

PIN-ON-PLATE TRIBOMÉTER FEJLESZTÉSE TALAJMŰVELŐ SZERSZÁMOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATÁHOZ

DEVELOPMENT OF A PIN-ON-PLATE TRIBOMETER FOR COMPARATIVE TESTING OF TILLAGE TOOLS

*Vajda Márk Zsolt, MSc Gépészmérnök hallgató, tanszéki demonstrátor
Dr. Rádics János Péter adjunktus*

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajművelő gépek művelőelemei nagymértékű kopásnak vannak kitéve, amelyet a talajrészecskékkel való súrlódás okoz. A kopás hatására megváltozó szerszámgeometria vonóerő növekedést eredményez, amely a vontatási hatások jelentős csökkenésével járhat. Későbbi kutatásainkat az általunk megépített pin-on-plate tribométeren elvégzett koptatási vizsgálatainkkal alapoztuk meg, amelyek végcélja a szerszámélettartam számítása adott művelőelem és adott talajtípusok esetére.

ABSTRACT

The tools of tillage machines are subject to extensive wear and tear caused by friction with the soil particles. Changing tool geometry as a result of wear causes an increase in traction, which can lead to a significant decrease in traction efficiency. The basis of this research were abrasion tests made on a pin-on-disk tribometer. Aim of research is to calculate tool life of cultivator tools for specific soil types.

1. BEVEZETÉS

A talajművelő gépek művelőelemei nagymértékű kopásnak vannak kitéve, amelyet elsősorban az abrazív talajrészecskékkel való súrlódás okoz. A jelenlegi gyakorlatban a szerszám állapotának meghatározása főként tapasztalati úton történik. A precíziós talajművelési technológiákkal azonban igény van a szerszámélettartam monitorozására és kijelzésére. A szerszámterhelés meghatározása, valamint a talajtípus, mint koptató közeggel kapcsolatos információk rendelkezésre állnak az erőgép és a precíziós gazdálkodási rendszer adataiból, azonban hiányosak az ismeretek arról, hogy ezen információkból hogyan vetíthető előre a szerszámkopás mértéke. A rendelkezésre álló, viszonylag kevés kutatás közül speciális körülmények között végzett vizsgálatokról találhatók információk.

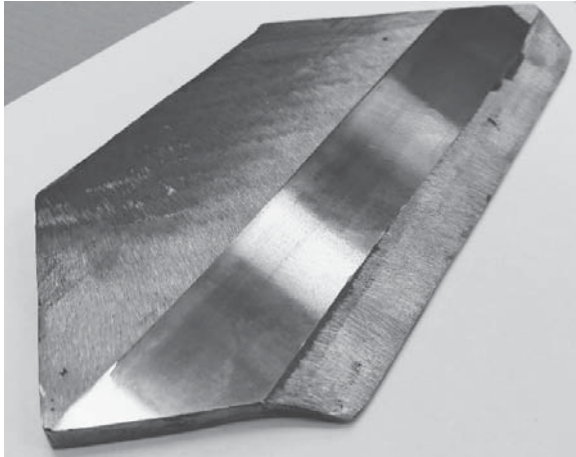
Fielke és tsai. által végzett kutatásban a különböző gyártástechnológiával készülő kultivátorkapák kopását, valamint a megváltozott geometriához tartozó vonóerőt mérték. Megállapították, hogy az élek deformációja jelentősen növeli a vonóerőigényt, ezért kopásállóbb anyagok használata javasolt [2]. Ferguson és tsai. munkájában az Ausztrál viszonyokra jellemző, erősen abrazív, kavicsos talajban végzett kísérletek során vizsgálták a kultivátorkapán fellépő kopások mértékét, azonban ezek a mérések olyan speciális talajokon történtek, amelyek nagyon messze állnak azoktól az európai talajoktól, amelyek az általános talajművelési gyakorlatban előfordulnak. [1] [3] Kutatásom rövidtávú célja volt, hogy a korábbi mérések során pin-on-disk tribométerrel ismert anyagminőségű mintákon elvégzett vizsgálatát összehasonlítsam az általam megépített pin-on-plate tribométerrel. Az új mérési módszerre azért van szükség, mivel nem minden esetben lehetséges, hogy egy alkatrészről előállítsunk egy 150 mm átmérőjű próbadarabot, ugyanakkor rendszerint ki tudunk metszeni belőle egy hosszukás, sík felülettel rendelkező próbadarabot. A vizsgálat eredményeként lehetőség nyílik a különböző, nem ismert anyagminőségű valós művelőszerszámok, ismert anyagminőségű mintadarabokkal történő összehasonlítására. A kutatás hosszú távú célja pedig, hogy a pin-on-disk- és lineáris elmozdulású tribométereinkkel végzett mérési eredményekkel megalapozva, egy olyan vizsgálati módszert fejlesszek ki, amellyel különböző talajtípusok esetén, pontos becslést lehet adni a szerszámok valós kopására.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A gép megtervezését, megépítését és a vizsgálatokat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszéken végeztem el. A megépített gépen végzett mérések során rögzítettem a súrlódási erőt és a kopófelület hőmérsékletét.

2.1. Anyagpárok

A vizsgálatokat egy S235 anyagminőségű próbadarabon kezdtem, hogy legyen referenciám az előző vizsgálathoz, majd egy kultivátorkapán előállított próbafelületen folytattam. A koptatás előtt a kultivátorkapából kivágásra került a próbadarab, majd síkköszörű segítségével került kialakításra rajta a vizsgálat elvégzéséhez szükséges síkolt tartomány. A próbadarab az 1. ábrán látható.



1. ábra. A koptatáshoz használt mintadarab

A vizsgálatok ellendarabja minden esetben a 2. ábrán látható sokszemcsés gyémánt koptatófej volt.



2. ábra A koptatáshoz használt sokszemcsés gyémánt

A koptatáshoz szükséges lineáris mozgathoz tervezett és megépített tribométer a 3. ábrán látható.



3. ábra. A koptatáshoz használt berendezés

A mérések során a próbadarabok a lineárisan megvezetett mozgókocsra kerültek felfogatásra. A lineáris alternáló mozgást egy elektropneumatikusan vezérelt 160mm-es löketű pneumatikus munkahengerrel állítottam elő. Az ellendarabot egy, a végén furatolt köracél segítségével pozicionáltam a megfelelő helyre, majd annak a végén elhelyezett tárcsasúllyal terheltem. A súrlódási erőt a függőleges, csapágyazott felfogatólaphoz bekötött erőmérő cella és jelfeldolgozó egység segítségével mértem mindkét mozgási irányban. A mérések körülményeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A koptatás mérési körülményei

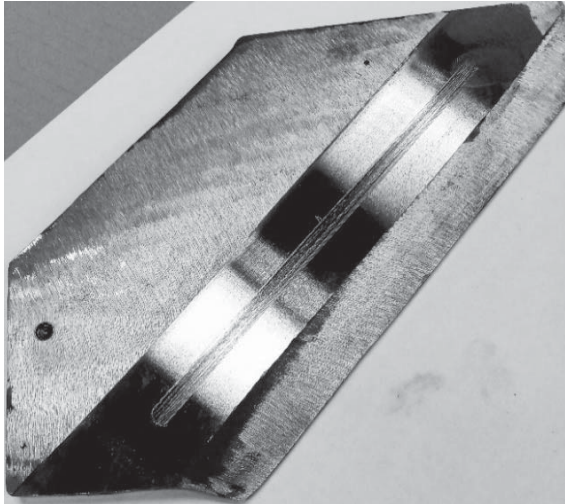
	próbatest	Terhelés [kg]	P_{munkah} [bar]	Koptatási idő [s]	Δt [°C]
1.	Kultivátorkapa	5	4	3749	1,16
2.	Kultivátorkapa	10	4	1860	0,38
3.	S235	10	4	1620	1,32
4.	S235	10	4 bar>0- ig	550	0,20

A vizsgálatok során a mért súrlódási értékek diagramban ábrázolva pozitív és negatív értékek között váltakoznak. Ez a szakaszos váltakozás az alternáló, gyorsuló-lassuló mozgásból ered, mivel a mérőcellát egyszer nyomó egyszer pedig húzó irányba terheli a pin. A mérési adatok feldolgozása során, a gyorsulási és lassulási szakaszokat eltávolítottam, mivel azok nem tartalmaznak

releváns információt. A mérési ciklusok 7-8 percesek voltak.

3. EREDMÉNYEK

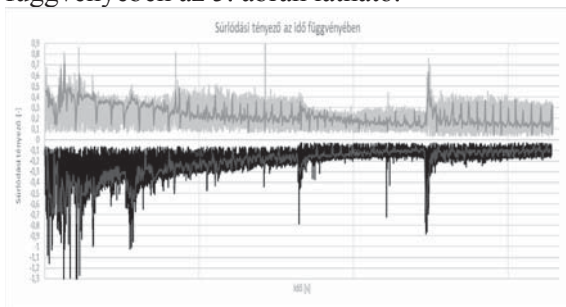
A koptatási vizsgálatokat két különböző anyagon végeztük el, két-két alkalommal. A 4. ábrán, a kultivátorkapa koptatás utáni állapota látható.



4. ábra A kultivátorkapa felülete koptatás után

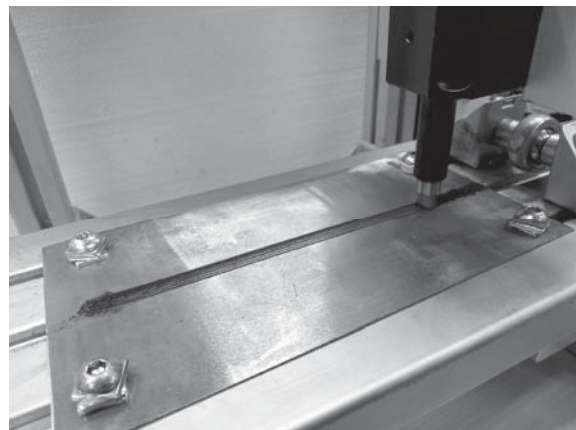
A mérések során rögzített erő értékek szűrése és feldolgozása után számítottuk a súrlódási erőt, amely a függőleges felfogatólap csapágy- lemez, valamint a csapágy és az erőmérő cella távolságának megfelelő karhosszából adódott.

A súrlódási erő értékekből kiszámított súrlódási tényezők időben ábrázolva megmutatják a kopási folyamatot, amelynél megfigyelhető, hogy a kezdeti szakaszon folyamatosan emelkedik a súrlódási erő, majd egy ponton túl csökken, végül pedig állandósul. A súrlódási tényező időbeli változása jellegre megegyezik a szakirodalomban szereplőkkel. Az első mérést a kultivátorkapa felületén végeztem. Ezen mérés során mért súrlódási tényező az idő függvényében az 5. ábrán látható.



5. ábra Súrlódási tényező az idő függvényében

Az ábrán adatfeldolgozás szempontjából külön kezeltem a pozitív és a negatív értékeket, mindkettőnél külön-külön alkalmaztam zajsűrűséget, így kaptam meg a sötétebb vonallal jelölt középértékeket. A diagram három mérésből van összeillesztve, ami látszik is, hiszen az illesztésnél ugrásszerű változás van a diagramban. A kapa anyagát a gyártó nem adja meg, ugyanakkor tudjuk, hogy az erősen abrazív használati környezet miatt valamilyen hőkezelt, magas szén és ötvöző tartalmú, kopásálló acélból készült. A maximális súrlódási tényező érték 0,6 [-], az állandósult szakaszban mért érték pedig 0,15-0,2 [-] tartományban változik. Az állandósult érték megegyezik a pin-on-disk méréseknél mért Ni-hard 4 -es vizsgálatának állandósult eredményével, és jellegre is hasonló azzal. Az S235 acéllemezen végzett mérés működés közben a 6. ábrán látható.



6. ábra S235 lemezen végzett koptatás

A koptatás eredményének kiértékelésekor azt tapasztaltam, hogy a mért súrlódási tényező értékek nagyon kis mértékben magasabbak, de jellegre azonosak, mint a pin-on-disk mérésnél az S355 acéllemez esetében. Eddigi méréseink alapján a kopásállóbb és nagyobb szilárdságú anyagoknál a súrlódási tényező kisebb.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A talajművelő szerszámok élettartam kutatásához elengedhetetlen, hogy a nem ismert, valós művelőszerszám anyagok kopási tulajdonságait, meglévő mérési eredményekkel hasonlítsuk össze. A jellemző szerszámgeometriák miatt, a mérések elvégzéséhez egy új pin-on-plate berendezést kellett kifejlesztenünk, amellyel a korábbi kutatások eredményeként meglévő pin-on-disk

berendezésen végzett vizsgálati eredményeket kívántuk összevetni. Az első tesztméréseket az új fejlesztésű berendezéssel végeztük el., A próbaméréseket a szakirodalomban megtalálható irányelvek szerint végeztük el.

A különböző anyagminőségű acélok koptatása közben, a súrlódási erő (és tényező) változása a kezdeti szakasztól az állandósult szakaszig az elvártan megfelelően alakult. A súrodási tényező az egyes anyagok esetében a keménységgel és a kopásállósággal fordítottan arányos. A koptatás során, a felületen mért hőmérsékleti értékek szórása nagyon nagy volt. Ennek oka a rövid vizsgálati ciklusokkal magyarázható. Azonban már ezen nagy szórású eredményeknél is megfigyelhető volt, hogy ahogyan azt vártuk, a kisebb kopásállóságú anyagok a kopás közben jobban felhevültek.

A mérési eredmények kiértékelése alapján kijelenthető, hogy a megépített berendezés alkalmas a pin-on-disk és pin-on-plate berendezések mérési eredményeinek összehasonlítására.

A mérések során, az időnként akadozó csúszás miatt, viszonylag erős rezgéseket tapasztaltunk. A későbbiekben meg kell vizsgálni, hogy ezeknek a rezgéseknek a mértéke a jelenlegi váz kialakítása mellett mennyire befolyásolja az eredményeket.

A terhelőerőt biztosító tárcsasúlyok rögzítését és a pin terhelés irányba történő, egy tengely körüli elfordulását biztosító billenőajtó a tehermentesítő funkcióját a mérés közben kiválóan ellátja, azonban a mérés leállítása után a pneumatikus rendszer nem tehermentesíthető teljes mértékben, ezért a mérőcella sokszor terhelés alatt marad. Ez mellett a jelenlegi kialakítás miatt a terhelésű nyomatóka előterheli a mérőcellát. Ez megnehezíti a mérési adatok kiértékelését, ezért célszerű a műszer ezen részének kisebb átalakítása, és a forgáspont terhelőerő hatásvonalába történő helyezése.

A tervezett mérések nagy ciklusszáma miatt a pneumatikus mozgatás megfelelő megoldás. Azonban a kezdeti szakasz pontosabb vizsgálata miatt indokolt egy mechanikus hajtásrendszer megépítése is. Ezzel lerövidíthető a lassulási-gyorsulási szakaszok hossza, tetszőlegesen és pontosan változtatható a mozgás sebessége, és mindkét irányban azonos sebesség érhető el. Így a mérési adatok kiértékelése is jóval egyszerűbbé válik. Ugyanakkor a hosszú időtartamú, nagy

ciklusszámú mérésekhez továbbra is indokolt a pneumatikus mozgatás megtartása.

A pneumatikus rendszer kezdeti hiányossága volt, hogy a használt kompresszor nem tudott annyi levegőt szállítani, mint amennyit a munkahenger működés közben elfogyasztott, így csak a 8 barra feltöltött puffer tartály nyomásszabályzón keresztüli ürülése mellett tudtunk a szabályzási pontig mérni. A mérést így folyamatos 4 bar nyomás mellett végeztük a tartálynyomás 4,5 bar értékéig.

A jelenlegi konfigurációban kizárólag a mérés végén kapunk információt a kopási felületről és a kopadék mennyiségéről. A berendezés továbbfejlesztésével lehetőség van a kopási felület folyamatos 3D szkennelésével a kopásprofil nyomónkövetésére, valamint ez alapjén a kopadék mennyiségének számításával történő meghatározására, amely a kopott darab utólagos tömegmérésével minden mérésnél validálható.

A mérések során a maximális mérési sebesség meghatározása kiemelten fontos szempont, mivel a valós, szántóföldi körülményeket figyelembe véve a felület hőmérséklete nem érheti el azt a határt, amikor a lokális hőmérséklet befolyásolja a kopás mértékét, hiszen ez a gyakorlatban nem fordulhat elő. Ezért a berendezést a későbbiekben egy hőkamerával kívánjuk ellátni.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP- MI) tématerületi programja keretében.

6. IRODALOM

- [1] J.D. Bressan, D.P. Darosa, A. Sokolowski, R.A. Mesquita, C.A. Barbosa (2007): Influence of hardness and the wear resistance of 17-4PH stainless steel evaluated by the pin-on-disc testing
- [2] J.M. Fielke, T.W. Riley, M.G. Slattery and R.W. Fitzpatrick (1992): Comparison of tillage forces and wear rates of pressed and cast cultivator shares
- [3] S.A. Ferguson, J.M. Fielke, T.W. Riley (1994): Wear of cultivator shares in abrasive South Australian soils
- [4] Pierre Leroux (2014): ASTM G99 Tip's Perspective Continuous Wear Contact