai;
22. Atskalos, ištrupos, įdubos, nusitęsiančios po ratlankio atramine briauna arba žiedu;
23. Ratlankio atsipalaidavimas ant vidurračio;
24. Neleistinas tarpas tarp vidurračio šono ir ratlankio atraminės briaunos;
25. Neleistinas ratlankio žiedo atsipalaidavimas;
26. Neleistinas atstumas tarp vieno aširačio ratų ratlankių vidinių šonų;
27. Neleistinas ratlankio plotis;
28. Nepakankamas profilio atstatymui aptekinimu arba neleistinas ratlankio storis ;
29. Vidurračio defektai;

1.3 Aširačių susidevėjimo tipai

Aširatis yra sudarytas iš ašies, dviejų lietu arba šampuotų ratų stebulių, ant kurių yra užpresuojami bandažai. Stebulės dar gali būti ištisinės arba vientisos be bandažų. Bendras lokomotyvo aširačio vaizdas pateiktas 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Lokomotyvo aširačio bendras vaizdas [12]

Bandažas su stebule yra laikomas susiliečiančių paviršių trinties jėgos dėka. Tam kad papildomai sutvirtinti bandažus išemose yra naudojami įspausti bandažiniai žiedai, kurie gaminami iš specialaus plieninio profilio. Varančiųjų aširačių konstrukcija yra priklausoma nuo traukos variklio tvirtinimo būdo. Traukos elektros varikliai gali būti tvirtinami dviem būdais: atraminiu ašiniu arba atraminiu rėminiu. Kai traukos elektros variklio vienas šonas remiasi į aširatį, o kitas – per tampriuosius elementus į vežimėlio rėmą, - tai yra atraminis ašininis tvirtinimo būdas. Šiuo tvirtinimo būdu aširačiui yra perduodama maždaug pusė elektros variklio masės. Atraminį rėminį variklio tvirtinimo būdą yra tada, kai traukos

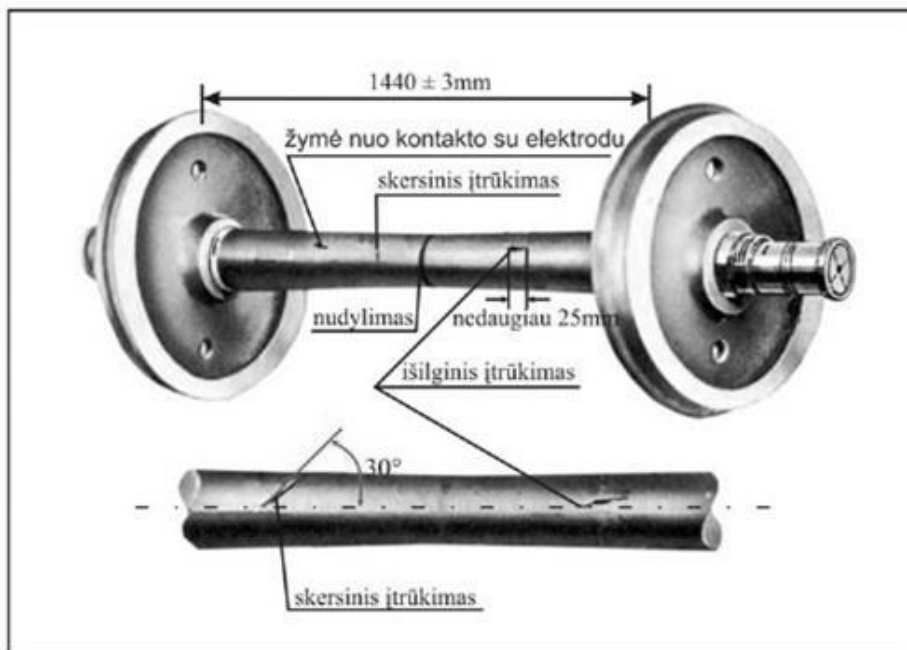
elektros variklį pritvirtiname prie vežimėlio.

Aširačių ašys yra pagamintos iš anglinio plieno. Siekiant, kad būtų išvengta įtempių koncentracijos, atliekant mechaninį apdirbimą, perėjimai nuo vieno skerspjūvio į kitą yra daromi kiek įmanoma mažesnio paviršiaus šiurkštumo ir didesnio spindulio. Varančioji ašis yra mažiau apkraunama, jei yra pasirenkamas atraminis rėminis variklio tvirtinimo būdas. Dėl šios priežasties aširačio ašis yra gaminama su centrine kiauryme, siekiant kuo labiau palengvinti konstrukciją.

Geležinkelio valdytojas nustato formavimo tvarką ir patvirtina instrukcijas, kurių laikantis yra atliekama aširačių apžiūra, patikrinimas, ir remontas. Yra privaloma, kad kiekviena aširačio ašis turėtų aiškų ženklą, kuriame yra nurodytas tikslus patikros laikas ir vieta. Taip pat yra būtina žymą su informacija apie priėmimą ir formavimą. Aširačių ženklavimas yra atliekamas remiantis visomis ženklavimo taisyklėmis. Yra nustatoma tvarka, kuria vadovaujantis aširačiai privalo būti tikrinami ir apžiūrimi. Visa informacija yra registruojama specialiuose žurnaluose arba pasuose.

1.3.1 Įtrūkiai aširatyje

Yra išskiriamos dvi įtrūkių aširatyje rūšys: išilginiai ir skersiniai. Įtrūkis vadinamas išilginiu kai įtrūkis su ašies linija sudaro iki 30° kampą, o jeigu kampas yra didesnis nei 30° (1.4 pav.), tai įtrūkis yra laikomas skersiniu.



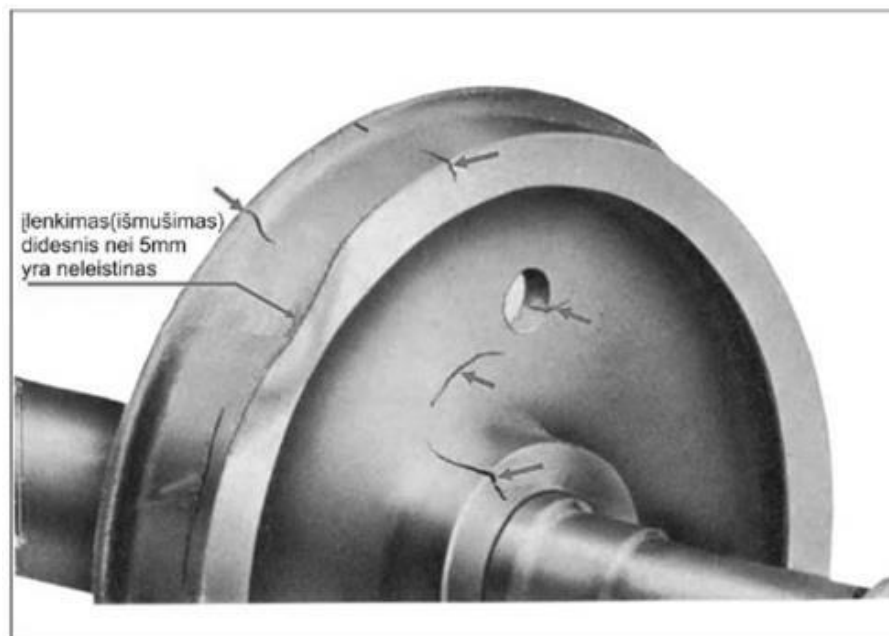
1.4 pav. Aširačių defektų rūšys [12]

Traukinių priežiūros tarnybos nustato ar traukinį galima eksploatuoti ar ne. Eksploatavimas yra draudžiamas, jeigu:

- Bet kurioje aširačio ašies arba rato vietoje atsiranda skersiniai įtrūkiai;
- Ašies piršto dalies nudilimas siekia daugiau nei 25 mm;
- Bet kurioje vietoje yra randamos žymės nuo kontakto su elektrodu.
- Ašyje atsiradus nors vienam išilginiui įtrūkiui daugiau nei 25 mm ilgio ar keliems tokiems įtrūkiams kurių bendras ilgis 25 mm – tokiu atveju lokomotyvui leidžiama važiuoti ar nutempti vagoną iki artimiausio remonto punkto, kur galima pakeisti aširatį ar kitokiu būdu suremontuoti.

1.3.2 Rato įtrūkiai ir išmušimai

Traukinio ratas yra laikomas brokuotu, ir yra draudžiama toliau jį eksploatuoti, jeigu ratas, kurį sudaro bandažas ir ratlankis arba vientisas ratas, turi išdilų arba kitų efektų. (1.5 pav).



1.5 pav. Ratas su defektais [12]

Eksploatuoti lokomotyvus su aširačiais, kuriuose yra atsiradęs bent vienas įtrūkimas stebulėje, bandaže ar diske, nepriklausomai nuo užfiksuoto įtrūkimo dydžio ir padėties, yra griežtai draudžiama. Tokiu atveju privaloma, kad abu ratai būtų pakeisti tinkamais ir tik tada yra leidžiama toliau eksploatuoti lokomotyvą.

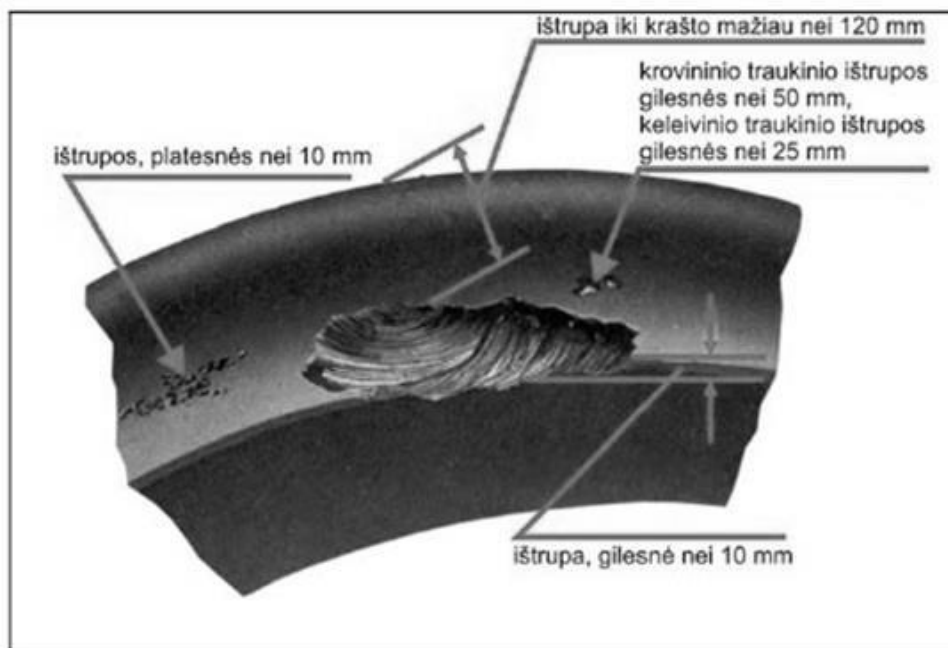
Drėgmės, dulkių, šerkšno, tepalo sankaupos arba dažų sluoksnio iškilimas įtrūkio vietoje -esminiai požymiai nurodantys, kad yra atsiradusių įtrūkių traukinių ratų poroje. Šerkšno atsiradimas yra laikomas

itin kenksmingu faktoriumi, ir paaiškinamas tuo, jog esant neigiamai aplinkos oro temperatūrai, drėgmei pakliuvus į įtrūkį rate, drėgmė virsta šerkšnu, kurio dėga skatinami dar didesni įtrūkiai.

1.3.3 Rato paviršiaus ištrupos ir išdilos

Rato paviršiaus ištrupos taip pat yra itin svarbus faktorius lemiantis tolimesnę lokomotyvo eksploataciją. Ištrupos, kurios atsiranda rato paviršiuje (1.6 pav.), yra laikomos pavojingomis. Jeigu jos užfiksuojamos didesnės nei 50 milimetrų prekinuose lokomotyvuose ir didesnės nei 25 milimetrai keleiviniuose lokomotyvuose, tokiu atveju tolimesnė aširačių eksploatacija yra draudžiama.

Ištrupos laikomos nepavojingomis, tokiu atveju jeigu užfiksuotas jų gylis nėra didesnis nei vienas milimetras, nepriklausomai nuo jų paviršiaus dydžio.

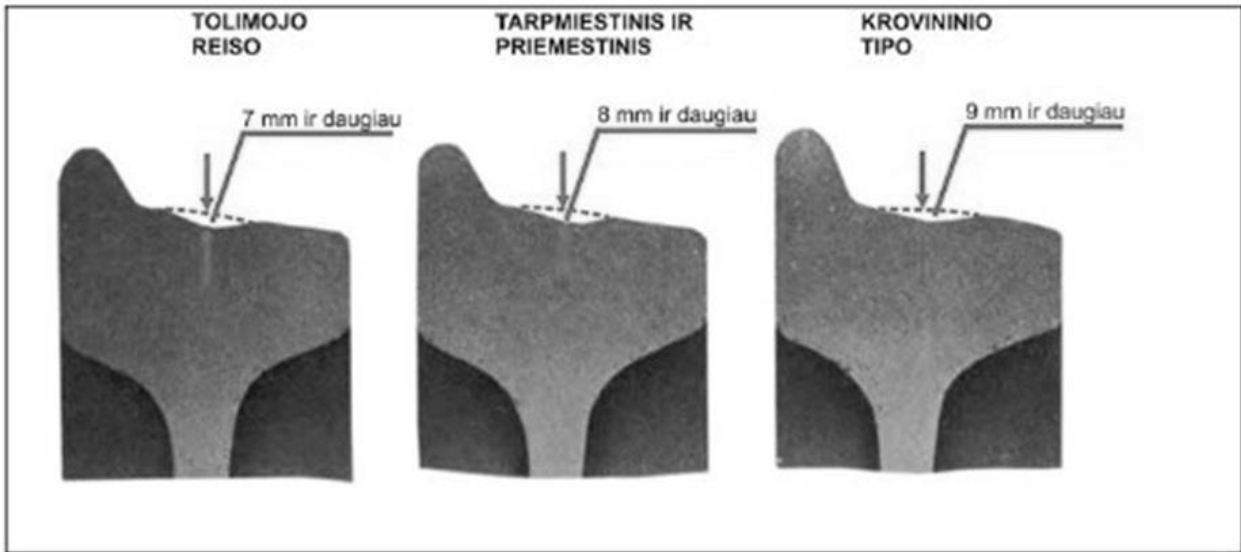


1.6 pav. Riedėjimo paviršiaus ištrupos [12]

Pagal nuvažiuojamus atstumus keleiviniai traukiniai gali būti skirstomi į tolimuosius, tarp miestinius ir priemiestinius. Keleiviniai traukiniai, kurie nuvažiuoja ilgesnį negu 700 kilometrų atstumą laikomi tolimaisiais. Tuo tarpu, tie kurie nuvažiuoja nuo 150 iki 700 kilometrų atstumus– tarpmiestiniais, o priemiestiniais keleiviniais laikomi traukiniai nuvažiuoja atstumus tik iki 150 kilometrų.

Keleivinio vagono ratų poros paviršius turi būti nutekinamas iš naujo arba ratų pora yra pakeičiama, jeigu rato paviršiaus išdyla siekia 7 milimetrų arba daugiau, gylį. Tokiomis pačiomis sąlygomis yra tikrinami ir kitokio tipo traukiniai, tačiau jiems leistini išdilų gyliai gali būti šiek tiek didesni. Išdilos ne

daugiau kaip 8 milimetrų gylis yra leidžiamas tarpmiestiniams ir priemiestiniams traukiniams, tuo tarpu krovinių vagonų išdilos gali siekti 9 milimetrų gylį.

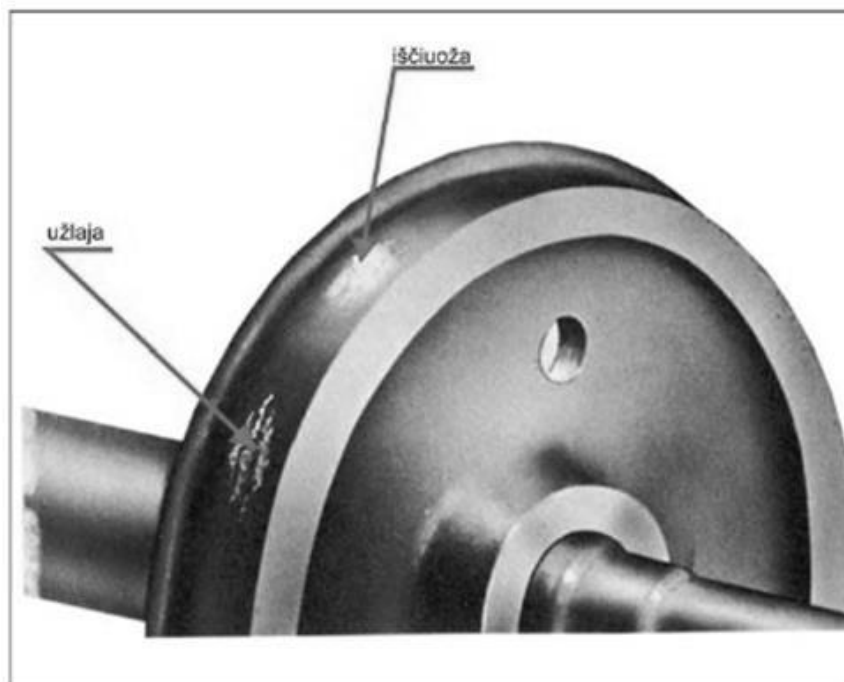


1.7 pav. Leistinos ratų paviršiaus išdilos, priklausomai nuo traukinio tipo [12]

1.7 paveiksle pavaizduotos leistinos ratų paviršiaus išdilos, priklausomai nuo traukinio tipo.

1.3.4 Rato paviršiaus užlajos ir iščiuožos

Kibirškštys, kylančios iš po ratų, yra traktuojamos kaip traukinio rato slydimo požymis. Lokomotyvo su sąstata stabdymo metu iš po ratų lekia kibirkštys. Tačiau stabdžių trinkelėlių – kibirkščių kryptis ir jų susidarymo vieta yra kitokia negu rato paviršiaus kontakto su bėgiu metu



1.8 pav. Rato paviršiaus iščiuožos ir užlajos [12]

Rato iščiuožą yra lengva aptikti traukiniui artėjant prie sustojimo vietos ir girdint ritmišką rato su iščiuoža stuksenimą į bėgį.

Ratų poros su slydimo guoliais, kuriuose yra susidariusios iščiuožos, siekiančios didesnę nei dviejų milimetrų gylį ir ratai su ritiniais guoliais, kurie turi didesnę nei vienas milimetras iščiuožos gylį, yra traktuojami kaip brokuoti ir privalo būti pakeisti arba nutekinti. Tuo tarpu užfiksavus iščiuožos defektą, kurio gylis nuo vieno iki dviejų milimetrų, priemiesčio stotyje, traukiniui yra leidžiama važiuoti iki artimiausios stoties, kurioje būtų galima atlikti pažeidimų pašalinimus neatkabinant vagonų. Tokiu atveju keleiviniam vagonui leidžiamas ne didesnis nei 100 km/h greitis, o kroviniams vagonams – ne didesnis nei 70 km/h greitis.



1.9 pav. Rato paviršiaus iščiuožų realus vaizdas

Ekspluatacinių sąlygų keitimas, važiavimo greičio didinimas, ar kompozicinių stabdymo trinkelų panaudojimas, gali įtakoti užlajos atsiradimą, kuri formuojasi rato paviršiuje. Taip atsitinka dėl metalo dalelių poslinkio.

Keleivinio traukinio ratus eksploatuoti yra griežtai draudžiama, jeigu susidariusios užlajos aukštis rate siekia daugiau nei 0,5 milimetro, o krovinio traukinio tipo daugiau nei 1 milimetrą.

Jeigu yra pastebėtas užlajos defektas priemiestinėje stotyje, traukiniui yra leidžiama važiuoti iki arčiausiai esančio techninio apžiūros centro. Tačiau tik tuo atveju, jei defekto aukštis yra nedidesnis nei 2 milimetrai. Tokioje situacijoje keleivinio tipo traukiniams leidžiama važiuoti ne didesniu kaip 100 km/h greičiu, krovinio - ne didesniu kaip 70 km/h greičiu.



1.10 pav. Rato paviršiaus užlajos realus vaizdas



1.11 pav. Rato paviršiaus užlajos realus vaizdas

Rato paviršiaus iščiuožos ir užlajos pavaizduotos 1.8 – 1.11 paveiksluose.

2. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ RATO RESURSO ANALIZĖ

2.1 Lokomotyvų ratų riedėjimo paviršiaus parametrų kontrolė

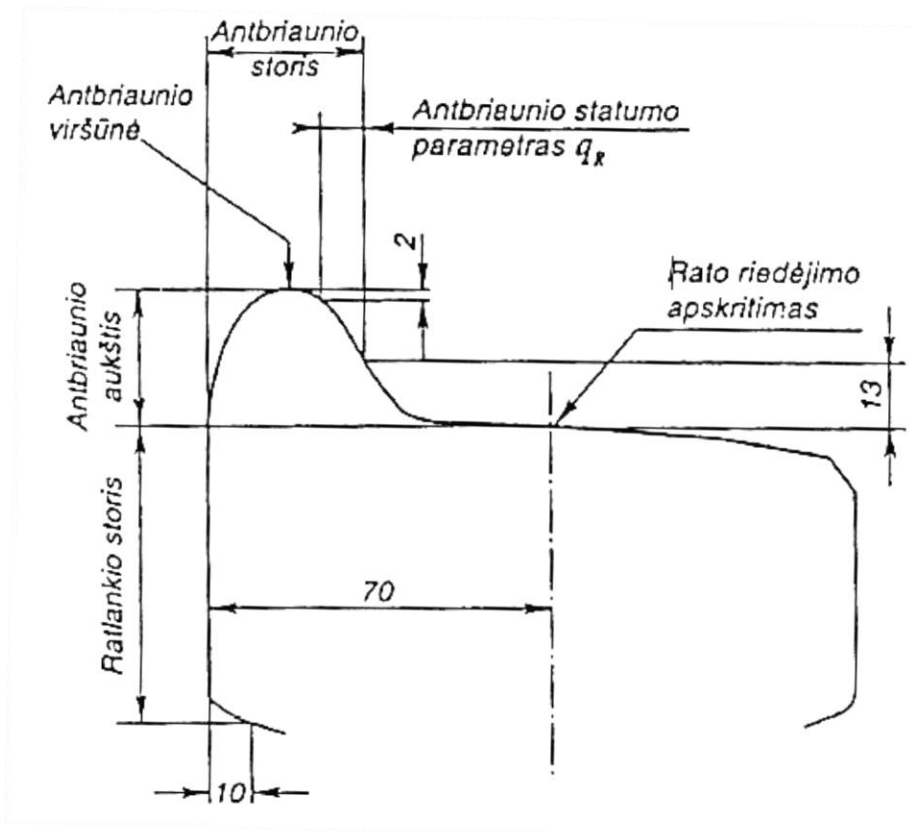
Lokomotyvų ratų riedėjimo paviršiaus geometrinių parametrų kontrolės universalusis šablonas UT – 1 naudojamas nustatyti pavojingą antibriaunio formą. Juo taip pat nustatomas papildomas susidėvėjusio rato antibriaunio statumo parametras. Šiuo šablonu taipogi galima matuoti antibriaunio storį ir aukštį.

Šablono UT – 1 paskirtis yra matuoti lokomotyvų aširačių riedėjimo paviršiaus geometrinius parametrus:

- antibriaunio storį;
- antibriaunio statumo parametras;
- antibriaunio aukštį.

2.1.1 Matuojami rato parametrai

Antbriaunio storis – tai atstumas, kuris yra išmatuotas pagal išvestą horizontalę 13 milimetrų aukštyje nuo rato riedėjimo apskritimo paviršiaus tarp dviejų taškų, esančių skirtingose antibriaunio pusėse. (2.1 pav).



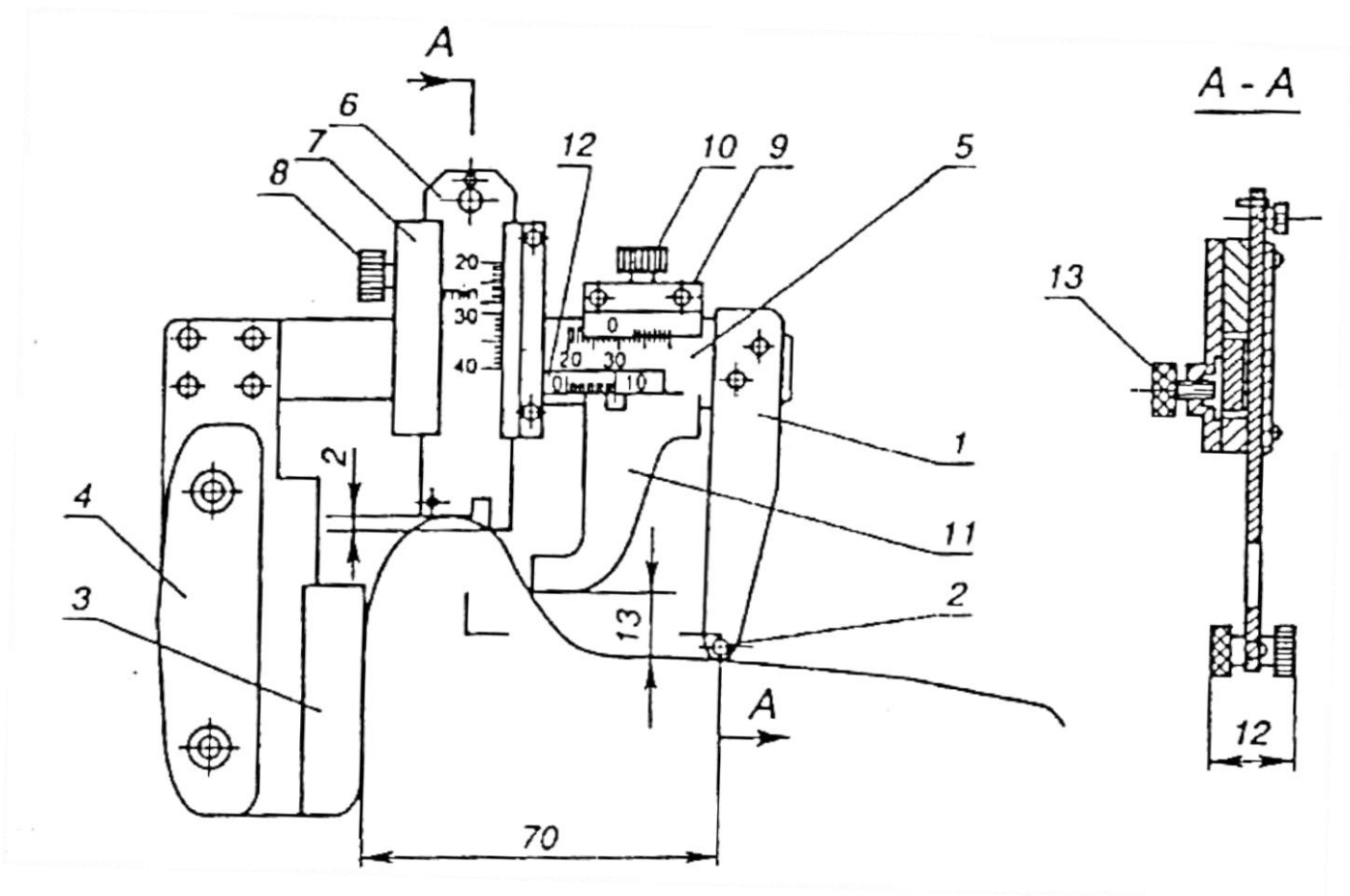
2.1 pav. Rato riedėjimo paviršiaus profilis ir matuojami parametrai [4]

Antbriaunio statumo parametru vadinamas atstumas, kuris yra išmatuotas pagal horizontalę tarp dviejų antbriaunio išorinio paviršiaus taškų, iš kurių vienas yra 2 milimetrų nuo viršūnės, o kitas 13 milimetrų nuo rato riedėjimo apskritimo. Šis parametras apibūdina rato riedėjimo paviršiaus profilio pakitimus, jam dylant.

Antbriaunio aukštis – tai atstumas, kuris yra išmatuotas pagal vertikale tarp rato antbriaunio ir riedėjimo paviršiaus apskritimo paviršiaus.

2.1.2 Šablono UT – 1 sandara ir naudojimas

Šablonas UT – 1 – tai surenkamas metalinis karkasas, sudarytas iš rėmelių ir užspaudimo įtaisų bei trijų matavimo liniuočių sistemos. Pastarųjų skaičius nulemia kontroliuojamų parametrų skaičius.



2.2 pav. Universalus šablono UT – 1 sandara [4]

Karkaso stovas turi dvi vertikalias atramas (2.2 pav.). Viena atrama 1 pritvirtinta ant riedėjimo paviršiaus apskritimo 70 milimetrų atstumu nuo bandažo vidinės briaunos. Kita atrama su nuolatinio magnetu 3 ir plastikiniu rankiniu laikikliu 4 liečia rato bandažo vidinę briauną. Šios atramos viena su kita sujungtos horizontalia liniuote 5. Ant liniuotės 5 yra kita vertikali liniuotė 6, kuri slankioja rėmelyje 7 ir

yra fiksuojama sraigtu 8, bei rėmelis 9, turintis užspaudimo sraigta 10, kuris turi matavimo kojelę 11. Matavimo kojelė yra 13 milimetrų trumpesnė už atramą 1. Rėmelis 7 kartu su pritvirtinta ant jos horizontalia liniuote 12 turi galimybę slankioti ant svirties 5, ant kurios jis fiksuojamas užpakalinėje šablono pusėje esančiu užspaudimo sraigtu 13.

Liniuotės 6 apatiniame gale padarytas vertikalus griovelis ir 2 milimetrų iškyša, kurios dėka yra užtikrinamas antras liniuotės galo kontakto su kontroliuojam rato antbriauniu taškas. Liniuotės 6 skalės padalos rodo antbriaunio aukštį.

Rėmeliai 7 ir 9 turi nonijus su 0,1 milimetro atskaitos reikšmėmis.

Ruošiant šabloną darbui, atpalaiduojami visi užspaudimo sraigta – 8, 10, 13, po to rėmelis 9 su matavimo kojele 11 pastumiamas dešinėn, taip pat ta pačia kryptimi pastumiamas rėmelis 7, liniuotė 6 pakeliama į viršų. Šablonas ant tvirtinamo rato jo radialinėje plokštumoje pastatomas taip, kad vertikali atrama 1 remtųsi į riedėjimo paviršių, o nuolatinis magnetas 3 glaudžiai priglustų prie ratlankio vidinės briaunos.

Pastumiant liniuote 6 vertikaliai žemyn iki jos galo prisilietimo su antbriaunio viršūne ir pastumiant rėmelį 7 horizontaliai į kairę iki liniuotės 2 milimetrų iškyšos atsirėmimo į antbriaunio paviršių, liniuotės 6 ir rėmelio 7 padėtis fiksuojama sraigtais 8 ir 13. Rėmelis 9 pastumiamas horizontalia liniuote 5 į kairę, kol matavimo kojelė 11 atsiremia į rato antbriaunio paviršių ir rėmelis fiksuojamas sraigtu 10.

Atlikus matavimą, šablonas yra nuimamas nuo rato, tada yra nuskaitomi rodmenys pagal tris matuojamus parametrus: ant vertikalios liniuotės 6 – antbriaunio aukštis, ant horizontalios liniuotės 5 – antbriaunio storis, ant liniuotės 12 – antbriaunio statumo parametras.

Šablono atrėmimo į riedėjimo apskritimą stabilumui padidinti vertikali atrama 1 turi papildomą atramą 2, kuri padidina atramos plotį iki 12 milimetrų.

2.2 Lokomotyvo rato riedėjimo paviršiaus geometrinių parametrų dilimas

Lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato riedėjimo paviršiaus geometrinių parametrų (antbriaunio storis, aukštis, statumo parametras, rato skersmuo) dilimas yra fiksuojamas techninių priežiūrų, kapitalinių bei einamųjų remontų metu. Visa surenkama informacija yra sisteminama, po to iš jos yra daromos atitinkamos išvados.

Kadangi minėti „Siemens“ serijos lokomotyvai priklauso Radviliškio lokomotyvų depui, būtent ten ir teko lankytis tiek bakalauro baigiamosios praktikos metu, tiek magistro baigiamojo darbo rašymo metu bei stebėti atliekamas procedūras bei susipažinti lokomotyvų eksploatavimo ir remonto ypatumais.

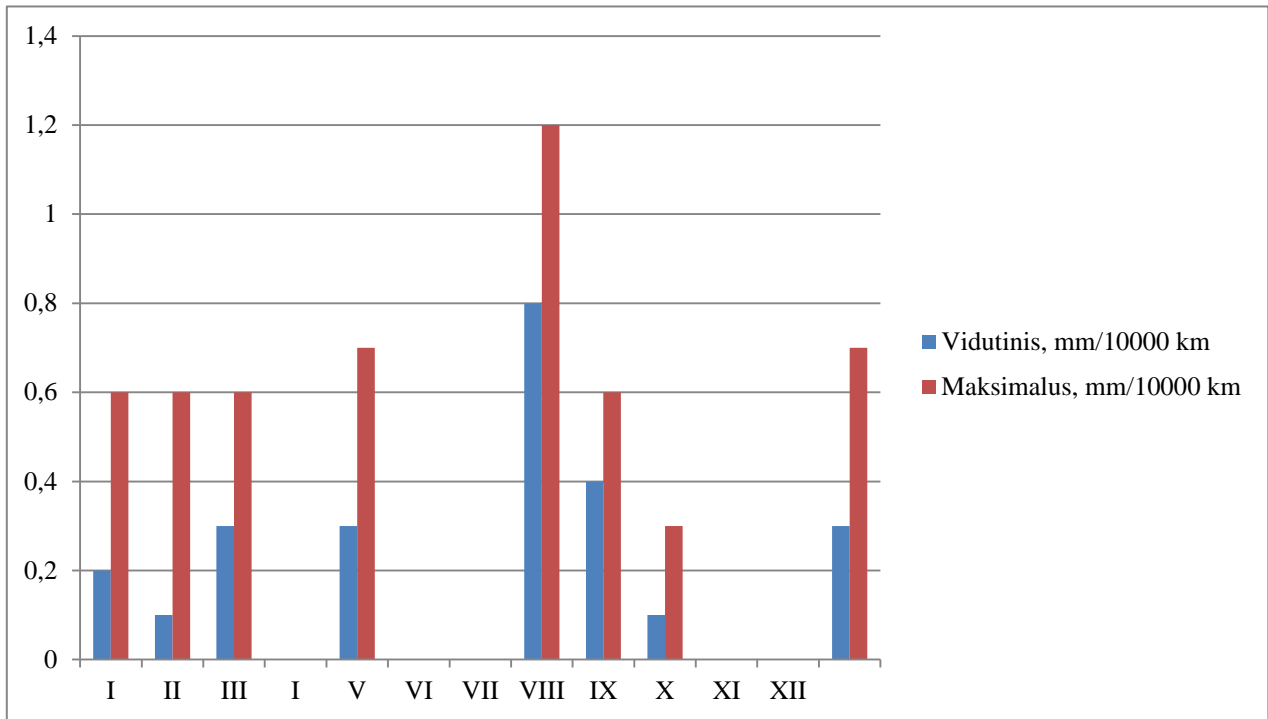
Lentelėje 2.1 pateiktas pirmųjų dešimties (iš viso Lietuvoje yra eksploatuojam 44 vienetai „Siemens ER20 CF“ lokomotyvai) lokomotyvų rato skersmens nusidevėjimas, kuris buvo matuojamas 12 mėnesių, matavimus kiekvieno lokomotyvo ašiai atliekant praktiškai kas mėnesį. Matavimai buvo atliekami 2013 metais. Rezultatas yra išreiškiamas milimetrais tūkstančiui kilometrų.

2.1 lentelė

Lokomotyvo rato skersmens vidutinis ir maksimalus nusidevėjimas (2013 m.)

Lokomotyvo Nr.	Reikšmė, mm/10000 km	Metų mėnesis												METŲ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
001	Vidutinis,	0,2	0,1	0,3	x	0,3	x	x	0,8	0,4	0,1	x	x	0,3
	Maksimalus,	0,6	0,6	0,6		0,7			1,2	0,6	0,3			
002	Vidutinis	x	1,4	x	0	0,2	x	0,7	0	0,2	0,3	x	x	0,4
	Maksimalus		5,1		0	0,5		1	0	0,6	0,5			1,1
003	Vidutinis	2,2	0,4	0,2	x	0,1	x	x	0	x	0,2	0,4	x	0,5
	Maksimalus	5,8	0,8	0,9		0,6			0		0,3	0,5		1,3
004	Vidutinis	0,5	0,5	x	0,1	x	x	0,2	0,2	x	x	0,1	x	0,3
	Maksimalus	0,7	0,8		0,3			0,5	0,5			0,3		0,5
005	Vidutinis	0,7	x	0	x	0	x	0,3	0,3	0,3	0,2	x	x	0,3
	Maksimalus	1,7		0,4		0,1		0,7	0,8	0,5	0,4			0,7
006	Vidutinis	0,4	0,5	0	0	0,2	x	0,9	0	x	x	x	x	0,3
	Maksimalus	0,5	0,7	0	0	0,5		1,2	0					0,4
007	Vidutinis	x	0,5	0,2	0,3	x	x	x	0	0,2	0,7	x	x	0,3
	Maksimalus		0,7	0,6	0,6				0	0,3	0,8			0,5
008	Vidutinis	0,6	0,1	0,4	0,2	0,2	x	0,6	0,2	0,4	0	x	x	0,3
	Maksimalus	1,3	0,4	0,5	0,3	0,4		0,9	0,5	0,8	0			0,6
009	Vidutinis	x	0,6	0	0,4	0,4	x	0,4	0,1	x	0,2	x	x	0,3
	Maksimalus		1	0	0,8	0,7		0,8	0,4		0,6			0,6
010	Vidutinis	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	x	0,6	0,1	0,2	0	x	x	0,3
	Maksimalus	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6		0,9	0,4	0,6	0			0,6

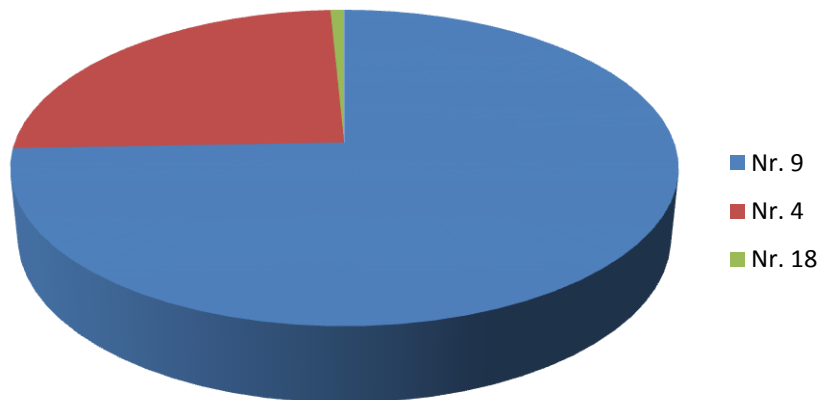
Kaip matyti iš pateiktos lentelės, rato skersmens resurso praradimas yra vienas iš faktorių, dėl ko „Lietuvos geležinkeliai“ patiria nuostolius. Vidutiniškai, vieno lokomotyvo rato skersmens sumažėjimas yra apie 0,52 milimetro dešimčiai tūkstančių kilometrų. Vidutinis vieno lokomotyvo nuvažiuojamas atstumas per metus gali siekti 300000 kilometrų. Tai sudarytų apie 15,6 milimetro rato skersmens sumažėjimą per metus.



pav. Pirmojo lokomotyvo rato skersmens vidutinio ir maksimalaus nusidevėjimo grafikas (2013 m.)

Kita priežastis priežastis, dėl kurios yra prarandamas lokomotyvo ratų resursas yra ratų aptekinimas ar net aširačių keitimas. Ratų aptekinimo ir aširačių keitimo priežastys yra aprašytos 1.2 skyriuje.

Remiantis 2009 metų duomenimis iš viso buvo aptekintos 129 „Siemens ER20 CF“ lokomotyvų ratų poros. Kadangi Lietuvoje yra eksploatuojami 44 minėtos serijos šešių ašių lokomotyvai, tai sudaro 48,8% visų eksploatuojamų lokomotyvų aširačių.



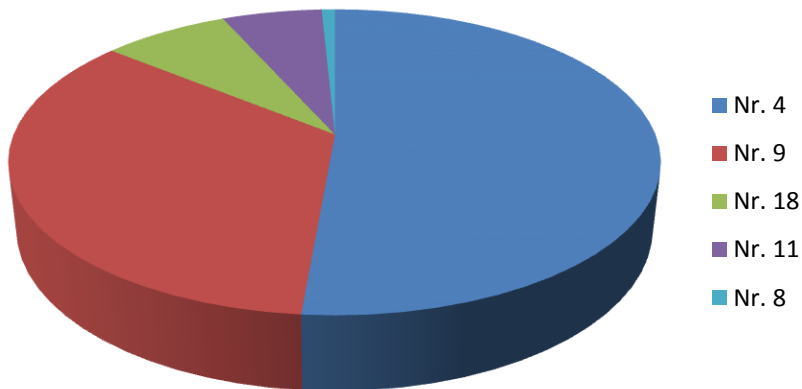
2.4 pav. 2009 metų ratų aptekinimų priežasčių proporcinė išraiška

Ratų aptekinimo dėl priežasčių Nr. 9, 4 ir 18 proporcinė išraiška yra pateikta 2.4 paveiksle.

Dažniausiai pasitaikiusi ratų aptekinimo priežastis – Nr. 9 – neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje. Dėl šios priežasties 2009 metais teko aptekinti 96 vienetus ratų porų. 32 ratų poros buvo aptekintos dėl priežasties Nr. 4 - neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas. Ir dar vienas aširatis buvo aptekintas dėl priežasties Nr. 18 – išilginiai įtrūkimai ir atplaišos riedėjimo paviršiuje. Vidutinis rato nutekimo storis – 13,9 mm.

2010 metais buvo aptekinta buvo 255 ratų poros (2.5 pav.). Šis skaičius parodo, kad kai kurie aširačiai buvo tekinami daugiau negu vieną kartą. Vidutinis rato nutekimo storis: 7,4 mm. Dažniausiai pasitaikiusios priežastys:

- Nr. 4 – neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas – 131 pora;
- Nr. 9 – neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje – 88 poros;
- Nr. 18 – išilginiai įtrūkimai ir atplaišos riedėjimo paviršiuje – 19 porų;
- Nr. 11 – neleistinos žiedinės išdylos riedėjimo paviršiuje – 15 porų;
- Nr. 8 – neleistina iščiuoža (išdauža) riedėjimo paviršiuje – 2 poros.

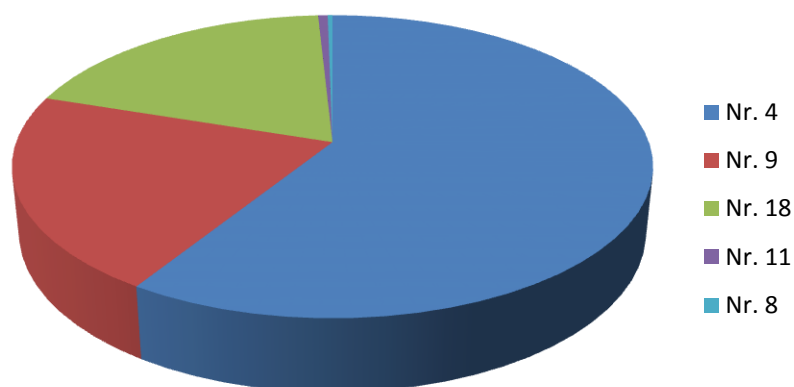


2.5 pav. 2010 metų ratų aptekinimų priežasčių proporcinė išraiška

2011 metais buvo aptekinta 356 ratų porų (2.6 pav.), vidutinis rato nutekimo storis – 7,3 mm.

Dažniausios aptekinimo priežastys:

- Nr. 4 – neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas – 210 porų;
- Nr. 9 – neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje – 75 poros;
- Nr. 18 – išilginiai įtrūkimai ir atplaišos riedėjimo paviršiuje – 68 poros;
- Nr. 11 – neleistinos žiedinės išdylos riedėjimo paviršiuje – 2 poros;
- Nr. 8 – neleistina iščiuoža (išdauža) riedėjimo paviršiuje – 1 pora.

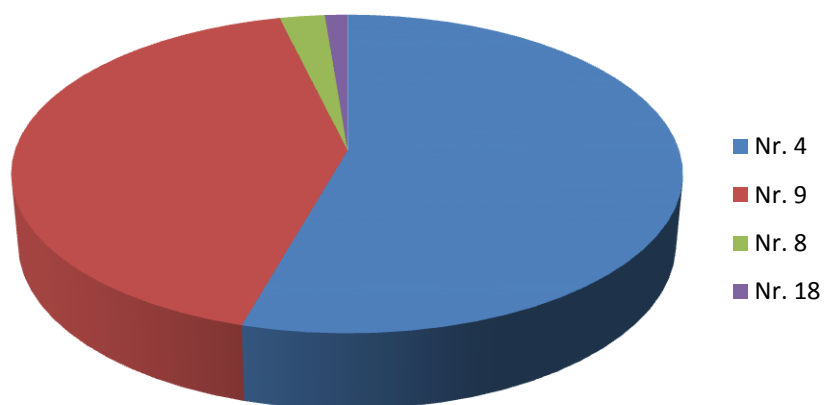


2.6 pav. 2011 metų ratų aptekimų priežasčių proporcinė išraiška

2012 metais buvo aptekinta 239 ratų poros (2.7 pav.), vidutinis rato nutekimo storis – 10,4 mm.

Dažniausios aptekimo priežastys:

- Nr. 4 – neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas – 130 porų;
- Nr. 9 – neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje – 100 porų;
- Nr. 8 – neleistina iščiuoža (išdauža) riedėjimo paviršiuje – 6 poros;
- Nr. 18 – išilginiai įtrūkimai ir atplaišos riedėjimo paviršiuje – 3 poros.

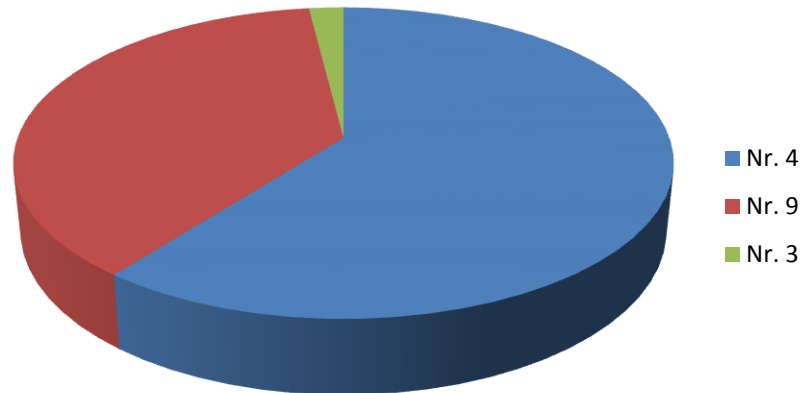


2.7 pav. 2012 metų ratų aptekimų priežasčių proporcinė išraiška

2013 metais buvo aptekinta 152 ratų poros (2.8 pav.), vidutinis rato nutekimo storis – 8,0 mm.

Dažniausios aptekimo priežastys:

- Nr. 4 – neleistinas sekcijoje sukomplektuotų aširačių skersmenų skirtumas – 92 poros;
- Nr. 9 – neleistinos ištrupos, įdubos ar įspaudos riedėjimo paviršiuje – 57 poros;
- Nr. 3 - neleistinas vieno aširačio ratų nudilimo (išdylų) skirtumas – 3 poros.



2.8 pav. 2013 metų ratų aptekinimų priežasčių proporcinė išraiška

Kaip matome iš pateiktų diagramų, lokomotyvų aširačių resursas labiausiai yra prarandamas dėl priežasčių Nr. 4 ir Nr. 9. Būtent dėl jų yra tekinami ratai ir artėjama prie ratų skersmens ribos, nebetinkamos tolimesnei eksploatacijai.

Įvertinus tokį greitą rato resurso nusidėvėjimą, galima daryti prielaidą, kad plienas parinktas ratų gamybai yra netinkamas arba ratai nėra tinkamai termiškai apdorojami prieš pradėdami jų eksploataciją.

3. LOKOMOTYVO „SIEMENS EURORUNNER 20 CF“ RATO KIETUMO IR METALOGRAFIJOS TYRIMAS

3.1 Metalų kietumo matavimo metodai

Vienas iš svarbiausių rodiklių nurodančių metalo mechanines ir technologines savybes yra jų kietumas. Kietumas – metalų savybė, priešintis kitų, kietesnių kūnų įsiskverbimui į juos kitų. Siekiant nustatyti metalų kietumą dažniausiai naudojami Brinerio, Rokvelo ir Vikerso metodai. Norint išmatuoti metalo kietumą naudojant Brinelio metodą, į jį yra įspaudžiamas tam tikro skersmens plieninis rutuliukas. Šiuo būdu metalo kietumo reikšmė yra nustatoma spaudimo jėgą F dalinant iš paviršiaus ploto S :

$$HB = \frac{F}{S}, \text{ MPa} \quad (3.1)$$

čia:

HB – kietumo reikšmė, išreikšta Brinelio metodu;

F – spaudimo jėga (N);

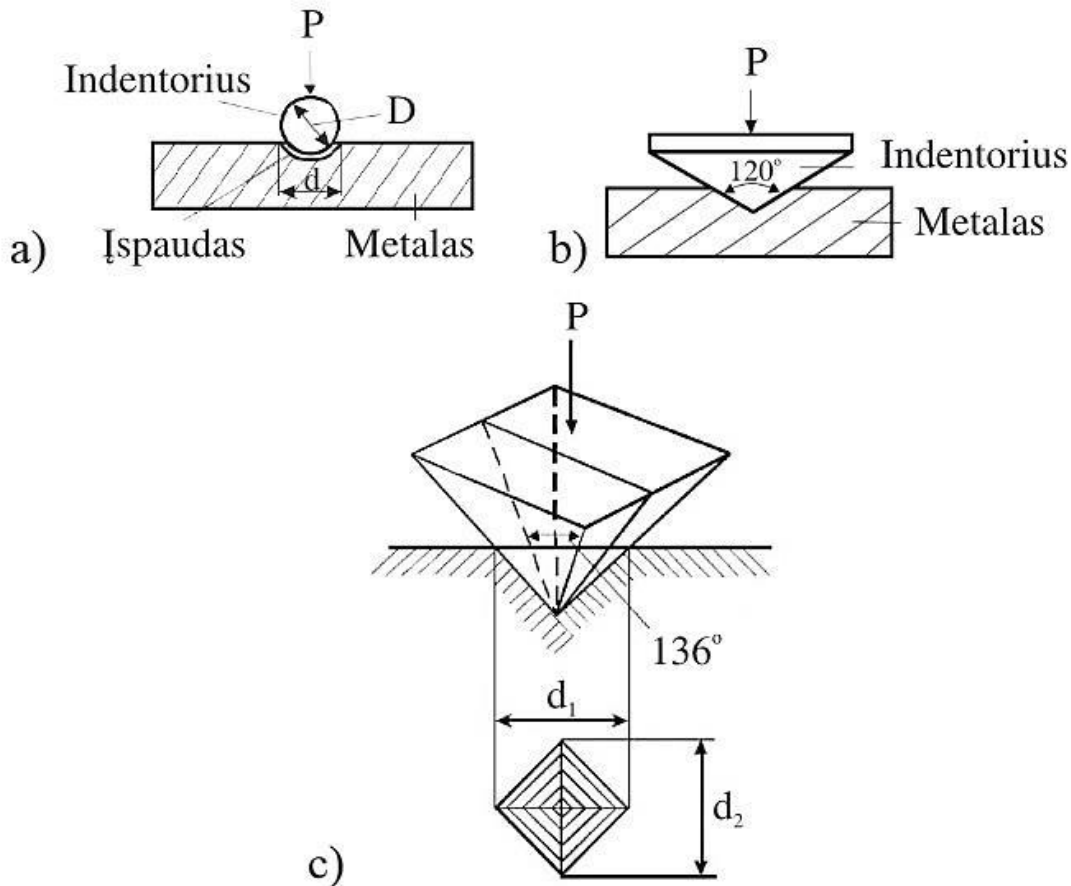
S – spaudo paviršiaus plotas (mm^2).

Kietumo vienetų dimensija MPa, tačiau dažniausiai jie duodami be dimensijos: HB 400, HB 250. Labai svarbu įsidėmėti, kad Brinelio metodas tinka tik minkštų metalų ($HB \leq 450$), tokių kaip: atkaitintų plienų, spalvotųjų metalų kietumui matuoti. Kitu atveju, bandant kietesnius metalus, naudojamas plieninis rutuliukas gali tiesiog deformuotis.

Tuo tarpu, Rokvelo metodas yra puikiai tinkamas naudoti tiek minkštų, tiek kietų metalų kietumui nustatyti. Šiuo metodu nustatant minkštų metalų kietumą, į juos 981 N jėga įspaudžiamas 1,588 milimetro (1,16 colio) skersmens plieninis rutuliukas, o kietiems metalams yra naudojamas deimantinis arba kietlydinio kūgis, kurio viršūnės kampas sudaro 120 laipsnių. Apie metalų kietumą yra sprendžiama iš to, kiek giliai įsmigęs į juos yra indentorius. Atsižvelgiant į tai, koks naudojamas indentorius ir kokia jėga jis yra įspaustas. Rokvelo kietumo vienetai žymimi HRC (kūgis, $F = 1471,5$ N), HRA (kūgis, $F = 588,6$ N), HRB (rutuliukas $F = 981,0$ N).

Pasirinkus matuoti metalo kietumą Vikerso metodu, į metalą yra įspaudžiama keturkampio pagrindo deimantinė piramidė, kurios viršūnės kampą sudaro 136 laipsniai. Tokiu atveju kietumas apskaičiuojamas

spaudimo jėgą padalinus iš išpaudos paviršiaus ploto. Jų dimensija MPa (pavyzdžiui, HV12000 MPa). Pasirinkus Vikerso metoda, tikslesni rezultatai yra gaunami matuojant kietus metalus. Šis metodas itin patogus norint išmatuoti plonų detalių (0,3 – 0,5 mm) kietumą, taip pat nustatant termocheminių detalių sustiprinimo sluoksnių kietumą.



3.1 pav. Kietumo matavimo metodų schemas: a) Brinelio; b) Rokvelo; c) Vikerso [5]

3.2 Lokomotyvo rato kietumo matavimas Rokvelo metodu

Kauno technologijos universiteto XV rūmų laboratorijoje, naudojant specialią, įrangą buvo matuojamas lokomotyvo „Siemens ER20CF“ rato kietumas.

Rato kietumui matuoti buvo naudojamas „Verzus 750CCD“ kietumo matuoklis. Kietumo matuoklio bendras vaizdas pateiktas 3.2 paveiksle. Šis prietaisas, turintis lietimui atsparų diodinį (angl. LED – light emitting diode) ekraną, pasižymi itin dideliu tikslumu matuojant bandinių kietumą Rokvelo metodu. Todėl iš prieš tai minėtų metalo kietumo nustatymo būdų buvo pasirinktas būtent Rokvelo būdas.



3.2 pav. Bendras kietumo matuoklio „Verzur 750CCD“ vaizdas [15]

Prieš atliekant kietumo bandymą buvo išanalizuota lokomotyvo rato cheminė sudėtis. Cheminė sudėtis pateikta 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė

Lokomotyvo “Siemens ER20CF” rato cheminė sudėtis

Medžiaga	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Mo, %	Ni, %	V, %	Cu, %	Al, %
Kiekis	0,57	0,3	0,71	0,013	0,005	0,21	0,04	0,18	0,004	0,07	0,021

Kaip yra žinoma, kad kuo anglies pliene yra daugiau tuo metalas yra kietesnis ir stipresnis, tačiau mažiau plastiškas. Didėjant anglies kiekiui pliene mažėja rato bei bėgiu dilimas. Kitų šalių standartai nurodo gan plačias anglies kiekio ribas lokomotyvo rato pliene.

Pavyzdžiui, Europoje, priklausomai nuo lokomotyvo rato plieno standarto, (EN1326) anglies kiekis gali būti skirtingas – nuo 0,48% iki 0,60%. Pagal Šiaurės Amerikos M-107/M-208 standartą anglies kiekis pliene nurodomas 0,47 – 0,77 procentų ribose. Rusijoje ir kitose NVS (Nepriklausomų valstybių sandrauga) šalyse naudojamo plieno standarto GOST 10791-2011 anglies kiekis gali būti 0,44 – 0,54 procentų ribose.

Rokvelo (HRC) kietumas, pagal minėtų valstybių lokomotyvų ratų standartus taip pat nurodomas ganėtinai plačiose ribose. Europoje jis leidžiamas nuo 22 iki 36 HRC ribose. Šiaurės Amerikoje priklausomai nuo rato klasės (L, A, B, C, D) kietumas gali siekti net 14 – 43 HRC platumo ribas. Tuo

tarpu Rusijoje ir kitose NVS šalyse, palyginti su Europa ir Šiaurės Amerika, kietumo intervalas, nors ir neženkliai, tačiau mažesnis – nuo 25 iki 34 HRC.

Lokomotyvas „Siemens ER20 CF“ yra eksploatuojamas su ER9 markės plieno (standartas DIN EN 10204-3.1) ratais. Jis nurodo, kad anglies kiekis lydinyje neturi būti didesnis už 0,60 procentų. Iš duomenų, pateiktų 2.1 lentelėje, matyti, kad lokomotyvo ratuose anglies kiekis neviršija leistino kiekio.

Laikantis lokomotyvo ratų terminio apdirbimo reikalavimų, išlieto rato riedėjimo paviršius turi būti grūdinamas tam, kad išlaikyti rato paviršių kietesnį, tuo pačiu ir labiau atsparesnį dilimams, nei lydinio vidus. Po austenizacijos prie temperatūros artimos 900°C, tik rato riedėjimo paviršius yra aušinamas iki maždaug 300°C. Po paviršiaus aušinimo, kuris dažniausiai yra atliekamas apipurškiant vandeniu, rato dalis, esanti arčiau jo sukimosi ašies vis dar lieka aukštos temperatūros, todėl šiluma iš gilesnių rato tūrių sklinda į paviršių, taip jį atleisdama. Tolimesnis lydinio aušinimas vyksta aplinkos temperatūroje. Toks procesas užtikrina atitinkamą rato riedėjimo paviršiaus kietumą, tuo pačiu rato centrinę dalį išlaikant tampresnę – labiau atsparią tempimams ir gniuždymams.

Kietumo matavimams atlikti iš lokomotyvo rato buvo išpjauti du bandiniai: vienas iš rato dalies, esančios riedėjimo paviršiuje (3.3 pav. a), kitas – iš dalies esančios arčiau rato sukimosi ašies (3.3 pav. b). Paveiksle esantys skaičiai nurodo kietumo HRC vertes.

Tam, kad matavimo tikslumas būtų kuo didesnis, HRC kietumas skirtinguose bandinio taškuose buvo tikrinamas keliasdešimt kartų. Gauti rezultatai buvo susumuoti ir iš jų išvestas aritmetinis vidurkis pagal 2.2 formulę.

$$HRC = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

čia:

x_i – i -tojo bandymo rezultatas;

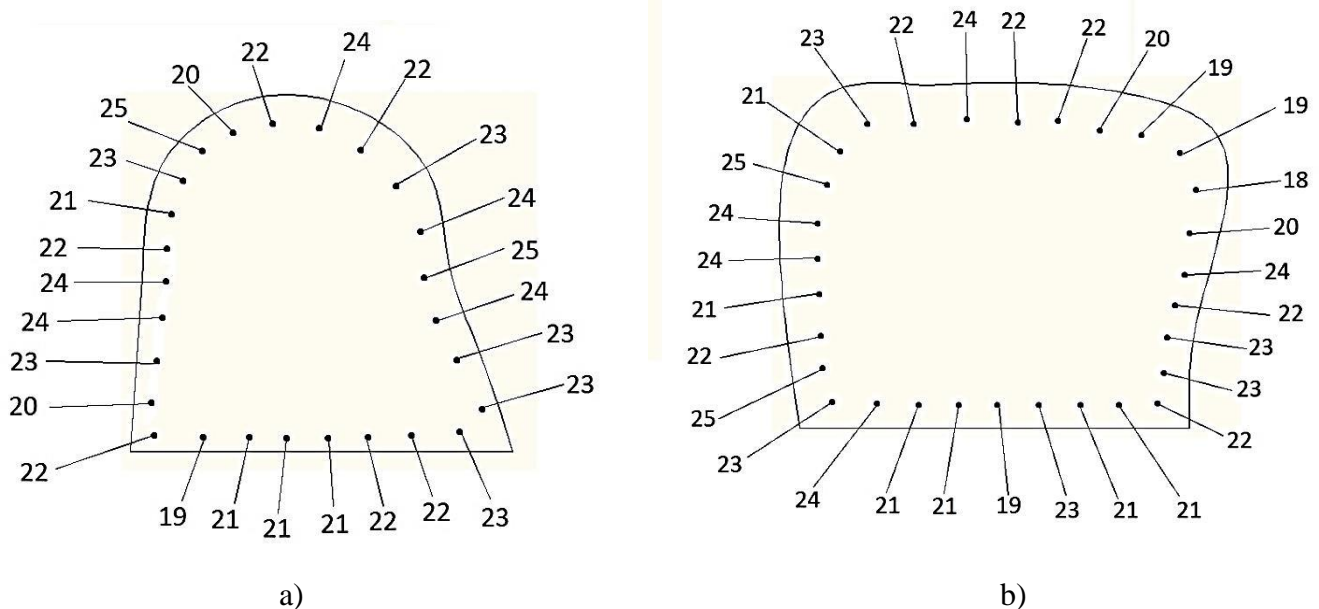
n – bandymų skaičius.

$$a) \quad HRC = \frac{671}{30} = 22,4;$$

$$b) \quad HRC = \frac{640}{29} = 22,1.$$

Išmatavus plieno kietumą specialiu prietaisu „Verzus 750CCD“ buvo nustatyta, kad lokomotyvo ratas, patenka į reglamentuojamas kietumo ribas, nors pastarosios, kaip jau buvo minėta anksčiau yra

sąlyginai plačios. Reikia pabrėžti ir tai, kad rato plieno kietumas yra priartėjęs prie mažiausios leistinos kietumo ribos.



3.3 pav. Iš lokomotyvo rato išpjautų bandinių HRC kietumas: a – bandinys išpjautas iš rato riedėjimo paviršiaus; b – bandinys išpjautas iš rato dalies, esančios arčiau jo sukimosi ašies

Atlikus kietumo matavimus, nors ir nežymiai, tačiau yra matyti, kad bandinio, kuris buvo išpjautas iš rato riedėjimo paviršiaus, HRC kietumas yra didesnis už bandinio išpjauto iš rato centrinės dalies.

Pagal jau minėtus reikalavimus, norint išvengti intensyvaus lokomotyvų ratų nusidėvėjimo, skirtumas tarp rato kietumo riedėjimo paviršiuje ir kietumo arčiau sukimosi ašies, turėtų būti didesnis.

3.3 Lokomotyvo rato lydinio mikrostruktūros tyrimas

3.3.1 Bendrosios žinios apie metalų mikroskopinę analizę

Metalų ir lydinių mikrostruktūros tyrimas, kurio metu optiniu mikroskopu yra stebimi specialiai paruošti jų bandinių paviršiai – mikrošlifai, vadinamas mikroskopine analize arba mikroanalize. Šis tyrimas yra paremtas, besikristalizuojančiame lydinyje susidariusiomis įvairiomis fazėmis, t.y. skirtingais savybių tūriais, kurie skirtingai atspindi šviesą ir skirtingai reaguoja su ėsdinančiais tirpalais.

Dėl priežasties, jog metalai yra neskaidrūs kūnai - apie jų sandarą yra sprendžiama pagal atspindžio šviesą. Mikroskopo pagalba matoma metalo struktūra, kuri vadinama mikrostruktūra. Mikroanalizės tyrimas suteikia galimybę nustatyti metalų ir jų lydinių struktūros grudelių dydžius, taip pat lydinių struktūrinių dedamųjų skaičių, jų išdėstymą ir kiekį. Be viso šito yra matomi metalų struktūros pokyčiai, įvykę terminio, termocheminio, mechaninio ar kitokio apdorojimo metu, taip pat metalų defektai, tokie

kaip: šlako intarpai, poros, įtrūkimai ir kt., bei nemetalinius intarpus metale (sulfidus, fosfidus, oksidus, nitridus ir kt.)

Norint atlikti mikroskopinę analizę, bandiniai mikrošlifams yra išpjaunami iš vietų, kuriose gaminys dyla labiausiai. Tokiu atveju jei metalo kietumas yra iki 40 HRC, bandiniai yra išpjaunami mechaniniu būdu – naudojant frezą, metalo pjūklą ar kt. Tačiau jeigu metalo kietumas viršija 40 HRC, tuo atveju yra rekomenduojama bandinius išpjauti naudojant abrazyvinius diskus. Labai svarbus aspektas atliekant tyrimą yra tai, kad metalas neįkaistų daugiau nei 100°C, nes priešingu atveju yra galimybė, jog pasikeis tiriamo metalo struktūra.

Dažniausiai yra dirbama su apie 15 milimetrų skersmens ir apie 15 milimetrų aukščio cilindriniais arba 15x15mm pagrindo ir 15mm aukščio stačiakampio formos bandiniais. Išpjautas bandinys specialiaime įtvare užliejamas plastiku. Mikroskopinės analizės tyrimui parinkti bandiniai yra šlifuojami naudojant skirtingo rūpumo šlifavimo popierių, bandiniai yra periodiškai praplaunami vandeniu, kad neužsiterštų mikrošlifo paviršius abrazyviomis dalelėmis.

Mikrošlifas privalo būti tinkamai paruoštas ir atitikti daugybę reikalavimų. Dėl šios priežasties bandiniai mikrošlifams yra išpjaunami iš skirtingų tiriamo objekto vietų, tokiu būdu galima gauti tikslią informaciją apie tiriamos medžiagos struktūrą ir savybes. Mikrošlifo paviršius turi būti paruoštas taip, kad nebūtų jokių duobučių ar įbrėžimų. Taip pat ruošimo proceso metu neturi ištrupėti nemetaliniai intarpai, karbidai ir kitos fazės. Siekiant, kad kuo aiškiau būtų matoma labai išdidinta metalo struktūra, paviršius turi būti plokščias.

Labai svarbu, jog bandinio šlifavimo proceso metu, bandinys nebūtų labai spaudžiamas priešvitrinio paviršiaus, nes priešingu atveju jis nuo to gali įkaisti. Be visa to, yra galimybė, kad abrazyvo grūdėliai įsmigs į metalą. Kadangi grubių stambaus abrazyvo įbrėžimų neįmanoma pašalinti, dėl šios priežasties šlifavimo metu negalima iš karto pereiti nuo stambiagrūdžio švitrinio popierius ir pradėti naudoti smulkiagrūdį. Priešingu atveju įbrėžimus užpildo metalo milteliai ir paviršius tik atrodo lygus, tačiau tolimesniame bandinio apdorojimo procese t.y. poliruojant ir ėsdinant, tokie įbrėžimai vėl išryškėja.

Mechaninis šlifavimas atliekamas specialiuose įrenginiuose, turinčiuose keletą besisukančių 250 – 300 mm skersmens besisukančių diskų. Prie šių diskų yra pritvirtinamas šlifavimo popierius. Baigus šlifuoti popieriais, mikrošlifas poliruojamas.

Mechaniniu būdu atliekant poliravimą taip pat yra naudojami 250 – 300 mm skersmens besisukantys diskai, kurie yra aptraukti minkšta medžiaga, tokia kaip zomša, fetras ar kt. Poliravimo metu yra naudojami poliravimo skysčiai, kuriais nuolatos yra drėkinamas disko paviršius. Poliravimo skystis

susideda iš aliuminio, arba chromo ir kitų oksidų miltelių ar deimanto dulkių suspensijos. Kai mikrošlifo plokštuma įgauna veidrodinį blizgesį, ir stebint pro mikroskopą joje nepastebimi įbrėžimai- poliravimą laikome pabaigtu. Poliravimo metu, kaip ir šlifuojant, bandinio taip pat negalima stipriai spausti prie disko, nes poliruojamoji plokštuma gali įkaisti ir oksiduotis. Atlikus poliravimą, bandinys yra nuplaunamas vandeniu ir džiovinamas naudojant oro srovę.

Siekiant išryškinti metalo struktūrą, nupoliruota plokštuma turi būti veikiami reaktyvais (ėsdinama). Atsižvelgiant į metalų chemines sudedamąsias dalis ir tyrimo tikslą, struktūros išryškinimui yra pasitelkiami įvairūs šarmų, druskų bei rūgščių tirpalai.

3.2 lentelė

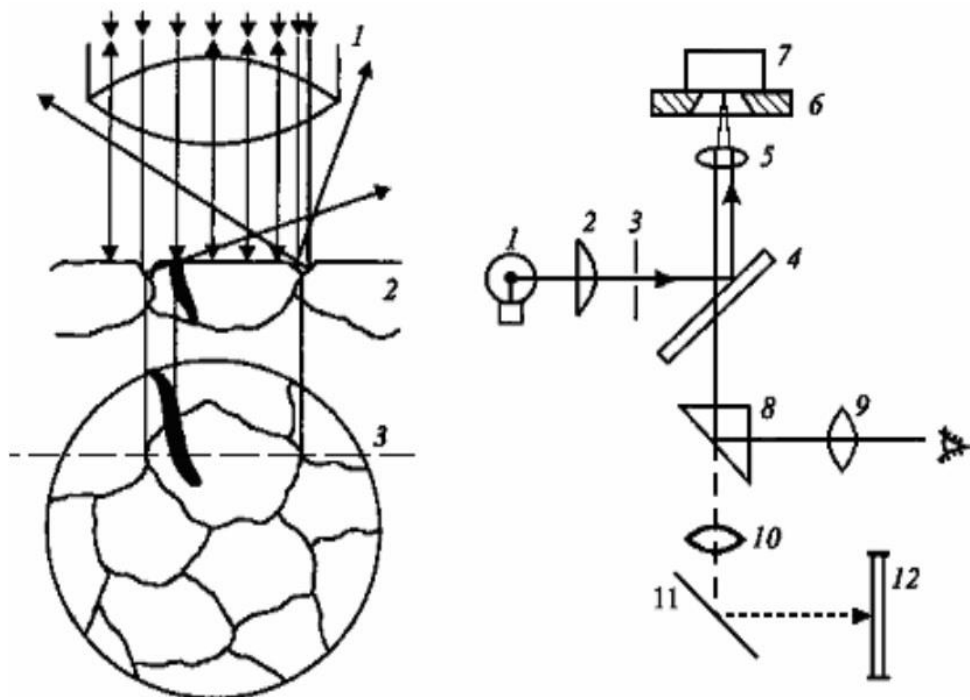
Reaktyvai, naudojami struktūrai išryškinti [3]

Pavadinimas	Sudėtis	Naudojimas
Nitalis	1 – 5 cm ³ HNO ₃ , 100 cm ³ etilo spirito	Geležies lydiniams, cinko ir alavo lydiniams
CH ₃ CO ₂ CH ₃ – Br	30 cm ³ metilo oktano, 10 cm ³ bromo tirpalo	Ketui
HNO ₃ – HF	8 cm ³ azoto rūgšties, 4 cm ³ fluoro vandenilio rūgšties, 100 cm ³ distiliuoto vandens	Austenitiniams, karščiui atspariems plienams, gausiai legiruotiems manganiniams plienams
C ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ OH – HCl	4 gr. pikrino rūgšties, 1 cm ³ druskų rūgšties, 100 cm ³ etilo spirito	Martensitiniams, korozijai atspariems plienams
HCl – HNO ₃	40 cm ³ druskų rūgšties, 30 cm ³ azoto rūgšties, 40 cm ³ distiliuoto vandens	Feritiniams, korozijai atspariems plienams
FeCl ₃ – HCl	5 gr. geležies chlorido, 10 cm ³ druskų rūgšties, 100 cm ³ etilo spirito	Vario lydiniams
H ₃ PO ₄	25 cm ³ – ortofosforo rūgšties, 75 cm ³ distiliuoto vandens	Aliuminio lydiniams

Mikrostruktūros išryškinimo, kai poliruota paviršius yra veikiami cheminiu reaktyvu, pagrindinė esmė yra tai, kad kiekvienas reaktyvas skirtingu intensyvumu reaguoja su metalo struktūros grudeliais ir jų ribomis su nevienodomis lydinių struktūrinėmis sudedamosiomis dalimis. 3.2 lentelėje pateikiami reaktyvai ir jų sudėtys, kurios naudojamos metalų mikrostruktūros išryškinimui.

Tiriant mikrostruktūrą mikroskopu ir apšvietus ėsđintą mikrošlifą paviršių, mažiau išėsđintos struktūrinės dedamosios dalys atspindi daugiau šviesos spindulių, dėl šios priežasties mikroskopo matymo lauke yra šviesios, giliau išėsđytos struktūros dalelės atspindi mažesnę šviesos spindulių kiekį ir mikroskopo matymo lauke yra tamsios.

Poliruotam paviršiui tapus matiniam – ėsđinimas yra baigiamas. ėsđinimo procesas trunka gana įvairiai, tai gali priklausyti nuo metalo struktūros bei cheminės sudėties. Angliniams plienams ėsđinimas trunka nuo 5 iki 10 sekundžių. ėsđinimą baigus, šlifas yra plaunamas vandeniu ir išdžiovinamas oru. Po to seka ėsđinto paviršiaus apžiūra naudojant optinį mikroskopą. Tuo atveju, jei metalo struktūra vis dar neaiškiai matoma, atliekamas papildomas šlifo poliravimas (šlifavimas) ir, atitinkamai pagal situaciją, daugiau arba mažiau, veikiamas reaktyvu.



b)

3.4 pav. Mikroskopinė analizė. a) paveikslas – principinė schema: 1 – liznė, 2 – metalo paviršius, 3 – okuliare matomas vaizdas; b) paveikslas: 1 – lemputė, 2 – kolektorius, 3 – diafragma, 4 – šviesą skirstanti stiklinė plokštelė, 5 – objektyvas, 6 – mikroskopo staliukas, 7 – mikrošlifas, 8 – prizmė, 9, 10 – okuliarai, 11 – veidrodis, 12 – fotoplokštelė [3]

Metalografiniai mikroskopai yra skirti neskaidrių kūnų stebėjimui atsispindėjusioje šviesoje, jų pagalba ir yra tiriama mikrostruktūra. Optinis metalografinis mikroskopas susideda trijų pagrindinių sistemų: apšvietimo, mechaninės bei optinės. Principinė mikroskopinės analizės schema pavaizduota 3.4 paveiksle, kuriame matoma kaip pro objektyvą į mikrošlifą paviršių krenta lygiagrečių spindulių pluoštas. Taip pat matoma iš ko susideda tiriamasis lydinys: ferito grūdelių bei plokštelinių grafito intarpų. Šviesos

spinduliai, kurie patekę ant tiriamojo mikrošlifo paviršiaus, atsispindi nuo mažai rūgšties paveiktų lygių ferito grūdelių, todėl jie pastebimi kaip šviesūs plotai.

3.3.2 Metalografinis tyrimas lazeriniu analizatoriumi „LMA Carl Zeiss“

Lokomotyvo „Siemens ER20 CF“ rato lydinio mikrostruktūra buvo tirama lazeriniu analizatoriumi „LMA Carl Zeiss“, naudojant video kamerą YCH15. Metalografiniam tyrimui atlikti, bandiniai buvo išpjauti iš labiausiai dylančių vietų rate. Vėliau įlieti į plastiką „Technovit“.



3.5 pav. Bandinių įliejimas į plastiką „Technovit“ [16]

Bandinių įliejimas į plastiką apvaliose formelėse reikalingas tam, kad jį būtų patogu įstatyti į šlifavimo – poliravimo mašinos laikiklius.



3.6 pav. Rato lydinio bandiniai įlieti plastike

Bandinių, įlietų į plastiką bendras vaizdas pateiktas 3.6 paveiksle.



3.7 pav. Deimantinė suspensija „Neodia“ [17]

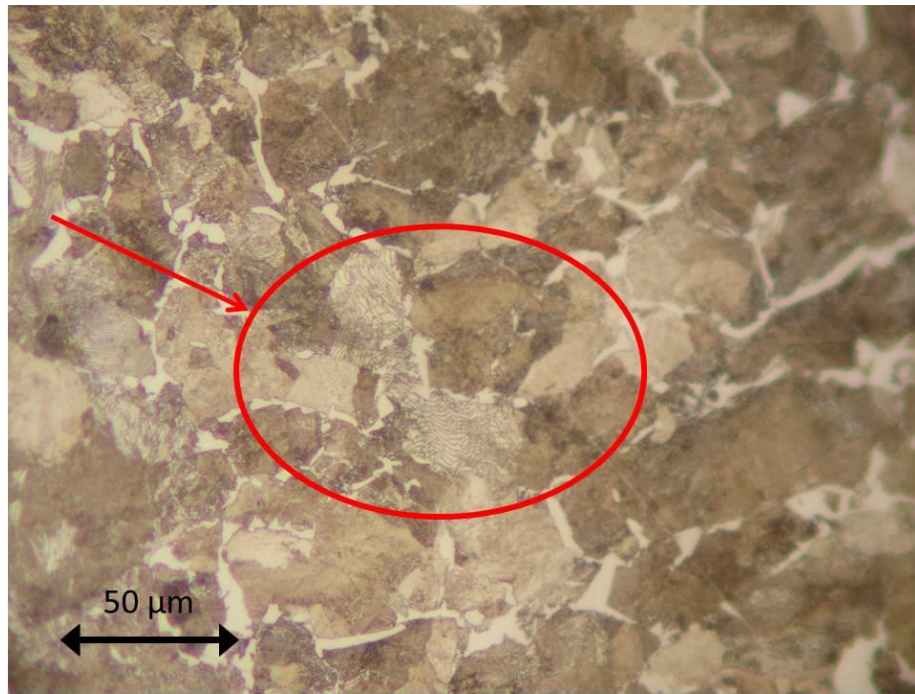
Bandiniai buvo šlifuoti ir poliruoti vieno mikrometro grūdelio dydžio deimantine suspensija „Neodia“ (3.7 pav. – mėlynai žalia talpa). Paviršiumi šlifuoti ir poliruoti buvo pasirinkta šlifavimo – poliravimo mašina „SmartLam 4“. Jos vaizdas pateiktas 3.8 paveiksle. Atlikus šlifavimą ir poliravimą, bandiniai buvo ęsdinti 3 procentų HNO_3 tirpalu etilo alkoholyje.



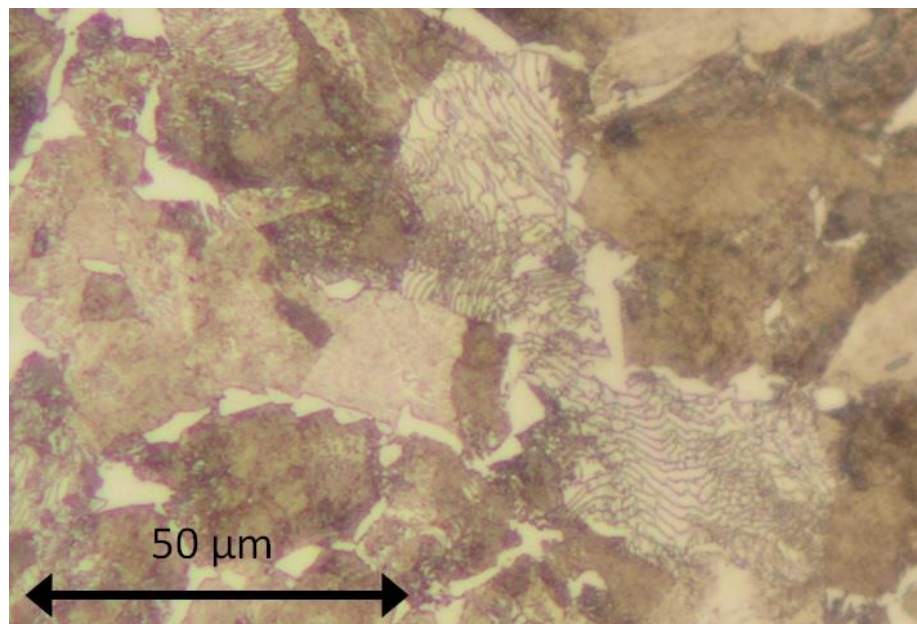
3.8 pav. Šlifavimo – poliravimo mašina „SmartLam 4“ [18]

Atlikus metalografinį tyrimą, panaudojant video kamerą YCH15, buvo atlikta keletas bandinių mikroskopinės analizės nuotraukų (3.9 – 3.10 pav).

3.9 paveiksle raudoname apskritime pažymėtas pro mikroskopą matomas perlite grūdelis. Paveiksle 3.10 pavaizduotas tas pats perlito grūdelio vaizdas didesniu planu – tam, kad būtų geriau matoma jo stuktūra.



3.9 pav. Perlito grūdelis



3.10 pav. Perlito grūdelis stambiu planu

3.10 paveiksle matomas perlito grūdelis, kuriame aiškiai matomos cementito (Fe_3C karbido) plokštelės ferito matricoje. Tokia aiškiai matoma perlito struktūra gaunama tik labai lėtai aušinant lydinį. Todėl galima daryti išvadą, kad lokomotyvų ratų aušinimo greitis nebuvo pakankamas, kaip nurodo ratų gamybos reikalavimai. Akivaizdu, kad lydinys nebuvo tinkamai termiškai apdorojamas, t.y. grūdinamas, apipurškiant vandeniu atitinkamus rato paviršius. Priešingu atveju, cementito plokštelės būtų įgavusios apvalią formą, kas mechaniniu požiūriu yra efektyviau.

IŠVADOS

1. Atlikta „Siemens ER20 CF“ lokomotyvo rato resurso analizė parodė, kad vidutinis vieno lokomotyvo rato skermens sumažėjimas yra apie 0,52 mm/10000 km. Lokomotyvo ratų paviršiai dažniausiai yra aptekunami dėl neleistino ratų poros skersmenų skirtumo arba dėl pernelyg didelių ištrupų, įdubų ar įspaudų riedėjimo paviršiuje. Dėl įvairių priežasčių per 5 metus (2009 – 2013 m.) buvo aptekinta 1131 ratų pora. Vidutinis rato riedėjimo paviršiaus nutekimo storis – 9,4 mm.

2. Išmatavus lokomotyvo rato kietumą Rokvelo metodu, rezultatai parodė, kad rato kietumas riedėjimo paviršiuje yra 22,4 HRC, o arčiau sukimosi ašies – 22,1 HRC. Rato plieno kietumas patenka į reglamentuojamas ribas (leidžiamas nuo 22 iki 36 HRC), tačiau yra pavojingai arti mažiausios leistinos.

3. Atlikus rato lydinio mikroskopinę analizę, nustatyta, kad lydinys nebuvo tinkamai termiškai apdorotas. Rato riedėjimo paviršius nebuvo grūdinamas, kaip to reikalauja lokomotyvų ratų terminio apdirbimo instrukcijos. Susidariusios cementito plokštelės ferito matricoje aiškiai parodo, kad ratas buvo aušinamas labai lėtai. Tinkamai grūdinant ratą, cementito plokštelės įgautų apvalią formą – tai mechaniniu požiūriu yra efektyviau.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Knygos:

1. Lingaitis L.P., Lokomotyvų eksploatavimas. Vilnius: Technika, 1997. 227 p.
2. Dyzelinių variklių 8V 4000 R4, 12V 4000 R4, 16V 4000 R41 techninė publikacija. Friedrichshafen, 2006. 2331 p.
3. Višniakas I., Medžiagotyra II: Laboratorinių darbų metodikos nurodymai. Vilnius: Technika, 2003, 40 p. – mikrotyrimas teorija.
4. Bazaras Ž., 1520 mm pločio vėžės traukos riedmenų aširačių formavimo, remonto ir priežiūros instrukcija :T/108. Vilnius: Specialios paskirties akcine bendrovė „Lietuvos geležinkeliai“, 1999, 125 p.
5. Rudzinskas V., Černašėjus O., Aviacinės medžiagos: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012, 107 p.

Moksliniai straipsniai ir specifikacijos:

6. Madler K., Bannasch M., Materials used for Wheels on Rolling Stock. Deutsche Bahn AG, Technical Centre, Brandenburg-Kirchmoser, Germany. 8 p.
7. AAR Manual of Standards and Recommended Practices Wheels and Axles. Wheels, Carbon Steel. Specification M-107/M-208. 40 p.
8. Poschmann I., Tschapowetz E., Rinnhofer H., Heat Treatment Process and Facility for Railway Wheels. Mulheim an der Ruhr, Dusseldorf, Germany. 4 p.
9. European standard / French Standard, Railway applications, Wheelsets and bogies. 2009, 51 p.
10. Fisher N., Failure of wheel on locomotive SCT 008. South Australia, 2011, 26p.

Interneto svetainės:

11. Siemens ER20 CF lokomotyvai Lietuvoje: [žiūrėta 2015-03-20], Prieiga per internetą: <http://www.miestai.net/forumas/showthread.php?t=6975&page=4>.
12. Неисправности колёсной пары: [žiūrėta 2015-03-25], Prieiga per internetą: http://www.raaar.ru/raznoe/kol_para2/kol_para2.html.
13. „Siemens ER20CF” – modernus lokomotyvas, kuriantis naują „Lietuvos geležinkelių“ istoriją: [žiūrėta 2015-03-20], Prieiga per internetą: http://www.siemens.fi/lt/index/apie_mus/projektai/infrastruktura_ir_miestai_lokomotyvai_lietuvos_gelezinkeliai.htm.

14. „Lietuvos geležinkeliai“ lokomotyvas: [žiūrėta 2015-03-20], Prieiga per internetą: http://www.siemens.fi/pool/lithuania/reference_projects/brochure_lietuvos_gelezinkeliai_lokomotyvas_railway_locomotive_er20_cf_siemens.pdf.
15. InnovaTest – Advanced materials testing solutions: [žiūrėta 2015.04.02], Prieiga per internetą: <http://innovatest-europe.com/uk/products/product/VERZUS%20750CCD/>.
16. Heraeus Kulzer Technique – Technovit 4071: [žiūrėta 2015.04.02], Prieiga per internetą: http://kulzertechnik.de/media/webmedia_local/kulzer_technique/media_4/metallo/einbetten/T4071_2_res_318.jpg.
17. LamPlan – Abrasive Liquid Preparations: [žiūrėta 2015.04.05], Prieiga per internetą: http://www.polishing-technology.com/sites/default/files/abrasifs-preparation-liquides_0.jpg.
18. Heraeus Kulzer Technique – SmartLam 2.0: [žiūrėta 2015.04.05], Prieiga per internetą: <http://www.polishing-technology.com/sites/default/files/smartlam-2.png>.

PRIEDAI