

TRINTIES MOMENTO PRIKLAUSOMYBĖ NUO APKROVOS BANDANT VARIKLINĘ ALYVĄ 5W30 KETURIŲ RUTULIŲ METODU

Linas SNIEČKUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: linas.snieckus@stud.vdu.lt

Audrius ŽUNDA, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: audrius.zunda@vdu.lt

Santrauka

Šiuolaikiniuose automobiliuose yra daug judančių detalių, tarp kurių neišvengiamas yra tiesioginis paviršių sąlytis. Šiuose vietose atsiranda trintis, kuri mažina detalių tarnavimo laiką. Šį veiksni mažinti naudojama alyva, kuri padengia paviršių apsaugine plėvele ir neleidžia taip greitai ir stipriai triboporoje irti paviršiams. Prekyboje siūlomi priedai į alyvas, kurie, kaip teigiama, turi komponentų, kurie gali ne tik sudaryti stiprią ribinę tepalo plėvelę, bet ir atstatyti nudilusį paviršių, formuojant kompozicines medžiagos apsauginį sluoksnį. Trinties momento dydis ir dilimas priklauso nuo esamos apkrovos trinties poroje. Tyrime atliktų tribologinių bandymų tikslas buvo nustatyti, kaip skirtingas apkrovos dydis daro įtaką trinties momentui ir kaip alyvos savybės daro įtaką trinties procesams esant skirtingoms darbo sąlygoms. Tyrimo metu atlikti eksperimentai parodė, kad dvigubas apkrovos padidėjimas lemia trinties momento augimą daugiau nei 2 kartus. Modifikuojant alyvos sudėtį ne visada galima gauti teigiamus rezultatus. Kai apkrova didinama, alyvos priedas tepumo savybių alyvoje nepagerina ir trinties tarp detalių nesumažina.

Reikšminiai žodžiai: trinties momentas, apkrova, alyvų priedai.

Įvadas

Transporto priemonės – viena pagrindinių konstrukcinių dalių yra variklis. Šis agregatas generuoja visą transporto priemonės jėgą, dėl kurios transporto priemonė gali judėti. Variklis sudarytas iš daug atskirų detalių, kurios jungia viena kitą. Tose vietose, kuriose detalės juda, vyksta paviršių sąlytis, paviršiai dyla, vyksta trintis, kuri mažina variklio darbo efektyvumą ir patikimumą. Ilgalaikiam ir kokybiškam variklio veikimui užtikrinti yra naudojamos variklinė alyva.

Alyvą sudaro bazinis skystis ir priedų paketas. Pagrindinė bazinio skysčio funkcija yra sutepti ir veikti kaip priedų nešiklis. Priedų funkcija yra arba sustiprinti jau esamą bazinio skysčio savybę, arba pridėti naujų savybių. Pagrindinė variklinės alyvos funkcija yra prailginti judančių dalių, veikiančių įvairių greičių, temperatūrų ir slėgio sąlygomis, tarnavimo laiką (Ahmed and Nassar, 2011).

Alyvai gerinti dažnai naudojamas priedas – revitalizantas. Tai priedas, padedantis atkurti trinties vietose nudilusį paviršių naują dangą. Šio priedo pagrindas yra patentuota medžiaga RF 5.5. Kai revitalizantas patenka į trinties zoną, jis veikia kaip naujo paviršiaus augintojas. Šiose zonose susidaro apsauginis paviršiaus sluoksnis (Trotsenko et al., 2022). Šiame darbe analizuojama alyvos trinties priklausomybė nuo apkrovos pagerinant alyvą revitalizanto priedu.

Tyrimo tikslas – įvertinti, kaip skirtingos apkrovos triboporos kontakte veikia trinties momentą ir alyvos temperatūrą.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti naujos ir eksploatuotos alyvos tribologinius bandymus įvairiomis apkrovomis.
2. Atlikti naujos ir eksploatuotos alyvos tribologinius bandymus panaudojus priedą įvairiomis apkrovomis.
3. Įvertinti apkrovos įtaką alyvos temperatūrai.

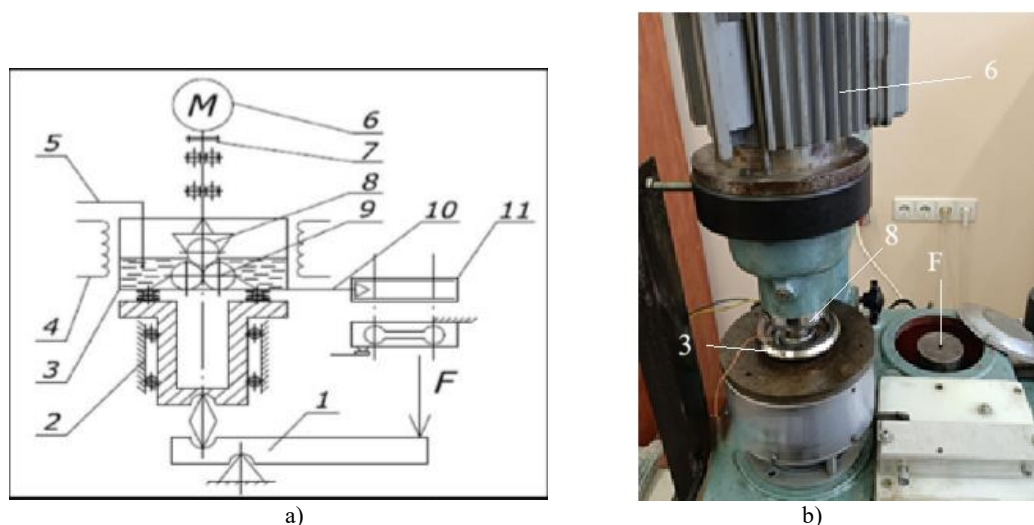
Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas – neeksploatuota ir eksploatuota variklinė alyva. Tyrimams naudota pilnai sintetinė 5W30 Total alyva atitinkanti ACEA C3 specifikaciją. Šios alyvos mėginiai paimti iš 2967 cm³ 150kw dyzelinio variklio. Alyva buvo imama po 2000 kilometrų eksploatacijos iš variklio karterio per alyvos matuoklės angą. Alyvai gerinti naudojamas XADO HIGHWAYATOMIC METAL CONDITIONER priedas su revitalizantu, kuris didina slydimą tarp variklio detalių, formuoja paviršiuje keraminę dangą ir sutvirtina tepimo plėvelę.

Variklinių alyvų tribologiniams tyrimams atlikti buvo naudojamas keturių rutulių bandymų stendas MAST-1. Duomenų (trinties momento, tiriamos alyvos temperatūros) registravimui naudota: Pico Technology ADC keitiklis ADC200-20, temperatūros matuoklis TC-08 ir K tipo termopora, Scaime BEF-1 jėgos jutiklis ir signalo stiprintuvas CPJ2S.

Buvo atliekami keli bandymai – neeksploatuota alyva, neeksploatuota alyva sumaišyta su priedu (3600 s tiriama alyva be priedo, tada alyva be priedo išpilama, įpilama alyva sumaišyta su priedu ir tiriama dar 3600 s), eksploatuota alyva be priedo ir eksploatuota alyva sumaišyta su priedu, veikiant skirtingomis apkrovomis, t.y. 150 N ir 300 N jėga. Alyva su priedu maišoma proporcingai, į 40 ml alyvos įpilama 2,25 ml priedo. TechnoKartell magnetiniu maišytuvu bandinys maišomas 40 min. Tiriant alyvą su priedu, 3600 s bandymas vyksta su alyva be priedo, tada alyva išpilama ir įpilama alyva, sumaišyta su priedu, kurios temperatūra pakeliama iki bandymo metu pasiektos temperatūros. Bandymai

atliekami 7200 s, naudojant 12,7 mm skersmens plieninius rutuliukus. Į indą pilama apie 22 ml alyvos. Įtvirtintas rutuliukas sukamas pastoviu dažniu 1420 min^{-1} dažniu. Tuo pačiu mėginiu bandymai kartoti 2–3 kartus.



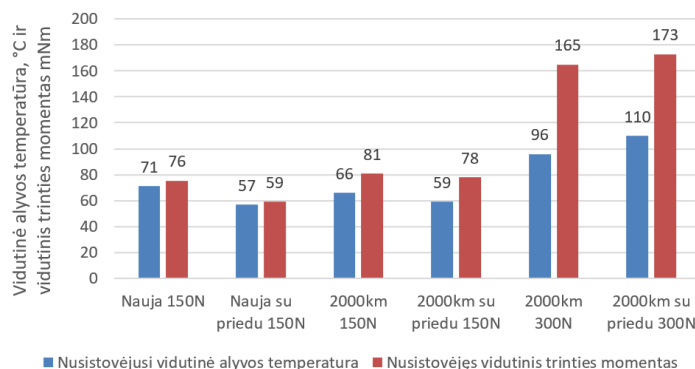
1 pav. Keturių rutulių bandymo trinties stendas MAST-1. a) stendo vaizdas; b) principinė schema; 1 – apkrovos svirtis, 2 – vertikalaus centravimo guolis, 3 – tiriamos medžiagos indas, 4 – šildytuvas, 5 – termopora, 6 – elektros variklis, 7 – mova, 8 – viršutinis sukamas rutulys, 9 – nejudamai įtvirtinti rutuliai

Fig. 1. Four-ball test friction bench MAST-1: a) view of the bench; b) schematic diagram; 1 – load arm, 2 – vertical centering bearing, 3 – test material vessel, 4 – heater, 5 – thermocouple, 6 – electric motor, 7 – coupling, 8 – upper rotating ball, 9 – four fixed balls

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Trinties momentas yra vienas pagrindinių rodiklių, parodantis, kaip alyva sugeba atskirti paviršius sąlyčio taške. Šis rodiklis priklauso nuo sąlyčio vietai suteikiamos apkrovos. Nuo apkrovos neišvengiamai keičiasi ir temperatūra, esanti trinties taške.

2 paveiksle matyti, kad esant 150 N apkrovai tepant nauja alyva (kontroline) vidutinis trinties momentas 7 proc. mažesnis nei tepant eksploatuota alyva. Tepant nauja alyva su priedu, trinties momentas sumažėjo 29 proc., negu tepant nauja alyva be priedo esant tai pačiai apkrovai. Taip pat matyti, kad esant 150 N apkrovai tepant eksploatuota alyva, vidutinis trinties momentas siekia 81 mNm, tačiau esant 300 N apkrovai, vidutinis trinties momentas išauga 104 proc., t.y. 165 mNm. Vis dėlto, padidinus apkrovą neišvengiamai padidėja ir temperatūra trinties taške. Tai fiksuojama stebint alyvos temperatūrą, kuri taip pat turi pokyčių esant skirtingoms apkrovoms. Esant 150 N apkrovai, eksploatuotos alyvos vidutinė temperatūra yra 66 °C, padvigubinus apkrovą, vidutinė alyvos temperatūra padidėja 45 proc., t.y. 96 °C.



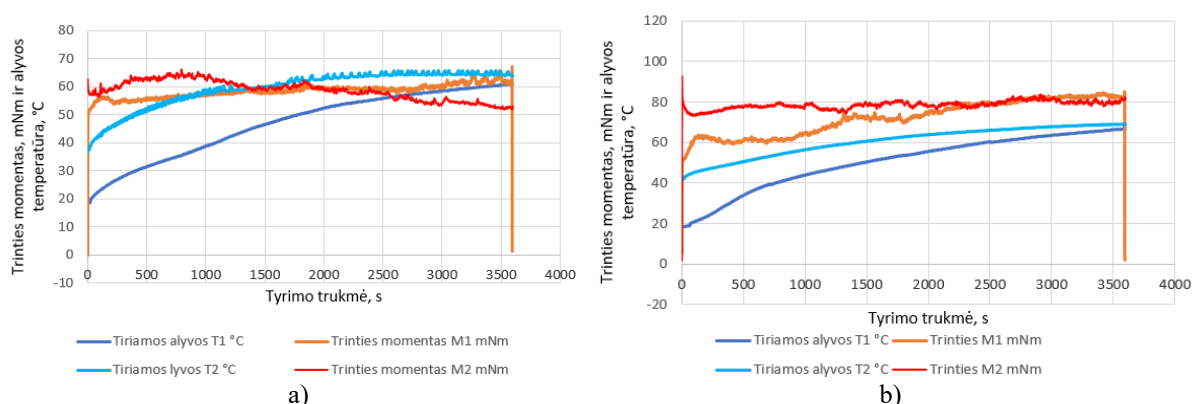
2 pav. Nusistovėjusio vidutinio trinties momento ir nusistovėjusios vidutinės alyvos temperatūros reikšmės tepant kontroline alyva ir eksploatuota alyva

Fig. 2. The values of the steady average friction moment and the steady average oil temperature when applying control oil and used oil

Naudojant alyvos priedą, pakeičiamos alyvos savybės, tai matyti 2 paveiksle. Tepant eksploatuota alyva su priedu, veikiant 150 N jėgai, matyti, kad vidutinis trinties momentas sumažėja nuo 81 mNm iki 78 mNm. Variklinės alyvos temperatūra sumažėja nuo 66°C iki 59°C. Tikėtina, kad alyvos priedas sustiprino apsauginę plėvelę detalių sąlyčio vietoje. Esant 300 N apkrovai, priedo veikimas skirtingas nei esant dvigubai mažesnei apkrovai. Priedas alyvoje neatsiskleidžia ir tikėtina, kad alyvoje tampa kaip priemaiša, kuri alyvos savybes blogina. Matyti, kad alyvoje su priedu vidutinis trinties momentas yra 173 mNm, todėl didėja ir alyvos temperatūra.

3 paveiksle pateiktas trinties momento ir alyvos temperatūros grafikų palyginimas tepant neeksploatuota alyva be priedo ir su priedu ir eksploatuota alyva be priedo ir su priedu, esant 150 N apkrovai.

Grafikuose matyti, kad alyvos temperatūros kreivė kyla tolygiai viso bandymo metu ir išlaiko panašias vertes tiek tepant eksploatuota alyva, tiek neeksploatuota. Įpylus į neeksploatuotą alyvą priedo (žr. 3 pav. a), akivaizdu, kad trinties momentas mažėja nuo 65 mNm iki 51 mNm. Tokio akivaizdaus trinties mažėjimo (žr. 3 pav. b) nepastebima įpylus priedo į eksploatuotą alyvą. Šio bandymo metu trinties momentas išlieka tolygus ~80 mNm.



3 pav. Trinties momento ir temperatūros kitimas, tepant neeksploatuota alyva ir eksploatuota alyva bei alyva sumaišyta su priedu kai apkrova 150 N. a) neeksploatuota alyva be priedo ir su priedu; b) 2000 km eksploatuota alyva be priedo ir su priedu. T1 – alyvos be priedo temperatūra, M1 – trinties momentas tepant alyva be priedo, T2 – alyvos su priedu temperatūra, M2 – trinties momentas tepant alyva su priedu

Fig. 3. Variation of friction moment and temperature when applying new oil and used oil, mixed with an additive, under a load of 150 N. a) new oil without an additive and with an additive; b) used oil without an additive and with an additive. T1- temperature of oil without an additive, M1 – Friction moment when applying oil without an additive, T2 – temperature of oil with an additive, M2- Friction moment when applying oil with an additive

Analizuojant gautus trinties momento rezultatus, galima teigti, kad eksploatuotoje alyvoje atsiranda priemaišų (suodžiai, kondensatas, kitos dalelės), kurios blogina alyvos tepumą ir didina paviršių dilimą. Lyginant su nauja alyva, trinties momentas 2000 km atidirbusios alyvos, tyrimo metu buvo 6 proc. didesnis. Naudojant priedą, naujos alyvos trinties momentas buvo mažesnis 23 proc., lyginant su alyva be priedo. Skirtumas tarp trinties momento 2000 km atidirbusios alyvos be priedo ir su priedu, esant 150 N apkrovai, buvo 4 proc. Pažymėtina, kad bandant 300 N apkrova, alyvos su priedu trinties momentas buvo didesnis 5 proc.

Išvados

1. Atlikus tribologinius bandymus skirtingomis apkrovomis, nustatyta, kad padidinus apkrovą dvigubai, t.y. nuo 150 N iki 300 N, trinties momentas padidėja daugiau nei 100 proc. Taip pat, priklausomai nuo trinties momento, padidėja ir alyvos temperatūra.
2. Naudojant alyvos priedą, kai apkrova 150 N, matyti trinties momento sumažėjimas. Tepant neeksploatuota alyva, vidutinis trinties momentas mažėja nuo 76 mNm iki 59 mNm. Tepant eksploatuota alyva, vidutinis trinties momentas sumažėja nuo 81 mNm iki 78 mNm. Kai apkrova yra 300 N, priedas neatsikleidžia ir alyvoje veikia kaip priemaiša, vidutinis trinties momentas didėja nuo 165 mNm iki 173 mNm.

Literatūra

1. Ahmed, N. S., & Nassar, A. M. (2011). Lubricating oil additives. *Tribology-lubricants and lubrication, Egyptian petroleum research institute*, 249-268.
2. Trotsenko, O., Grigorov, A., Nazarov, V., & Nahliuk, M. (2022). Modern Trends in The Use of Additives in Fuel and Oil Materials (Overview). *Petroleum & Coal*, 64(3).

DEPENDENCE OF FRICTION MOMENT ON LOAD WHEN TESTING ENGINE OIL 5W30 USING THE FOUR-BALLS METHOD

Abstract

In modern cars, there are many moving parts, among which direct surface contact is inevitable. This contact leads to friction, which reduces the lifespan of the parts. To reduce this factor, oil is used, which covers the surface with a protective film and prevents the surfaces from wearing out quickly and intensely in the tribological process. The magnitude of friction depends on the applied load. The study conducts tribological tests to examine how different load sizes affect the friction moment and how the properties of oils influence friction processes under various operating

conditions. Experiments conducted during the study showed that an increase in load leads to a rise in the friction moment by up to 105%, but modifying the oil composition does not always yield positive results. When the load is increased, the oil additive that improves lubricating properties does not enhance the oil's performance and does not reduce friction between the parts.

Keywords: friction moment, load, oil additives.