

PLŪGO DARBO DALIŲ DILIMO TYRIMAS

Justas LISTAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas justas.listauskas@stud.vdu.lt

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

Santrauka

Arimas yra viena iš brangiausių žemės dirbimo operacijų, kuriai atlikti reikalingos didelės degalų sąnaudos, neišvengiama didelė traktoriaus apkrova ir intensyvus plūgo darbo dalių dilimas. Dalių keitimas – tai didelės materialinės ir darbo sąnaudos. Šiame tyrime siekiama išsiaiškinti, ar skirtingų gamintojų plūgų darbo dalys yra skirtingo išdirbio. Buvo atlikta palyginamoji išdirbio analizė (pagal masės, darbo dalių įstrižainės ilgio pokyčius). Tyrimų rezultatai parodė, kad mažiausiai nudilo plūgo kaltai, kurių pjovimo briauna buvo sustiprinta kietlydinio plokštelėmis ir priekinis paviršius apvirintas dilimui atsparių medžiagų sluoksniais. Sustiprintų kaltų masės nudilo 2,5 karto mažiau ir įstrižainės sutrumpėjo 4,53 kartų mažiau nei originalių kaltų. Originalių kaltų taip pat ir peilių išdirbis yra mažesnis už kitų tyrime naudotų gamintojų plūgo dalis. Apskritai geometriškai identiškų dalių abrazyvinį dilimą lemia plienų, iš kurių pagaminta dalis, kietumas.

Reikšminiai žodžiai: abrazyvinis dilimas, kaltai, peiliai, kietlydinio plokštelės.

Įvadas

Žemės ūkio darbinių mašinų ilgaamžiškumas yra labai svarbus kriterijus, nes sugedus vienai iš darbo mašinos dalių susidaro didelių materialinių ir darbo nuostolių (Mattetti ir kt., 2017). 85–90 % žemės ūkio mašinų dalių gedimų atsiranda dėl vykstančio dilimo (Jankauskas ir kt., 2020 a).

Plūgo darbo dalys dydžia dėl dirvožemyje esančių abrazyvių dalelių (silicio dioksido, aliuminio oksido mineralų), kurie kietesni už plūgo darbinių dalių plieną. Vienas iš būdų padidinti šių plūgo darbo dalių atsparumą abrazyviniui dilimui – didinti kietumą. Esant didesniai plūgo darbo dalių kietumui abrazyvinių dalelių poveikis yra mažesnis (Stawicki ir kt., 2018).

Plūgo darbo dalims judant dirvožemyje vyksta abrazyvinis dilimas, kuris priklauso nuo abrazyvinių dalelių sudėties, struktūros, kiekio, matmenų ir formos, dalelių judėjimo greičio paviršiumi, kontaktinio slėgio tarp paviršiaus ir dalelės, abrazyvo terpės drėgnumo (Jankauskas ir kt., 2020 b).

Plūgo darbo dalių išdirbiui padidinti taikomi įvairūs technologiniai sprendimai: apvirinimas, terminis apdirbimas, tvirtinamos kietlydinio plokštelės pjovimo briaunoje. Tačiau plūgo kalto pastorinimas 1–6 mm padidina pasipriešinimo jėgas iki 62 %, o traktoriaus degalų sąnaudas iki 41 % (Singh ir kt., 2020).

Tyrimo tikslas – atliekant palyginamąją išdirbio analizę gamybiniais tyrimais palyginti įvairių gamintojų plūgų kaltus ir vagos atpjovimo peilius.

Tyrimo uždaviniai

1. Atlikti darbinių dalių mechaninių ir geometrinių charakteristikų registraciją;
2. Atlikti gamybinius bandymus;
3. Įvertinti rezultatus.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo metu naudotos skirtingų gamintojų plūgo darbinės dalys, iš viso 20 kaltų ir 20 peilių:

- Plūgo kaltai:
 - originalūs / atskaitos taškas – plieninis štampuotas, grūdintas (toliau – *A*, 5 vnt.);
 - kitų gamintojų: plieniniai štampuoti grūdinti (toliau – *B* ir *C*, po 5 vnt.), apvirintas ir sustiprintas kietlydinio plokštelėmis (toliau – *D*, 5 vnt.).
- Plūgo peiliai (kregždutės):
 - originalūs štampuoti, grūdinti: kairiniai ir dešiniai (toliau – *A*, 10 vnt.);
 - kitų gamintojų: štampuoti (toliau – *B* ir *C*, po 5 vnt.).

Tyrimo objektas – plūgų kaltai ir vagos atpjovimo peiliai, kuriems atliekami kietumo ir geometrinių parametrų (ilgio, pločio, storio pokyčių) matavimai ir nustatoma mechaninių savybių įtaka išdirbiui.

Tyrimas atliktas naudojant vartomą 5 korpusų OVERUM DX5 plūgą, kuriame kaltai ir peiliai sumontuoti randomizuotai. Eksperimentiniai tyrimai atlikti lauko sąlygomis AB LYTAGROS žemės ūkio bendrovėje (Bernatonys,

Kauno r.). Tyrimo pradžia – 2021-10-07, kai pradėtas žemės arimas. Plūgo korpuso darbinis plotis 45 cm, arimo greitis 9 km·h⁻¹, arimo gylis 20 cm. Pirmojo bandymo komplekto kaltų ir peilių pozicija pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Pirmojo komplekto kaltų ir peilių pozicija

Table 1. First set of plough points and knife coulters positions

Korpusas		1	2	3	4	5
Dešinė	Peilis	C	A	C	A	C
	Kaltas	A	D	A	C	B
Kairė	Peilis	A	B	A	B	A
	Kaltas	B	C	B	D	A

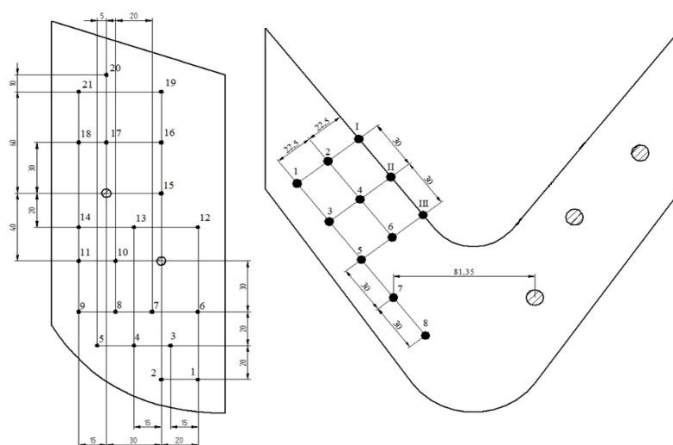
Antrojo bandymo komplekto kaltų ir peilių pozicija pateikta 2 lentelėje.

2 lentelė. Antrojo komplekto kaltų ir peilių pozicija

Table 2. Second set of plough points and knife coulters positions

Korpusai		1	2	3	4	5
Dešinė	Peilis	A	C	A	C	A
	Kaltas	D	A	C	B	D
Kairė	Peilis	B	A	B	A	B
	Kaltas	C	B	D	A	C

Kietmačiu PENETROLOGGER 06.15SA nustatytas dirvos kietumas plūgo darbiniam gylyje 2,66±0,283 MPa. Prieš bandymo pradžią nustatytas kaltų ir peilių kietumas Rokvelo kietmačiu TK-2M (GOST 13407-67), pasverti svarstyklėmis KERN FCB 16K0.2, išmatuoti kaltų, peilių storiai ir pločiai pagal matavimų taškų šabloną, kuris sudarytas atsižvelgiant į darbo dalies judėjimo kryptį (1 pav.).

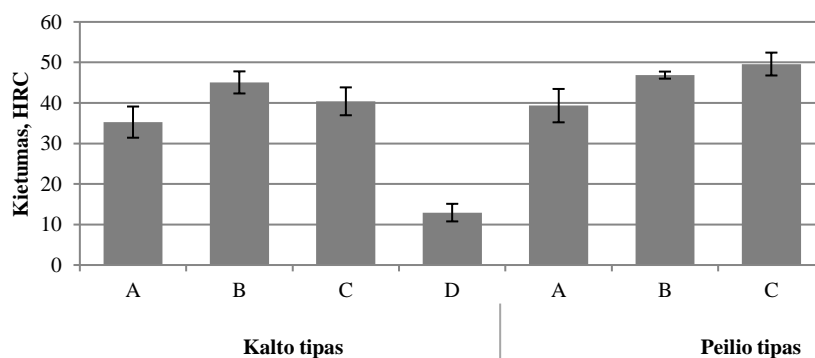


1 pav. Kaltų ir peilių matavimo vietų schemas: 1, 2,..., 21 – storio matavimo vieta; I, II, III – pločio matavimo vieta

Fig. 1. Plough points and knife coulters measurement plan: 1, 2,..., 21 – thickness measurement spot; I, II, III – width measurement spot

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

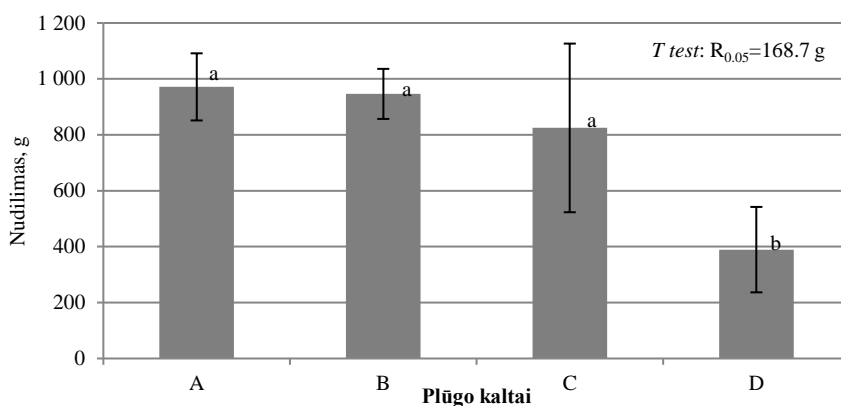
Atliekant eksperimentinius tyrimus realiomis sąlygomis dėl dirvožemyje esančių akmenų lūžo pirmojo komplekto kaltas *B*, o antrojo – kaltai *C* ir *D* (buvo vertinami likę 4 kaltai). Kaltų ir peilių kietumo matavimo rezultatai pateikti 2 paveiksle. Kietumai matuoti metalo pagrindu, todėl atlikti sustiprinto *D* kalto papildomi kietumo matavimai. Sustiprinto *D* kalto pagrindo metalo kietumas 12,93±2,17 HRC, dilimui atsparus apvirintas paviršius 61,2±2,65 HRC.



2 pav. Kaltų ir peilių kietumas

Fig. 2. Plough points and knife coulters hardness

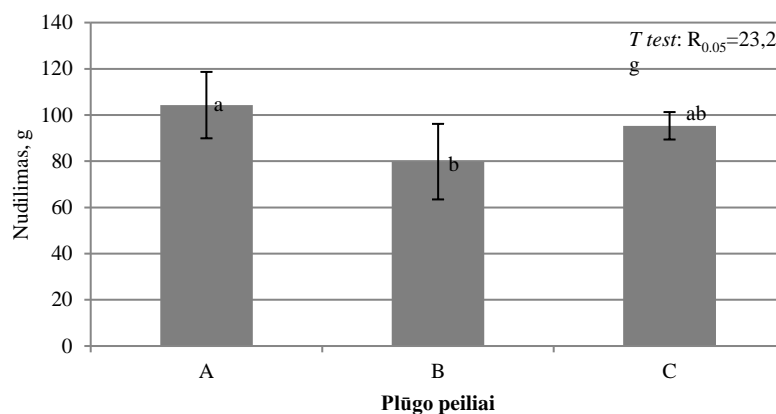
Labiausiai nudilo A kaltai (nudilo 972 ± 120 g), o mažiausiai – kietlydinio plokštelėmis sustiprinta pjovimo briauna ir apvirintu darbinium paviršiumi – D kaltai (nudilo $389 \pm 152,7$ g), t. y. 583 g mažiau nei A kaltai (3 pav.).



3 pav. Kaltų nudilimas pagal masę
Fig. 3. Plough points wear by weight loss

Įvertinus kaltų nudilimą pagal masę statistiškai patikimas skirtumas esant 95 % tikimybei yra tarp C ir D, A ir D, B ir D kaltų. D kaltų nudilimas yra 2,5 kartų mažesnis už A kaltų.

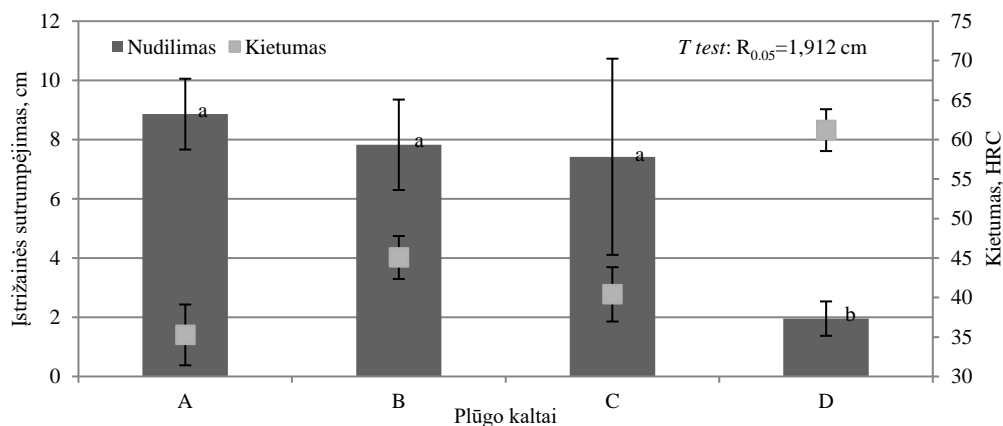
Daugiausiai nudilo A peiliai ($104,3 \pm 14,37$ g), o mažiausiai – B peiliai $79,8 \pm 16,35$ g (4 pav.).



4 pav. Peilių nudilimas pagal masę
Fig. 4. Knife coulters wear by weight loss

Lyginant peilių nudilimą pagal masę statistiškai patikimas skirtumas esant 95 % tikimybei yra tarp A ir B. B peiliai nudilo 23,5 % mažiau nei A peiliai.

Didžiausias įstrižainės ilgio sutrumpėjimas buvo A kaltų ($8,86 \pm 1,195$ cm), o mažiausiai – D kaltų ($1,955 \pm 0,58$ cm), kurių pjovimo briauna sustiprinta kietlydinio plokštelėmis ir paviršius apvirintas dilimui atsparia danga (5 pav.).



5 pav. Kaltų įstrižainės sutrumpėjimas ir jų kietumas
Fig. 5. Plough points wear by length loss and hardness

Įvertinus kaltų nudilimą pagal įstrižainės sutrumpėjimą statistškai patikimas skirtumas esant 95 % tikimybei yra tarp *C* ir *D*, *A* ir *D*, *B* ir *D* kaltų. Kaltų *D* įstrižainė trumpėjo 4,53 karto mažiau nei *A* kaltų įstrižainės.

Kaltų *D* pjovimo briaunoje yra kietlydinio plokštelės (6 pav.). Iš šonų kietlydinio plokštelės yra plastiškesnės, atsparesnės akmenų smūgiams, kadangi šios vietos yra labiausiai pažeidžiamos akmenų, o viduryje kietlydinio plokštelės yra labiau dirvos nucludintos iki blizgesio.



6 pav. Kalto *D* kietlydinio plokštelės
Fig. 6. Plough point *D* carbide plates

Po bandymo matyti akivaizdūs *A* kaltų geometriniai pokyčiai, ilgio sutrumpėjimas, o *D* kaltų būklė vizualiai yra artima pradinei (7 pav.).



7 pav. Kaltai *A* ir sustiprinti kaltai *D* iki ir po lauko bandymo
Fig.7. Plough point *A* and reinforced *D* wear before and after field experiment

Lyginant *A* ir *D* kaltų kietumo diagramą (2 pav.) su kaltų nudilimu pagal masę (3 pav.) ir kaltų nudilimu pagal įstrižainės ilgio sutrumpėjimą (5 pav.), galima teigti, kad didesnio kietumo kaltai atsparesni abrazyviniam dilimui.

Išvados

1. Mažiausiai pagal masę dyla *D* kaltai, kurių pjovimo briauna sustiprinta kietlydinio plokštelėmis ir darbinis paviršius apvirintas dilimui atsparia danga (2,5 kartus mažiau už originalius *A* kaltus).

2. Geometriškai identiški plieniniai kaltai dyla atvirkščiai proporcingai jų kietumui – kuo kaltai kietesni, tuo jie mažiau nudyla.

3. Kaltų, kurių pjovimo briauna sustiprinta kietlydinio plokštelėmis, ilgoji įstrižainė 4,53 kartų sutrumpėjo mažiau, lyginant su originalių *A* kaltų įstrižaine.

4. Lyginant pagal masę vagos atpjovimo *B* peiliai nudilo 23,5 % mažiau nei originalūs *A* peiliai.

Literatūra

1. Jankauskas, V., Katinas, E., Laskauskas, A., Antonov, M., Varnauskas, V., Gedzevičius, I., Aleknevičienė, V. 2020. Effect of Electrode Covering Composition on the Microstructure, Wear, and Economic Feasibility of Fe-C-Cr Manual Arc-Welded Hardfacings. *Coatings*, Vol. 10, D 294.
2. Jankauskas, V., Katinas, E., Pusvaškis, M., Leišys R. 2020. A Study of the Durability of Hardened Plough Point. *Journal of Friction and Wear*, Vol. 41, p. 78–84.
3. Mattetti, M., Molari G., Sereni, E. 2017. Damage evaluation of driving events for agricultural tractors. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 135, p. 328–337.
4. Singh, J., Chatha, S., Sidhu, B. 2020. Abrasive wear behavior of newly developed weld overlaid tillage tools in laboratory and in actual field conditions. *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 55, p. 143–152.
5. Stawicki, T., Kostencki, P., Bialobrzaska, B. 2018. Wear resistance of selected cultivator coulters reinforced with sintered-carbide plates. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Vol. 18, p. 1661–1678.

WEAR OF THE WORKING PARTS OF PLOUGH

Summary

Ploughing is one of the most expensive tillage operations, which requires a large amount of fuel consumption and is accompanied by a heavy tractor load and intensive plough work part wear. Replacement of the latter involves high material and labour costs. The aim of this study is to find out whether the working parts of plough from different manufacturers have different yields, and therefore a comparative wear analysis is carried out in terms of weight and the longest diagonal length changes. The results of the study show that the plough points that were reinforced with hardening plates in the cutting edge and with wear-resistant weld coating on the working surfaces wore the least. The reinforced plough points wore 2,5 times less in mass and 4,53 times less in terms of the longest diagonal length than the original plough points. Original plough points and knife coulter yield is lower than the plough working parts of the other manufacturers used in the study. In general, the abrasive wear of geometrically identical parts is determined by hardness of the material from which the part is made.

Keywords: abrasive wear, plough points, knife coulters, carbide plates.