

KONSTRUKCINIŲ MEDŽIAGŲ, NAUDOJAMŲ SAVIVARČIŲ KĖBULAMS GAMINTI, PALYGINIMAS

Rolandas RUTKAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: rolandas.rutkauskas@vdu.lt

Vytenis JANKAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: vytenis.jankauskas@vdu.lt

Santrauka

Kelių tiesimo, statybos, energetikos, kalnakasybos įmonių veiklai reikalingas specialus transportas, galintis pergabenti birius krovinius. Šis transportas skirtas didelės masės, statybinių ir kitų medžiagų gabenimo darbams. Tai sunkvežimiai savivarčiai (karjeriniai sunkvežimiai), skirti gabenti birius krovinius. Dėl pastovaus darbo ir didelės masės gabenamos medžiagos sunkvežimių savivarčių kėbulai bei išvertimo mechanizmai apkrovų poveikyje dyla ir ilgainiui deformuojasi (konstrukcija pavargsta). Tyrimų rezultatai rodo, kad plienas Hardox 400 nudilo daugiau pagal masę dolomito frakcijose (2–5 mm, 5–8 mm) už aliuminio 3004 serijos lydinį. Atsižvelgus į tūrinį nudilimą Hardox 400 plienas nudilo mažiau už 3004 serijos lydinį. Identiškomis sąlygomis 3004 serijos aliuminio lydinys pagal tūrinį nudilimą dyla intensyviau už plieną Hardox 400. 3004 serijos aliuminio lydinio erozinis nudilimas pagal masę (ir tūrį) didėja, kai didinamas dolomito frakcijos dalelių dydis.

Reikšminiai žodžiai: abrazyvinis dilimas, savivarčiai kėbulai, plienas, aliuminis.

Įvadas

Kelių tiesimo, žemės ūkio, statybos, energetikos, kalnakasybos įmonių veiklai būtinas specialus transportas, galintis pergabenti birius krovinius. Tai savivarčiai sunkvežimiai ir jų priekabos. Dėl ilgalaikio naudojimo ir didelės krovinių masės sunkvežimių savivarčių kėbulai bei išvertimo mechanizmai apkrovų poveikyje dyla ir ilgainiui deformuojasi (konstrukcija pavargsta). Didinant pervežimo efektyvumą sunkvežimių kėbulų gamybai dar 1965 m. pradėti naudoti aliuminio lydiniai (Roderic ir kt., 1965). Plieninį kėbulą pakeitus aliuminio lydiniu, jis tampa 1500 kg lengvesnis – transporto priemonė gali būti pakraunama daugiau, o važiuojant be krovinių naudoja mažiau degalų.

Vykstant abrazyviniam dilimui, dylančiam paviršiuje, pastebimi pažeidimai (įbrėžos), lygiagrečios abrazyvinių dalelių judėjimo krypčiai (Виноградов ir kt., 1990)

Pakraunant kėbulą, jo dugną veikia smūginės apkrovos (smūginis abrazyvinis dilimas). Šio dilimo intensyvumas priklauso nuo smūgio kontaktinės apkrovos, energijos, t. y. krovinių dalių masės ir kritimo aukščio. Krintanti medžiaga, pavyzdžiui, skalda, deformuoja ir perdeformuoja metalo paviršius, todėl atskiriamos medžiagos mikrodalelės. Taip plonėja kėbulo dugnas. Kraunant kitus krovinius sluoksnius dilimas nevyksta – didėja tik kontaktinis spaudimas į kėbulo dugną. Transportuojant krovinius nesukelia dugno dilimo (Yibo ir kt., 2013).

Birių medžiagų gabenimui dažnai naudojami sunkvežimiai su savivarčiu kėbulu. Savivarčių kėbulai yra kelių tipų, dažniausiai pasitaikanti kėbulo konstrukcija U formos tipo. Tai reiškia, kad ši savivarčio konstrukcija yra pagaminta iš didelio atsparumo plieno bei modernios formos, kuriai nereikia papildomų sijų sustiprinimui. Savivarčio kėbulo tipas puikiai išnaudoja plieninės konstrukcijos galimybes apkrovą nukreipti ir ją sugerti (kroviniui krintant iš ekskavatoriaus kaušo ar kt.) (Forsstrom ir kt., 2014).

Abrazyvinių dalelių dydis taip pat daro įtaką dilimui (Stachowiak ir kt., 2001). Netinkamas medžiagos masės paskirstymas sukelia neigiamą poveikį savivarčio dugno dilimui (Lindback ir kt., 2014).

Tikslas – laboratoriniais tyrimais palyginti savivarčių kėbulų gamintojų naudojamų plieno Hardox 400 ir 3004 serijos aliuminio lydinio atsparumą abrazyviniam dilimui.

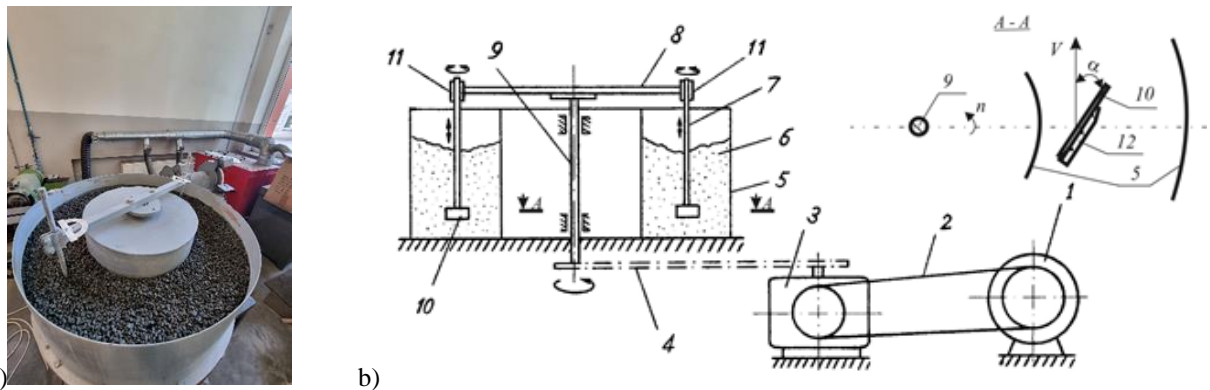
Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti darbinių detalių mechaninių charakteristikų tyrimą.
2. Atlikti laboratorinius bandymus.
3. Įvertinti rezultatus.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektais buvo pasirinkti Hardox 400 plienas ir 3004 serijos aliuminio lydinys. Šie metalai turi skirtingas mechanines savybes: Hardox – padidintą atsparumą abrazyviniam dilimui, o aliuminis tankis yra tris kartus mažesnis nei plieno. Šie metalai plačiai naudojami savivarčių kėbulų gamybos bei restauracijos darbuose. Dilimo tyrimo metu naudojamos frakcijos: kvarcinis smėlis (SiO₂); 2–5 mm, 5–8 mm ir 11–16 mm frakcijų dolomito skalda (po 135 kg). Tyrimui atlikti pasirinktas žiedinis dilimo tyrimo abrazyvo masėje standas. Abrazyvo masėje bandymas truko 180 min. Bandinių padėties kampas 15° apskritiminių judesio trajektorijos atžvilgiu. Bandinių greitis 1,43 m/s.

Konstruktinių medžiagų dilimo tyrimo abrazyvo masėje stendo schema pateikta 1 pav.

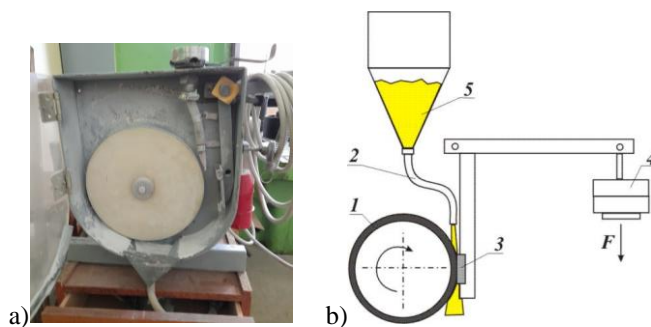


1 pav. Dilimo abrazyvo masėje tyrimo stendas: a) bendras vaizdas; b) stendo sandara: 1 - variklis; 2 - diržinė pavara (iD=1,2); 3 - sliekinis reduktorius (iSL.R.=22); 4 – grandininė pavara (iG.=1); 5 - žiedinė kamera; 6 – kvarcinis smėlis/dolomito skalda; 7 – mėginių laikikliai; 8 – laikiklių skersinė svirtis; 9 – velenas; 10 – mėginys; 11 – mėginio padėties fiksuatorius; 12 – laikiklio atrama. α – mėginio padėties kampas.

Fig.1. Scheme of wear tests machine a) general view; b) stand structure

Dilimo abrazyvo masėje tyrimo stendu galima įvertinti: skirtingų rūšių abrazyvo įtaką dilimui; abrazyvo stambumo ir kitų savybių įtaką dilimui; abrazyvo drėgnumo įtaką; tyrimą atlikti pasirinkus kampą α (tarp mėginio paviršiaus ir jo judėjimo krypties, toliau vadinamas bandinio padėties kampas α nuo 0 iki 60°; (šio tyrimo atveju kampas 15°) esant mėginių judėjimo greičiui – 1,43 arba 2,11 m/s (šio tyrimo atveju 1,43 m/s). Bandinio matmenys 80×40×5 mm (plotas 32 cm²).

Abrazyvinio dilimo tyrimo mašinos ASTM G65-94 stendo schema pateikta 2 pav.



2 pav. Abrazyvinio dilimo tyrimo mašinos ASTM G65-94 stendas a) bendras vaizdas b) stendo sandara: 1 – darbo ratas; 2 – abrazyvo tiekimo kanalas; 3 apvirintas bandinys; 4 – apkrova (F); 5 – abrazyvas (kvarcinis smėlis SiO₂).

Šaltinis: sudaryta pagal M. Antonov (2020)

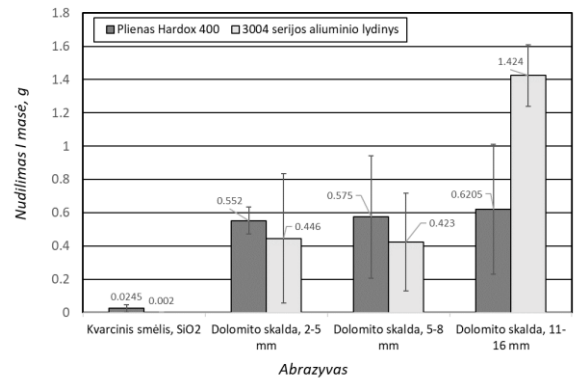
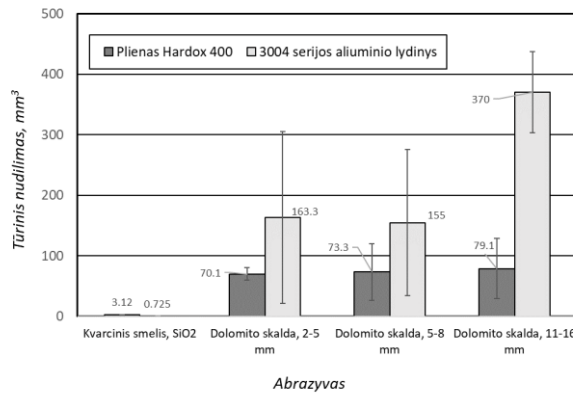
Fig.2. Schematic diagram of an abrasive wear testing machine according to ASTM G65-94

Source: according to M. Antonov (2020)

Abrazyvinio dilimo stendu ASTM G65-94 galima įvertinti abrazyvinį dilimą su tiesiogine smėlio (SiO₂) terpe. Tyrimo objektai Hardox 400 plienas ir 3004 serijos aliuminio lydinys. ASTM G65-94 galima keisti apkrovą (šio tyrimo atveju apkrova (45 N). Tyrimo trukmė 20 min., vienas bandymas kartojamas 3 kartus. Mėginio matmenys 80 × 40 × 10 mm (plotas 32 cm²). Tyrimas atliktas tiek su guminiu, tiek su plieniniu ASTM G65-94 ratu. Prieš pradėdant abrazyvinio dilimo tyrimą su stendu ASTM G65-94, plieno ir aliuminio lydinio bandiniai pasverti su kalibruotomis svarstyklėmis KERN FCB 16K0.2. Masės nudilimo pokytis fiksuojamas kas 20 min., tūrinis medžiagos nudilimas apskaičiuojamas panaudojant plieno ir aliuminio lydinio tankius.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Plieno Hardox 400 ir 3004 serijos aliuminio serijos nudilimas pagal: a) masę ir b) pagal tūrį pateikta 3 pav.



a) b)
3 pav. Plieno Hardox 400 ir 3004 serijos aliuminio nudilimas pagal: a) masę ir b) pagal tūrį
Fig. 3. Abrasive Wear Graph for Steel Hardox 400 and 3004 Series Aluminum

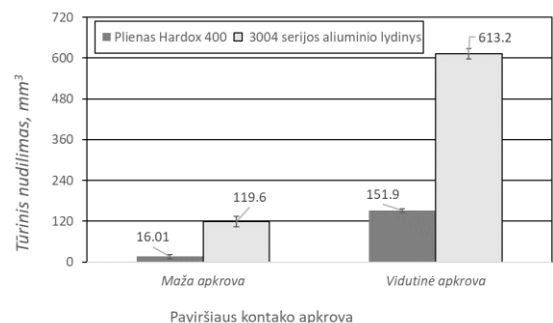
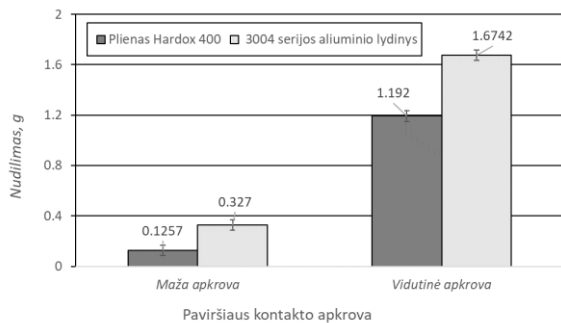
Statistiškai apdorojus plieno ir aliuminio bandinių nudilimą pagal masę (esant 95 % tikimybei) matyti, kad didžiausią dilimą sukelia 11–16 mm frakcijos dolomitas. Hardox 400 plienas nudilo – $0,6205 \pm 0,390$ g, o 3004 serijos aliuminio lydinys nudilo – $1,010 \pm 0,183$ g.

Mažiausiai tiriami lydiniai pagal masę nudilo 2–5 mm frakcijos dolomito masėje, Hardox 400 plienas nudilo $0,552 \pm 0,081$ g, o 3004 serijos aliuminio lydinys – $0,446 \pm 0,387$ g.

Apžvelgus plieno ir aliuminio bandinių tūrinių nudilimą (esant 95% tikimybei) matyti, kad didžiausią dilimą sukelia 11–16 mm frakcijos dolomitas. 3004 serijos aliuminio lydinys nudilo – $370,0 \pm 67$ mm³.

Hardox 400 plienas nudilo – $128,7 \pm 49,67$ mm³. Mažiausias užfiksuotas dilimo pokytis buvo 2–5 mm dolomito frakcijoje, 3004 serijos aliuminio lydinys nudilo – $163,3 \pm 141,98$ mm³. Hardox 400 plienas nudilo – $70,1 \pm 10,33$ mm³ (11–16 mm frakcijos dolomite), 3004 serijos aliuminio lydinio tūrinis nudilimas buvo 2,9 karto didesnis už Hardox 400 plieno.

Plieno Hardox 400 ir 3004 serijos aliuminio serijos nudilimas pagal: a) masę ir b) pagal tūrį pateikta 4 pav.

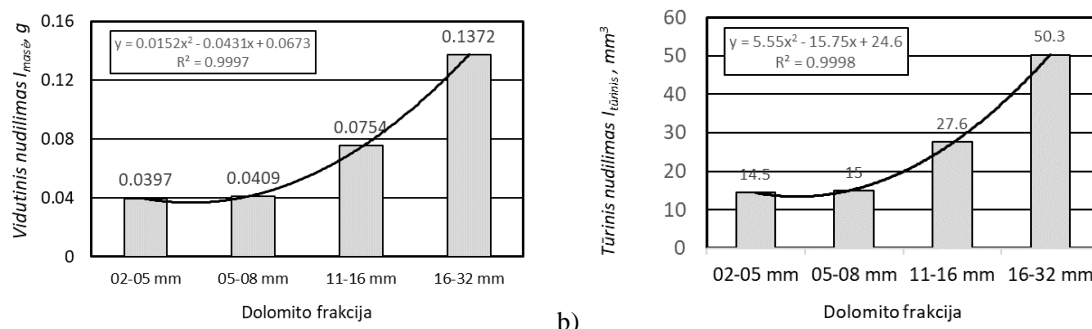


a) b)
4 pav. Plieno Hardox 400 ir 3004 serijos aliuminio serijos nudilimas pagal: a) masę ir b) pagal tūrį
Fig. 4. Abrasive Wear Graph for Steel Hardox 400 and 3004 Series Aluminum Series

Įvertinus bandinių masės nudilimą mažoje apkrovoje esant 95 % tikimybei matyti, kad daugiausia nudilo 3004 serijos aliuminio lydinys – $0,327 \pm 0,041$ g. Mažiausiai nudilo Hardox 400 plieno lydinys – $0,126 \pm 0,041$ g. Apžvelgus vidutinės apkrovos nudilimą esant 95 % tikimybei matyti, kad mažiausiai nudilo Hardox 400 plienas – $1,192 \pm 0,307$ g. Daugiausiai nudilo 3004 serijos aliuminis – $1,674 \pm 0,018$ g.

Statistiškai apdorojus mažos apkrovos aliuminio ir plieno bandinių tūrinių nudilimą esant 95 % tikimybei matyti, kad daugiausiai nudilo 3004 serijos aliuminis – $119,6 \pm 15,30$ mm³. Mažiausiai nudilo Hardox 400 plienas – $16,01 \pm 5,34$ mm³. Apžvelgus vidutinės apkrovos tūrinių nudilimą esant 95 % tikimybei daugiausiai nudilo 3004 serijos aliuminio lydinys – $615,5 \pm 39,0$ mm³, mažiausiai Hardox 400 plienas – $151,9 \pm 6,85$ mm³

Dolomito frakcijos įtaka 3004 serijos aliuminio eroziniam nudilimui: a) masę ir b) pagal tūrį pateikta 5 pav.



5 pav. Dolomito frakcijos įtaka 3004 serijos aliuminio eroziniam nudilimui: a) masę ir b) pagal tūrį.
 Fig. 5. Effect of dolomite fraction on erosion wear of 3004 series aluminium: a) by mass and b) by volume.

Lyginant dolomito frakcijos įtaką 3004 serijos aliuminio lydinio, didžiausia erozinį dilimą sukėlė dolomito frakcija 16–32 mm – 0,1372g. Mažiausias užfiksuotas erozinio nudilimo pokytis buvo dolomito frakcijoje 02–05mm – 0,0397 g. Vertinant vidutinį 3004 aliuminio serijos erozinio nudilimo grafiką galima teigti, kad didėjant dolomito frakcijos dydžiui proporcingai didėja aliuminio erozinis nudilimas.

Statistiškai apdorojus aliuminio 3004 serijos erozinį tūrinį nudilimą, daugiausiai nudilo dolomito frakcijos 16–32 mm – 50,3 mm³. Mažiausias užfiksuotas erozinis dolomito nudilimas frakcijoje 02–05mm – 14,5mm³. Palyginus bendrą 3004 aliuminio tūrinio nudilimo grafiką galima padaryti prielaidą, kad didėjant frakcijos dydžiui didėja ir tūrinis erozinis nudilimas.

Išvados

1. Hardox 400 plienas 2–5 mm, 5–8 mm frakcijų dolomito masėje nudilo daugiau už 3004 aliuminio serijos lydinį. 11–16 mm dolomito frakcijos skaldoje 3004 serijos aliuminio lydinio atsparumas abrazyviniam dilimui sumažėja.
2. Identiškomis sąlygomis 3004 serijos aliuminio lydinys pagal tūrinį nudilimą dyla intensyviau už plieną Hardox 400.
3. 3004 serijos aliuminio lydinio erozinis nudilimas pagal masę (ir tūrį) didėja, kai didinamas dolomito frakcijos dalelių dydis.

Literatūra

1. Yibo, P., Gang, W., Tianxing, Z., Shangfeng, P., Yiming, R. 2013. Dynamic mechanical behaviors of 6082 -T6 Aluminum alloy. *Hindawni publishing corporation advances in mechanical engineering*, Vol. 5, 878016.
2. Forsstrom, D. 2014. Numerical prediction of wear in industrial raw material flow. *Lulea University of Technology. Sweden*, (Doctoral dissertation) p. 4–14.
3. Stachowiak, G. Batchelor, W. 2001. *Engineering Tribology*. Butterworth-Heinemann, p. 12–24.
4. Forsström, D., Lindbäck, T., Jonsén, P. 2014. Prediction of wear in dumper truck body by coupling SPH-FEM. *Tribology-Materials, Surfaces & Interfaces*, Vol. 8(2), p. 111-115..
5. Roderic, A. Esmonde. 1965. *Aluminum Truck Bodies for Mining and Earthmoving Equipment. Earthmoving Industry Conference Central Illinois Section Peoria, III. April 6–7*. Society of automotive engineers, INC., New York.
6. Antonov, M. Hussainova, I. Karjust, K. 2020. *Wear testing facilities at Tallinn university of technology*. Prieiga per internetą: <https://portalint.taltech.ee/sites/default/files/202202/Tribology_WearFacilities_TallinnUnivTech_2020Re vJ.pdf> (žiūrėta 2024 01 24).
7. Виноградов, В. Н., Сорокин, Г.М., Колокольников, М. Г. 1990. *Абразивное изнашивание*. -Москва: Машиностроение, p. 219.

COMPARISON OF STRUCTURAL MATERIALS USED IN THE MANUFACTURE OF DUMPER BODIES

Summary

The activities of road construction, construction, energy, and mining companies require special transport that can transport bulk cargo. This transport is intended for the transportation of heavy, construction and other materials. These are tipper trucks (quarry trucks) designed to transport bulk cargo. Due to the constant work and large mass of transported material, dump truck bodies and tipping mechanisms wear out under the influence of loads and eventually deform (the structure gets tired). Considering the construction of dump trucks, innovation is needed to extend the service life. The results of the research show that Hardox 400 steel wears more by mass in dolomite fractions (2-5 mm; 5-8 mm) than the aluminum 3004 series alloy. Hardox 400 steel showed less wear than the 3004 series alloy when considering volumetric wear. Under identical conditions, 3004 series aluminum alloy wears more intensively than Hardox 400 steel in terms of volume wear. Mass (and volume) erosive wear of 3004 series aluminum alloy increases as the particle size of the dolomite fraction increases.

Keywords: abrasive wear, tipper bodies, steel, aluminum.