

18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

BULDOZERIO VIKŠRINĖS VAŽIUOKLĖS SKIRTINGŲ VARANČIŲJŲ ŽVAIGŽDUČIŲ PATIKIMUMO TYRIMAS

Ernestas Krukauskas¹, Bronislovas Spruogis²

^{1, 2}Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹ernestas.krukauskas@stud.vgtu.lt; ²bronislovas.spruogis@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje aptariamas vikšrinio buldozerio važiuoklės skirtingų (originalios ir neoriginalios) varančiųjų žvaigždučių patikimumo tyrimas. Atliktas žvaigždučių segmentų ir varančiosios grandinės įvorės metalų kietumo nustatymas, pasinaudojant HARDNESS TESTER TH160 ir Zwick/Roell ZHU kietmačiais. Spekttrinės analizės principu, pasinaudojant lydinų analizatoriumi PMI-MASTER PRO, nustatyta abiejų segmentų ir įvorės cheminė sudėtis. Atliktas abiejų varančiųjų žvaigždučių segmentų dilimo tyrimas. Pateikiamos išvados.

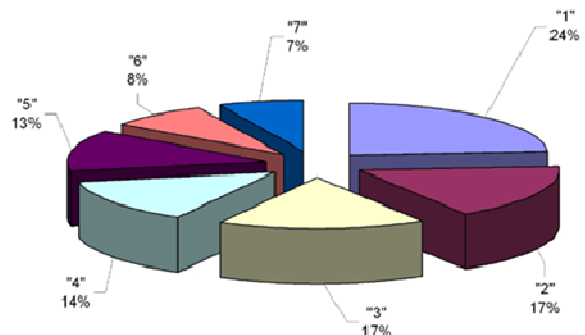
Reikšminiai žodžiai: vikšrinė važiuoklė, varančioji žvaigždutė, segmentas, dilimas, kietumas, cheminė sudėtis, patikimumas.

Įvadas

Patikimumas ypač aktualus kelių tiesimo, statybos, karjerinės technikos mašinoms, kurios dirba itin sunkiomis darbo sąlygomis (karštis, šaltis, dulkės, smėlis, vanduo, purvas). Buldozerio vikšrinės važiuoklės varančioji žvaigždutė yra vienas iš pagrindinių šios mašinos važiuoklės elementų. Šiam komponentui svarbiausia yra ilgaamžiškumo savybė, o būdingiausias gedimas yra dilimas, kuris vyksta visą žvaigždutės eksploatavimo laiką. Yra labai svarbu parinkti patikimą bei kokybišką gaminį šiam vikšrinės važiuoklės elementui. Tyrimo metu, iš dviejų skirtingų gamintojų vikšrinės važiuoklės varančiųjų žvaigždučių segmentų, amerikiečių gamybos 9,3 tonas sveriančiam vikšriniam buldozeriui yra parenkamas pats patikimiausias bei kainos atžvilgiu patraukliausias segmentas.

Kasybos mašinų vikšrinės važiuoklės eksploatuojamos labai atšiauriomis sąlygomis: didelis darbo krūvis, agresyvi aplinka. Šių sąlygų dėka intensyvėja važiuoklės komponentų plastinės deformacijos, abrazyvinis dilimas. Surinkti statistiniai duomenys parodė, jog daugiausia Lenkijos karjerinės technikos vikšrinės važiuoklės gedimų įvyksta dėl sugedusių palaikančiųjų ritinėlių, važiuoklės rėmų bei vežimėlių (1 pav.). (Sokolski P., Sokolski M. 2014).

Varančiųjų žvaigždučių tapimas netinkamoms eksploatacijai, sudaro tryliką procentų visų gedimų. Vikšrinės važiuoklės komponentų gamybai labai svarbu yra naudoti kokybiškas medžiagas, kurios nepadidintų ir taip brangios mašinos kainos ir būtų labai gerai eksploatuojamas.

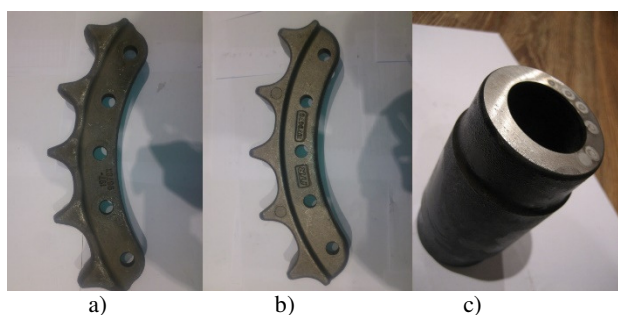


1 pav. Lenkijos karjerinės technikos vikšrinės važiuoklės elementų gedimų diagrama: 1 – atraminiai ritinėliai, 2 – važiuoklės rėmas ir vežimėlis, 3 – atraminė sija, 4 – varančioji grandinė, 5 – varančioji žvaigždutė, 6 – kreipiantieji ritinėliai, 7 – palaikantieji ritinėliai

Atsparumas dilimui yra viena iš pagrindinių vikšrinės važiuoklės elementų savybių – išlikti tinkamomis eksploatacijai. Todėl ypač svarbu gaminant gaminius, pasirinkti tinkamą metalo terminio apdirbimo būdą. Skirtingų rūšių plieno, turinčio vienodą kietumą, atsparumas dilimui yra nevienodas. Ištyrus aštuonių skirtingų plieno rūšių dilimo priklausomybę nuo jų kietumo, kuris buvo padidinamas bandinius skirtingai termiškai apdorojant, pastebėta, jog skirtingų rūšių plienai, turintys vienodą kietumą yra skirtingai atsparūs abrazyviniam dilimui. Taip pat, plieno priklausomybė tarp atsparumo trinčiai ir kietumo nėra tiesinė priklausomybė. (Sorokin, Malyshev 2012).

Dilimą atsparumui įtakoja ne tik metalo terminio apdirbimo būdai, medžiagos kietumas, bet ir legiruojančių elementų, kurie pagerina gaminio fizines savybes, kiekis metalė. (Muller, Hrabec 2013; Singla *et al.* 2011). Taip pat, tyrimais nustatyta, jog dilimas intensyviau dėl padidėjusios apkrovos, praslydimo linijinio greičio ir slydimo trukmės tarp dviejų kontaktuojančių kūnų. (Jones, Llewellyn 2008; Sarhan *et al.* 2010).

Tyrimo objektas. Tiriama skirtingų gamintojų vikšrinės važiuoklės varančiųjų žvaigždžių segmentų patikimumas bei atliekamas jų palyginimas. Vienas iš bandinių – originalus amerikiečių gamybos žvaigždutės segmentas (2 pav. a), kitas – Pietų Korėjoje pagamintas, 1,7 kartus pigesnis nei originalus gaminytis, žvaigždutės segmentas (2 pav. b). Abiejų bandinių dilimo tyrimė naudojamos važiuoklės originalios amerikiečių gamybos varančioios grandinės įvorės (2 pav. c).



2 pav. Tiriamieji objektai: a) originalus varančiosios žvaigždutės segmentas; b) neoriginalus varančiosios žvaigždutės segmentas; c) originali varančiosios grandinės įvorė

Atlikti abiejų varančiųjų žvaigždžių segmentų bei varančiosios grandinės įvorės kietumo matavimai. Segmentų kietumui nustatymui pasirinktas Šoro metodas, kuomet naudojamas skleroskopas. Bandymas atliktas su prietaisu HARDNESS TESTER TH160, kietumas pateikiamas Rokvelio vienetais (HRC). Bandymas atliktas vadovaujantis standartu LST EN ISO 14577-1:2003. Norint gauti tikslesnius rezultatus, kiekvienam bandiniui skirtinguose paviršiaus taškuose atlikta po dešimt kietumo matavimų ir išvedamas vidurkis. Atlikus bandymą pastebėta, jog neoriginalaus žvaigždutės segmento vidutinis kietumas (49,61 HRC) yra beveik trimis Rokvelo vienetais didesnis nei originalaus gaminio vidutinis kietumas (46,63 HRC), tačiau skirtingos cheminės sudėties metalų kietumas neapsprendžia atsparumo dilimui savybės.

Originalios varančiosios grandinės įvorės kietumui (Rokvelio vienetais) atlikti, pasirinktas universalus Zwick/Roell ZHU kietmatis. Bandymas atliktas vadovaujantis standartu LST EN ISO 6508-1:2006. Kaip ir pirmajame kietumo bandyme Šoro metodu, atlikus dešimt matavimų, nustatyta, jog įvorės kietumo vidurkis yra 60,14 HRC. Bandymo rezultatai parodė, jog varančiosios grandinės įvorės kietumas yra daugiau nei 10 HRC vienetų didesnis nei abiejų tirtų žvaigždžių vidutinis segmentų kietumas. Akivaizdu, jog šis vikšrinės važiuoklės elementas yra labiau termiškai apdirbtas, siekiant padidinti metalo kietumą.

Tiriamųjų objektų cheminei sudėčiai nustatyti naudojamas spektrinės analizės metodas, pagrįstas tuo, kad

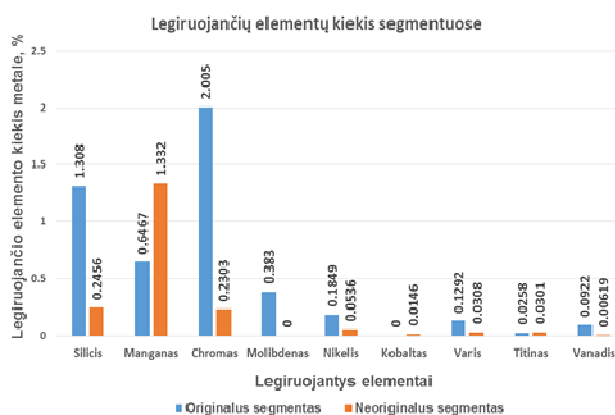
tiriamosios medžiagos atomai ir molekulės skleidžia elektromagnetines bangas. Sudėties nustatymas yra atliekamas naudojant lydinį analizatorių PMI-MASTER PRO. Bandymai atlikti vadovaujantis standartu LST CR 10322:2004. Kiekvienam bandiniui spektrinė analizė buvo atliekama penkiuose skirtinguose paviršiaus taškuose, norint gauti kuo tikslesnius rezultatus. Prie analizatoriaus PMI-MASTER PRO prijungtas kompiuteris apdorojo gautus rezultatus ir monitoriuje pateikė kiekvieno bandinio (originalaus segmento, neoriginalaus segmento ir originalios grandinės įvorės) cheminę metalo sudėtį (1 lentelė).

1 lentelė. Tiriamų objektų cheminė sudėties analizės rezultatai

	Fe, %	C, %	Legiruojantys elementai, %
Originalus varančiosios žvaigždutės segmentas	95,08	0,1361	4,7839
Neoriginalus varančiosios žvaigždutės segmentas	97,81	0,245	1,945
Originali varančiosios grandinės įvorė	97,24	0,7847	1,9753

Atlikus bandinių cheminę sudėties nustatymą, pastebėta, jog daugiausiai legiruojančių elementų yra originalaus varančiosios žvaigždutės segmento metalė. Jo sudėtyje rasta 4,7839 % elementų, pagerinančių gaminio fizines savybes. Kai tuo tarpu, neoriginaliame segmente legiruojantys elementai sudaro tik 1,945 % viso lydinio cheminės sudėties. Paskutiniame bandinyje, varančiosios grandinės įvorėje, metalo aptikta 97,24 %, legiruojančių elementų – 1,9753 %, anglies – 0,7847 %.

Iš cheminės sudėties nustatymo matyti, jog abiejų segmentų didžiąją dalį legiravimo elementų sudaro metalai, suteikiantys lydiniiui atsparumo dilimui savybę, tai – chromas ir manganas (3 pav.).



3 pav. Legiruojančių elementų kiekis originaliame ir neoriginaliame segmente

Originaliame žvaigždutės segmente šie elementai sudaro 2,6517%, o neoriginaliame – 1,5623%. Taip pat, originaliame gaminyje gausu kitų elementų, kurie lydinį padaro stipresnį, atsparesnį smūgiams, nuovargiui, suteikia smūginį tįsumą (silicis, vanadis, molibdenas, nikelis, varis).

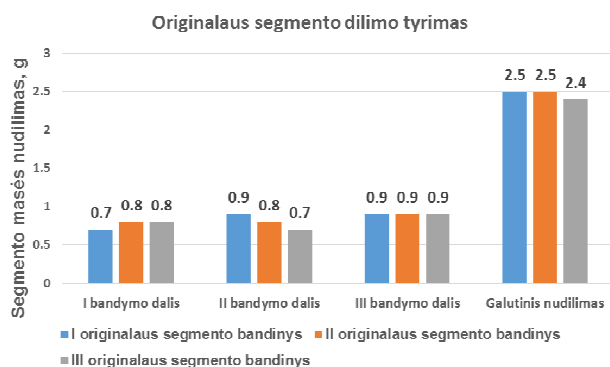
Galima daryti išvadą, jog originalus segmentas išliektas panaudojant žymiai daugiau brangių ir naudingų fizi-

nėms savybėms legiruojančių elementų nei neoriginalus gaminy. Atsparumą dilimui didinančių elementų (chromas, manganas) kiekis originaliame gaminyje yra 1,7 karto didesnis nei neoriginaliame segmente, o kitas savybes pagerinančių legiruojančių elementų kiekis skiriasi 5,57 kartus originaliojo varančiosios žvaigždutės segmento naudai.

Varančiųjų žvaigždučių dilimo tyrimas atliekamas 2012 metais sukurtu ir 2014 metais patobulintu dilimo stendu EDSY-2012 (Šitkauskas 2012), kuriame kontaktuoja varančiosios žvaigždutės segmentai ir besisukančios originalios grandinės įvorės. Dilimo stendo charakteristika atitinka amerikietiško, 9,3 tonas sveriančios vikšrinio buldozerio darbinį važiavimo greitį, apkrovą tarp grandinės įvorės ir varančiosios žvaigždutės. Kiekvienas žvaigždutės segmentas su kampiniu šlifuokliu, aušinant vandeniu, buvo perpjautas į tris dalis, todėl buvo gauta po tris bandinius. Tyrimų metu, į kontakto zoną tarp besisukančių įvorių ir dviejų skirtingų segmentų bandinių, buvo pilamas abrazyvas – 0/2 frakcijos smėlis. Tokiu būdu, bandymas priartėjo prie buldozerio vikšrinės važiuoklės realių darbo sąlygų.

Varančiųjų žvaigždučių segmentų dilimo intensyvumas matomas iš bandinių masių skirtumo, segmentus sveriant prieš ir po bandymo. Vieno dilimo bandymo trukmė yra 2 valandos, per kurias išbandomi du segmentų bandiniai. Kiekvienas bandinys dilimo stende išbandomas po 3 kartus, todėl ir kiekvienas segmento bandinys viso tyrimo metu sveriamas po 3 kartus, o fiksuojama reikšmė yra šių rezultatų suma – galutinė bandinių nudilusi masė.

Pirmasis dilimo tyrimas buvo atliekamas su originaliais varančiosios žvaigždutės segmentų bandiniais. Atlikus tyrimą pastebėta, jog visų trijų bandinių nudilimas visose trijose bandymo dalyse buvo panašus, o vidutinis nudilimas siekė 2,47 gramus po 6 valandų trukusio dilimo tarp įtvirtintų segmentų ir besisukančių įvorių (4 pav.).



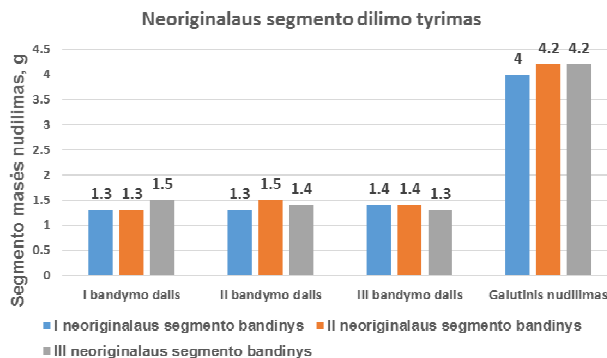
4 pav. Originalaus varančiosios žvaigždutės segmento nudilimas

Literatūra

Juodelis, V.; Bendikas, J.; Valiukis, A. V. 2004. *Metalotyros pagrindai*. Vilnius: Technika, p. 109–114.

Muller, M.; Hrabe, P. 2013. Overlay materials used for increasing lifetime of machine parts working under conditions of intensive abrasion, *Research in Agricultural Engineering* 59(1): 16–22.

Atlikus dilimo tyrimą su neoriginaliais varančiosios žvaigždutės segmentų bandiniais pastebėta, jog dilimas buvo intensyvesnis (5 pav.).



5 pav. Neoriginalaus varančiosios žvaigždutės segmento nudilimas

Pirmasis neoriginalaus segmento bandinys nudilo 4 gramus, antrasis ir trečiasis po 4,2 gramus. Vidutinis šio gaminio bandinių nudilimas siekė 4,13 gramą.

Palyginus abiejų skirtingų gamintojų varančiųjų žvaigždučių segmentų nudilimą, matoma, jog neoriginalus gaminy per tą patį tyrimo laiką nudilo 1,67 karto daugiau nei originalus segmentas.

Prieš pradėdant eksploatuoti varančiųjų žvaigždučių segmentus, jų atsparumą dilimui padidinti būtų galima panaudojus termocheminius apdorojimus, tokius kaip: plieno cementavimą, azotinimą, nitrocementavimą ar cianavimą. Žinoma, šie metodai pabrangintų gaminius.

Išvados

1. Atlikus abiejų varančiųjų žvaigždučių segmentų ir varančiosios grandinės įvorės kietumo bandymus, nustatyta, jog originalaus segmento vidutinis kietumas yra 46,63 HRC, o neoriginalaus – 49,61 HRC. Grandinės įvorės vidutinis kietumas siekė 60,14 HRC.

2. Spektroanalizės metodu, pasinaudojant lydinii analizatoriumi PMI-MASTER PRO atliktas bandinių cheminės sudėties nustatymas. Pastebėta, jog didžiausią kiekį legiruojančių elementų turi originalus varančiosios žvaigždutės segmentas, jo sudėtyje yra 4,7839 % elementų, pagerinančių gaminio fizines savybes (stiprumą, atsparumą smūgiams, dilimui, nuovargiui). Kai tuo tarpu, neoriginaliame segmente legiruojantys elementai sudaro tik 1,945 % visos lydinio sudėties. Paskutiniame bandinyje, varančiosios grandinės įvorėje, geležies aptikta 97,24 %, legiruojančių elementų – 1,9753 %, anglies – 0,7847 %.

3. Atlikus abiejų varančiųjų žvaigždučių segmentų dilimo tyrimą, rezultatai parodė, jog originalusis segmentas per tą pačią bandymo trukmę nudilo 1,67 karto mažiau nei neoriginalusis gaminy.

- Qi, P.; Jones, M.; Llewellyn, R. J. 2008. *Rolling contact abrasion (RCA) assessment of materials for track-type vehicle undercarriages*. Wear & Corrosion Group, National Research Council, Vancouver, Canada. Formerly with NRC.
- Sarhan, H.; Nofal, A.; Issa, S.; Alia, M. 2010. Abrasive wear of digger tooth steel, *International Journal of Engineering (IJE)*, 4(6): 478–490.
- Singla, S.; Shibel, V.; Grewal, J. S. 2011. Performance evaluation of hard faced excavator bucket teeth against abrasive wear using MMAW process, *International Journal of Mechanical Engineering Applications Research* 2(2): 73–77.
- Šitkauskas, E. 2012. *Vikšrinio buldozerio važiuoklės varančiosios žvaigždutės dilimo tyrimas*. Magistro baigiamasis darbas.
- Sokolski, P.; Sokolski, M. 2014. Evaluation of resistance to catastrophic failures of large-size caterpillar chain links of open-pit mining machinery, *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 16(1): 80–84.
- Sorokin, G. M.; Malyshev, V. N. 2012. Criterion of wear resistance for ranking steels and alloys on mechanical properties, *International Journal of Material and Mechanical Engineering* 1(6): 114–120.