

TEKSTŪRUOTŲ NORAGINIO SKUTIKO KALTŲ DILIMO TYRIMAS

Ovidijus GUDAITIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: ovidijus.gudaitis@vdu.lt

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

Santrauka

Abrazyvinis dilimas yra viena pagrindinių žemės dirbimo mašinų detalių nudilimo priežasčių, dėl kurių didėja technikos eksploatacinės sąnaudos, mažėja detalių resursas ir blogėja žemės dirbimo procesų efektyvumas. Šio tyrimo tikslas – įvertinti abrazyvinio dilimo poveikį noraginio skutiko kaltų dilimui ir nustatyti paviršiaus tekstūravimo įtaką jų atsparumui dilimui. Tyrimai atlikti taikant laboratorinius bandymus pagal ASTM G65 metodiką ir lauko eksperimentus realiomis eksploatacijos sąlygomis naudojant noraginį skutiką „Horsch Terrano 3FX“. Eksperimento metu buvo tiriami trys kaltų variantai: originalūs kaltai bei kaltai, sustiprinti apvirinant skirtingomis tekstūromis naudojant „Danga 1“ medžiagą. Laboratoriniuose bandymuose vertintas skirtingų dangų atsparumas abrazyviniam dilimui, o lauko eksperimentų metu analizuoti kaltų masės ir geometrinių matmenų pokyčiai eksploatacijos metu. Tyrimų rezultatai parodė, kad skirtingos apvirinimo dangos pasižymi nevienodu atsparumu abrazyviniam dilimui. Lauko bandymų metu nustatyta, kad paviršiaus tekstūravimo technologija turi įtakos kaltų nusidėvėjimo intensyvumui ir dilimo pobūdžiui realiomis darbo sąlygomis. Gauti rezultatai rodo, kad paviršiaus modifikavimo efektyvumas priklauso nuo naudojamos dangos savybių ir dirvožemio abrazyvinių savybių.

Raktiniai žodžiai: abrazyvinis dilimas, žemės dirbimo padargai, kaltai, paviršiaus modifikavimas, apvirinimas.

Įvadas

Dirvos dirbimas yra vienas svarbiausių žemės ūkio technologinių procesų, turintis didelę įtaką dirvožemio struktūrai, augalų augimo sąlygoms ir bendram žemės ūkio produktyvumui. Šiam procesui naudojamų žemės dirbimo padargų dylančios dalys nuolat sąveikauja su dirvožemiu, todėl jos turi pasižymėti dideliu atsparumu abrazyviniam dilimui. Dirvos dirbimo padargų dylančioms detalėms gaminti dažniausiai naudojamas vidutinio anglingumo arba mažai legiruotas plienas, kuriame anglies kiekis sudaro nuo 0,3 iki 0,7 % (Singha, 2021).

Eksploatacijos metu žemės dirbimo padargai intensyviai dyla, nes dirvožemyje esančios mineralinės dalelės dažnai yra kietesnės už grūdintus plienus. Dėl nuolatinio sąlyčio su dirvos dalelėmis darbo paviršiai palaipsniui dyla, keičiasi jų geometriniai matmenys ir blogėja padargų darbo kokybė. Abrazyvinis dilimas turi ir didelę ekonominę reikšmę, nes nudilusių detalių keitimas ar remontas didina eksploatacines išlaidas. Skaičiuojama, kad dėl abrazyvinio dilimo ūkininkai kasmet praranda apie 5365 t medžiagų, o tai sudaro maždaug 3,75 mln. eurų nuostolių (Singha, 2021).

Didelė dalis energijos žemės ūkyje taip pat prarandama dėl trinties ir dilimo procesų. Manoma, kad patobulinus tribologinius procesus žemės ūkyje būtų galima sutaupyti beveik 337 mln. dolerių per metus. Dėl šių priežasčių mokslininkai ir inžinieriai nuolat ieško technologinių sprendimų, kurie leistų sumažinti abrazyvinio dilimo intensyvumą ir prailginti žemės dirbimo padargų resursą (Singha, 2021). Vienas dažniausiai taikomų būdų didinti dylančių detalių atsparumą abrazyviniam dilimui yra paviršiaus stiprinimo technologijų taikymas. Praktikoje taikomi įvairūs metodai, tokie kaip grūdinimas, įanglinimas, karboazotavimas, azotavimas, boravimas bei apvirinimas dilimui atspariomis medžiagomis. Apvirinimo metu naudojamos medžiagos gali būti geležies, chromo, volframo karbido, nikelio, kobalto ar kompleksinių karbidų pagrindu. Tokiu būdu suformuojamas kietesnis paviršinis sluoksnis, kuris mažiau dyla ir padidina detalių resursą (Singha, 2021).

Moksliniai tyrimai rodo, kad vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių atsparumą abrazyviniam dilimui, yra paviršiaus kietumas. Didėjant medžiagos kietumui didėja ir jos atsparumas abrazyviniam dilimui, nes kietesnis paviršius yra atsparesnis dirvožemyje esančių kietų mineralinių dalelių poveikiui. Tačiau abrazyvinio dilimo procesas yra sudėtingas ir priklauso ne tik nuo kietumo, bet ir nuo paviršiaus mikrostruktūros, dangos sudėties bei paviršiaus šiurkštumo (Sagdoldina, 2024). Ankstesni tyrimai parodė, kad skirtingos apsauginės dangos gali reikšmingai pakeisti darbinių elementų atsparumą dilimui. Laboratorinių ir lauko bandymų metu nustatyta, kad legiruotos dangos pasižymi mažesniu dilimo greičiu, palyginti su pagrindine plieno medžiaga, o jų kietumas dažnai yra gerokai didesnis nei pagrindinio metalo (Sagdoldina, 2024).

Literatūroje taip pat nagrinėjamas skirtingų plienų ir paviršiaus apdorojimo technologijų poveikis atsparumui abrazyviniam dilimui. Pavyzdžiui, nustatyta, kad karšto formavimo būdu apdorotas 22MnCrB5 plienas pasižymi gerokai didesniu atsparumu dilimui nei analogiška neapdorota medžiaga. Tyrimai parodė, kad po karšto formavimo šio plieno dilimo intensyvumas gali sumažėti beveik tris kartus (Ulbrich, 2022).

Žemės dirbimo technikoje taip pat plačiai naudojami boru mikrolegiruoti plienai, tokie kaip Hardox ar Raex serijos plienai. Šie plienai pasižymi smulkiagrūde martensitine struktūra, dideliu stiprumu ir geru atsparumu abrazyviniam dilimui, todėl yra tinkami darbui abrazyvinėmis dirvožemio sąlygomis (Katinas, 2017).

Kiti tyrimai rodo, kad paviršiaus modifikavimo technologijos gali būti įvairios – nuo terminio apdorojimo iki skirtingų dangų formavimo metodų. Plačiai naudojami tokie metodai kaip plazminis ar elektrodinis paviršiaus apvirinimas, indukcinis paviršiaus apdorojimas ar kiti paviršiaus stiprinimo būdai (Katinas, 2017).

Pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama ir pažangioms paviršiaus stiprinimo technologijoms, tokioms kaip lazerinis paviršiaus tekstūravimas. Lazerio technologija leidžia formuoti mikrostruktūras medžiagos paviršiuje ir taip pagerinti tribologines savybes. Tyrimai rodo, kad lazerinis paviršiaus tekstūravimas gali sumažinti plieno trinties koeficientą apie 27,9 % ir pagerinti atsparumą dilimui, tačiau paviršiaus savybės labai priklauso nuo lazerio apdorojimo parametrų, pavyzdžiui, skenavimo greičio, kuris daro įtaką paviršiaus tekstūros formavimuisi ir dilimo procesams (Xiao, 2025).

Tačiau paviršiaus stiprinimo technologijų taikymas gali sukelti ir nepageidaujamus procesus, tokius kaip terminės deformacijos, dangos įtrūkimai ar struktūros pokyčiai, kurie gali turėti įtakos paviršiaus kokybei ir galutiniam atsparumui dilimui (Bialobrzeska, 2015). Tyrimai taip pat rodo, kad kombinuoti paviršiaus tekstūravimo metodai gali reikšmingai padidinti paviršiaus kietumą ir atsparumą abrazyviniam dilimui, tačiau jų efektyvumas priklauso nuo dangos sudėties, apdorojimo technologijos ir eksploatacijos sąlygų (Katinas ir kt., 2017).

Nepaisant įvairių paviršiaus modifikavimo technologijų taikymo, abrazyvinio dilimo problema žemės ūkyje išlieka aktuali. Nusidėvėjusios darbo detalės didina technikos prastovas, eksploatacines išlaidas ir darbo sąnaudas, todėl svarbu atlikti eksperimentinius tyrimus, leidžiančius įvertinti skirtingų technologinių sprendimų efektyvumą realiomis darbo sąlygomis. Atsižvelgiant į tai, šiame darbe analizuojamas paviršiaus tekstūravimo poveikis žemės dirbimo padargų darbinių elementų dilimui. Tyrimai atlikti naudojant noraginį skutiką „Horsch Terrano 3FX“, tiriant pagrindinius darbo elementus – kaltus. Eksperimento metu vertinti kaltų masės, ilgio, pločio ir storio pokyčiai, analizuotas jų kietumas ir dilimo pobūdis.

Tyrimo tikslas – įvertinti paviršiaus tekstūravimo įtaką žemės dirbimo padargų darbo elementų atsparumui abrazyviniam dilimui, analizuojant originalių ir tekstūruotų kaltų bei medžiagų dilimą laboratoriniuose ir lauko bandymuose.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti mokslinėje literatūroje pateikiamus žemės dirbimo detalių dilimo mažinimo būdus.
2. Laboratoriniais bandymais įvertinti skirtingų apvirinimo dangų atsparumą abrazyviniam dilimui.
3. Ištirti žemės dirbimo kaltų dilimo ypatumus eksploatacijos sąlygomis.
4. Nustatyti skirtingų kaltų variantų dilimo intensyvumą vertinant jų masės ir geometrinių matmenų pokyčius.
5. Įvertinti paviršiaus dilimo įtaką žemės dirbimo elementų atsparumui abrazyviniam dilimui.

Hipotezė – paviršiaus tekstūravimas ir apvirinimo dangos daro reikšmingą įtaką žemės dirbimo kaltų abrazyvinio dilimo intensyvumui ir pobūdžiui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – noraginio skutiko „Horsch Terrano 3 FX“ pagrindiniai noragėliai (toliau vadinami kaltais). Padarge sumontuota 10 *TerraGrip* stovų su spyruokline apsauga (darbinis plotis 3,0 m, masė 2400 kg). Skutikas agregatuotas su traktoriumi John Deere 6195R (galia 143 kW, traktoriaus masė 9400 kg). Eksperimento metu buvo palaikomas 10–13 km·h⁻¹ darbinis greitis, darbinis gylis 15–20 cm.

Įdirbamo lauko koordinatės: plotuma – 55.07216°, ilguma – 22.10444°. Tyrimai atlikti smėlingo priemolio dirvožemyje, kuriame vyraujanti granulimetrinė frakcija buvo 2–0,05 mm.

Tyrimė taikyti skirtingi metodiniai sprendimai laboratoriniuose ir lauko bandymuose, siekiant įvertinti tiek apvirinimo dangų, tiek paviršiaus tekstūravimo įtaką abrazyviniam dilimui. Laboratoriniuose tyrimuose naudotos dvi apvirinimo dangos („Danga 1“ ir „Danga 2“), siekiant įvertinti jų atsparumą abrazyviniam dilimui kontroliuojamomis sąlygomis ir palyginti jų tribologines savybes. Tuo tarpu lauko eksperimentuose naudota viena danga („Danga 1“), tačiau taikytos skirtingos apvirinimo tekstūros („V“ ir „=“), siekiant įvertinti paviršiaus geometrijos įtaką dilimo intensyvumui realiomis eksploatacijos sąlygomis, eliminuojant dangos sudėties įtaką. Tokiu būdu buvo sudarytos sąlygos nuosekliai įvertinti medžiagos ir paviršiaus modifikavimo įtaką kaltų dilimui.

Vertinimas buvo atliktas pagal 1-ą kaltų komplektą, kuris skutike išdėstytas randomizacijos principu. Eksperimente buvo tiriami šie kaltų variantai:

- „Horsch“ originalūs kaltai (toliau vadinamas – A variantas, 4 kaltai),
- medžiaga „Danga 1“ tekstūruoti „Horsch“ originalūs kaltai. Apvirintas „V“ formos tekstūra. Siūlės storis 1,5–2,0 mm sluoksniu padengia kalto pjovimo briauną, (toliau vadinamas – B variantas, 3 kaltai) (žr. 1 pav. A),
- medžiaga „Danga 1“ tekstūruoti „Horsch“ originalūs kaltai. Apvirintas „=“ formos tekstūra. Siūlės storis 1,5–2,0 mm sluoksniu padengia kalto pjovimo briauną, (toliau vadinamas – C variantas, 3 kaltai) (žr. 1 pav. B).

1 lentelė. Dangų ir pagrindo medžiagos cheminė sudėtis [7,8,9,10]

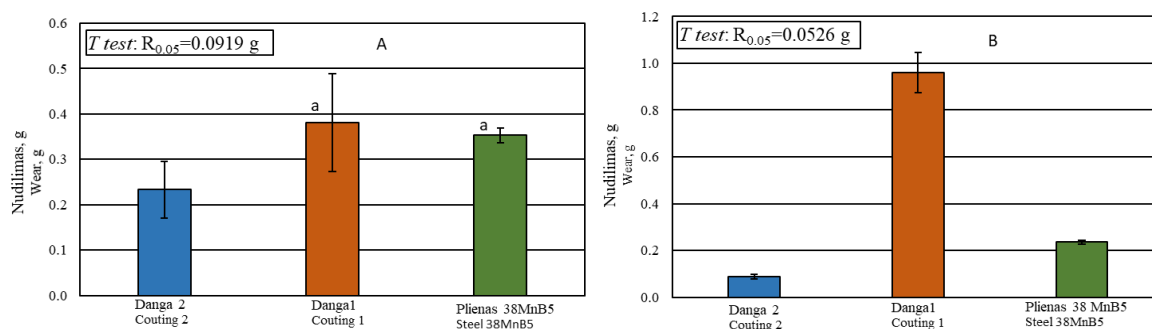
Table 1. Chemical compositions of coatings and the base material [7,8,9,10].

Sudėtis Composition Danga Coating	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	B	Ni	HRC
Danga 1 Coating 1	0,67	0,71	0,78	5,33	1,00	–	–	–	–	56-61
Danga 2 Coating 2	4-5	1-2	1-2	23-28	–	–	–	–	1-3	58-64
Plienas Steel 38MnB5	0,36-0,42	Iki 0,4	1,15-1,45	–	–	0,025	0,035	0,0008-0,005	–	28-45

Išanalizavus laboratorinio tyrimo rezultatus (žr. 3 a ir 3 b pav.), nustatyta, kad skirtingos medžiagos turi skirtingą atsparumą abrazyviniam poveikiui. Nustatyta, kad „Danga 1“ turi mažiausią atsparumą abrazyviniam dilimui. Atliekant bandymą buvo užfiksuotas didžiausias nudilimas, kuris sudarė atitinkamai 0,381 g (vidutinė kontaktinė apkrova) ir 0,961 g (maža kontaktinė apkrova).

Tiriant kaltų pagrindo medžiagą – plieną 38MnB5 – nustatytas vidutinis atsparumas dilimui. Atliekant bandymą mažos kontaktinės apkrovos sąlygomis nudilimas siekė 0,353 g, o bandant vidutinės kontaktinės apkrovos sąlygomis – 0,236 g. Mažiausias nudilimas nustatytas tiriant apvirintą dangą „Danga 2“. Atliekant bandymus tomis pačiomis vidutinės ir mažos kontaktinių apkrovų sąlygomis nudilimas sudarė 0,233 g ir 0,088 g atitinkamai. Ši medžiaga yra didžiausio atsparumo abrazyviniam dilimui.

Gauti rezultatai rodo, kad „Danga 2“ danga pasižymi geresnėmis atsparumo abrazyviniam dilimui savybėmis nei „Danga 1“ ir pagrindo medžiaga 38MnB5. Tuo tarpu „Danga 1“ demonstravo mažiausią atsparumą abrazyviniam poveikiui tarp tirtų medžiagų.



3 pav. Laboratorinis ASTM G65 tyrimas atliktas: A – plieniniu ratu, B – guminiu ratu

Fig. 3. Laboratory ASTM G65 test performed: A – with a steel wheel, B – with a rubber wheel.

Eksperimentiniai lauko bandymai

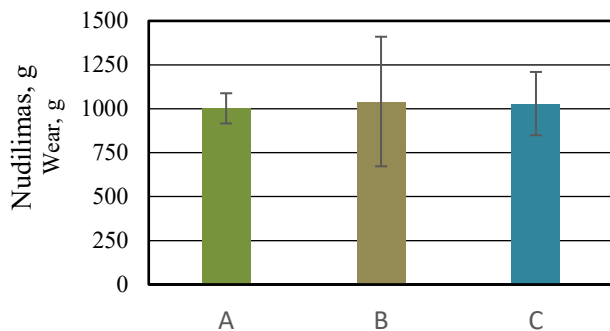
Eksperimento metu atliekant vizualinę kaltų patikrą nustatytas nevienodas dirvožemio abrazyvinis poveikis kaltų paviršiui. Kaltų paviršiuje nustatytas netolygus paviršiaus dilimas, pasireiškiantis paviršiaus duobėtomu ir vietiniu medžiagos išplėsimu. Eksperimento metu nustatytas palaipsninis pjovimo briaunos atbukimas, dėl kurio padidėjo padargo ir jo darbinio elementų apkrova bei pasipriešinimas dirvai, siekiant išlaikyti užduotą 15–20 cm darbinį gylį.



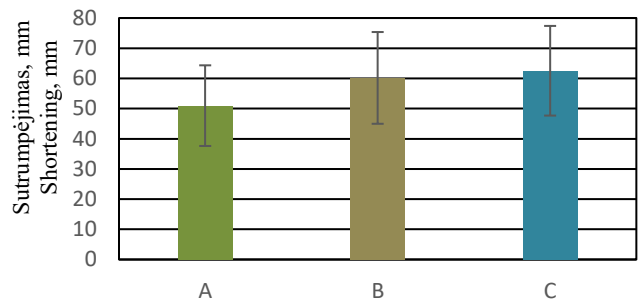
4 pav. Kaltai įdirbė 45-50 ha plotą: A – netekstūruoti kaltai, B – tekstūruoti „V“ forma, C – tekstūruoti „=“ forma.

Fig. 4. Chisel wear after 45–50 ha: A – non-textured chisels, B – “V”-pattern textured chisels, C – “=”-pattern textured chisels.

Išanalizavus eksperimento metu gautus duomenis ir juos apdorojus programoje „MS Excel“ nustatyta, kad abrazyvinis dilimas skirtingus kaltų variantus veikė nevienodai (žr. 5–7 pav.), todėl buvo pastebėti skirtingi geometrinių matmenų ir masės pokyčiai.



5 pav. Kaltų nudilimas eksperimento metu
Fig. 5. Chisel wear during the experiment.

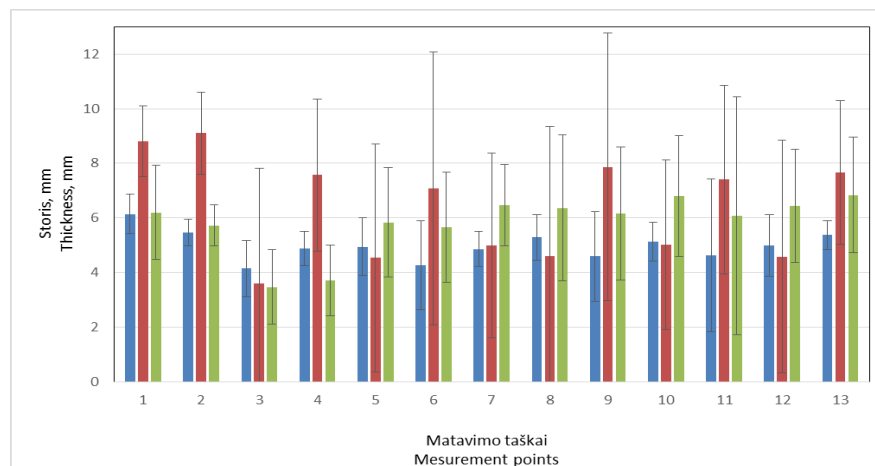


6 pav. Vidutinis kaltų sutrumpėjimas
Fig. 6. Average chisel shortening.

Analizuojant kaltų masės pokyčius nustatyta, kad skirtingi kaltų variantai pasižymėjo nevienodu dilimo intensyvumu, kas rodo, kad paviršiaus modifikavimas gali turėti skirtingą poveikį kaltų abrazyviniam dilimui. Kaltai A eksperimento laikotarpiu vidutiniškai nuo originalios masės nudilo 1000 g. Analizuojant kaltais B ir C eksperimento laikotarpiu vidutiniškai lyginant su jų svoriu prieš eksperimentą nudilimas buvo: B kaltai – 1041 g ir C kaltai – 1029 g.

Išmatavus kaltų ilgį (žr. 5 pav.) nustatytas kaltų trumpėjimas, kaltai A per eksperimento laikotarpį vidutiniškai nudilo 50,9 mm. Matuojant apvirintų / tekstūruotų kaltų B ir C kaltais, matome, kad jų vidutinis nudilimas (nuo pradinio ilgio) buvo, B kaltų – 60,1 mm ir C kaltai – 62,5 mm. Išmatavus kaltų storius (žr. 6 pav.) matomas kaltų plonėjimas. Iš išmatuotų reikšmių matyti, kad mažiausiai nudilo A kaltai (vidutinis nudilimas 4,97 mm). B ir C kaltų matavimai parodė atitinkamai 6,36 mm ir 5,82 mm.

Pagal gautus duomenis ir sudarius grafikus nustatyta, kad kaltai A ir C dilo tolygiau ir stabiliau, lyginant su kaltais B – juose nesimato didelių kalto storio skirtumų (storis 13-oje matavimo taškų dylant kito tolygiai) (žr. 7 pav.). Kaltų B dilimo netolygumas buvo didesnis, matomas kalto dilimo „duobėtumas“, išryškėję storio skirtumai.



7 pav. Eksperimentinių A – pažymėti mėlyna spalva, B – pažymėti raudona spalva ir C – pažymėti žalia spalva. Kaltų storis 13-oje matavimo taškų

Fig. 7. The experimental chisels: A – marked in blue, B – marked in red, and C – marked in green. Chisel thickness at 13 measurement points.

Gauti rezultatai rodo, kad skirtingos paviršiaus modifikavimo technologijos turi įtakos kaltų dilimo intensyvumui ir pobūdžiui realiomis eksploatacijos sąlygomis. Didesnis apvirintų kaltų nusidėvėjimas gali būti siejamas su apvirinimo metu susidaranti terminio poveikio zona, kurioje gali pakisti pagrindinio metalo mikrostruktūra ir sumažėti atsparumas abrazyviniam dilimui.

Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad žemės dirbimo padargų darbinių dalių dilimą lemia abrazyvinis dilimas, sukeliamas dirvožemio kietos mineralinių dalelių. Šis procesas lemia intensyvų darbo paviršių dilimą ir didina dirvos dirbimo mašinų eksploatacines sąnaudas.
2. Laboratoriniai tyrimai parodė, kad skirtingos apvirinimo dangos pasižymi nevienodu atsparumu abrazyviniam dilimui. Didžiausią atsparumą demonstravo „Danga 2“, kurios nudilimas siekė 0,233 g (vidutinė apkrova) ir 0,088 g (maža apkrova), tuo tarpu „Danga 1“ pasižymėjo mažiausiu atsparumu (0,381 g ir 0,961 g). Pagrindo medžiaga 38MnB5 užėmė tarpinę padėtį (0,236 g ir 0,353 g).
3. Lauko bandymai parodė, kad skirtingi kaltų variantai dyla nevienodu intensyvumu. Originalūs kaltai (A) pasižymėjo mažiausiu dilimu (apie 1000 g masės nuostolis, 50,9 mm ilgio sumažėjimas ir 4,97 mm storio sumažėjimas),

o tekstūruoti kaltai B ir C dilo intensyviau – jų masės nuostoliai siekė atitinkamai 1041 g ir 1029 g, ilgio sumažėjimas 60,1 mm ir 62,5 mm, storio – 6,36 mm ir 5,82 mm.

4. Apibendrinus rezultatus nustatyta, kad paviršiaus tekstūravimas naudojant „Danga 1“ nepadidino kaltų atsparumo abrazyviniam dilimui – kai kuriais atvejais jis net sumažėjo. Originalūs kaltai pasižymėjo stabilesniu ir tolygesniu dilimu, o tekstūruoti kaltai, ypač B variantas, dilo intensyviau ir netolygiau.

5. Tyrimo rezultatai parodė, kad paviršiaus stiprinimo technologijų efektyvumas priklauso nuo dangų tribologinių savybių (atsparumo abrazyviniam dilimui). Todėl parenkant paviršių stiprinimo, tame tarpe tekstūravimo technologijas, būtina įvertinti jų tinkamumą konkrečioms darbo sąlygoms ir dirvožemio savybėms. Tyrimo rezultatai patvirtino iškeltą hipotezę, kad paviršiaus tekstūravimas ir apvirinimo dangos daro reikšmingą įtaką kaltų abrazyvinio dilimo intensyvumui ir pobūdžiui.

Literatūra

1. Białobrzaska, B., & Kostencki, P. (2015). Abrasive wear characteristics of selected low-alloy boron steels as measured in both field experiments and laboratory tests. *Wear*, 328–329, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.02.003>
2. [ESAB](#). (n.d.). *OK Tubrodur 60 G M*.
3. Katinas, E., Jankauskas, V., Kairys, P., & Leišys, R. (2017). Research of strengthened plough point by plasma transferred arc welding. *Agricultural Engineering: Research Papers*, 49, 1–5.
4. Sagdoldina, Z., Baizhan, D., Berdimuratov, N., Rutkowska-Gorczyca, M., Maulet, M., & Bolatov, S. (2024). Increasing wear resistance of ploughshare by electrofriction treatment. *Coatings*, 14(12), 1529. <https://doi.org/10.3390/coatings14121529>
5. Singha, J., Chatha, S. S., & Sidhu, B. S. (2021). Abrasive wear characteristics and microstructure of Fe-based overlaid ploughshares in different field conditions. *Soil and Tillage Research*, 204, 104771. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104771>
6. [Scribd](#). (2019). *Stoody product catalog*.
7. [SteelNumber](#). (n.d.). *Steel composition: European steel grade*.
8. [ESAB](#). (n.d.). *Stoody CP2000*.
9. Ulbrich, D., Stachowiak, A., Kowalczyk, J., Wieczorek, D., & Matysiak, W. (2022). Tribocorrosion and abrasive wear test of 22MnCrB5 hot-formed steel. *Materials*, 15(11), 3892. <https://doi.org/10.3390/ma15113892>
10. Xiao, H., Yang, D., Ou, Y., Zhang, J., Hu, Y., & Ma, L. (2025). Laser texturing to improve wear resistance of 65Mn steel rotary tiller blades: Effects of scanning speed. *Lubricants*, 13(5), 224. <https://doi.org/10.3390/lubricants13050224>

EFFECT OF ABRASIVE WEAR ON TINE CULTIVATOR CHISELS

Abstract

Wear of soil tillage machine working elements is one of the main problems in agricultural machinery operation. Abrasive wear caused by hard mineral particles in the soil leads to intensive degradation of working surfaces, increases maintenance costs and reduces the efficiency of tillage processes. The aim of this study was to evaluate the influence of abrasive wear on the wear of tine cultivator chisels and to determine the effect of surface modification on their wear resistance. The research included laboratory tests according to the ASTM G65 method and field experiments carried out under real operating conditions using a Horsch Terrano 3FX tine cultivator. Three variants of chisels were investigated: original chisels and chisels reinforced by hardfacing using different texture patterns with “Danga 1” material. During the experiment, changes in chisel mass, length and thickness were measured and the wear behaviour of the working elements was analysed. Laboratory test results showed that different hardfacing coatings exhibit different resistance to abrasive wear. Field experiments revealed that surface modification technologies influence both the intensity and the character of chisel wear under real operating conditions. The results indicate that the effectiveness of reinforcement technologies depends on the properties of the applied coating and the abrasive characteristics of the soil.

Keywords: abrasive wear, soil tillage tools, chisels, hardfacing, surface modification.