VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
MEDŽIAGOTYROS IR SUVIRINIMO KATEDRA

Gintarė Dirmeikytė

PLIENINIŲ PAVIRŠIŲ ATKŪRIMO APLYDANT TYRIMAS

RESEARCH OF STEEL SURFACE RENEWAL BY SURFACING

Baigiamasis magistro darbas

Medžiagų ir suvirinimo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H70005

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
MEDŽIAGOTYROS IR SUVIRINIMO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
_____
(Parašas)
_____
(Vardas, pavardė)
_____
(Data)

Gintarė Dirmeikytė

PLIENINIŲ PAVIRŠIŲ ATKŪRIMO APLYDANT TYRIMAS
RESEARCH OF STEEL SURFACE RENEWAL BY SURFACING

Baigiamasis magistro darbas

Medžiagų ir suvirinimo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H70005

Vadovas doc. d. Irmantas Gedzevičius _____ _____
(Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lek. Angelika Petrėtienė _____ _____
(Parašas) (Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
MEDŽIAGOTYROS IR SUVIRINIMO KATEDRA

Medžiagų ir suvirinimo inžinerijos studijų programa,
valstybinis kodas 621H70005

TVIRTINU
Katedros vedėjas

_____
(Parašas)

_____
(Vardas, pavardė)

_____
(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

…….....Nr. .....
Vilnius

Studentui (ei) Gintarei Dirmeikytei
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Plieninių paviršių atkūrimo aplydant tyrimas

patvirtinta 2010 m. lapkričio 5 d. dekano potvarkiu Nr. 285me

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. gegužės 31 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Įvadas, literatūros apžvalga, tyrimų objekto problematika, eksperimento planavimas, aplydymui naudojamų medžiagų ir įrangos parinkimas, natūriniai bandymai, išvados, literatūra.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:
lek. Angelika Petrėtienė
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas (Parašas) doc. d. Irmantas Gedzevičius
(Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau
……..
(Parašas)
Gintarė Dirmeikytė
(Vardas, pavardė)
2011 01 28
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Mechanikos fakultetas

Medžiagotyros ir suvirinimo katedra

ISBN ISSN

Egz. sk.

Medžiagų ir suvirinimo inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Plieninių paviršių atkūrimo aplydant tyrimas**

Autorius **Gintarė Dirmeikytė** Vadovas doc. dr. **Irmantas Gedzevičius**

Kalba lietuvių

užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos trys pagrindinės traukinio sąstato formavimo naudojant ratstabdžius problemos. Pirmoji problema – nekontroliuojamas ratstabdžio čiuožimas bėgiais, antroji – ratstabdžių trumpaamžiškumas. Trečioji nagrinėjama problema – dėl aširačio užsiblokavimo atsirandančios iščiuožos ant ratų paviršių. Bandant išvengti pirmųjų dviejų problemų, ratstabdžio kontaktinis paviršius su bėgiais buvo aplydytos mažaanglio plieno danga. Ši danga turėjo užtikrinti kryptingą stabdžio trinkelės čiuožimą bėgių paviršiumi.

Siekiant ratų prasisukimo, kad būtų išvengta trečiosios problemos, ratstabdžio kontaktinis paviršius su aširačiu buvo aplydytas antifrikcine bronzos danga.

Atlikti natūriniai bandymai parodė, kad aplydymas mažaangliu plienu nepasiteisino dėl veikiančių didelių apkrovų, siūlės metalas perkaisdavo ir plastiškai deformuodavosi. Aplydymas bronzos danga pasiteisino iš dalies, nes kai sąstatas rieda 5–6 km/h greičiu, ratas vis dėlto užsiblokuoja ant stabdžio trinkelės, o kitas aširačio ratas čiuožia bėgių paviršiumi. Tačiau, kai sąstato greitis sumažėja, kartu sumažėja ir spaudimo jėga į ratstabdį. Tuomet aširatis ima prasisukinėti, taip išvengdamas pagrindinės aširačių defektų priežasties.

Atliktų bandymų rezultatai pateikiami paveiksluose ir filmuotoje medžiagoje

Darbą sudaro 5 dalys: įvadas, literatūros apžvalga ir analizė, plieninių ratstabdžių aplydymo tyrimai, išvados ir literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 65 p. teksto be priedų, 62 iliustr., 12 lent., 18 bibliografiniai šaltiniai, vaizdo medžiaga.

Prasminiai žodžiai: aplydymas, ratstabdis, sąstatas, čiuožimas bėgiais, iščiuoža, bronzos danga, kontaktinis paviršius.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Mechanics
Department of Materials Science and

ISBN ISSN

Copies No.

Materials and Welding engineering study programme master thesis

Title: **Research of steel surface renewal by surfacing**

Author **Gintarė Dirmeikytė** Academic supervisor **doc. dr. Irmantas Gedzevičius**

Thesis language

☐ Lithuanian

☐ Foreign (English)

Annotation

Thesis, we consider three main train formation using rail friction issues. The first problem - uncontrolled rail friction slide rails, the second - short-lived rail friction. The third issue arising from the - on the opposite wheels from locking, resulting flats on the wheel surface. Trying to avoid the first two problems, the contact surface of rail friction with the rails were alloyed low carbon steel surface. This had to brake pads directional skating track surface.

To revolve wheel to avoid the second problem of rail friction contact surface with the axles were alloyed bronze anti-friction coating.

Perform situ tests showed that the mild steel claddings failed due to running at high loads, weld metal and plastic deform overheat. Claddings bronze coating proved successful in part because the train rolls 5-6 km / h, however, blocked the wheel on the brake pads and the other wheelset wheel tracks are moving surface. However, when the train speed decreases with a concomitant decrease in the force and pressure brake pads. Then take revolve axle, thereby avoiding the main axle defects cause.

The test results presented in figures and video footage

Structure: introduction, literature review and analysis of the claddings of steel rail friction studies, conclusions and references.

Thesis consist of: 65 p. text withaut appendixes, 62 pictures, 12 tables, 18 bibliographical entries, video.

Keywords: facing, brake pads, train formation of, slide rails , flats, bronze finish, the contact surface

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2011–2012 m. m.
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Gintarė Dirmeikytė, 40064602
(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)
Mechanikos fakultetas
(Fakultetas)
Medžiagų ir suvirinimo inžinerija
(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2012 m. Gegužės 22 D.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema Plieninių paviršių atkūrimo aplydant tyrimas

patvirtintas 20 11 m. Lapkričio 5 d. dekano potvarkiu Nr. 285me, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Parenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Lekt. Angelika Petrėtienė

Mano darbo (projekto) vadovas Doc.dr. Irmantas Gedzevičius

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas) Gintarė Dirmeikytė (Vardas ir pavardė)

TURINYS

ĮVADAS....11
1. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ....12
1. 1 Aplydymas....12
1.2 Terminio aplydymo ypatybės....13
1.3 Aplydymo būdai....13
1.3.1 Elektrolankinis aplydymas....14
1.3.2 Dujinis aplydymas....22
1.4 Nusidėvėjimo rūšys....24
1.5 Būdai dilimo procesui sumažinti....27
1.6 Aplydymui naudojamos medžiagos....28
1.6. 1 Elektrodų pavidalo aplydomosios medžiagos....30
1.6.2 Vielos pavidalo aplydomosios medžiagos....31
1.6.3 Miltelių pavidalo aplydomosios medžiagos....32
1.6.4 Strypelio pavidalo purškiamosios medžiagos....33
1.7 Dangų savybės....33
1.8 Dangų defektai....34
1.9 Literatūros apžvalgos apibendrinimas....36
2. PLIENINIŲ RATSTABDŽIŲ APLYDYMO TYRIMAI....37
2.1 Tiriamojo darbo problematika....37
2.2 Tiriamojo darbo tikslas....39
2.3 Tiriamojo objekto matematinis modelis....39
2.4 Eksperimento planavimas....42
2.5 Naudojamas aplydymo būdas....43
2.6 Naudojamos medžiagos....44
2.7 Naudojama įranga....46
2.8 Pasiruošimas bandymams....47
2.9 Natūrinių bandymų eiga ir rezultatai....52
IŠVADOS....63
LITERATŪROS SĄRAŠAS....64
PRIEDAI....66

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Aplydymo elektros lanku (glaistytais elektrodais) techninės galimybės.....15
1.2 lentelė. Elektrokontaktinio apvirinimo naudojant miltelius techninės galimybės.....17
1.3 lentelė. Elektrošlakinio aplydymo techninės galimybės..... 18
1.4 lentelė. Aplydant po fliusu techninės galimybės.....20
1.5 lentelė. Aplydymo apsauginių dujų aplinkoje techninės galimybės.....21
1.6 lentelė. Aplydymo dujų liepsna techninės galimybės.....24
2.1 lentelė: Iščiuožos ilgio priklausomybė nuo jos gylio.....38
2.2 lentelė: Elektrolankinio rankinio ir elektrolankinio aplydymo apsauginių dujų aplinkoje techninių galimybių palyginimas.....43
2.3 lentelė : Plienų S235JRG2 ir G21Mn5 cheminė sudėtis.....45
2.4 lentelė: Prilydyto metalo cheminė sudėtis pagal svorį.....45
2.5 lentelė: Vielos CuSi3Mn1 cheminė sudėtis.....45
2.6 lentelė: Kemppi PRO EVOLUTION 3200 ir Mastertig MLS^{TM} 2300 AC/DC techninės charakteristikos.....46

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Rankinio lankinio aplydymo schema.....14
2 pav. Veleno aplydymas viela arba juosta.....15
3 pav. Velenų paviršių aplydymas milteliais.....16
4 pav. Plokščių paviršių aplydymas milteliais.....16
5 pav. Plokščių paviršių aplydymas milteliais.....16
6 pav. Elektrošlakinio aplydymo schema.....18
7 pav. Lankinis aplydymas po fliuso sluoksniu juostiniu elektrodu.....19
8 pav. Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje, kai aplydymo aparatas su dviem vielos tiekimo mechanizmais.....20
9 pav. Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje, kai aplydymo aparatas su vienu vielos tiekimo mechanizmu.....21
10 pav. Elektrodinės vielos lydymosi ir išlydyto metalo dalelių pernešimo schema.....22
11 pav. Dujaliepsnio aplydymo schema.....23
12 pav. Dujinio miltelinio aplydymo degiklio schema.....23
13 pav. Sausosios trinties schema.....24
14 pav. Smūginių apkrovų schema.....25
15 pav. Abrazyvinio dilimo schema.....25
16 pav. Frikcinio dilimo schema.....26
17 pav. Štampo, paveikto korozijos ir temperatūros, schema.....26
18 pav. Pagrindiniai dangų defektai.....35
19 pav. Traukinio ratų paviršiuose susidariusios iščiuožos po stabdymo ratstabdžiais.....37
20 pav. Ratstabdžio ir aširačio čiuožimas bėgių paviršiumi.....38
21 pav. Ratstabdžių padai po pirmo naudojimo.....39
22 pav. Sukimosi momentų ir jėgų pasiskirstymo schema ant aširačio, kai vagonas stabdomas ratstabdžiu.....40
23 pav. Stabdžių trinkelė.....43
24 pav. Ratstabdis su nurodytais metalais.....44
25 pav. Skvarbiųjų dažalų komplektas, kurį sudaro: valiklis, dažalai ir ryškalas.....45
26 pav. Suvirinimo šaltinis Kemppi PRO EVOLUTION 3200.....47
27 pav. Suvirinimo šaltinis Kemppi Mastertig MLS^{TM} 2300 AC/DC.....47
28 pav. Stabdžių trinkelių padai, aplydyti iš apačios.....48
29 pav. Ratstabdžiai, aplydyti bronza.....48
30 pav. Ratstabdžiai (3 ir 4), kurių kontaktinis paviršius su aširačiu, aplydyti horizontaliai.....49

31 pav. Ratstabdžiai (1 ir 2), kurių kontaktinis paviršius su aširačiu, aplydyti vertikaliai.....49
32 pav. Ratstabdžio (Nr. 4) aplydyta atrama iš šono.....50
33 pav. Ratstabdžio (Nr. 4) aplydyta atrama iš viršaus.....50
34 pav. Aplydytas ratstabdžio (Nr. 4) pado kontaktinis paviršius, iš viršaus.....50
35 pav. Ratstabdžio (Nr. 3) aplydyta atrama iš šono.....51
36 pav. Ratstabdžio (Nr. 3) aplydyta atrama iš viršaus.....51
37 pav. Aplydytas ratstabdžio (Nr. 3) pado kontaktinis paviršius, iš viršaus.....51
38 pav. Pusvagonis.....52
39 pav. Stabdžių trinkelių padai, aplydyti Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo.....52
40 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo.....53
41 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo.....53
42 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo.....53
43 pav. Biralinis vagonas……...54
44 pav. Ratstabdis Nr 3. po pirmojo natūrinio bandymo.....54
45 pav. Ratstabdžio Nr 3. atrama po pirmojo natūrinio bandymo.....55
46 pav. Ratstabdis Nr. 2 stabdymo vietoje.....55
47 pav. Ratstabdžiai Nr 2, 3 ir 4 po antrojo natūrinio bandymo.....56
48 pav. Ratstabdžių Nr 2, 3 ir 4 atramos po antrojo natūrinio bandymo.....56
49 pav. Ratstabdžių Nr 2, 3 ir 4 padų kontaktinis paviršius, po antrojo natūrinio bandymo.....56
50 pav. Ratstabdžių Nr 2 ir 4 atramos iš arti, po antrojo natūrinio bandymo.....57
51 pav. Ratstabdžiai Nr 1, 2 ir 3 po trečiojo natūrinio bandymo.....57
52 pav. Ratstabdžio Nr 3 atrama iš arti, po trečiojo natūrinio bandymo.....58
53 pav. Ratstabdžio Nr 3 pado kontaktinis paviršius, po trečiojo natūrinio bandymo.....58
54 pav. Ratstabdis Nr. 5 stabdymo vietoje.....58
55 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5, aplydyti bronza, po dviejų savaičių naudojimo.....59
56 pav. Ratstabdžio Nr. 3 atrama po dviejų savaičių naudojimo.....59
57 pav. Ratstabdžio Nr. 5 atrama po dviejų savaičių naudojimo.....60
58 pav. Ratstabdžio Nr. 3 pado kontaktinis paviršius su ratu po dviejų savaičių naudojimo.....60
59 pav. Ratstabdžio Nr. 5 pado kontaktinis paviršius su ratu po dviejų savaičių naudojimo.....60
60 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 apipurkšti skvarbiaisiais dažalais.....61
61 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 apipurkšti ryškalu.....61
62 pav. Ratstabdžių Nr. 3 ir 5 padų kontaktinis paviršius su ratu, apipurkšti ryškalu.....62

ĮVADAS

Sparčiai plėtojantis pramonei, vyksta didžiulis darbo automatizavimas, naudojama įvairi technika, mažėja įrenginių ir detalių matmenys. Siekiama kuo mažiau išnaudoti medžiagų ir pasiekti didesnį įrenginių efektyvumą, kuriami nauji įrankių panaudojimo būdai, naujos medžiagos, iš kurių gaminamos darbinės detalės. Projektuojant kiekvieną mechanizmą ar įrenginį, atsižvelgiama į kelias sąlygas: įrenginio ar detalės paskirtį, eksploatacijos sąlygas ir trukmę, koks pageidaujamas jo detalių ilgaamžiškumas, kad šis įrengimas ar mechanizmas ir jo projektavimo darbai atsipirktų, atneštų įmonei pelno, būtų naudingas keliose srityse. Svarbiausios mechanizmo detalių savybės, atsižvelgiant į šias sąlygas, yra atsparumas mechaniniams, cheminiams ir šiluminiams veiksniams.

Vieni iš tokių medžiagų, pasižyminčių reikalingomis savybėmis, yra plienai. Plienas sudarytas iš geležies ir anglies bei įvairių priemaišų. Priklausomai nuo norimų gauti plieno mechaninių savybių, plienas yra legiruojamas volframu, manganu, chromu. Taip pat termiškai apdirbamas. Didėjant gamybos apimčiai ir spartai, siekiama rasti optimalius sprendimus, kad būtų galima padidinti darbo našumą ir kokybę. Šiuolaikiniams mechanizmams gaminti naudojami palyginti mechaniškai stiprūs, atsparūs aplinkos poveikiui, korozijai plienai. Tačiau vis dar susiduriama su tokiomis problemomis, kaip dilimas eksploatacijos metu, plastinės deformacijos, klupimas veikiant gniuždymo jėgai, valkšnumo deformacijos, susidėvėjimas, trapusis ar tąsusis suirimas, smūginis suirimas, irimas dėl korozijos ir pan. Todėl norint padidinti plienų mechaninį, cheminį ir šiluminį atsparumą yra atliekamas jų aplydymas.

LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ

1.1. Aplydymas

Aplydymas yra vienas iš suvirinimo variantų, kai gaminio paviršius aplydomas kitu metalu, susidarant bendram pagrindinio ir pridėtinio metalo ryšiui. Aplydymo būdas dažniausiai taikomas detalėms restauruoti ir sustiprinti. Darbinis paviršius čia padengiamas kito metalo sluoksniu, pasižyminčiu reikalingomis savybėmis (atsparumu dilimui, kaitrai, rūgštims ir kt.). Aplydymo būdu remontuojamos metalurgijos įrenginių, žemės ūkio mašinų, kelių tiesimo mašinų ir automobilių detalės. Nuo aplydomų paviršių reikia nuvalyti degėsius, rūdis, riebalus, tepalus ir kitus teršalus su atitinkamais tirpikliais. Šiurkštinti viršutinio sluoksnio nereikia, nes vykstant procesui, jis perlydomas. Ketus, ar kitoks akytas metalas, prieš aplydant turi būti pašildomas (260–427°C). Taip pat gali būti naudojamas apdorojimas smėliu, kuris pašalina anglies perteklių (Welding... 1993).

Aplydymo būdas sėkmingai taikomas ir naujų detalių gamybai. Kartais įrankis gali būti pagamintas iš pigesnio metalo, o paviršiaus ypatingos savybės gali būti gaunamos naudojant aplydymą specialiais metalais. Pavyzdžiui, šiuo būdu gaminami vidaus degimo variklių vožtuvai, čiaupų lizdai, turbinų mentės, tačiau dažniausiai aplydomi paviršiai tų detalių, kurias veikia abrazyvai. Tai ekskavatorių kaušai, buldozerių ir žemės ūkio mašinų peiliai ir kt. Atspariais dilimui lydiniais taip pat atkuriami šių detalių ir velenų bei ašių sudilę paviršiai. Šitaip apdorotų detalių atsparumas padidėja 2–3 kartus. Be to, padidėja atsparumas aukštai temperatūrai, agresyviai aplinkai ir smūginėms apkrovoms. Šias ypatybes detalių paviršiai įgyja dėl to, kad naudojami specialūs legiruoti lydiniai, kurie skirstomi į grupes:

1) anglinis, manganinis, chromanganinis, chrominis, chromnikelinis, volframinis ir molibdeninis plienas;

2) geležies lydiniai. Iš jų svarbiausias yra chrominis, volframinis ir molibdeninis ketus, taip pat plienas, legiruotas boru ir chromu, kobaltu ir molibdenu arba volframu;

3) kobalto ir nikelio lydiniai. Iš jų svarbiausi yra nikelio lydinys su boru ir chromu arba molibdenu, kobalto lydinys su chromu ir volframu ir kt;

4) karbidiniai psiaudolydiniai, t. y. lydiniai su volframu arba chromo karbidu;

5) vario lydiniai, t. y. aliumininė ir alavinė fosforinė bronza.

Didesnis metalo kietumas ne visada reiškia geresnį atsparumą trinčiai ir nusidėvėjimui ir prailgina įrankio eksploatavimo laikotarpį. Daugelis lydinių turi to paties lygio kietumą, bet labai skiriasi jų atsparumas nusidėvėjimui.

Patirtis parodė, jog pasirenkant optimalų metalo lydinį, reikia įvertinti sąlygas, kuriomis bus naudojamas įrankis. Pavyzdžiui: detalės darbo sąlygas, abrazyvų charakteristikas, paviršių dilimo pobūdį, apkrovas (ypač dinamines), ekonominius rodiklius ir kt. (Apvirinimas 2007).

1.2. Terminio aplydymo ypatybės

- Galimybė padengti paviršių įvairiomis medžiagomis (spalvotais metalais ir plienais, lydiniais ir intermetalais, organinėmis medžiagomis arba kompozicijomis, sudarytomis jų pagrindu).
- Galimybė sudaryti dangą ant įvairių medžiagų (metalų, plastikų, stiklo, medžio, keramikos ir t. t.).
- Mažos deformacijos ir gaminio, ant kurio paviršiaus bus užpurškiama danga, stiprumo nesumažėjimas.
- Mažas porėtumas.
- Mažas maišymasis tarp sluoksnių.
- Nedideli reikalavimai padengimo medžiagoms.
- Aplydymo įrenginių paprastumas ir patikimumas (Višniakas, I. 2008)

1.3. Aplydymo būdai

Aplydymo proceso esmė – aplydomos medžiagos (strypo, vielos ar miltelių formoje) transformavimas energijos šaltiniu į aukštos energijos dalelių srautą (charakterizuojamą dalelių skersmeniu, temperatūra, jų judėjimo greičiu, tankiu sraute ir kt.) ir dangos formavimas elementų paviršiuose.

Aplydymo procesai vadinami pagal energijos šaltinį: elektrolankinis, dujų liepsnos ir plazminis.

Plazminis aplydymas yra labai universalus paviršinio detalių apdirbimo būdas. Labai didelė aplydymui naudojamų medžiagų įvairovė, galimi įvairiausi aplydytų paviršių savybių deriniai. Plazminis aplydymas taip pat geras tuo, kad negiliai įvirinamas pagrindinis metalas, galima aplydyti plonus sluoksnius, gera aplydymo kokybė. Vis dėlto ekonominiu požiūriu plazminio aplydymo būdu tikslingiausia daryti dangas tik iš sunkiai lydžių metalų (volframo, kobalto, molibdeno) arba jų mišinių. Dėl šios priežasties plazminio aplydymo plačiau neaptarsime.

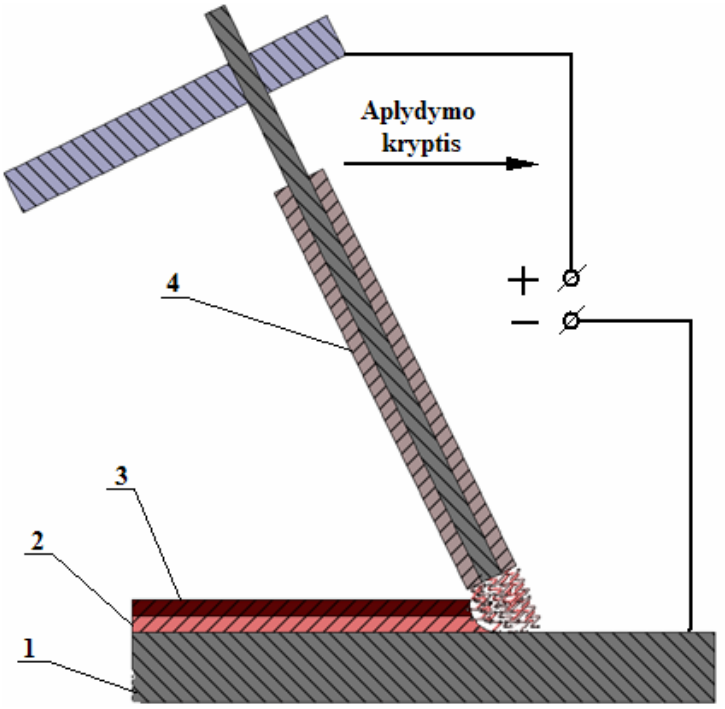
1.3.1 Elektrolankinis aplydymas

Elektrolankinis aplydymas gali būti atliekamas:

- rankiniu būdu;
- elektrokontaktiniu būdu;
- elektrošlakiniu būdu;
- automatizuotai po fliusu;
- apsauginėse dujose.

Rankinis elektrolankinis aplydymas

Svarbiausi šio aplydymo parametrai (srovės stiprumas, lanko įtampa ir apvirinimo greitis) priklauso nuo aplydomo metalo sudėties, elektrodo skersmens, aplydomo gaminio storio ir formos, aplydomo paviršiaus erdvinės padėties. Rankinis elektrolankinis aplydymas pavaizduotas 1 pav. Šitokio aplydymo techninės charakteristikos yra pateikamos 1.1 lentelėje.



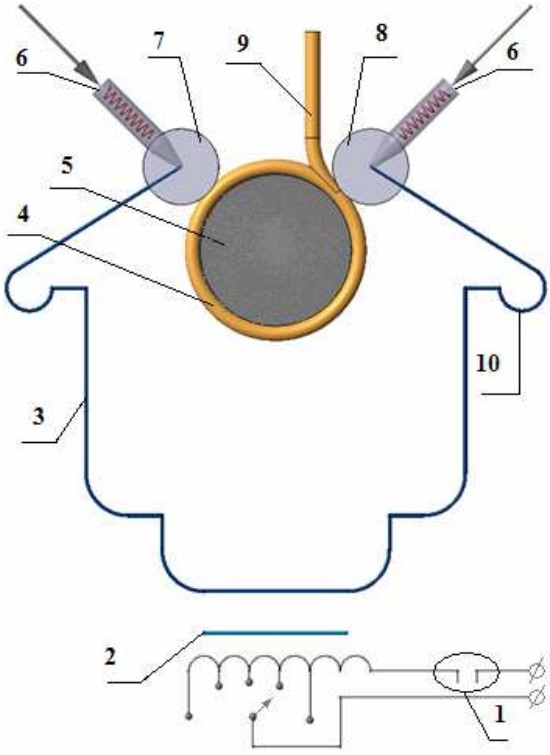
1 pav. Rankinio lankinio aplydymo schema: 1 – pagrindinis metalas; 2 – aplydytas sluoksnis; 3 – šlako pluta; 4 – elektrodas

1.1 lentelė. Aplydymo elektros lanku (glaistytais elektrodais) techninės galimybės

Vieno sluoksnio storis	1...3 mm
Našumas	0,4...4 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	1,1...1,7 mm
Kietumas	25...63 HRC
Sukibimas	500 MPa
Deformacija	didelė
Patvarumo mažėjimas	30 proc
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	20...40 proc

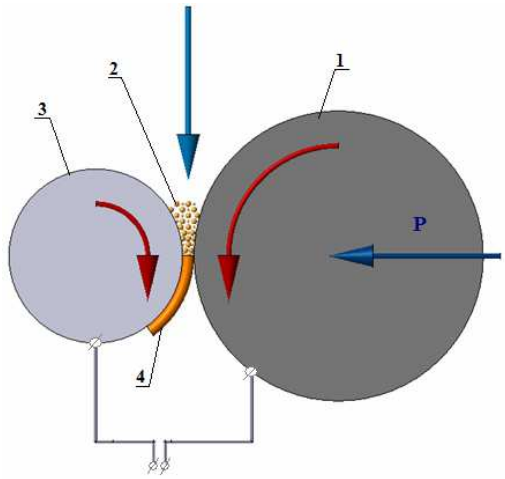
Elektrokontaktinis aplydymas

Elektrokontaktinis aplydymas gali būti atliekamas naudojant: vielą, juostą arba miltelius. Šis aplydymo procesas pavaizduotas 2, 3, 4 ir 5 pav., o techninės charakteristikos pateiktos 1.2 lentelėje.

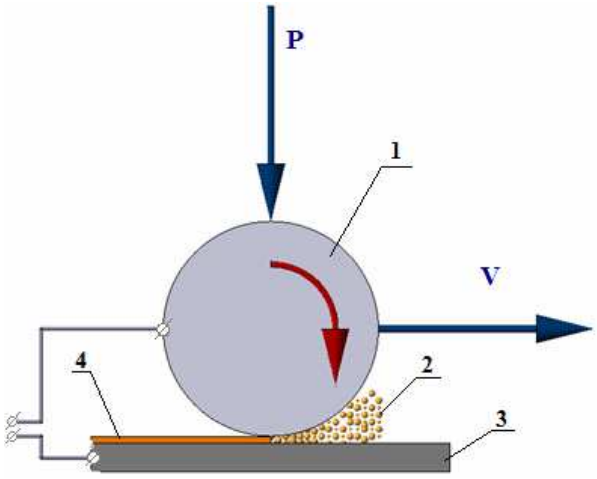


2 pav. Veleno aplydymas viela arba juosta:

1 – srovės pertraukiklis; 2 - transformatorius; 3 – antrinė apvija (kontūras); 4 - aplydomas metalas; 5 –detalė; 6 – prispaudimo įtaisas; 7 – kontaktinis ritinėlis; 8 – aplydantysis ritinėlis; 9 - viela; 10 - kompensatorius

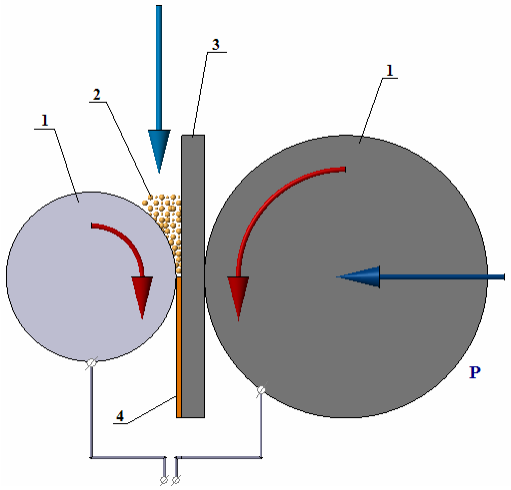


3 pav. Velenų paviršių aplydymas milteliais:
1 – kontaktinis ritinėlis; 2 – milteliai; 3 – aplydoma detalė; 4 – aplydytas sluoksnis



4 pav. Plokščių paviršių aplydymas milteliais:
1 – kontaktinis ritinėlis; 2 – milteliai; 3 – aplydoma detalė; 4 – aplydytas sluoksnis

.



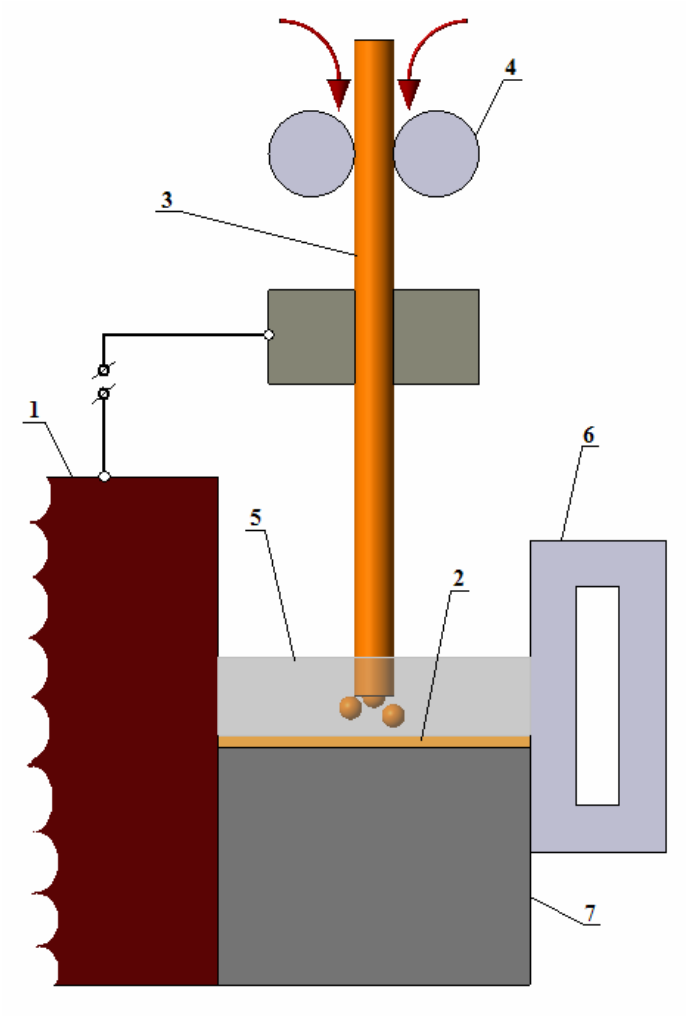
5 pav. Plokščių paviršių aplydymas milteliais:
1 – kontaktinis ritinėlis; 2 – milteliai; 3 – aplydoma detalė; 4 – aplydytas sluoksnis

1.2 lentelė. Elektrokontaktinio apvirinimo naudojant miltelius techninės galimybės

Vieno sluoksnio storis	0,2...2 mm
Našumas	2...10 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	0,5...0,7 mm
Kietumas	25...65 HRC
Sukibimas	150...250 MPa
Deformacija	minimali
Patvarumo mažėjimas	10 %
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	nėra
Akytumas	3...20 %
Metalo panaudojimas	0,91...0,95 %

Elektrošlakinis aplydymas

Aplydant elektrošlakiniu būdu (6 pav.), šilumos šaltinis yra įkaitęs skystas šlakas. Tekant elektros srovei, šlako vonios temperatūra pakyla virš 2000^{o}C. Lydantis pagrindinio metalo 1 paviršiui ir pridėtiniam metalui (elektrodinei vielai), susidaro skysto metalo vonelė 2. Jai auštant, gaminio paviršiuje susiformuoja norimomis savybėmis pasižymintis sluoksnis 7. Aplydant gaminį iš apačios į viršų, kristalizatorius 6 tolygiai keliamas aukštyn. Kai kada sluoksniui sudaryti, į apvirinimo zoną kartu su elektrodine viela tiekiami metalo milteliai. Išsilydžius elektrodinei vielai, susidaro sluoksnio pagrindas į kurį įsiterpia sunkiai lydūs miltelių komponentai, pavyzdžiui, volframo karbidas. Taip gaunamas dilimui atsparus kompozicinis sluoksnis.



6 pav. Elektrošlakinio aplydymo schema: 1 – pagrindinis metalas; 2 – skysto metalo vonelė; 3 – pridėtinis metalas; 4 – pridėtinio metalo stūmimo mechanizmas; 5 – skystas šlakas; 6 – vandeniu aušinamas kristalizatorius; 7 – aplydytas sluoksnis.

1.3 lentelė. Elektrošlakinio aplydymo techninės galimybės

Vieno sluoksnio storis	10 mm
Našumas	10...60 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	3...4 mm
Kietumas	51...62 HRC
Sukibimas	lygi metalo stipriui
Deformacija	didelė
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	5...15%
Akytumas	3...20 %
Metalo panaudojimo koeficientas	0,98

Aplydymas po fliuso sluoksniu

Automatiniam aplydymui po fliusu ir apsauginėse dujose naudojama ištisinė plieninė viela, taip pat miltelinė viela (metalinis apvalkalas, pripildytas miltelių) ir juosta, pagaminta pagal technines sąlygas. Miltelinės metalurgijos būdu gaminama juosta, kurios pagrindas yra geležis.

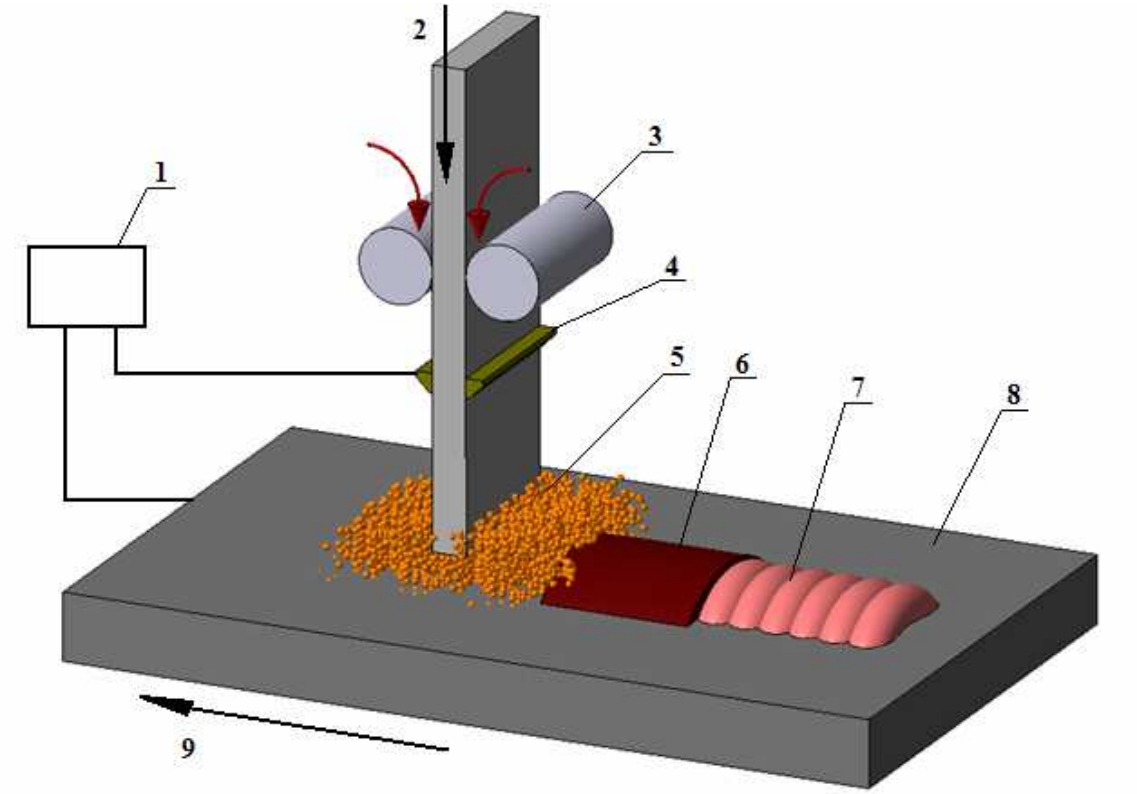
Šio proceso esmė - padengiama elektros lanku išlydant detalės paviršių ir aplydant paviršių lydžiu elektrodu. Aplydymas po fliusu pavaizduotas 7 pav.

Privalumai:

- didelis našumas;
- storas ir kokybiškas sluoksnis;
- apvirinant legiruojamas bei apsaugomas.

Trūkumai:

- didelės deformacijos ir metalo maišymasis;
- gilus terminis detalės pažeidimas.



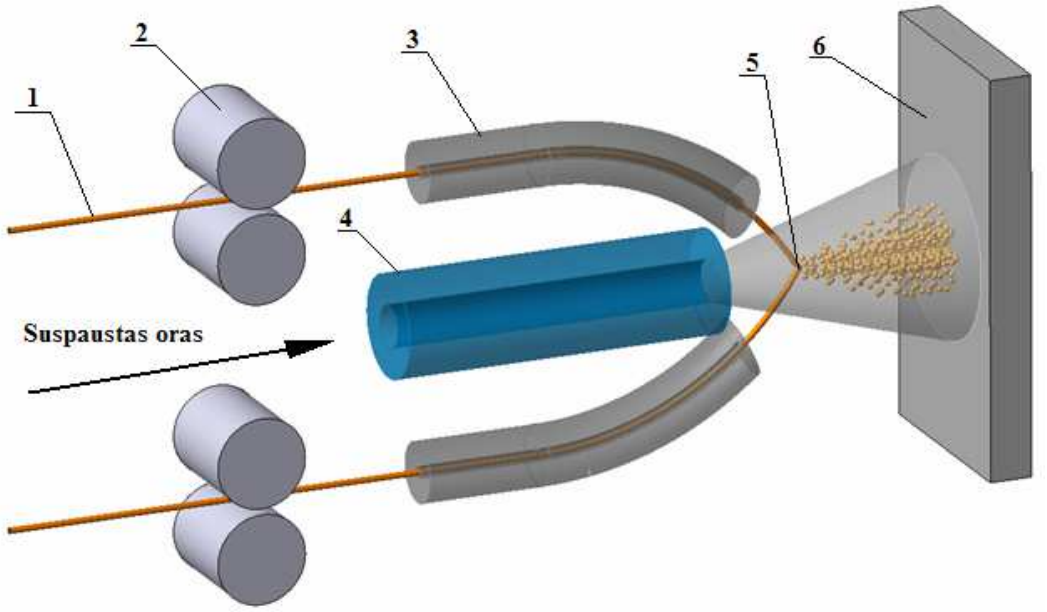
7 pav. Lankinis aplydymas po fliuso sluoksniu juostiniu elektrodu:
1 – maitinimo šaltinis; 2 – juostiniselektrodas; 3 – elektrodo padavimo ritinėliai;
3 - elekrtokontaktas; 5 – fliusas; 6 – šlakas; 7 – aplydytas sluoksnis; 8 – pagrindinis metalas;
9 – aplydymo kryptis

1.4 lentelė. Aplydant po fliusu techninės galimybės

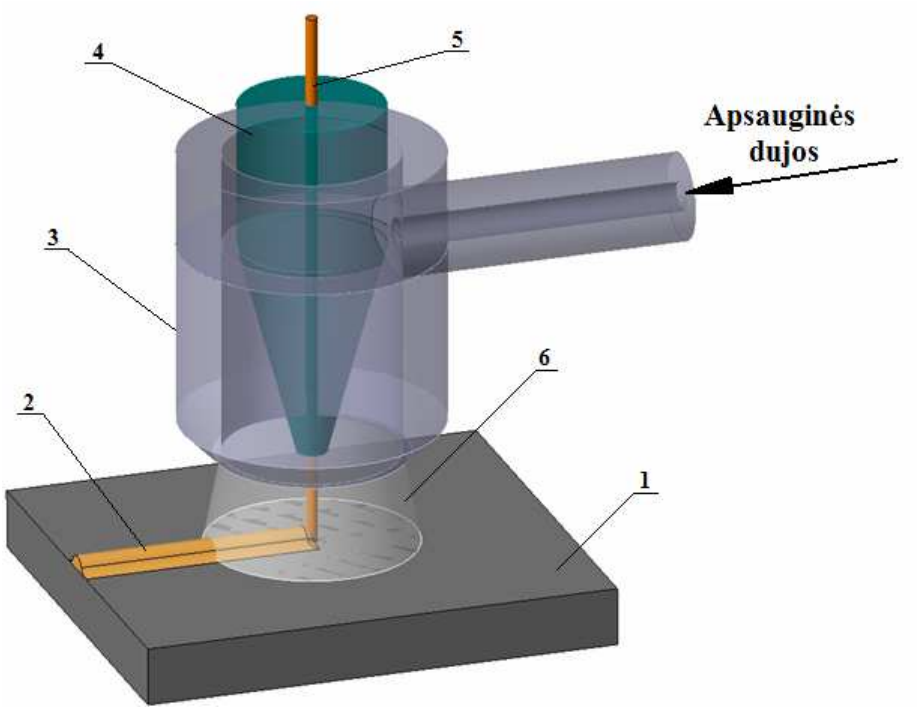
Vieno sluoksnio storis	2...8 mm
Našumas	1,8...60 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	0,8...1,5 mm
Kietumas	17...62 HRC
Sukibimas	metalo stipris
Deformacija	didelė
Patvarumo mažėjimas	15 %
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	27...60 %

Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje

Šio aplydymo metu, padengiamas paviršius lydžiu elektrodu arba pridėtiniu metalu (esant nelydžiam elektrodui), kai elektros lankas išlydo pridėtinį metalą, o suspaustas oras nupučia jį ant aplydomojo paviršiaus. Aplydymo aparatas gali būti su dvejais vielos padavimo mechanizmais, nes tarp vielų susidaro elektros lankas, kuris yra šitokio aplydymo šilumos šaltinis (Welding... 1993). Pagrindinis šio proceso privalumas yra tai, kad lengva kontroliuoti ir stebėti. Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje pavaizduotas 8 pav.



8 pav. Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje, kai aplydymo aparatas su dvejais vielos padavimo mechanizmais: 1 – viela; 2 – vielos tiekimo mechanizmas; 3 – tūta; 4 – suspausto oro kamera; 5 – elektros lankas; 6 – aplydomas paviršius

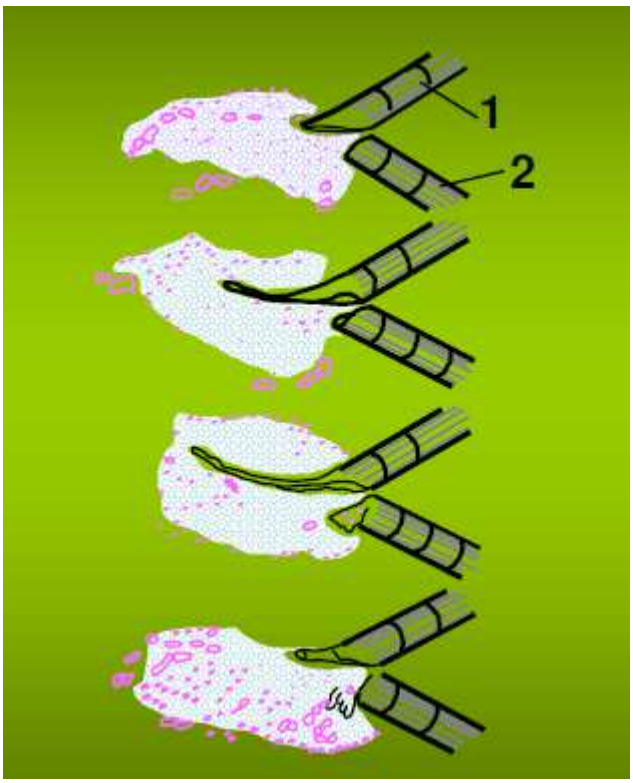


9 pav. Aplydymas apsauginių dujų aplinkoje, kai aplydymo aparatas su vienu vielos padavimo mechanizmu: 1 – aplydomas paviršius; 2 – aplydytas paviršius; 3 – tūta; 4 – kontaktorius; 5 – viela; 6 – apsauginės dujos

1.5 lentelė. Aplydymo apsauginių dujų aplinkoje techninės galimybės

Vieno sluoksnio storis	0,8...4 mm
Našumas	1,56...4,4 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	0,7...1,3 mm
Kietumas	20...62 HRC
Sukibimas	550 MPa
Deformacija	didelė
Patvarumo mažėjimas	15 %
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	12...45 %

10 paveiksle parodyta elektrodinės vielos lydymosi ir išlydyto metalo dalelių pernešimo schema.



10 pav. Elektrodinės vielos lydymosi ir išlydyto metalo dalelių pernešimo schema:
1 – anodas; 2 – katodas

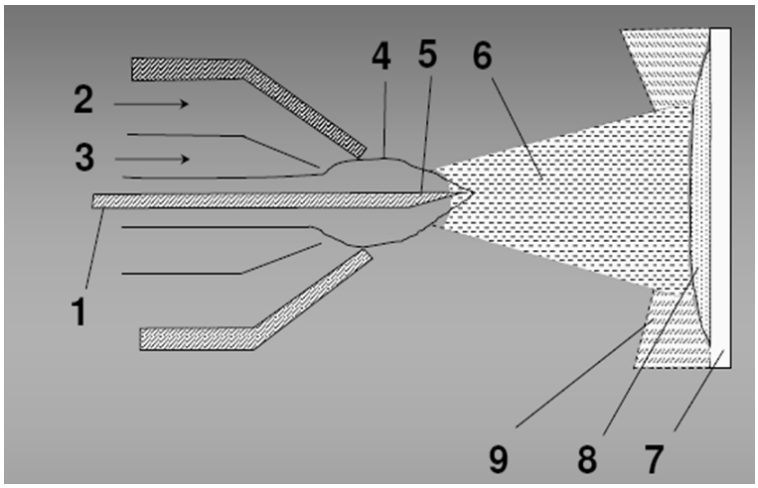
1.3.2 Dujinis aplydymas

Priklausomai nuo purškiamos medžiagos rūšies, gali būti trijų tipų: dujinis purškimas naudojant vielą (11 pav.), dujinis purškimas naudojant strypelį ir dujinis purškimas naudojant miltelius (12 pav.) .

Purškiama medžiaga yra tiekiama per centrinę degiklio antgalio angą ir išlydoma degiųjų dujų mišiniu. Išlydytos metalo dalelės pagaunamos suspausto oro srove ir nešamos ties gaminio paviršiumi. Viela numatytu greičiu yra tiekiama ritinėliais.

Aplydant dujiniu būdu, gaminio paviršius, ištisinė arba miltelinė viela išlydomi kaitinant acetileno ir deguonies liepsna. Aplydymui skirti degikliai yra tokie pat kaip ir dujinio suvirinimo degikliai, tik didesnės galios.

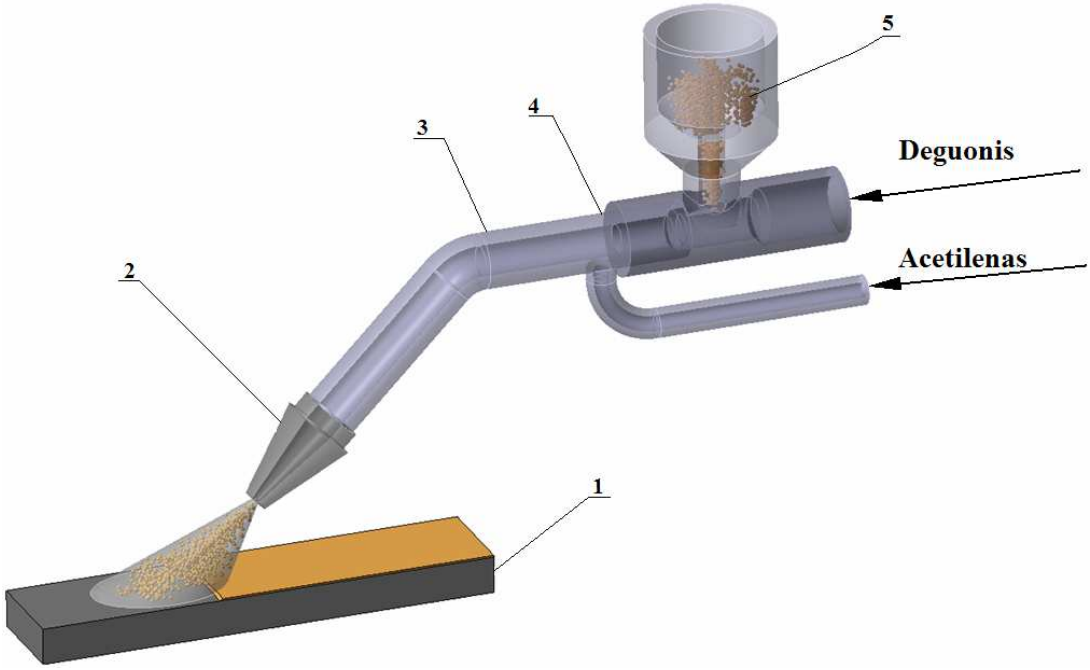
Aplydymo milteline viela procese išsilydo plieninis apvalkalas, o dilimui atsparūs milteliai įsiterpia į išlydytą detalės paviršių. Taip gaunamas dilimui atsparus sluoksnis.



11 pav. Dujaliepsnio aplydymo schema:

1 – lanksčios miltelinės vielos padavimas per centrinę angą; 2 - suslėgto oro padavimas; 3 - deguonies ir degių dujų mišinys; 4 - liepsna; 5 - miltelinės vielos lydymasis; 6 - purškimo srautas; 7 - užpurškiamas paviršius; 8 - danga; 9 - dangos nuostoliai

Dujiniam milteliniam aplydymui reikalingi specialūs degikliai (12 pav.). Milteliai, veikiami savo masės ir deguonies inžekcinio efekto, kartu su acetilenu patenka į sumaišymo kamerą 3. Deguonies acetileno ir miltelių mišiniui ištekėjus pro antgalio 2 kiaurymę, acetilenas dega deguonyje, išsiskiria šiluma, kuri išlydo miltelius ir paviršinį gaminio sluoksnį. Sukietėjus išlydytam metalui, gaunamas reikiamų savybių aplydytas sluoksnis.



12 pav. Dujinio miltelinio aplydymo degiklio schema: 1 – gaminys; 2 – antgalis; 3 – sumaišymo kamera; 4 – inžektorius; 5 – milteliai

1.6 lentelė. Aplydymo dujų liepsna techninės galimybės

Vieno sluoksnio storis	0,05...12 mm
Našumas	0,3...20 kg/h
Užlaida mechaniniam apdorojimui	0,3 – 0,7 mm
Kietumas	43...55 HRC
Sukibimas	25 MPa
Deformacija	beveik nėra
Patvarumo mažėjimas	30 %
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	beveik nėra
Metalo panaudojimas	0,5...0,7 %

1.4. Nusidėvėjimo rūšys

Metalo nusidėvėjimas yra skirstomas į keleta rūšių, kurios veikia atskirai arba kelios iš karto.

Nusidėvėjimas skirstomas į (Apvirinimas. 2007):

1) **Sausoji trintis, frikcinis dilimas ir hidrodinaminė trintis**

Sausoji trintis (13 pav.), frikcinis dilimas ir hidrodinaminė trintis – procesai, kurių metu vyksta metalo paviršiaus nusidėvėjimas dėl trinties, pavyzdžiui, veleno į guolių paviršių, grandinės jungčių į veleną ir kt.



13 pav. Sausosios trinties schema

To paties kietumo metalai, besitrinantys vienas į kitą yra linkę greitai nusidėvėti, todėl reikia stengtis parinkti skirtingo kietumo metalus, pavyzdžiui velenui ir įvorei.

2) Smūginės apkrovos

Metalo paviršius deformuosis ar įtrūks, arba net sutrūkinės, jei bus veikiamas smūginių apkrovų arba/ir slėgio (14 pav.).

Nusidėvėjimas veikiant smūginėms apkrovoms, bet be ryškaus nusidėvėjimo dėl trinties, taip pat žymus atliekant trynimo ir spaudimo operacijas.

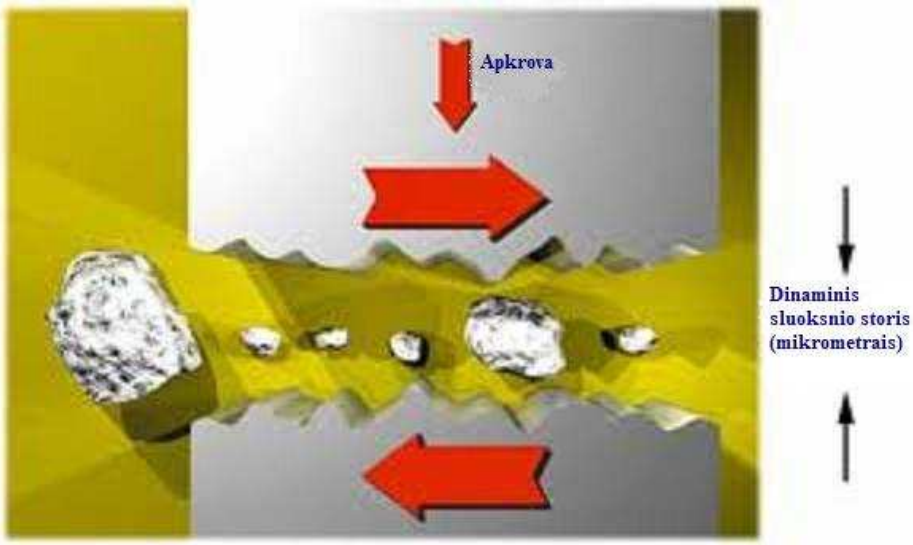
Tipiški objektai – trynimo volai, plaktukai, geležinkelio bėgiai.



14 pav. Smūginių apkrovų schema

3) Abrazyvinis dilimas

Šio tipo nusidėvėjimas atsiranda dėl aštrių dalelių slydimo metalo paviršiumi besikeičiančiu greičiu ir kintant prispaudimo jėgoms (15 pav.), tokiu būdu šios dalelės nušlifuoja metalo paviršių, kaip maži pjovikliai. Kuo kietesnė dalelė ir kuo aštresnės jos briaunos, tuo didesnė trintis.



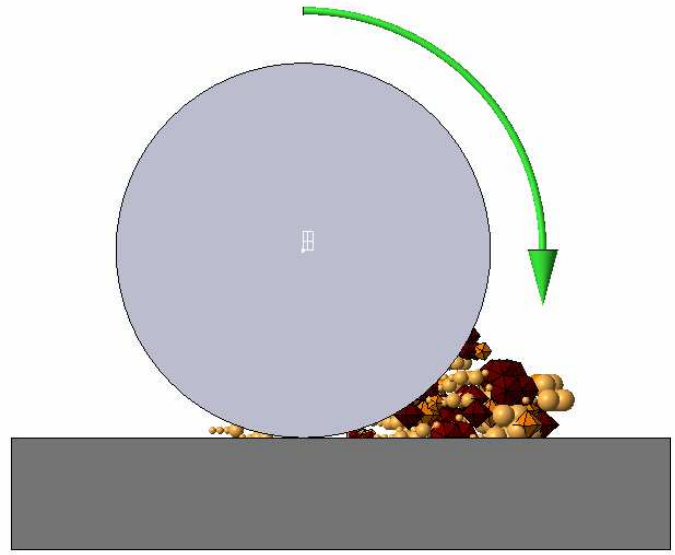
15 pav. Abrazyvinio dilimo schema

Tokio tipo trintis pasireiškia žemsiurbių, mineralų transportavimo ir žemės ūkio įrengimuose.

4) Frikcinis dilimas. Trintis + slėgis

Šio tipo trintis atsiranda kai mažos, kietos, abrazyvinės dalelės patenka tarp dviejų metalo detalių ir yra sutrinamos (16 pav.).

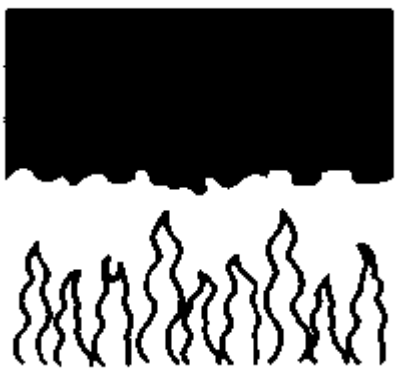
Tipiški tokios trinties veikiami įrangos pavyzdžiai yra miltelius gaminantys įrengimai, trynimo volai, maišytuvai ir grandymo peiliai.



16 pav. Frikcinio dilimo schema

5) Nusidėvėjimas dėl aukštos temperatūros poveikio. Karštis, oksidacija, korozija.

Metalai, ilgą laiką veikiami aukštos temperatūros praranda savo tvirtumą. Aukšta temperatūra dažnai sukelia taip vadinamą terminį nuovargį ir įtrūkimus. Pavyzdžiui, terminis šokas, kurį sukelia ciklišk terminiai įtempiai, atsiranda įrankiuose ir štampuose, kurie yra naudojami kalimo ir kitose karštojo apdirbimo operacijose (17 pav.).



17 pav. Štampo, paveikto korozijos ir temperatūros, schema

Dirbant oksidaciją sukeliančioje aplinkoje, metalo paviršiuje susidaro oksido sluoksnis, kuris gali įtrūkti dėl įtempių ir visas oksidavimo procesas prasideda iš naujo.

1.5 Būdai dilimo procesui sumažinti

Taigi pagrindinė detalių dilimo priežastis yra trintis. Veikiant trinties jėgoms, vyksta daugkartinis detalių lietimosi paviršių deformavimas, deformacinis sukietinimas ir atvirkštinis procesas – suminkštinimas. Šių procesų metu išsiskiria šiluma, vyksta oksidacijos, nuovargio procesai, kinta struktūra.

Norint sumažinti dilimo procesą, yra išskiriamos dvi pagrindinės priemonės – detalių paviršiaus kietumo didinimas ir adhezinis ryšių tarp dalelių silpninimas. Tačiau didinat kietumą, mažinama plastinio deformavimo ir mikropjovimo abrazyvais galimybės, todėl dažniau yra naudojamas trinties paviršių tepimas, adheziniams ryšiams silpninti. Visgi tepalas ne visada garantuoja pakankamą detalių paviršių apsaugą nuo sukibimo, dėl to labai svarbus yra besitrinančių detalių suderinamumas. Gerai suderintos detalės nesukimba, arba sukimba mažai.

Abi kietos detalės yra nepageidaujamos, nes sukibimo atveju yra labai pažeidžiami detalių paviršiai. Mažiau pavojingas yra kietos ir minkštos detalės sukibimas, nes trinties atveju, struktūra, kurioje yra minkštų arba lengvai lydžių elementų, dar labiau minkštėja ir labiausiai slegiamuose taškuose deformuojasi plastiškai. Šis procesas sumažina vietinį slėgimą bei temperatūra ir detalės nesukimba. Minkštieji metalai sukimba su plienu, tačiau veikiant trinčiai, adheziniai ryšiai nutrūksta būtent juose ir jie padengia kietosios detales paviršių, jos nepažeisdami bei atlikdami kietojo tepalo vaidmenį.

Pagrindiniai reikalavimai minkštajam metalui yra geros antifrikcinės savybės ir atsparumas nuovargiui.

Geras metalo antifrikcines savybes rodo tai, kad jis yra laidus šilumai, gerai vilgosi tepalu, apsaugo kito (kietojo) metalo paviršių, padengdamas jį minkšto metalo plėvele bei greitai prisitrina.

Yra dvi slydimo paviršių lydinių grupės:

1) Minkštos matricos su kietais intarpais lydiniai;
2) Kietos matricos su intarpais lydiniai.

Pirmos grupės lydiniams priklauso lydiniai švino arba alavo pagrindu – babitai ir lydiniai vario pagrindu (bronzos ir žalvariai). Minkšta šių lydinių matrica palanki greitam prisitrynimui, paviršių tepimui bei aušinimui. Kieti intarpai, šiuose lydiniuose, didina atsparumą dilimui ir mažina trinties koeficientą.

Babitų antifrikcinės savybės labai geros, tačiau jie neatsparūs nuovargiui. Žymiai atsparesnės nuovargiui yra bronzos. Daugelis jų turi geras antifrikcines savybes, todėl iš jų gaminami monolitiniai įdėklai dirbantys veikiant dideliam slėgimui ir esant vidutiniam slydimo greičiui (V = 3–10m/s).

Antrajai grupei priklauso aliuminio – alavo lydiniai, švininė bronza ir ketus. Aliuminio lydiniuose minkšti intarpai yra alavas, o bronzoje – švino kristalai. Ribinės trinties atveju šie metalai plona plėvele padengia kietojo metalo paviršių ir apsaugo jį nuo pažeidimo. Šių lydinių antifrikcinės savybės yra geros, todėl juos galima naudoti sunkiai apkrautiems, didelių slėgių ir greičių, veikiamoms detalėms gaminti (Juodelis, V.; Bendikas, J.; Valiulis, A. V. 2004)

1.6 Aplydymui naudojamos medžiagos

Tam, kad užtikrintume aplydymo efektyvumą, reikia labai atidžiai parinkti medžiagas, atsižvelgiant į jų savybes. Aplydymo medžiaga turi būti parenkama pagal visus nusidėvėjimo faktorius.

Kaip aplydymo medžiagą galima naudoti beveik visas kietas medžiagas, kurios aplydymo proceso metu neišgaruoja ir nepakeičia savo savybių.

Pagal savybes aplydymo medžiagos skirstomos į:

I. Pagamintos geležies pagrindu:
   a) Austenitiniai plienai.
   b) Martensitiniai plienai.
   c) Karbidiniai lydiniai.

II. Pagamintos ne geležies pagrindu:
   a) Kobalto pagrindu.
   b) Nikelio pagrindu.
   c) Vario pagrindu.

Aplydymo medžiagos taip pat skirstomos pagal atsparumą nusidėvėjimui:

I. Austenitinės:
   a) puikus atsparumas smūginėms apkrovoms;
   b) gera formos atstatymui skirta medžiaga;
   c) pakankamas atsparumas trinčiai.

II. Martensitinės (šios klasės medžiagos naudojamos paviršiaus atstatymui ir dengimui):
   a) atsparios sausajai trinčiai;

b) atsparios smūginėms apkrovoms;

c) pakankamas atsparumas trinčiai.

III. Karbidiniai lydiniai:

a) puikus atsparumas trinčiai;

b) geras atsparumas karščiui;

c) pakankamas atsparumas korozijai;

d) menkas atsparumas smūginėms apkrovoms.

IV. Kobalto ir nikelio pagrindo lydiniai.

Šios medžiagos atsparios beveik visoms trinties rūšims, bet dėl didelės kainos, daugiausiai yra naudojamos ten, kur jų savybės ir taikymas yra ekonomiškai pagrįstas, pavyzdžiui esant aukštai temperatūrai, kai karbidinės ir geležies pagrindu gamintos medžiagos nesuteikia pakankamo atsparumo trinčiai. Nikelio lydiniai yra pigesnis variantas (Apvirinimas 2007).

V. Vario lydiniai.

Šie lydiniai naudojami tuomet kai norime gauti antifrikcinį ir atsparų nuovargiui paviršių.

Martensitinės klasės aplydymo medžiagos yra tinkamas pasirinkimas sausosios trinties atveju. Austenitinės – manganinės klasės medžiagos ir kobalto lydiniai - taip pat tinkamas pasirinkimas. Kobalto lydiniai yra naudojami veikiant aukštajai temperatūrai ir oksidacinei aplinkai.

Austenitinio - manganinio plieno sluoksnis yra pats atspariausias, veikiant smūginėms apkrovoms, nes šis metalo sluoksnis kietėja tokiose darbinėse sąlygose, todėl gauname kietą paviršių ir tvirtą metalą po tokio poveikio. Martensitinės medžiagos suteikia gerą atsparumą trinčiai veikiant smūginėms apkrovoms, nors ir ne tokį, kaip austenitinės-manganinės.

Detalių dirbančių abrazyvinio dilimo sąlygose paviršinio sluoksnio struktūroje turi būti kieta dedamoji. Tokia dedamąja gali būti karbidai, boridai, karboboridai, karbonitridai, intermetalidai, o kai kuriais atvejais – martensitas. Kietos dalelės turi būti gerai įsitvirtinusios matricoje (lydinio pagrinde). Matrica taip pat turi būti atspari dilimui.

Martensitinės matricos savybės priklauso nuo anglies kiekio. Mažaanglis martensitas yra mažiau atsparus dilimui, bet pasižymi didesniu smūginiu tąsumu, geriau apsaugo kietas struktūrines dedamąsias nuo ištrupėjimo esant smūginiam abrazyviniam dilimui.

Dėl atsparumo trinčiai, veikiant smūginėms apkrovoms, trapūs anglingi chrominiai plienai, tokie kaip karbidiniai lydiniai, yra sėkmingai naudojami šiai trinčiai neutralizuoti.

Frikcinio dilimo atveju aplydymui naudojami austenitiniai – manganiniai, martensitinai ir kai kurie karbidiniai lydiniai.

Karbidiniai lydiniai paprastai turi savo sudėtyje mažų, lygiai išsidėsčiusių titano karbidų. Karbidai didina sluoksnio atsparumą dilimui. Tačiau per didelis jų kiekis duoda neigiamą efektą, nes keičiasi dilimo mechanizmas, karbidai nedyla, o ištrupa. Didelę reikšmę turi karbidų pasiskirstymas. Kristalizuojantis aplydytam metalui, pirminiai karbidai gali pasiskirstyti netolygiai, gali būti įvairių formų ir dydžio, gali gautis karbidinis nevienodumas.

Martensitiniai plienai su 5-12 % chromo yra labai atsparūs susidėvėjimui dėl terminio nuovargio. Lydiniai, turintys sudėtyje chromo karbidus, demonstruoja puikų atsparumą esant temperatūrai iki 600 ^{0}C.

Aukštesnėse temperatūrose naudojami nikelio arba kobalto pagrindu gaminami lydiniai. Tipiškos detalės, eksploatuojamos aukštose temperatūrose, yra karšto kalimo ir štampavimo formos, šlako smulkinimo įrengimai ir kt.

Terminiam aplydymui atlikti naudojamos vielos, miltelių ir strypelio pavidalo medžiagos. Viela ir strypeliai naudojami dujiniam ir elektrolankiniam aplydymui, o milteliai – plazminiam ir dujiniam purškimui (Višniakas, I. 2008).

1.6.1 Elektrodų pavidalo aplydomosios medžiagos

Rankiniu būdu aplydoma 2–6 mm skersmens elektrodais, 80–300A stiprumo atvirkščio poliškumo nuolatine srove. Aplydymo elektrodų strypai gaminami iš mažaanglio plieno vielos, lietų kietlydinių arba miltelinės vielos. Kietlydinių elektrodai būna įvairių markių, kurių strypas gaminamas iš stelito arba sormaito. Svarbiausi stelitų komponentai yra chromas, volframas, kobaltas. Stelitai – atsparūs dilimui ir korozijai. Sormaitai yra daug pigesni už stelitus, nes jų sudėtyje nėra volframo ir kobalto. Jais aplydomos greitai dylančios staklių detalės, štampų puansonai ir kt.

Prilydytas metalas turi martensitinę struktūrą, kietumas nuo 35 iki 60 HRC. Kai kietumas apie 35 HRC, prilydytas metalas vidutiniškai atsparus dilimui , labai atsparus smūgiams, mechaniškai apdirbamas. Kai prilydyto metalo kietumas siekia 57–60 HRC, gauname be įtrūkimų , gerą atsparumą trinčiai ir abrazyviniam poveikiui, vidutinio stiprumo smūgiams, dangą.

Aplydymą elektrodais galime pritaikyti labai plačiai: geležinkelio bėgių, velenų, traktoriaus vikšrų ir atraminių ratukų, kreipiančiųjų ir kitų konstrukcijų restauravimui – aplydymui, nusidėvėjusių mašinų detalių restauravimui: ekskavatorių dantų, buldozerių peilių,

presų, smulkintuvų, pamuštuvų ir kitų konstrukcijų dylančių paviršių aplydymui (Suvirinimas... 2001).

1.6.2 Vielos pavidalo aplydomosios medžiagos

Aplydant viela didžiausias privalumas – nepertraukiamas ir tolygus jos tiekimas į aukštos temperatūros zoną degiklyje. Aplydant viela galime naudoti įvairius metalus, pagrindiniai iš jų yra:

1. **Cinkas**. Cinko danga naudojama apsaugant juoduosius metalus nuo korozijos. Viela, skirta aplydymui, gaminama iš gryno cinko, turinčio ne mažiau kaip 99,95 % Zn. Kuo smulkesnėmis išlydytos cinko vielos dalelėmis aplydomas substrato paviršius, tuo tankesnė ir kokybiškesnė gaunama cinko danga.
2. **Aliuminis**. Jo dangos naudojamos juodųjų metalų apsaugai nuo korozijos ir atsparumui oksidacijai aukštoje temperatūroje. Aplydymui naudojama aliuminio viela, turinti ne mažiau kaip 99,85 % Al.
3. **Molibdenas**. Molibdeno danga naudojama kaip priemonė, didinantį atsparumą kaitrai. Molibdenas yra vienintelis pramoninis metalas, pasižymintis atsparumu karštoms koncentruotoms druskų rūgštims. Purškimui naudojamos medžiagos, turinčios ne mažiau kaip 99,95 % Mo.
4. **Sidabras.** Šis metalas naudojamas padengiant elektrinius kontaktus ir padengiant ašis prieš detalių presavimą (dangos sluoksnio storis apie 0,1 mm)
5. **Alavas ir jo lydiniai**. Alavavimas, kaip atsparumo rūgštims ir korozijai didinimo būdas, plačiai naudojamas maistinės taros gamyboje. Šiam tikslui naudojamas aukščiausio švarumo alavas.
6. **Varis ir jo lydiniai**. Aplydymui yra naudojamos iš vario pagrindu pagamintos vielos:

- Grynas varis (ne mažiau 99,9 % Cu) naudojamas elektros laidams ir padengiant paviršius dekoratyvinėmis dangomis;
- Žalvaris turi aukštą atsparumą korozijai ir koroduoja jūros vandenyje, esant padidintoms temperatūroms.
- Švininė bronza yra vario lydinys, turintis 23-42 % Pb. Antifrikcinė švino bronzos danga, turinti atsparumą sukibimui ir esant aukštoms santykinėms apkrovoms, plačiai naudojama guoliuose, dirbančiuose didelių greičių ir santykinių apkrovų režimuose.
- Aliuminio bronza (5-12 % Al) su nedideliu geležies, nikelio, mangano kiekiu turi aukštą atsparumą korozijai, ypač jūros vandenyje, taip pat atsparumą sieros ir druskos rūgštims, bet neturi atsparumo azoto rūgštims;

- Fosforo bronza su 0,03-0,35 % P kiekiu turi aukštą atsparumą dilimui, ji naudojams atstatant senus ir sukietinant naujus mechanizmų velenus ir slidimo guolius. Graži šviesiai ruda fosforo bronzos dangos spalva gali būti naudojama dekoratyviniam apdirbimui;

7. **Nikelis ir jo lydiniai**. Aplydymui yra naudojamos sekančių medžiagų grupių vielos:

- Grynas nikelis naudojamas apsaugai nuo erozijos veikimo, nikelis ištirpsta azoto rūgštyje, lėtai ištirpsta druskos ir sieros rūgštyse, nekoroduoja vandenyje ir yra atsparus daugeliui cheminių junginių;
- Nichromas (80 % Ni ir 20 % Cr lydinys) naudojamas norint padidinti gaminio atsparumą kaitrai ir korozijai, praktiškai nesioksiduoja aukštose temperatūrose ir yra atsparus kai kurių rūgščių ir šarmų veikimui. Tuo pačiu nichromas nėra atsparus azoto ir druskos rūgštims, o taip pat aukštai temperatūrai aplinkoje, turinčioje sieros vandenilio.

8. **Mažaanglis ir anglinis plienas.** Šie plienai plačiausiai naudojami norint padidinti mašinų detalių atsparumą dilimui. Taip pat jie plačiai naudojami restauruojant nudilusias detales.

9. **Korozijai atsparus plienas**. Korozijai atsparus plienas yra skirtas aplydymui ir turi aukštą atsparumą korozijai, kaitrai. Toks plienas skirstomas į 4 rūšis: 1 rūšis – martensitinis plienas, o 2,3 ir 4 rūšys – austenitiniai plienai.

1.6.3 Miltelių pavidalo aplydomosios medžiagos

Kai kurie kieti ir trapūs metalai ir jų lydiniai, skirti aplydymui, taip pat cheminiai junginiai, iš kurių įprastais būdais neįmanoma pagaminti vielą ir strypelį, gali būti tiekiami kaip milteliai. Miltelines purškimo medžiagas apsimoka naudoti ekonomiškumo atžvilgiu, nes vielos ir strypelių gamyba iš kietų ir trapių medžiagų reikalauja brangiai kainuojančių specialių gamybos būdų. Praktiškai kiekvieną aplydymui skirtą medžiagą galima pagaminti miltelių pavidalo.

Purškiamų miltelinių medžiagų forma, grūdelių matmenys, birumas turi įtakos purškimo proceso technologiniams parametrams ir gaunamų dangų kokybei. Miltelių grūdelių dydį rekomenduojama pasirinkti, priklausomai nuo šiluminės energijos šaltinio, degiklio charakteristikų ir šiluminių fizikinių aplydymo miltelių savybių – lydymosi temperatūros, šilumos laidumo, tankio ir kitų parametrų.

Aplydant miltelius, sudarytus iš įvairaus dydžio grūdelių, dangos vienalytiškumas pažeidžiamas dėl didelio skirtumo tarp stambių ir smulkių dalelių pagal lydymosi laipsnį ir judėjimo aplydomame sraute greitį. Pastaruoju metu atliekant aplydymą galingais plazminiais degikliais naudojami milteliai, kurių grūdelių matmenys siekia keletą mikrometrų.

1.6.4 Strypelio pavidalo aplydomosios medžiagos

Šiuolaikinėje rinkoje yra siūlomos presuotų metalų oksidų strypelio pavidalo purškiamos medžiagos. Įprastai oksidai gaunami miltelių pavidalo ir gaminant strypelius naudojami miltelinės metalurgijos metodai. Į miltelius įdedamos surišimo medžiagos, po to jie supresuojami ir sukepinami.

1.7 Dangų savybės

Dangos yra apibūdinamos daugeliu fizikinių, eksploatacinių ir technologinių savybių. Pagrindinės iš jų – tai dangos ir pagrindinio metalo sukibimo stiprumas, kietumas, porėtumas, dangos storis, tankis, atsparumas korozijai ir dilimui. Taip pat labai svarbios savybės yra elektros bei šilumos laidumas ir linijinio plėtimosi koeficientas.

Dangos ir pagrindinio metalo sukibimo stiprumas yra vienas iš pagrindinių kriterijų nurodančių dangos eksploatacinį atitikimą. Šis sukibimas didžiąja dalimi priklauso nuo mechaninių ryšių, mažesnę įtaką turi cheminiai ryšiai. Didžiausią poveikį sukibimo stiprumui lemia pagrindinio metalo paviršiaus paruošimas bei dangos ir pagrindinio metalo temperatūrinių linijinių plėtimosi koeficientų skirtumas, kuris lemia liekamuosius vidinius įtempius.

Dažniausiai naudojami dangos ir pagrindinio metalo sukibimo stiprumo nustatymo metodai yra tokie: indentoriaus įspaudimo, lenkimo bandymu, tinklelio (įrėžimo) bandymu, bandymas kaltu bei tempiamojo adhezijos stiprio bandymas.

Dangos kietumas atspindi keletą mechaninių savybių. Kietumo nustatymas leidžia įvertinti aplydyto sluoksnio kokybę, pokyčius, įvykusius pagrindinio metalo paviršiuje, dangų struktūrinį nevienodumą ir kt. Kietumo nustatymas yra patogus ir palčiai taikomas tuo, kad tai yra neardomasis tyrimo metodas. Dažniausiai kietumas matuojamas Rokvelo, Vikerso ir Brinelio metodais.

Porėtumas – viena svarbiausių dangų charakteristikų, nes tokia struktūra turi įtakos šilumos, elektros laidumui, dujų prasiskverbimui, elektros varžai bei konstrukciniam dangų stiprumui. Šiuo atveju porėtumo įtaka yra dvejopa.

Neigiamas efektas būdingas apsauginėms dangoms, kai per poras agresyvios dujos ir skysčiai pasiekia pagrindinį metalą. Tokiu atveju paviršius turi turėti minimalų porėtumą.

Teigimas efektas yra, jei danga sudaroma, dirbančiame trinties poroje, paviršiuje. Porėtumas gali padidinti atsparumą išdilimui, esant tepimo sąlygoms, kadangi tepalas bus tiekiamas tolygiai.

Yra skiriami trys pagrindiniai dangų porėtumo nustatymo būdai: hidrostatinis svėrimas, gyvsidabrio porometrijos būdas ir metalografinis.

Dangos storis – tai technologinė charakteristika, kuri turi įtakos tokiai savybei kaip dangos ir pagrindinio metalo sukibimo stiprumui. Stori turi būti optimalus, nes padidinus jį ne tik pablogėja sukibimas, bet ir juntamas neigiamas ekonominis poveikis (Tamulevičius, S. *et. al.* 2007)

Naudojant dangas trinties sąlygomis būtina įvertinti vieną iš tribotechninių savybių – trinties koeficientą. Jo apibūdinimas paprastai nesudaro didelių sunkumų, nes paprastai būna serijinėse bandymų mašinose.

1.8 Dangų defektai

Aplydytų dangų defektai, tai paviršiaus atsisluoksniavimas arba iškilimas dėl jo blogos adhezijos su substratu, įtrūkiai, poros, mažas stiprumas, oksido intarpai ir neišsilydžiusios dalelės (18 pav.).

Dangoje atsiradus defektams reikalingas pakartotinis pakaitinimas dėl ko dangą iš defektų zonos pilnai pašalina iki pagrindinio metalo ir padaro pilną apdirbimo ciklą, atliekant paviršiaus valymą ir jo parengtinį apdirbimą įduodant jam šiurkštumo. Restauracijos zonos turi būti pakaitintos dujų liepsna, kurios temperatūra nemažesnė, kaip 540°C. Po galutinės restauracijos visą dangos paviršių pakaitina tam, kad išlyginti temperatūrą, o po to gaminys lėtai atvėsinamas.

Aplydytų dangų defektų tipai ir jų atsiradimo priežastys:

1. Iškilimai – bloga dangos adhezija su substratu. Dangos ir substrato adhezijos stiprumas yra vienas iš pagrindinių kriterijų, nusakančių dangos eksploatacinį atitikimą. Pagrindinės priežastys lemiančios gerą sukibimą yra mechaniniai ir cheminiai ryšiai.
2. Porėtumas – viena iš svarbiausių dangų charakteristikų. Poros turi įtakos eksploatacinėms dangų savybėms, šilumos ir elektros laidumui, dujų prasiskverbimui, elektros varžai bei konstrukciniam dangų stiprumui. Šiuo atveju porėtumo įtaka yra dvejopa.

Neigiamas efektas būdingas apsauginėms dangoms, kai per poras agresyvios dujos ir skysčiai pasiekia pagrindinį metalą. Tokiu atveju paviršius turi turėti minimalų porėtumą.

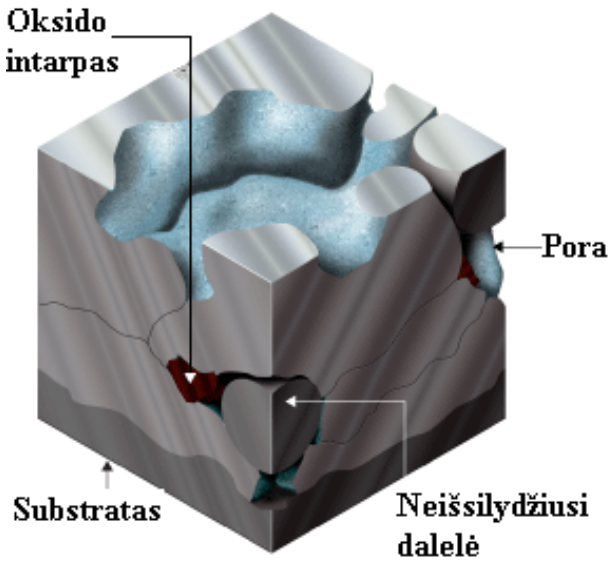
Teigimas efektas yra, jei danga sudaroma, dirbančiame trinties poroje, paviršiuje. Porėtumas gali padidinti atsparumą išdilimui, esant tepimo sąlygoms, kadangi tepalas bus tiekiamas tolygiai.

Porėtumas susidaro kai temperatūrai mažėjant ištirpusios dujos išsiskiria iš kristalinės gardelės dėl difuzijos ir jei visiškai pasišalinti dujoms iš dangos nėra galimybės, jos pasilieka dangoje, sudarydamos ten smulkias sferines poras (Tamulevičius, S. *et. al.* 2007).

3. Pradeginimas – paviršiaus perkaitinimas aplydant yra susietas su:
    a) staigiu pagrindinio metalo storio pasikeitimu skirtingose vietose;
    b) su neteisingu temperatūros skaitiklių nustatymu it t.t.

4. Įtrūkiai. Jiems didžiausią poveikį turi pagrindinio metalo paviršiaus paruošimas bei dangos ir pagrindinio metalo temperatūrinių linijinio plėtimosi koeficientų skirtumas, kuris lemia liekamųjų vidinių įtempių lygį. Esant dideliems liekamiesiems įtempiams danga atsiskiria nuo paviršiaus ir pradeda trūkinėti.

5. Purslai – apipurkšto paviršiaus defektai, atsirandantys purškiamos medžiagos vietose, kur nepakankama dangos adhezija su substratu.



18 pav. Pagrindiniai dangų defektai

1.9 Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Atlikta literatūros analizė rodo, kad yra pakankamai daug sričių, kur galima pritaikyti aplydymą: naujų detalių gamybai, senų restauravimui bei sustiprinimui. Aplydymo metu paviršius padengiamas kito metalo sluoksniu, pasižyminčiu reikalingomis savybėmis (atsparumu dilimui, kaitrai, rūgštims ir kt.).

Tam, kad užtikrintume aplydymo efektyvumą, reikia labai atidžiai parinkti medžiagas, atsižvelgiant į jų savybes. Todėl parenkant aplydymo medžiagas, reikia atsižvelgti į tokius faktorius:

- Koks aplydymo tikslas (koks nusidėvėjimas? koks reikalingas paviršius?).
- Koks yra pagrindinis metalas.
- Koks procesas bus naudojamas.
- Koks reikalingas paviršiaus apdirbimas.

Literatūroje aprašomi skirtingi aplydymo būdai, nusidėvėjimo rūšys ir medžiagos. Taip pat pateikiama aplydytų dangų savybės ir būdingiausi defektai bei jų atsiradimo priežastys.

Atsižvelgus į literatūrą galima prieiti prie išvados, kad priklausomai nuo dilimo sąlygų tikslinga taikyti skirtingus aplydymo būdus ir medžiagas.

2. PLIENINIŲ RATSTABDŽIŲ APLYDYMO TYRIMAI

2.1Tiriamojo darbo problematika

Traukinių remonto duomenys rodo, kad 70–80 % gedimų priežastimi yra iščiuožos (maža rato dalis tampa neapvali 19 pav.) ir tik 20–30 % sudaro kiti gedimai. Jei iščiuožos yra susiformavusios abiejuose aširačio ratuose, tai jų atsiradimo priežastis yra staigus traukinio stabdymas, kuomet ratai užsiblokuoja. Tačiau jei iščiuoža buvo suformuota tik ant vieno rato, tai jos atsiradimo priežastimi galima laikyti sąstato formavimą ratstabdžiais, kuomet traukinio riedmenys užsiblokuoja, o veikiamas inercijos vagonas toliau čiuožia bėgių paviršiumi. Tokiu atveju vienas ratas užlipa ant stabdžių trinkelės (ratstabdžio) ir čiuožia kartu su juo, o kitas ratas – čiuožia bėgio paviršiumi.

Kai aširatis ilgą laiką čiuožia bėgiais, veikiamas intensyvios trinties, išsiskiria daug šiluminės energijos, kurios temperatūra, rato paviršiuje gali siekti 720º. Kai temperatūra pakyla aukščiau austenizacijos taško, o vėliau greitai vėsta, austenitas su didesne anglies koncentracija (0,05 %) virsta martensitu. Tai nėra pageidaujamas reiškinys, nes trapios fazės susidarymas gali pakenkti aširačiui, sukeldamas ištrupėjimus bei iščiuožas (А. А. Лашко. 2010).



19 pav. Traukinio ratų paviršiuose susidariusios iščiuožos po stabdymo ratstabdžiais

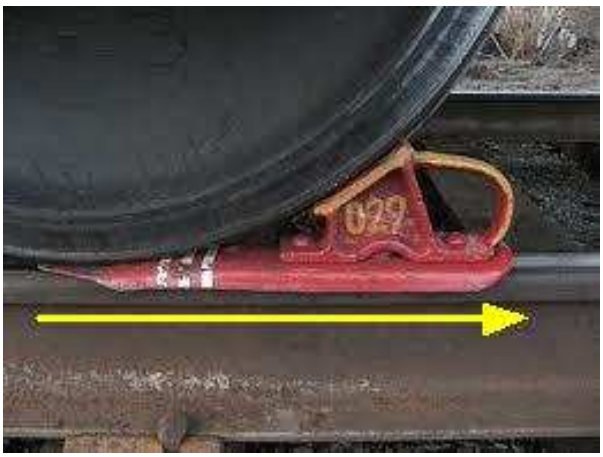
Kelionės metu pastebėjus vagonų, išskyrus dyzelinių ir elektrinių traukinių variklinių vagonų su ritininiais ašidėžių guoliais, ratlankio paviršiuje iščiuožą, gilesnę kaip 1, bet ne gilesnę kaip 2 mm, leidžiama tokį vagoną, neatkabinus nuo traukinio (keleiviniams traukiniams važiuojant ne didesniu kaip 100 km/h, prekiniams – ne didesniu kaip 70 km/h greičiu) nuvežti iki artimiausio techninės priežiūros punkto, kuriame keičiami aširačiai. Kai vagonų, išskyrus dyzelinių ir elektrinių traukinių variklinių vagonų, ratlankio paviršiaus iščiuoža gilesnė kaip 2, bet ne gilesnė kaip 6 mm, o lokomotyvų ir dyzelinių bei elektrinių traukinių variklinių vagonų – gilesnė kaip 1, bet ne gilesnė kaip 2 mm, traukiniui leidžiama 15 km/h greičiu važiuoti iki artimiausios stoties, kurioje aširatis turi būti pakeistas, o esant gilesnei kaip 6, bet ne gilesnei kaip 12 mm ir atitinkamai gilesnei kaip 2, bet ne gilesnei kaip 4 mm, traukiniui leidžiama važiuoti 10 km/h greičiu, pakabinus ar kitaip užblokavus aširatį (Zmėjauskas, A.; Adomaitis, V. 2011)

Iščiuožų gylis yra ribojamas, nes atsiradus menkai iščiuožai yra juntamas nemalonus dundėjimas, važiuojant traukiniu, o esant giliai iščiuožai traukinys net gali sulaužyti bėgius. 2.1 lentelėje yra pateikiama iščiuožos ilgio priklausomybė nuo jos gylio.

2.1 lentelė: Iščiuožos ilgio priklausomybė nuo jos gylio

Iščiuožos gylis, mm	0,7	1	2	4	6	12
Iščiuožos ilgis, mm	50	60	85	120	145	205

Antroji vagonų stabdymo su ratstabdžiais problema yra ta, kad stabdžių trinkelė nevaldoma čiuožia bėgio paviršiumi. Pasitaiko atvejų, kai stabdžio trinkelė būna tiesiog išspjaunama, o tai gali būti pavojinga ir žmonių saugumui. Ratstabdžio ir aširačio čiuožimas bėgių paviršiumi pavaizduotas 20 paveiksle.



20 pav. Ratstabdžio ir aširačio čiuožimas bėgių paviršiumi

Kita, trečioji problema, yra ratstabdžio trumpaamžiškumas. Jau po pirmojo ratstabdžio panaudojimo, jo kontaktinis paviršius su bėgiais, stipriai nusitrina, dėl didelių apkrovų. Ratstabdžio pado nuotrauka, po pirmo naudojimo, pateikiama 21 paveiksle.



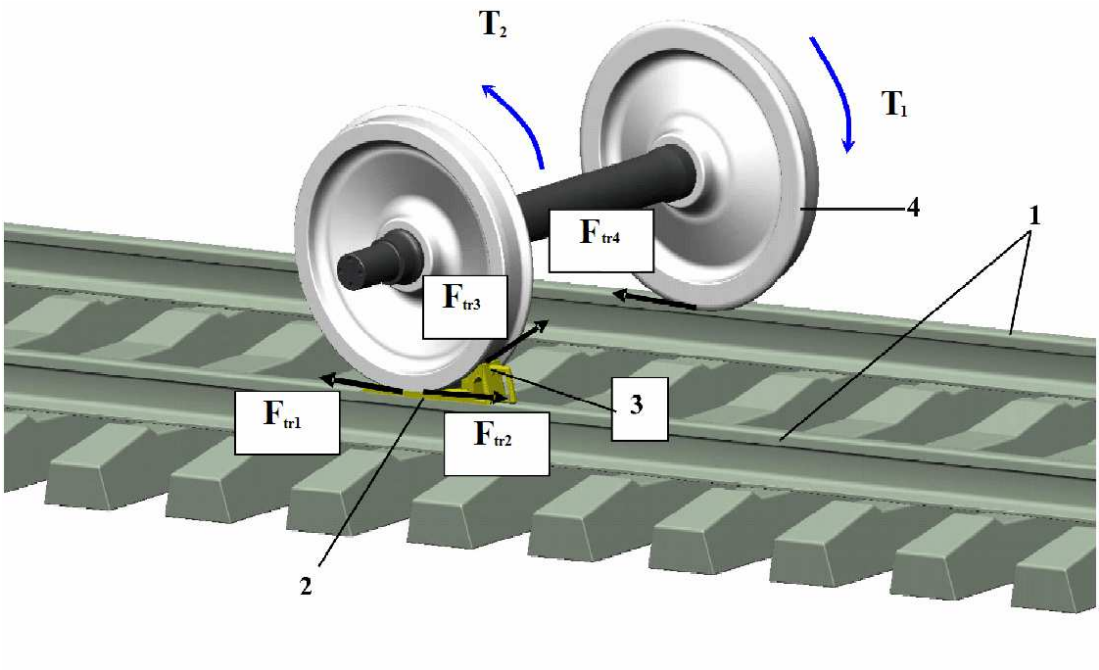
21 pav. Ratstabdžių padai po pirmo naudojimo

2.2 Tiriamojo darbo tikslas

Ištirti, ar stabdžių trinkelės aplydymas kitu metalu gali panaikinti aširačio pagrindinio defekto (iščiuožos) atsiradimą bei nevaldomą ratstabdžio slydimą bėgių paviršiumi bei prailgintų jo tarnavimo laiką.

2.3 Tiriamojo objekto matematinis modelis

Norint užkirsti kelią iščiuožų atsiradimui, formuojant sąstatą, svarbu ištirti visus procesus, kurie atsiranda tokio stabdymo metu. Reikia nepamiršti įvertinti traukinio greičio, kuomet imama stabdyti ratstabdžiais, ašinės apkrovos ir klimato sąlygų (drėgmės, apledėjimo ir t. t.) Aširačio sukimosi momentų ir jėgų pasiskirstymo schema, kai vagonas stabdomas ratstabdžiu, pateikta 22 paveiksle.



22 pav. Sukimosi momentų ir jėgų pasiskirstymo schema ant aširačio, kai vagonas stabdomas ratstabdžiu: 1 – bėgiai; 2 – stabdžių trinkelės (ratstabdžio) padas; 3 – stabdžių trinkelės atrama; 4 – aširatis

Vagonų stabdymas stabdžių trinkelėmis (ratstabdžiais), susideda iš dviejų etapų: pirmasis etapas yra tuomet, kai ratas atsiremia į ratstabdį ir užsifiksuoja, o antrasis – kai vagonas kartu su ratstabdžiu pradeda judėti kartu kaip viena sistema. Pirmojo etapo atveju aširatis su ratstabdžiu kontaktuoja vietose, pažymėtose skaičiais: 2 (ratstabdžio padas) ir 3 (ratstabdžio atrama). Antruoju atveju kontaktas vyksta tarp 2 (ratstabdžio pado apatinės pusės) ir 1 (geležinkelio bėgių).

Kai stabdžių trinkelė slysta išilgai geležinkelio bėgių, jai iš aširačio yra perduodama normalinė jėga F_1. Atsižvelgiant į tai, kad sąstatas formuojamas leidžiantis nuo kalnelio, kurio kampas yra γ, ši jėga bus nustatoma:

$$F_1 = G \cdot \cos\gamma \qquad (2.3.1)$$

čia: G – pusė ašinės apkrovos,

γ – bėgių pasvirimo kampas į horizontalę.

Dėl kontaktinio paviršiaus normalinės jegos F_1, tarp stabdžių trinkelės ir bėgių paviršiaus atsiranda trinties jėga F_{tr}, veikianti priešinga vagono judėjimo kryptimi. Ši jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_{tr1} = F_1 \cdot f\text{rb} = G \cdot \cos\gamma \cdot \text{frb} \qquad (2.3.2)$$

čia: $f$rb – trinties koeficientas, trinties poros: ratstabdis – bėgiai.

Analogiška jėgai $F_{tr1,}$ atsiranda jėga $F_{tr4,}$ kuri veikia ant antro aširačio rato ir yra lygi pusei vertikalios projekcijos krypties ašinės apkrovos G. Traukinio ratui judant, tarp traukinio rato ir geležinkelio bėgių susidaro trinties jėga, nukreipta prieš traukinio judėjimo kryptį ir yra apskaičiuojama:

$$F_{tr4} = F_4 \cdot f_{trb} = G \cdot \cos\gamma \cdot \text{ftrb} \qquad (2.3.3)$$

čia: f_{trb} – trinties koeficientas, trinties poros: traukinio ratai – geležinkelio bėgiai.

Išnagrinėkime trinties porą: traukinio ratai – ratstabdis.

Kai į ratstabdį atsiremia traukinio ratas, jis užsifiksuoja ir aširatis kartu su ratstabdžiu ima judėti kaip viena sistema. Ant stabdžių trinkelės atsiradusi normalinė jėga $F_{2,}$ sukuria statinę trinties jėgą F_{tr2}, kuri neutralizuoja $F_{tr4.}$

$$F_{tr2} = F_2 \cdot f\text{rr} = G \cdot \cos\gamma \cdot \text{frr} \qquad (2.3.4)$$

čia: $f$rr – statinis trinties koeficientas, trinties poros: ratas – ratstabdis.

Reikia nepamiršti pažymėti, kad ratstabdžio atramos kampas yra $\theta = 35^o$.

F_3 pažymėsim normalinę ratstabdžio jėgą, kuri bus horizontalios trinties jėgos F_{tr1} projekcija.

$$F_3 = F_{tr1} \cdot \sin\theta \qquad (2.3.5)$$

Veikiant jėgai F_3 tarp rato ir ratstabdžio (stabdžio trinkelės), kontaktiniame paviršiuje atsiranda trinties jėga F_{tr3}, kuri yra nukreipta palei vagono judėjimą. Ši jėga, kaip ir trinties jėga F_{tr2} yra statinė:

$$F_{tr3} = F_3 \cdot f\text{rr} = F_{tr1} \cdot \sin\theta \cdot \text{frr} \qquad (2.3.6)$$

Trinties jėga F_{tr4} sukuria momentą T_1, kuris sutampa su rato sukimosi kryptimi ir skatina jį suktis.

$$T_1 = F_{tr4} \cdot R_r \quad (2.3.7)$$

čia: R_r – rato spindulys.

Trinties jėga F_{tr2} ir F_{tr3} sukuria momentą T_2, kuris nukreiptas į priešingą, nei rato sukimosi, pusę, taip versdamas ratą čiuožti bėgių paviršiumi.

$$T_2 = (F_{tr2} + F_{tr3}) \cdot R_r \quad (2.3.8)$$

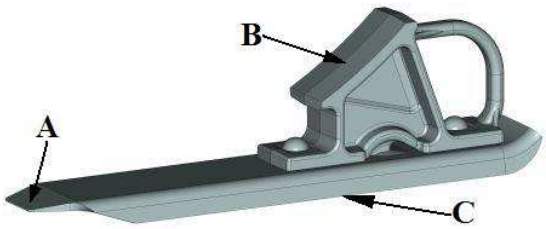
Taigi jei $T_2 > T_1$, tai ratas, judėdamas su ratstabdžiu, užsifiksuoja ir čiuožia bėgiais, o jei $T_2 < T_1$, tai ratas prasisuka, taip išvengdamas pagrindinio aširačio defekto – iščiuožos.

Galime daryti išvadą, kad norint išvengti iščiuožos susidarymo, formuojant sastatą yra du būdai:

1. Sukurti papildomas jėgas, kurios būtų nukreiptos priešinga rato judėjimo kryptimi. Šitaip būtų didindamas sukimosi momentas, kuris gerintų rato prasisukimą.
2. Sumažinti trintį kontaktiniuose paviršiuose tarp rato ir stabdžių trinkelės, taip sumažinant laiką, kai ratas čiuožia.

2.4 Eksperimento planavimas

1. Stabdžių trinkelės padą iš viršaus (23 pav. A) ir stabdžių atramą (B) aplydyti antifrikcine danga, kuri turėtų leisti ratams prasisukti, o ne slysti bėgių paviršiumi.
2. Stabdžių trinkelės padą iš apačios (C) aplydyti danga, kuri leistų trinkelei galėtų kryptingai slysti.
3. Atlikti vizualinę apžiūrą po aplydymo (Vizualinis įvertinimas atliekamas vadovaujantis standartu LST EN ISO 17637:2011) (Standartas... 2011).
4. Aplydymo defektai nustatyti vadovaujantis standartu LST EN ISO 6520 – 1: 2007 (Standartas... 2007).
5. Aplydžius ratstabdžius, eksperimentiškai juos išbandyti Panerių geležinkelio stotyje ir nustatyti, ar dangos atitinka keliamus reikalavimus.
6. Po atlikto eksperimento atlikti vizualinę apžiūrą.
7. Atlikti neardomąjį siūlių bandymą skvarbiaisiais dažalais. (Bandymas atliekamas pagal LST EN ISO 23277:2006) (Standartas... 2006).



23 pav. Stabdžių trinkelė: A – ratstabdžio padas iš viršaus, B – ratstabdžio atrama, C – padas iš apačios

2.5 Naudojamas aplydymo būdas

Išnagrinėjus pagrindinius aplydymo procesus, tiriamajame magistriniame darbe panaudoti du būdai:

1 būdas – rankinis elektrolankinis. Šis aplydymo būdas taikytas ratstabdžių padų iš apačios aplydymui. Tai vienas iš mažiausio našumo būdų, tačiau kadangi buvo aplydoma tik 2 ratstabdžius, tai nesukėlė didelės reikšmės. Svarbesni faktoriai, nulėmę šio būdo pasirinkimą, yra ekonomiškumas ir pakankamai geras dangos su pagrindiniu metalu sukibimas.

2 būdas – elektrolankinis aplydymas apsauginių dujų aplinkoje. Šis procesas taikytas stabdžių trinkelių aplydymui antifrikcine danga, aplydant ratstabdžių padus iš viršaus ir jų atramas. Šis būdas kaip ir pirmasis didžiąja dalimi buvo pasirinktas dėl aplydymo įrangos paprastumo, ekonomiškumo ir gero sukibimo.

Šių būdų techninių galimybių palyginimas yra pateikiamas 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Elektrolankinio rankinio ir elektrolankinio aplydymo apsauginių dujų aplinkoje techninių galimybių palyginimas.

Techninės galimybės / Aplydymo būdas	**Elektrolankinis rankinis aplydymas**	**Elektrolankinis aplydymas apsauginių dujų aplinkoje**
Vieno sluoksnio storis	1...3 mm	0,8...4 mm
Našumas	0,4...4 kg/h	1,56...4,4 kg/h
Kietumas	25...63 HRC	20...62 HRC
Sukibimas	500 MPa	550 MPa
Deformacija	didelė	didelė
Patvarumo mažėjimas	30 %	15 %
Detalės metalo kiekis apvirintame sluoksnyje	20...40 %	12...45 %

2.6 Naudojamos medžiagos

1. 7 ratstabdžiai, kurių padai yra pagaminti iš konstrukcinio plieno S235JR, o atramos – iš liejamojo plieno G21Mn5 (LST EN 10027-1) (24 pav.). Jų matmenys 503,00 x 98,00 x 147,50 mm (Башмак...2012). Cheminės sudėtys pateikiamos 2.3 lentelėje.
2. Elgaloy Hard 30 – aplydymui skirti elektrodai su baziniu glaistu, kurių skersmuo 4 mm. Prilydytas metalas turi martensitinę struktūrą, kietumas apie 35 HRC. Prilydytas metalas vidutiniškai atsparus dilimui, labai atsparus smūgiams, mechaniškai apdirbamas. Metalo prilydymo koeficientas: 120 %. Prilydyto metalo cheminė sudėtis pateikiama 2.4 lentelėje (Kemppi pro.2004).
3. Suvirinimo viela OK Autrod 19.30 (EN 14640: SCu6560 (CuSi3Mn1)). Prilydytos bronzos danga pasižymi aukštomis mechaninėmis savybėmis, atsparumu korozijai ir dilimui, antifrikcinėmis savybėmis. Naudotos vielos skersmuo 1 mm. Vielos cheminė sudėtis pateikiama 2.5 lentelėje (OK Autrod...2012).
4. Skvarbiųjų dažalų komplektas (Weld crack detection), kuriuos sudaro: valiklis, skavarbieji dažalai ir ryškalas. Šio komplekto nuotrauka pateikiama 25 paveiksle.



24 pav. Ratstabdis su nurodytais metalais.

2.3 lentelė. Plienų S235JRG2 ir G21Mn5 cheminė sudėtis (Сталь ВСт3пс. 2012 ir Сталь 20ГЛ. 2012).

%	S235JR	G21Mn5
Mn %	0,40 – 0,65	1,20 – 1,60
Ni %	< 0,30	-
Cu %	< 0,30	-
Cr %	< 0,30	-
C %	0,14 – 0,22	0, 15 – 0,25
Si %	0,05 – 0, 17	0,20 – 0,40
As %	< 0,08	-
P %	< 0,04	< 0,04
S %	< 0,05	< 0,04

2.4 lentelė. Prilydyto metalo cheminė sudėtis pagal svorį

C %	Mn %	Cr %	Fe%
0,12	1,0	3,0	Likusi dalis

2.5 lentelė. Vielos CuSi3Mn1 cheminė sudėtis

Si %	Mn %	Sn %	Zn %	Fe %	Cu %
3,4	1, 1	< 0,2	< 0,2	< 0,3	>94



25 pav. Skvarbiųjų dažalų komplektas, kurį sudaro: valiklis, dažalai ir ryškalas

2.7 Naudojama įranga

Stabdžių trinkelių aplydymui bronzos danga, naudojame Kemppi PRO EVOLUTION 3200 (26 pav.). Ratstabdžio pado iš apačios aplydymui Elgaloy Hard 30 elektrodais, naudojame Kemppi MasterTig MLS™ suvirinimo šaltinį (27 pav.). Abiejų suvirinimo šaltinių techninės charakteristikos pateikiamos 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Kemppi PRO EVOLUTION 3200 ir Mastertig MLS™ 2300 AC/DC techninės charakteristikos (Kemppi pro. 2004 ir Mastertig AC/DC. 2004).

Rodikliai	**PRO 3200**	**Mastertig MLS™ 2300 AC/DC**
Tinklo įtampa	400 V	230 V
Apkrovimas:		
40% AT	-	180 A
60% AT	-	150 A
100% AT	320 A	130 A
Prijungimo kabelis / saugiklis inertinis	4 x 2,5 S – 5m / 25A	3 x 2,5 S mm^2 -3,3 m / 16 A
Suvirinimo srovė:		
MMA	10A …320A	10A... 180A
TIG	5A…320A	3A… 230A
MIG	12V…37V	-
Maksimali suvirinimo įtampa	46V / 300A	32V / 180A (MMA)
Vielos / elektrodo skersmuo	Ø 0.6... 2.4 mm	Ø1,5…4,0 mm
Tuščios eigos įtampa	65V	50 V
Tuščios eigos galia	< 75W	5 W (TIG) 180 W (MMA)
Naudingumo koeficientas	85 %	80 %
Galios nustatymo koeficientas	0,90	0,99
Matmenys: ilgis x plotis x aukštis, mm	530 x 230 x 1000	410 x 180 x 390
Svoris	59 kg	15 kg



26 pav. Suvirinimo šaltinis Kemppi PRO EVOLUTION 3200



27 pav. Suvirinimo šaltinis Kemppi Mastertig MLS^{TM} 2300 AC/DC

2.8 Pasiruošimas bandymams

Ruošiantis bandymams, ratstabdžių paviršiai nuvalomi nuo nešvarumų.

Dvi stabdžių trinkeles buvo aplydytos iš apačios Elgaloy Hard 30 elektrodais (28 pav.).

Norint išvengti metalo susimaišymo, aplydymo metu naudota nuolatinė atvirkščio poliškumo srovė, nes aplydant nuolatine tiesioginio poliškumo srove gaunamas didesnis įvirinimas. Kintamoji srovė yra tarpinis variantas.

Naudota:

- suvirinimo srovė 150 A;
- įtampa 20 V.



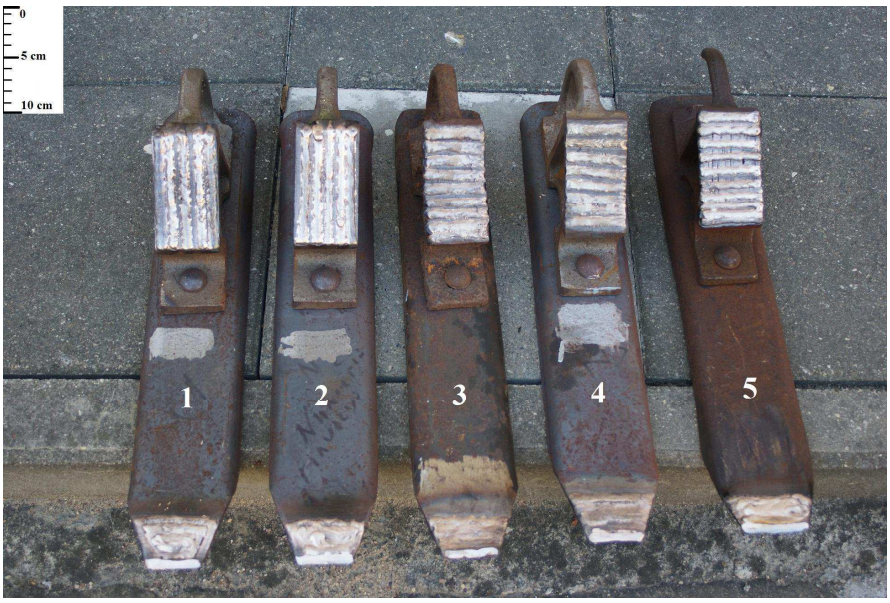
28 pav. Stabdžių trinkelių padai aplydyti iš apačios

Kitų penkių stabdžių trinkelių kontaktiniai paviršiai su ratu aplydyti CuSi3 danga. Ši bronzos danga pasižymi aukštomis mechaninėmis savybėmis, atsparumu korozijai ir dilimui bei antifrikcinėmis savybėmis.

Naudota:

- srovė – 90A ;
- srovė – 120 A;
- įtampa – 18V;
- suvirinimo srovės rūšis - nuolatinė (DC) tiesioginio poliškumo.

Trijų ratstabdžių kontaktinės vietos su aširačiu buvo aplydytos horizontaliomis siūlėmis (30 pav.), o likusių dviejų – vertikaliomis (31 pav.). Visi penki ratstabdžiai pateikiami 27 paveiksle.

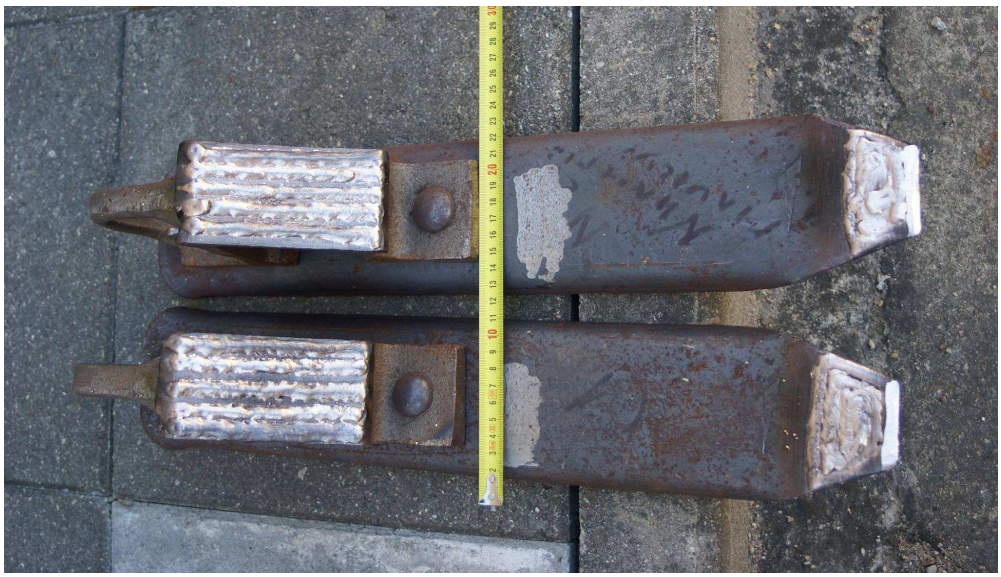


29 pav. Ratstabdžiai, aplydyti bronza

Ratstabdis Nr. 4 buvo aplydomas naudojant 120 A srovę, tačiau pamačius kad aplydomas metalas pernelyg daug maišosi su pagrindiniu metalu ir įsisvirina per giliai, kitus ratstabdžius aplydėme naudojant 90 A srovę. Ratstabdis kuris buvo aplydomas 120 A srove yra pateikiamas 32, 33 ir 34 paveiksluose. O ratstabdis, kuris buvo aplydomas mažesne srove, pateikiamas 35, 36 ir 37 paveiksluose.



30 pav. Ratstabdžiai (3 ir 4), kurių kontaktinis paviršius su aširačiu, aplydyti horizontaliai



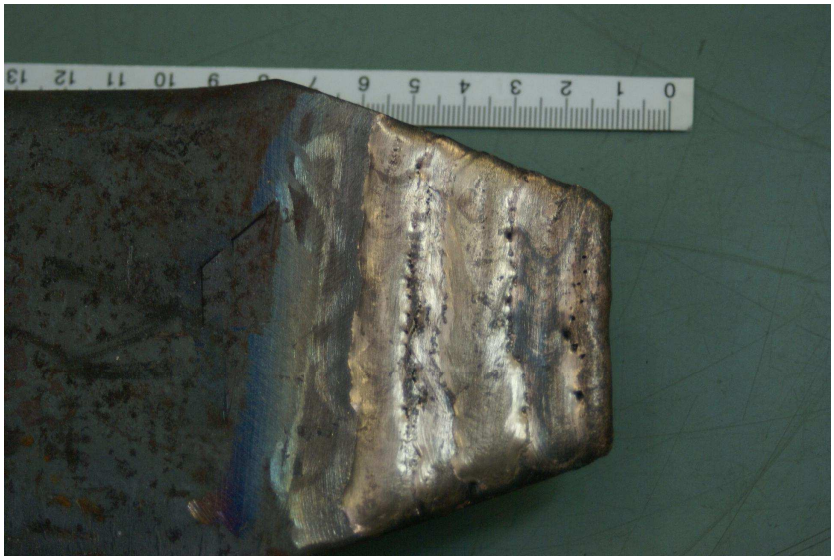
31 pav. Ratstabdžiai (1 ir 2), kurių kontaktinis paviršius su aširačiu, aplydyti vertikaliai



32 pav. Ratstabdžio (Nr. 4) aplydyta atrama iš šono



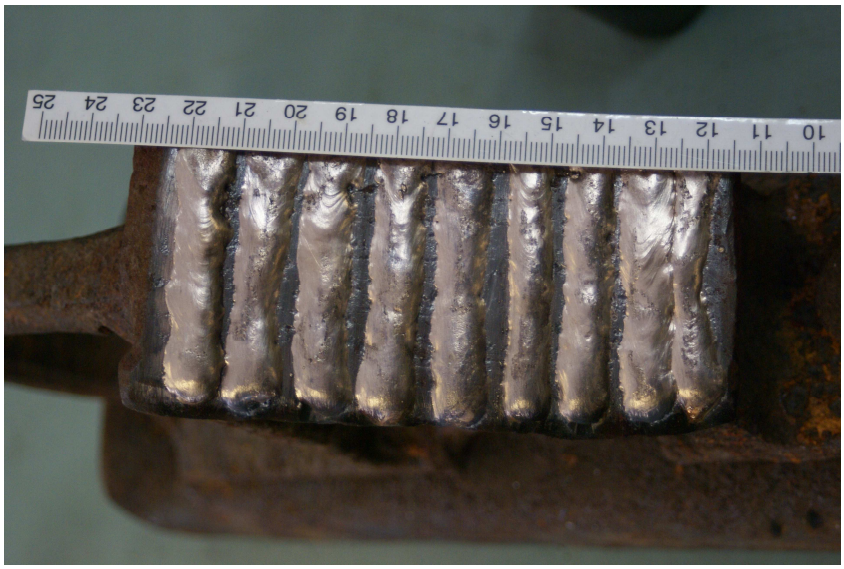
33 pav. Ratstabdžio (Nr. 4) aplydyta atrama iš viršaus



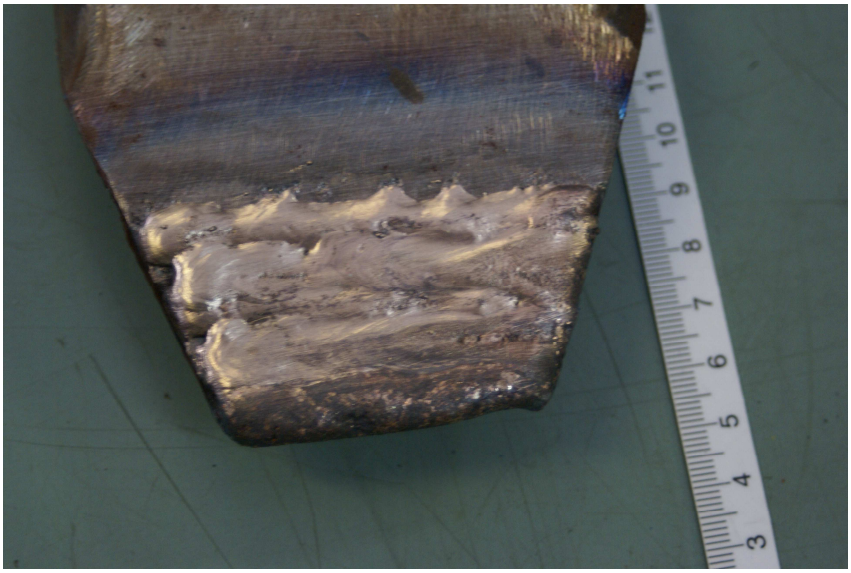
34 pav. Aplydytas ratstabdžio (Nr. 4) pado kontaktinis paviršius, iš viršaus



35 pav. Ratstabdžio (Nr. 3) aplydyta atrama iš šono



36 pav. Ratstabdžio (Nr. 3) aplydyta atrama iš viršaus



37 pav. Aplydytas ratstabdžio (Nr. 3) pado kontaktinis paviršius, iš viršaus

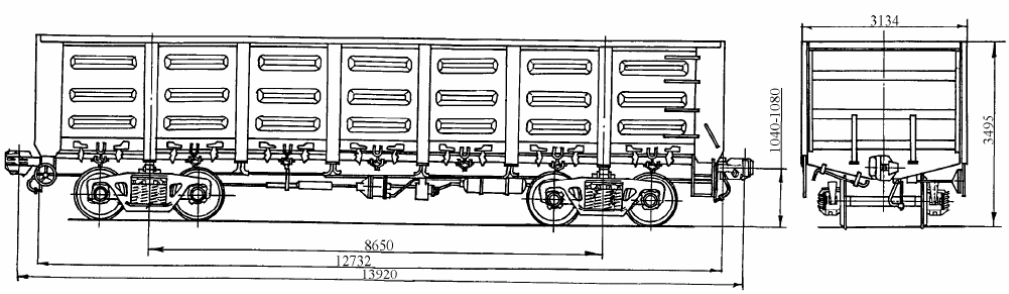
Aplydyti ratstabdžiai paruošti natūriniams bandymams. Po aplydymo buvo atlikta vizualinė apžiūra, vadovaujantis standartu LST EN ISO 17637:2011. Buvo pastebėtos plika akimi matomos poros ir pradeginimai. Paviršinės poros gerai matomos 34, o pradeginimai – 37 paveiksle.

2.9 Natūrinių bandymų eiga ir rezultatai

I Bandymų etapas

Šis bandymas buvo atliekamas, naudojant ratstabdžius, kurių padai aplydyti iš apačios, metalu, kuris turėtų leisti stabdžių trinkelei kryptingai slysti bėgių paviršiumi bei prailginti jų tarnavimo laiką.

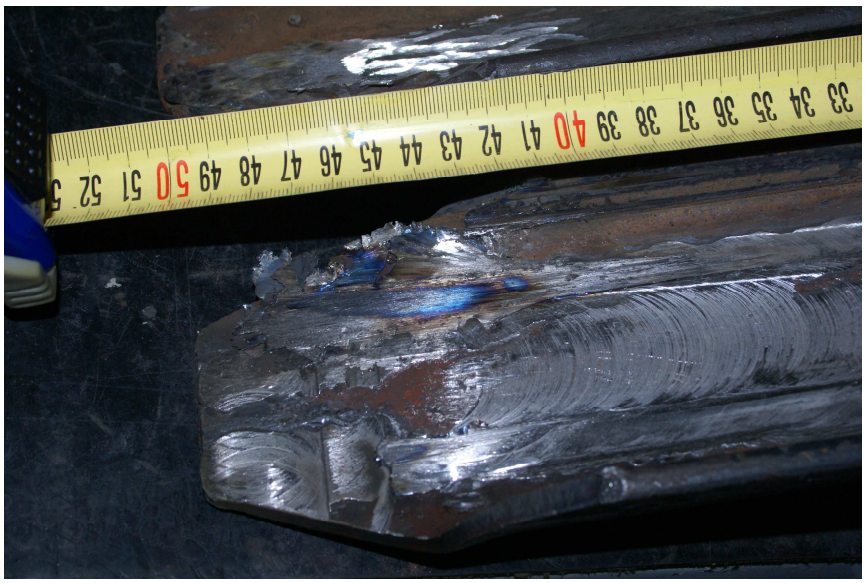
Suformuotas trijų tuščių pusvagonių sąstatas. Šios rūšies vagonas pavaizduotas 38 pav. Vieno vagono svoris 24.5 tonos, kalnelio pasvirimo kampas - 15.6 ‰, sąstato greitis 7 km/h. Bandymo metu buvo panaudoti abu aplydyti ratstabdžiai (Nr. 1 ir 2). Ratstabdžių nuotraukos po bandymo pateikiamos 39, 40, 41 ir 42 paveiksluose.



38 pav. Pusvagonis



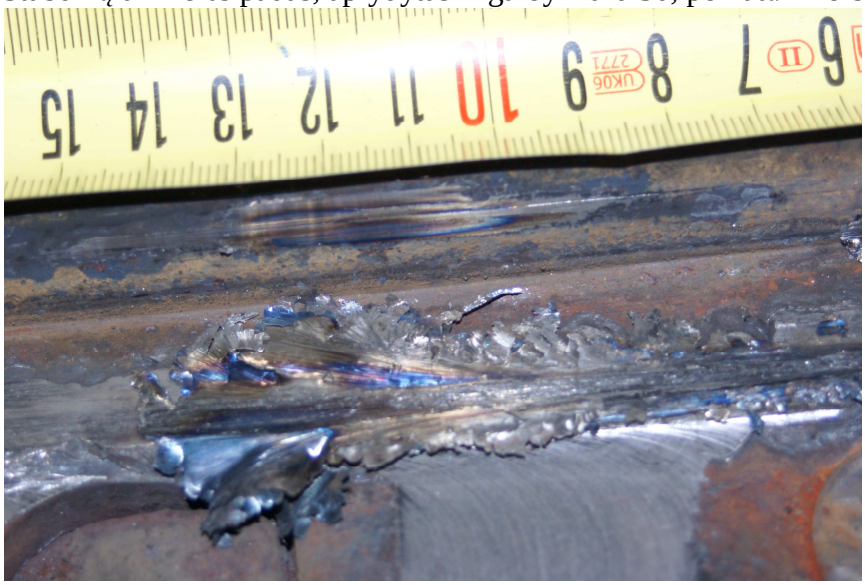
39 pav. Stabdžių trinkelių padai, aplydyti Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo



40 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo



41 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo



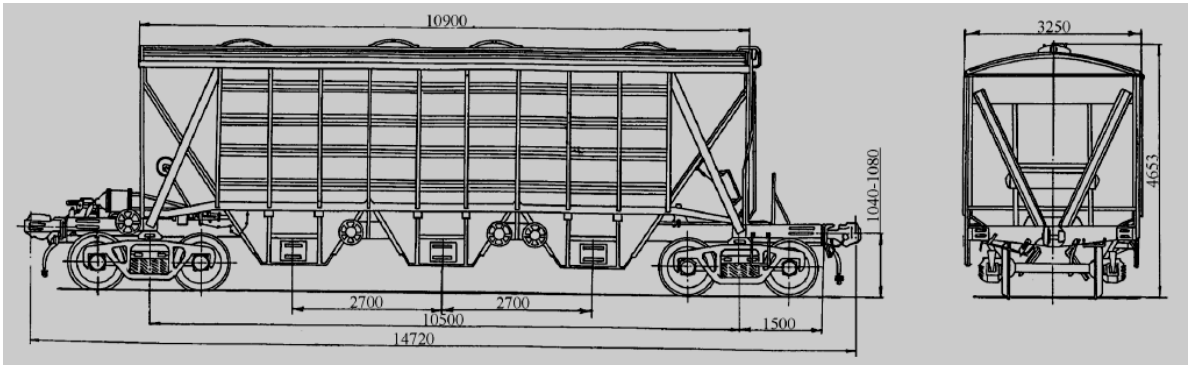
42 pav. Stabdžių trinkelės padas, aplydytas Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo

Iš pateiktų pirmo bandymų etapo paveikslų, matyti, kad ratstabdžio pado aplydymas Elgaloy Hard 30 elektrodais nepasiteisino. Ratstabdis buvo apkrautas pernelyg didelėmis apkrovomis, kas lėmė negrįžtamas aplydyto metalo plastines deformacijas.

II Bandymų etapas

1 bandymas.

Šis bandymas buvo atliekamas stabdant šešis biralinius vagonus. Šios rūšies vagonas pavaizduotas 43 pav. Vieno vagono svoris 22 tonos; kalnelio pasvirimo kampas – 15.6‰; sąstato greitis 5 km/h. Pirmojo bandymo metu buvo panaudoti keturi ratstabdžiai (Nr. 2, 3, 4 ir 5). Ratstabdžio Nr. 3 nuotraukos pateikiamos 44, 45 ir 46 paveiksluose.



43 pav. Biralinis vagonas



44 pav. Ratstabdis Nr 3. po pirmojo natūrinio bandymo



45 pav. Ratstabdžio Nr 3. atrama po pirmojo natūrinio bandymo



46 pav. Ratstabdis Nr. 2 stabdymo vietoje

Po antrojo bandymų etapo, pirmo bandymo, matyti, kad ratstabdžio bronzos danga, apkrovas atlaikė pakankamai gerai. Ant dangos nepastebima didelių pakitimų, išskyrus nežymų apsitrynimą.

2 bandymas.

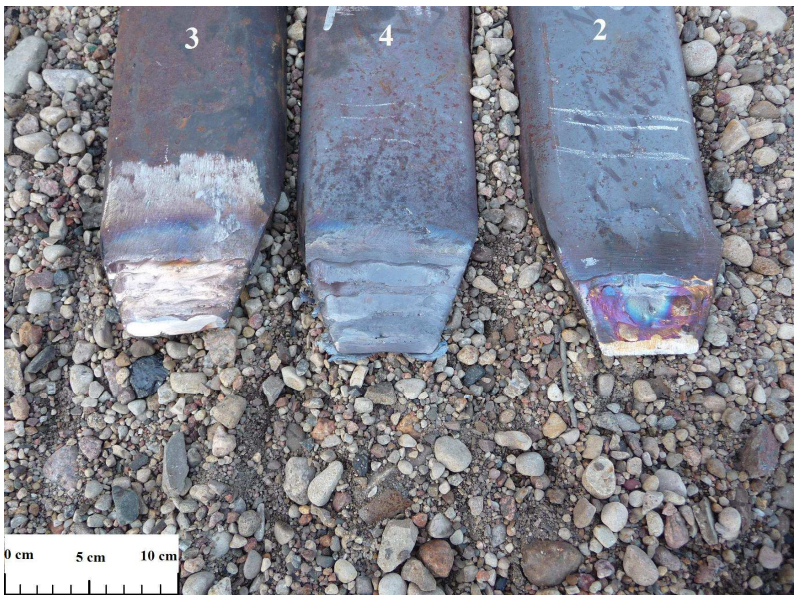
Šis bandymas buvo atliekamas stabdant penkis pusvagonius. Vieno vagono svoris 24.5 tonos, kalnelio pasvirimo kampas - 15.6 ‰, sąstato greitis 5 km/h. Antrojo bandymo metu buvo panaudoti tai pat keturi ratstabdžiai (Nr. 2, 3, 4 ir 5). Ratstabdžio Nr. 2, 3 ir 4 nuotraukos pateikiamos 47, 48, 49 ir 50 paveiksluose.



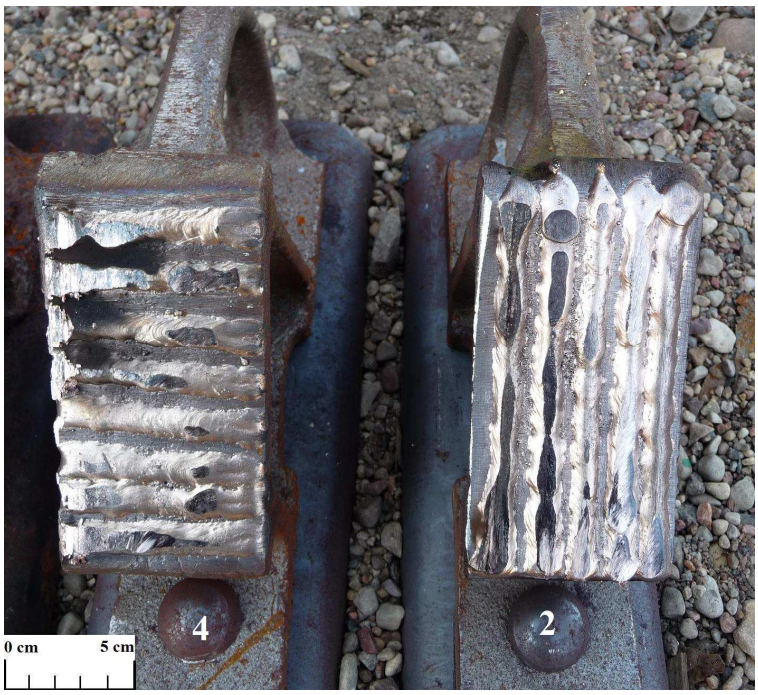
47 pav. Ratstabdžiai Nr 2, 3 ir 4 po antrojo natūrinio bandymo



48 pav. Ratstabdžių Nr 2, 3 ir 4 atramos po antrojo natūrinio bandymo



49 pav. Ratstabdžių Nr 2, 3 ir 4 padų kontaktinis paviršius, po antrojo natūrinio bandymo



50 pav. Ratstabdžių Nr 2 ir 4 atramos iš arti, po antrojo natūrinio bandymo

Kaip matyti 47, 48, 49 ir 50 paveiksluose, po antrojo bandymų etapo, antrojo bandymo, bronzos danga apsitrynė gerokai daugiau, tačiau kitų defektų nepastebime.

3 bandymas.

Šis bandymas buvo atliekamas stabdant šešis biralinius vagonus, todėl visi parametrai tokie patys kaip ir atliekant pirmąjį bandymą. Trečiojo bandymo metu buvo panaudoti keturi ratstabdžiai (Nr. 1, 2, 3 ir 5). Ratstabdžių Nr. 1, 2 ir 3 nuotraukos pateikiamos 51, 52, 53 ir 54 paveiksluose.



51 pav. Ratstabdžiai Nr 1, 2 ir 3 po trečiojo natūrinio bandymo



52 pav. Ratstabdžio Nr 3 atrama iš arti, po trečiojo natūrinio bandymo



53 pav. Ratstabdžio Nr 3 pado kontaktinis paviršius, po trečiojo natūrinio bandymo

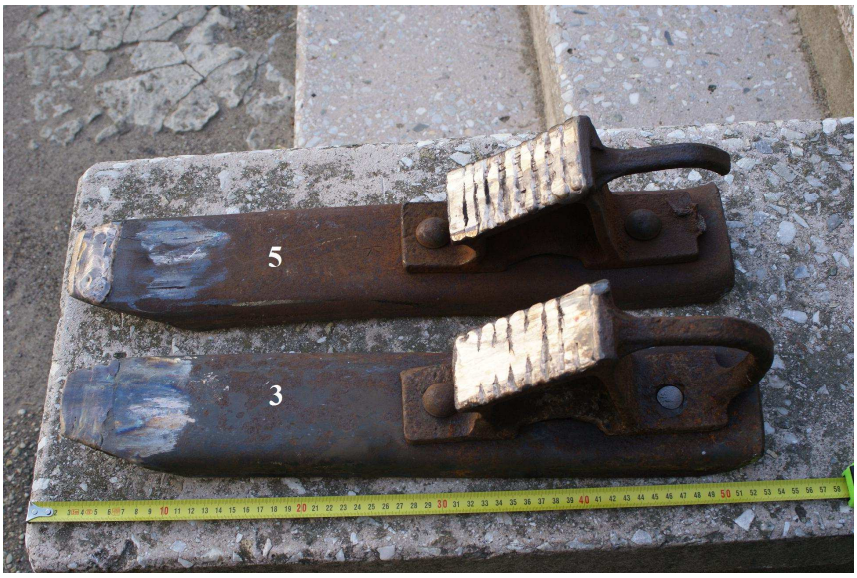


54 pav. Ratstabdis Nr. 5 stabdymo vietoje

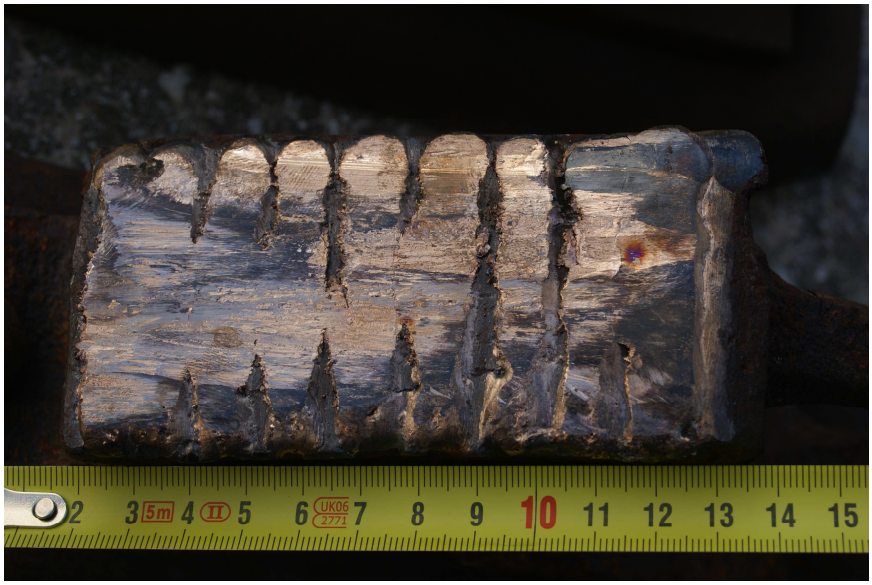
Po antrojo bandymų etapo, trečiojo bandymo, matyti, kad ratstabdžio bronzos danga, dar daugiau apsitrynė, tačiau nei dangos įtrūkimų nei paviršiaus atsisluoksniavimo nesimato. Galima prieiti prie išvados, kad bronzos danga apkrovas atlaikė pakankamai gerai.

Natūrinių bandymų rezultatai pateikiami filmuotoje medžiagoje, kurioje matosi, kad sąstatui riedant 5–6 km/h greičiu, ratas vis dėlto užsiblokuoja ant stabdžio trinkelės, o kitas aširačio ratas čiuožia bėgių paviršiumi. Tačiau, kai sąstato greitis sumažėja, aširatis ima prasisukinėti, taip išvengdamas pagrindinės aširačių defektų priežasties.

Po bandymų etapo, ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 buvo palikti dviem savaitėms traukinių stotyje, kur buvo nuolat naudojami. Norėta įsitikinti, kad dangoje, net po daugelio kartų naudojimo neatsiras didelių pakitimų. Ratstabdžiai, aplydyti bronza, po dviejų savaičių naudojimo pateikiami 55, 56, 57, 58 ir 59 paveiksluose.



55 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5, aplydyti bronza, po dviejų savaičių naudojimo



56 pav. Ratstabdžio Nr. 3 atrama po dviejų savaičių naudojimo



57 pav. Ratstabdžio Nr. 5 atrama po dviejų savaičių naudojimo



58 pav. Ratstabdžio Nr. 3 pado kontaktinis paviršius su ratu po dviejų savaičių naudojimo



59 pav. Ratstabdžio Nr. 5 pado kontaktinis paviršius su ratu po dviejų savaičių naudojimo

Po nuolatinio ratstabdžių naudojimo iš pateiktų 55, 56, 57, 58 ir 59 paveikslų matyti, kad danga yra stipriai apsitrynusi, tačiau paviršiaus atsisluoksniavimo plika akimi nesimato.

III Bandymų etapas

Norint įsitikinti, kad didelių defektų dangoje neatsirado, atliktas neardomasis siūlių tyrimas skvarbiaisiais dažalais. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 po dviejų savaičių nuolatinio naudojimo, buvo apipurkšti ESAB skvarbiųjų dažalų komplektu. Komplektą sudaro: valiklis, skvarbieji dažalai ir ryškalas.

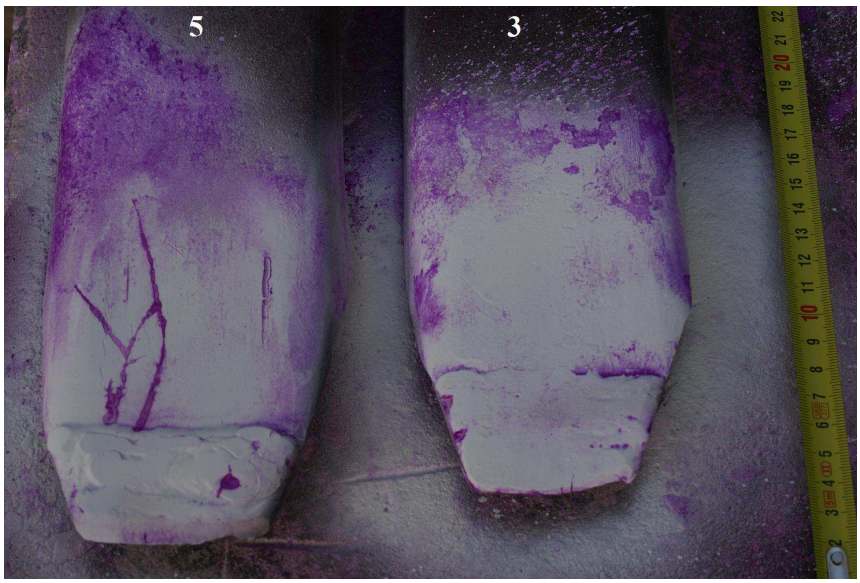
Bandymo fotografijos pateikiamos 60, 61 ir 62 paveiksluose.



60 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 apipurkšti skvarbiaisiais dažalais



61 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 apipurkšti ryškalu



62 pav. Ratstabdžių Nr. 3 ir 5 padų kontaktinis paviršius su ratu, apipurkšti ryškalu

Iš pateiktų tyrimų rezultatų, matyti, kad dangoje matomi tik nežymus defektai, kurie buvo pastebimi ir prieš atliekant natūrinius bandymus. Matomos paviršinės poros, bei pradeginimas. Taip pat matyti atsiradusius įtrūkimus ant ratstabdžio pado. Galima svarstyti, kad jei ratstabdžio pado kontaktinį paviršių su ratu, aplydžius didesnį plotą, šių ratstabdžio įtrūkimų būtų galima išvengti. Tačiau turint galvoje, kad vidutinis ratstabdžio tarnavimo laikas yra du mėnesiai, galima daryti prielaidą, kad danga turėtų atlaikyti jo naudojimo laiką.

IŠVADOS

1. Stabdžių trinkelės pado aplydymas iš apačios elektrodais Elga Hard 30 nepasiteisino. Dėl didelių kontaktinių apkrovų (didelės trinties jėgos) siūlės metalas perkaisdavo ir plastiškai deformuodavosi.
2. Paviršiaus aplydymas bronza turi būti atliekamas įvedant kuo mažesnį energijos (šilumos) kiekį, kad siūlės metalas nesimaišytų ir nepablogintume prilydytos siūlės charakteristikų.
3. Ratstabdžio kontaktinio paviršiaus su aširačiu aplydymas bronzos CuSi3 danga pasiteisino iš dalies. Filmuotoje medžiagoje matoma, kad kai sąstatas rieda 5–6 km/h greičiu, ratas vis dėlto užsiblokuoja ant stabdžio trinkelės, o kitas aširačio ratas čiuožia bėgių paviršiumi. Tačiau, kai sąstato greitis sumažėja, kartu sumažėja ir spaudimo jėga į ratstabdį. Tuomet, kaip matyti medžiagoje, aširatis ima prasisukinėti, taip išvengdamas pagrindinės aširačių defektų priežasties.
4. Nustatyta, kad ratstabdžių aplydymo kryptis (horizontaliai ar vertikaliai) neturi įtakos ratų prasisukimui, nes tiek su vienos rūšies ratstabdžiais, tiek su kitos, buvo pamatyti teigiami rezultatai.
5. Panaudojus ratstabdžius dvi savaites ir atlikus neardomąjį siūlių tyrimą skvarbiaisiais dažalais dangoje naujų defektų nepastebėta, todėl galima daryti prielaidą, kad aplydyta danga tarnaus ratstabdžio naudojimo laiką.

LITERATŪRA

1. Elgaloy Hard 30 [interaktyvus]. 2004. UAB „Vingis“ [žiūrėta 2012 m. kovo 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.suvirinimas.lt/index.php?cid=849>.
2. GERDŽIŪNAS, P., PLAKYS, V. *Bendrieji akademinių darbų įforminimo reikalavimai*. V.: Technika, 2007.
3. HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF TFE ARMY. 1993. *Welding Theory & Application. Reporting errors and recommending improvements* [interaktyvus]. Waschington. [žiūrėta 2011m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.scribd.com/doc/7262970/Welding-Theory-and-Application.
4. JUODELIS, V.; BENDIKAS, J.; VALIULIS, A. V. *Metalotyros pagrindai. Mokomoji knyga 2 – asis pataisytas ir papildytas leidimas.* V.: Technika. 2004.
5. *Kemppi pro* [interaktyvus]. 2004. UAB „Vingis“ [žiūrėta 2012 m. gegužės 8 d.). Prieiga per internetą: <http://www.suvirinimas.lt/index.php?cid=161>
6. *Mastertig AC/DC* [interaktyvus]. 2004. UAB „Vingis“ [žiūrėta 2012 m. gegužės 8 d.).Prieiga per internetą: <http://www.suvirinimas.lt/index.php?cid=894>.
6. OK Autrod 19.30. 2012 [interaktyvus].ESAB Holdings Ltd [žiūrėta 2012 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=169024>
7. Standartas LST EN ISO 23277 : 2006 Neardomieji virintinių siūlių bandymai. Siūlių bandymas skvarbiaisiais dažalais. Priėmimo lygmenys.
8. Standartas LST EN ISO 6520 – 1 : 2007. Suvirinimas ir panašūs procesai. Metalų suvirinimo geometrinių defektų klasifikavimas. 1 dalis. Lydomasis suvirinimas.
9. Standartas LST EN ISO 17637:2011. Virintinių siūlių neardomieji bandymai. Lydomojo suvirinimo jungčių apžiūrimasis tikrinimas.
10. Straipsnis iš elektroninio žurnalo: „Suvirinimas“ žurnalas apie suvirinimo technologijas ir medžiagas. *Apvirinimas.* Nr.1(7) 2007 m. (12 - 16 psl.)
11. Straipsnis iš elektroninio žurnalo: „Suvirinimas“ žurnalas apie suvirinimo technologijas ir medžiagas. *Suvirinimas atliekant remonto ir techninės priežiūros darbus*. Nr(2) 2001 m. (7 - 8 psl.)
12. TAMULEVIČIUS, S.; VILYS, J.; GRIGALIŪNAS, V.; MEŠKINIS, Š.; GUOBIENĖ, A. *Paviršiaus inžinerija ir nanotechnologijos. Mokomoji knyga*. K.: Vitae Litera. 2007.
13. VIŠNIAKAS, I. *Metalų apvirinimas, paviršių restauravimas*. V.: Technika. 2008.
14. ZMĖJAUSKAS, A.; ADOMAITIS, V. *Saugaus traukinių eismo atmintinė.* Radviliškis. 2011.

15. А. А. Лашко. *Применение модернизированных тормозных башмаков для предупреждения повреждений колес вагонов на сортировочных горках*. Украин. 2010.
16. Башмак тормозной горочный 8739.00, Днепродзержинск [interaktyvus]. 2012. Prieiga per internetą: < http://www.ua.all.biz/g820507 > (žiūrėta 2012 04 23)
17. *Сталь ВСт3пс (3пс) - характеристика, химический состав, свойства, твердость*. 2012 [interaktyvus]. ООО "Спецметаллсервис" [žiūrėta 2012 m. gegužės 5 d.]. *Prieiga per internet*ą: <http://s-metall.com.ua/index/stal_vst3ps_3ps/0-382>
18. *Сталь 20ГЛ - характеристика, химический состав, свойства, твердость*. 2012 [interaktyvus]. ООО "Спецметаллсервис" [žiūrėta 2012 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://s-metall.com.ua/index/stal20gl/0-837>.

PLIENINIŲ PAVIRŠIŲ ATKŪRIMO APLYDANT TYRIMAS

Gintarė Dirmeikytė[1]**, Irmantas Gedzevičius**[2]
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: [1]ertinga@yahoo.com; [2]irmantas@vgtu.lt;

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjamos trys pagrindinės traukinio sąstato formavimo naudojant ratstabdžius problemos. Pirmoji problema – nekontroliuojamas ratstabdžio čiuožimas bėgiais, antroji – ratstabdžių trumpaamžiškumas. Trečioji nagrinėjama problema – dėl aširačio užsiblokavimo atsirandančios iščiuožos ant ratų paviršių. Bandant išvengti pirmųjų dviejų problemų, ratstabdžio kontaktinis paviršius su bėgiais buvo aplydytos mažaanglio plieno danga. Ši danga turėjo užtikrinti kryptingą stabdžio trinkelės čiuožimą bėgių paviršiumi.

Siekiant ratų prasisukimo, kad būtų išvengta trečiosios problemos, ratstabdžio kontaktinis paviršius su aširačiu buvo aplydytas antifrikcine bronzos danga.

Atlikti natūriniai bandymai parodė, kad aplydymas mažaangliu plienu nepasiteisino dėl veikiančių didelių apkrovų, siūlės metalas perkaisdavo ir plastiškai deformuodavosi. Aplydymas bronzos danga pasiteisino iš dalies, nes kai sąstatas rieda 5–6 km/h greičiu, ratas vis dėlto užsiblokuoja ant stabdžio trinkelės, o kitas aširačio ratas čiuožia bėgių paviršiumi. Tačiau, kai sąstato greitis sumažėja, kartu sumažėja ir spaudimo jėga į ratstabdį. Tuomet aširatis ima prasisukinėti, taip išvengdamas pagrindinės aširačių defektų priežasties.

Reikšminiai žodžiai: aplydymas, ratstabdis, sąstatas, čiuožimas bėgiais, iščiuoža, bronzos danga, kontaktinis paviršius.

Įvadas

Aplydymas yra vienas iš suvirinimo variantų, kai gaminio paviršius aplydomas kitu metalu, susidarant bendram pagrindinio ir pridėtinio metalo ryšiui. Aplydymo būdas dažniausiai taikomas detalėms restauruoti ir sustiprinti. Darbinis paviršius čia padengiamas kito metalo sluoksniu, pasižyminčiu reikalingomis savybėmis.

Šiame straipsnyje aplydymas taikomas norint išvengti kelių sąstato formavimo ratstabdžiais problemų. Pirmoji problema yra ta, kad ratstabdis nekontroliuojamas čiuožia bėgių paviršiumi. Antroji – ratstabdžio trumpas tarnavimo laikas. Ir paskutinė, svarbiausia traukinio problema pasireiškia kuomet riedmenys atsirėmę į ratstabdį užsiblokuoja, o veikiamas inercijos vagonas toliau čiuožia bėgių paviršiumi. Tokiu atveju vienas ratas užlipa ant stabdžių trinkelės (ratstabdžio) ir čiuožia kartu su juo, o kitas ratas – čiuožia bėgio paviršiumi.

Kai aširatis ilgą laiką čiuožia bėgiais, veikiamas intensyvios trinties, išsiskiria daug šiluminės energijos, kurios temperatūra, rato paviršiuje gali siekti 720º. Kai temperatūra pakyla aukščiau austenizacijos taško, o vėliau greitai vėsta, austenitas su didesne anglies koncentracija (0,05 %) virsta martensitu. Tai nėra pageidaujamas reiškinys, nes trapios fazės susidarymas gali pakenkti aširačiui, sukeldamas ištrupėjimus bei iščiuožas .

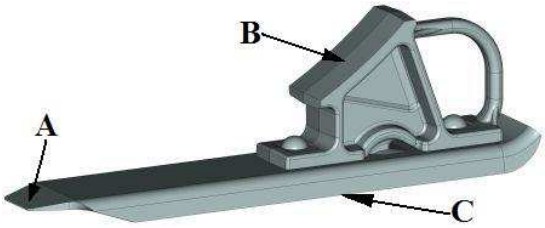
Darbo tikslai

Ištirti:

- ar stabdžių trinkelės aplydymas kitu metalu gali panaikinti aširačio pagrindinio defekto (iščiuožos) atsiradimą.
- ar ratstabdžio aplydymas gali prailginti jo tarnavimo laiką bei nevaldomą ratstabdžio slydimą bėgių paviršiumi.

Eksperimento planavimas

- Stabdžių trinkelės padą iš viršaus (1 pav. A) ir stabdžių atramą (B) aplydėme CuSi3Mn1 danga, kuri turėtų leisti ratams prasisukti, o ne slysti bėgių paviršiumi.
- Stabdžių trinkelės padą iš apačios (C) aplydėme danga, kuri leistų trinkelei galėtų kryptingai slysti ir prailgintų jo naudojimo laiką.



1 pav. Stabdžių trinkelė: A – ratstabdžio padas iš viršaus, B – ratstabdžio atrama, C – padas iš apačios

- Atlikta vizualinė siūlių apžiūra po aplydymo (Vizualinis įvertinimas atliktas vadovaujantis standartu LST EN ISO 17637:2011).
- Aplydymo defektai nustatyti vadovaujantis standartu LST EN ISO 6520 – 1: 2007
- Aplydyti ratstabdžiai, eksperimentiškai išbandyti Panerių geležinkelio stotyje ir nustatyta, ar dangos atitinka keliamus reikalavimus.
- Po atlikto eksperimento atlikta vizualinė siūlių apžiūra.
- Atlikti neardomieji siūlių bandymai skvarbiaisiais dažalais. (Bandymas atliekamas pagal LST EN ISO 23277:2006).

Pasiruošimas bandymams

Ruošiantis bandymams, ratstabdžių paviršiai nuvalomi nuo nešvarumų.

Dvi stabdžių trinkeles aplydėme iš apačios Elgaloy Hard 30 elektrodais (2 pav.). Tai aplydymui skirti elektrodai su baziniu glaistu. Prilydytas metalas turi martensitinę struktūrą, kietumas apie 45HRC.

Naudotas suvirinimo šaltinis: Kemppi MasterTig MLS™ 2300 ACDC, srovė – 150A , įtampa - 20V, suvirinimo rūšis - DC. Naudoto elektrodo skersmuo 4 mm.

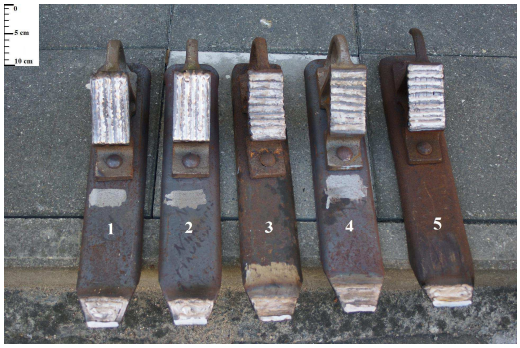


2 pav. Stabdžių trinkelių padai aplydyti iš apačios

Kitų 5 stabdžių trinkelių kontaktinius paviršius su ratu aplydėme CuSi3 danga. Ši bronzos danga pasižymi aukštomis mechaninėmis savybėmis, atsparumu korozijai ir dilimui bei antifrikcinėmis savybėmis.

Naudotas suvirinimo šaltinis: Kemppi PRO EVOLUTION 3200, srovė – 90A; 120 A, įtampa – 18V, suvirinimo rūšis - DC tiesioginio poliškumo. Naudotos vielos skersmuo 1 mm.

Trijų ratstabdžių kontaktines vietas su aširačiu, aplydėme horizontaliomis siūlėmis, o likusių dviejų – vertikaliomis. Visi penki ratstabdžiai pateikiami 3 paveiksle.



3 pav. Ratstabdžiai, aplydyti bronza

Ratstabdis Nr. 4 buvo aplydomas naudojant 120 A srovę, tačiau pamačius kad aplydomas metalas pernelyg daug maišosi su pagrindiniu metalu ir įsisvirina per giliai, kitus ratstabdžius aplydėme naudojant 90 A srovę.

Natūrinių bandymų eiga ir rezultatai

I. *Bandymų etapas*

Šis bandymas buvo atliekamas, naudojant ratstabdžius, kurių padai aplydyti iš apačios, metalu, kuris turėtų leisti stabdžių trinkelei kryptingai slysti bėgių paviršiumi bei prailginti jų tarnavimo laiką.

Suformuotas trijų tuščių pusvagonių sąstatas. Vieno vagono svoris 24.5 tonos, kalnelio pasvirimo kampas - 15.6 ‰, sąstato greitis7 km/h. Bandymo metu buvo panaudoti abu aplydyti ratstabdžiai (Nr. 1 ir 2). Ratstabdžių nuotrauka po bandymo pateikiamos 40 paveiksle.



4 pav. Stabdžių trinkelių padai, aplydyti Elgaloy Hard 30, po natūrinio bandymo

Iš pateiktų pirmo bandymų etapo paveikslų, matyti, kad ratstabdžio pado aplydymas Elgaloy Hard 30 elektrodais nepasiteisino. Ratstabdis buvo apkrautas pernelyg didelėmis apkrovomis, kas lėmė negrįžtamas aplydyto metalo deformacijas.

II. *Bandymų etapas*

1. Bandymas

Šis bandymas buvo atliekamas stabdant šešis biralinius vagonus. Vieno vagono svoris 22 tonos, kalnelio pasvirimo kampas – 15.6‰, sąstato greitis 5 km/h. Pirmojo bandymo metu buvo panaudoti keturi ratstabdžiai (Nr. 2, 3, 4 ir 5). Ratstabdžio Nr. 3 nuotrauka po bandymo pateikiama 5 paveiksle.



5 pav. Ratstabdis Nr 3. po pirmojo natūrinio bandymo

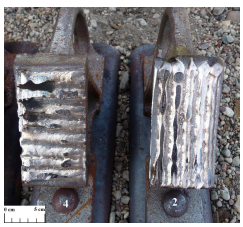
Po antrojo bandymų etapo, pirmo bandymo, matome, kad ratstabdžio bronzos danga, apkrovas atlaikė pakankamai gerai. Ant dangos nepastebima didelių pakitimų, išskyrus nežymų apsitrynimą.

2. Bandymas

Šis bandymas buvo atliekamas stabdant penkis pusvagonius. Vieno vagono svoris 24.5 tonos, kalnelio pasvirimo kampas - 15.6 ‰, sąstato greitis 5 km/h. Antrojo bandymo metu buvo panaudoti tai pat keturi ratstabdžiai (Nr. 2, 3, 4 ir 5). Ratstabdžio Nr. 2, 3 ir 4 nuotraukos pateikiamos 6 ir 7 paveiksluose.



6 pav. Ratstabdžiai Nr 2, 3 ir 4 po antrojo natūrinio bandymo



7 pav. Ratstabdžių Nr.2 ir 4 atramos iš arti, po antrojo natūrinio bandymo

3. Bandymas

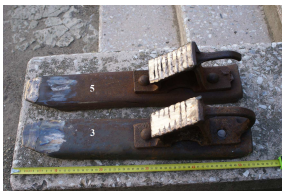
Šis bandymas buvo atliekamas stabdant šešis biralinius vagonus, todėl visi parametrai tokie patys kaip ir atliekant pirmąjį bandymą. Trečiojo bandymo metu buvo panaudoti keturi ratstabdžiai (Nr. 1, 2, 3 ir 5). Ratstabdžių Nr. 1, 2 ir 3 nuotrauka pateikiama 8 paveiksle.



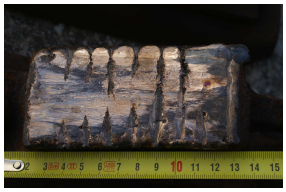
8 pav. Ratstabdžiai Nr 1, 2 ir 3 po trečiojo natūrinio bandymo

Po antrojo bandymų etapo, trečiojo bandymo, matome, kad ratstabdžio bronzos danga, dar daugiau apsitrynė, tačiau nei dangos įtrūkimų nei paviršiaus atsisluoksniavimo nesimato. Galima prieiti prie išvados, kad bronzos danga apkrovas atlaikė pakankamai gerai.

Po antrojo bandymų etapo, ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 buvo palikti dviem savaitėms traukinių stotyje, kur buvo nuolat naudojami. Norėjome įsitikinti, kad dangoje, net po daugelio kartų naudojimo neatsiras didelių pakitimų. Ratstabdžiai, aplydyti bronza, po dviejų savaičių naudojimo pateikiami 9 ir 10 paveiksluose.



9 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5, aplydyti bronza, po dviejų savaičių naudojimo



10 pav. Ratstabdžio Nr. 3 atrama po dviejų dviejų naudojimo

Po nuolatinio ratstabdžių naudojimo iš pateiktų 9 ir 10 paveikslų matome, kad danga yra stipriai apsitrynusi, tačiau paviršiaus atsisluoksniavimo plika akimi nesimato.

III. *Bandymų etapas*

Norėdami įsitikinti, kad didelių defektų dangoje neatsirado, atlikome neardomąjį siūlių tyrimą skvarbiaisiais dažalais. Ratstabdžius Nr. 3 ir 5 po dviejų savaičių nuolatinio naudojimo, apipurškėme ESAB skvarbiųjų dažalų komplektu. Komplektą sudaro: valiklis, skvarbieji dažalai ir ryškalas.

Bandymo fotografija pateikiama 11 paveiksle.



11 pav. Ratstabdžiai Nr. 3 ir 5 apipurkšti ryškalu

Iš pateiktų tyrimų rezultatų, matome, kad dangoje matomi tik nežymus defektai, kurie buvo pastebimi ir prieš atliekant natūrinius bandymus.

Matomos paviršinės poros, bei pradeginimas. Taip pat matome atsiradusius įtrūkimus ant ratstabdžio pado.

Išvados

1. Stabdžių trinkelės pado aplydymas iš apačios elektrodais Elga Hard 30 nepasiteisino. Dėl didelių kontaktinių apkrovų (didelės trinties jėgos) siūlės metalas perkaisdavo ir plastiškai deformuodavosi.
2. Paviršiaus aplydymas bronza turi būti atliekamas įvedant kuo mažesnį energijos (šilumos) kiekį, kad siūlės metalas nesimaišytų ir nepablogintume prilydytos siūlės charakteristikų.
3. Ratstabdžio kontaktinio paviršiaus su aširačiu aplydymas bronzos CuSi3 danga pasiteisino iš dalies. Filmuotoje medžiagoje matoma, kad kai sąstatas rieda 5–6 km/h greičiu, ratas vis dėlto užsiblokuoja ant stabdžio trinkelės, o kitas aširačio ratas čiuožia bėgių paviršiumi. Tačiau, kai sąstato greitis sumažėja, kartu sumažėja ir spaudimo jėga į ratstabdį. Tuomet, kaip matyti medžiagoje, aširatis ima prasisukinėti, taip išvengdamas pagrindinės aširačių defektų priežasties.
4. Nustatyta, kad ratstabdžių aplydymo kryptis (horizontaliai ar vertikaliai) neturi įtakos ratų prasisukimui, nes tiek su vienos rūšies ratstabdžiais, tiek su kitos, buvo pamatyti teigiami rezultatai.
5. Panaudojus ratstabdžius dvi savaites ir atlikus neardomąjį siūlių tyrimą skvarbiaisiais dažalais dangoje naujų defektų nepastebėta, todėl galima daryti prielaidą, kad aplydyta danga tarnaus ratstabdžio naudojimo laiką.

Literatūra

1. А. А. Лашко. *Применение модернизированных тормозных башмаков для предупреждения повреждений колес вагонов на сортировочных горках*. Украин. 2010.
2. Башмак тормозной горочный 8739.00, Днепродзержинск [interaktyvus]. 2012. Prieiga per internetą: < http://www.ua.all.biz/g820507 > (žiūrėta 2012 04 23)
3. Straipsnis iš elektroninio žurnalo: „Suvirinimas“ žurnalas apie suvirinimo technologijas ir medžiagas. *Suvirinimas atliekant remonto ir techninės priežiūros darbus*. Nr(2) 2001 m. (7 - 8 psl.)
4. Straipsnis iš elektroninio žurnalo: „Suvirinimas“ žurnalas apie suvirinimo technologijas ir medžiagas. *Apvirinimas.* Nr.1(7) 2007 m. (12 - 16 psl.)

RESEARCH OF STEEL SURFACE RENEWAL BY SURFACING

Gintarė Dirmeikytė, Irmantas Gedzevičius

Abstract

Thesis, we consider three main train formation using rail friction issues. The first problem - uncontrolled rail friction slide rails, the second - short-lived rail friction. The third issue arising from the - on the opposite wheels from locking, resulting flats on the wheel surface. Trying to avoid the first two problems, the contact surface of rail friction with the rails were alloyed low carbon steel surface. This had to brake pads directional skating track surface.

To revolve wheel to avoid the second problem of rail friction contact surface with the axles were alloyed bronze anti-friction coating.

Perform situ tests showed that the mild steel claddings failed due to running at high loads, weld metal and plastic deform overheat. Claddings bronze coating proved successful in part because the train rolls 5-6 km / h, however, blocked the wheel on the brake pads and the other wheel-set wheel tracks are moving surface. However, when the train speed decreases with a concomitant decrease in the force and pressure brake pads. Then take revolve axle, thereby avoiding the main axle defects cause.

Keywords: facing, brake pads, train formation of, slide rails , flats, bronze finish, the contact surface