

Talajművelő gépek kopásálló anyagainak összehasonlító vizsgálata

Comparative study of abrasion resistant materials for tillage machines

Vajda Márk Zsolt, MSc Gépészmérnök hallgató, tanszéki demonstrátor, Béres- Deák Emilia MSc gépészmérnök hallgató

ABSTRACT:

Wear of tillage tools during the interaction with agricultural soils is a great question for the manufacturers. Product costs raise with material quality and manufacturing steps. Measurements are needed to have information about the process of wear during tillage to be able to predict the change in the geometry of the tool's edge. Measurement results presented in this paper provide data about the wear of materials used by tillage tools. These are the first steps of our research about determining wear of cultivator tools during work on different types of soil.

1. BEVEZETÉS

A talajművelő gépek művelőelemei nagymértékű kopásnak vannak kitéve, amelyet elsősorban az abrazív talajrészecskékkel való súrlódás okoz. A nagy energiaigényű alapművelés esetén különösen komoly problémát jelent, hogy a kopás hatására megváltozó szerszámgeometria vonóerő növekedést eredményez, amely a vontatási hatások jelentős csökkenésével járhat. 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 ismertek arról, hogy ezen információkból hogyan vetíthető előre a szerszámkopás mértéke. A rendelkezésre álló, viszonylag kevés kutatás közül speciális körülmények között végzett vizsgálatokról található 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 [5]. Ferguson és tsai. munkájában az Ausztrál viszonyokra jellemző, erősen abrazív, kavicsos talajban végzett kísérletek során vizsgálták a kultivátorkapán fellépő kopások mértékét, azonban ezeket a

méréseket olyan speciális talajokon vizsgálták, amelyek nagyon messze állnak azoktól az európai talajoktól, amelyek az általános talajművelési gyakorlatban előfordulnak. [6] A kutatás alapvető célja, hogy az általunk átalakított pin on -disk tribométerrel végzett mérési eredményeinkkel megalapozzuk további kutatásainkat, amelyekkel a végső célunk, hogy minél pontosabb becslést adjunk a szerszám kopására különböző talajtípusok esetén. Ezekkel a vizsgálatokkal kívánjuk megalapozni, hogy diszkrét elemes szimulációs módszerek segítségével pontosabb képet kapjunk a szerszámkopás folyamatáról.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

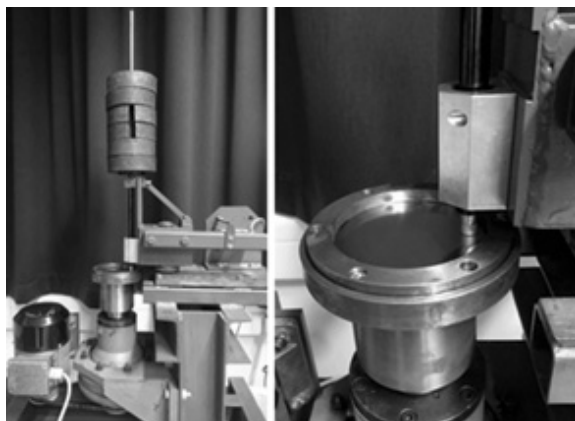
A vizsgálatokat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék átalakított tribométerével végeztük el. A mérés során rögzítettük a súrlódási erőt, a kopófelület hőmérsékletét, a kopadék mennyiségét, valamint a vizsgálat végén 3D szkennelvel felvettük a kopott felület profilját is.

2.1 Vizsgált anyagok

A vizsgálatokat a kiválasztott, különböző kopásállóságú acélokon végeztük el. Referencia darabnak S355 alapanyagot választottunk, ami egy általános rendeltetésű, növelt folyáshatárú, előnyös tulajdonságai miatt gyakran használt szerkezeti acél. A második mintadarab anyaga Hardox 400, amelyet kopásálló, ugyanakkor igen szívós tulajdonsága miatt széles körben használnak abrazív környezetben. A harmadik anyag a Ni-Hard 4 márkanevű öntvény a kopásálló acél ötvözetek közül az egyik legkopásállóbb, sokterhelésekkel szemben ellenáll, nikkkel és króm-tartalma miatt jó korrózióálló. A negyedik mintadarabnak egy kompozit anyagot választottunk, amely a Detloff cég terméke. Ez egy általános szerkezeti acél hordozóanyagból és egy kopásálló keményfémréteg bevonatból áll. A hordozóanyag és a kopásálló réteg a gyártás során csak kis mértékben keveredik. A kopásálló réteg felülete jellegzetes repedezettséget mutat, amely a gyártás során bekövetkező feszültség-csökkenés eredménye.

2.2 Tribométer átalakítása

Vizsgálatainkhoz használt pin on -disk típusú tribométer berendezés az 1. ábrán látható.



1. ábra. Az általunk használt pin on -disk tribométer berendezés

A gép két fő eleme a pin (rúd), és a tengelyére merőleges disk (síktárcsa), amelyik forgó mozgást végez. A vizsgálandó darab a tárcsához rögzítve forog, a rudat (és a végére erősített anyagot) pedig az elhelyezett súlyok szorítják neki, így adott a nyomóerő és a relatív elmozdulás is ahhoz, hogy létrejöjjön a kopást előidéző súrlódás a vizsgált minta felületén. A vizsgálatokat mindig állandó körülmények között végeztük el, paramétereit a szakirodalomban található információk és ajánlások alapján határoztuk meg [2]. A beállított paraméterek az alábbi táblázatban (1. táblázat) láthatók.

1. táblázat. Koptatási paraméterek

Vizsgálat időtartama	5 [óra]
Koptatógép fordulatszám	22 [1/perc]
Kerületi sebesség	0,092 [m/s]
Koptatási távolság	1660 [m]
Terhelés	300 [N]

A koptatási vizsgálatokhoz minden esetben a 2. ábrán látható sokszemcsés gyémánt koptatófej került alkalmazásra. A vizsgálatokhoz nem használhattunk egyszemcsését a kompozit anyag felületén lévő nagy repedések miatt.



2. ábra. Koptatáshoz használt sokszemcsés gyémánt

A mintákat az alsó tárgyszatra történő felfogatáshoz kör alakúra munkáltuk fel. A kopófelületek felületi érdességét és síklapúságát síkköszörű segítségével állítottuk be. A forgácsolási sebességet úgy választottuk meg, hogy a munkadarabokat minél kisebb hőhatás érje, hogy az anyagtulajdonságok ne változzanak.

2.3. Kopáskép felvétele

Ahhoz, hogy a vizsgálat eredményét minél pontosabban rögzítsük, nem csak a kopadék tömegét mértük, hanem a kopási profilt is. A koptatott felület 3 dimenziós rögzítését egy vetített háló torzulásából térképezte fel a gép. Az egyes esetekben rögzített profilok így könnyen kiértékelhetővé és összehasonlíthatóvá váltak.

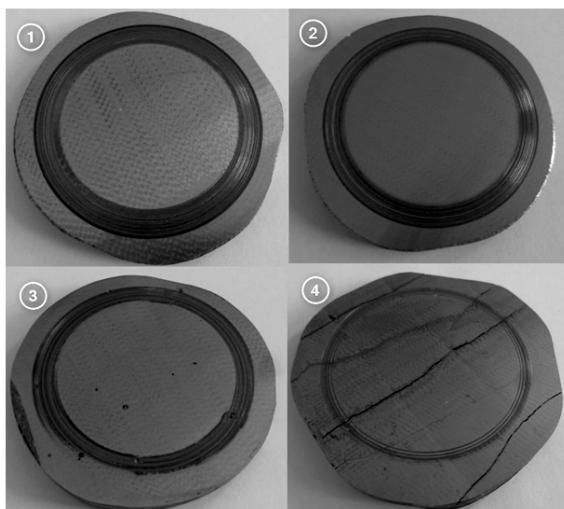
2.4. Kopadék tömegének mérése

A kopadék tömege indirekt módon került meghatározásra azáltal, hogy egy Satorius 0,001[g] pontosságú mérleg segítségével a mintadarabok tömege a vizsgálat előtt és után is rögzítésre került. A mintadarabok felületét mind a mérés előtt- mind a mérés után megtisztítottuk Loctite SF 7063 tisztító és zsírtalanítóval.

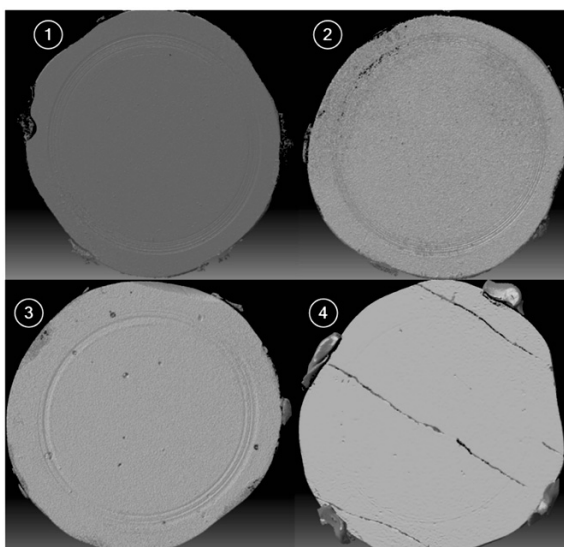
3. EREDMÉNYEK

A vizsgálatot 4 különböző anyaggal végeztük el. Az alábbi 3. ábrán láthatók a vizsgálat utáni mintadarabok.

A 3. ábrán is látható, hogy a leginkább kopásállóknak a kompozit anyag bizonyult. A mintadarabok végső felületei a 4. ábrán láthatóan 3D szkennelés segítségével rögzítésre kerültek.

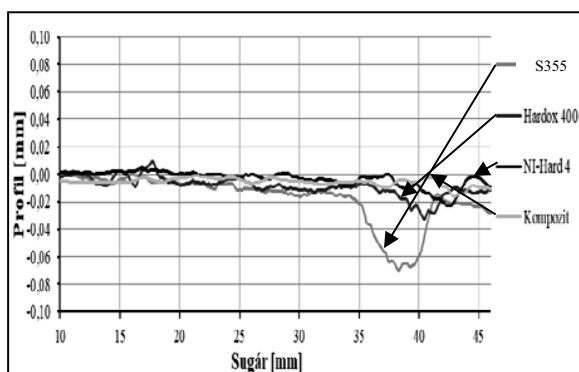


3. ábra. Koptatás utáni mintadarabok
1 – S355; 2 - Hardox 400;
3 - Ni-Hard4; 4 - Kompozit



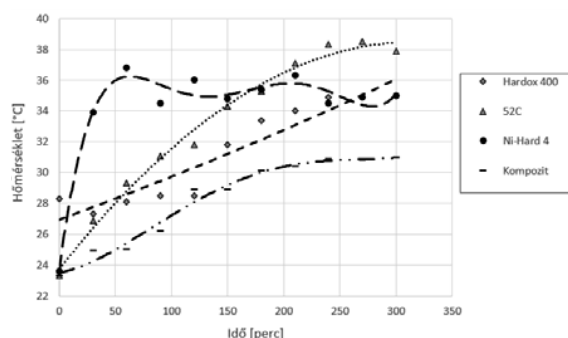
4. ábra. Koptatás utáni mintadarabok 3D
szkennelt felületei 1.- S355; 2.- Hardox 400;
3.- Ni-Hard4; 4.- Kompozit

A szkennelés után az alábbi ábrán láthatóan a koptási profilok ábrázolhatóak, és összehasonlíthatóvá váltak.



5. ábra. Koptási profilok

A koptatás során 30 percenként rögzítésre kerültek a mintadarabok koptatásban részt vevő felületeinek lokális hőmérsékletei. Ezen adatok kiértékelésével sokkal átfogóbb képet kaphatunk a koptatási folyamat időbeli lefolyásáról. A 6. ábrán láthatóak az anyagok koptatás közbeni hőmérsékletei. Nemcsak az értékek, hanem az időbeli változások jellege is eltérő. A legkevésbé kopásálló anyagnak az S355 bizonyult, a koptatás végére ennek lett a legmagasabb a hőmérséklete. Látható azonban, hogy az egyre kopásállóbb anyagok között nem feltétlen szabályszerű, hogy a kopásállóbb anyag lesz az, amely kevésbé fog melegedni. A Ni-HARD 4 és a Hardox 400 esetében pedig az látható, hogy a vizsgálat végére a két anyag végső hőmérséklete szinte azonos lett, azonban figyelve a görbék jellegét megfigyelhető, hogy míg a Ni-Hard már a koptatási vizsgálat elején felhevült a végleges hőmérsékletre, addig a Hardox 400 folyamatosan melegedett, ami, ha folytattuk volna a vizsgálatot, akkor tovább melegedett volna, míg a Ni-Hard 4-é nem.



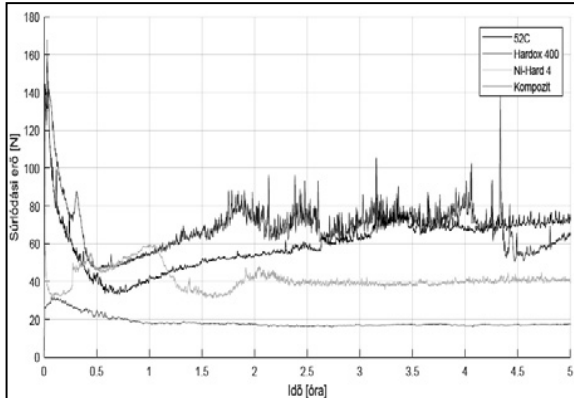
6. ábra. Koptatás során egyenlő időközönként, ugyanazon helyen mért hőmérsékletek

A mintadarabok hőmérséklet növekedéséhez súrlódási munkára van szükség. Mivel a sebesség minden mérésnél állandó, így a munka nagysága csak a fellépő erőtől függ. A vizsgálat során valós időben mérésre került a rúdon ébredő erő, amiből meghatározható volt a súrlódási erő, és a súrlódási tényező. Az erők nagyságát az alábbi táblázat (2. táblázat) szemlélteti.

2. táblázat. Súrlódási erők

minta	Max	Min	5 óra elteltével	Átlag
S355	167	46	65	68,7
Hardox 400	145	34	73	60,3
Ni-Hard 4	59	31	41	41,3
Kompozit	31	17	17	18,3

A mért adatok szűrése, zajtalanítása után az alábbi ábrán (7.ábra) látható mérési eredményeket kaptuk. A súrlódási erők jellege megfelelő, valamint jól elkülöníthatóek rajta a kopás egyes szakaszai. [4] Látható, ahogyan a koptatást végző gyémánt megkarcolja a darab felületét, és barázdát hoz létre, a súrlódási erő hirtelen felfut. Ezután barázda mélyül, mellette pedig elkezdi boltozódni az anyag, csökken a súrlódási erő, majd a harmadik szakaszban elkezdi ismét nőni a súrlódási erő, amíg nem állandósul a folyamat, a jelentős kopadékleválás mennyisége is időben állandóvá válik.



7. ábra Súrlódási erő különböző minták esetében az idő függvényében

A minták megtisztítása után elvégeztük a tömegmérést. Ennek az eredményeit az alábbi táblázat (3.táblázat) foglalja össze.

3. táblázat. Súrlódási erők

	S355	Hardox 400	Ni-Hard 4	Kompozit
Vizsgálattal előtti tömeg [g]	484,434	614,089	500,971	526,975
Vizsgálattal utáni tömeg [g]	484,179	613,965	500,862	526,942
Tömegvesztés [g]	0,255	0,124	0,109	0,033

Az eredmények nagyságrendileg megegyeznek egy korábbi acél koptatási kutatás eredményeivel. [1]

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A pin on -disk tribométerrel végzett kopásálló acélok összehasonlító vizsgálata által hasznos kiinduló mérési eredményekhez jutottunk, amelyeket felhasználhatunk a későbbi kultivátorkapa élettartam becslésekhez különböző kötöttségű talajok esetében. Eredményeink időbeli eloszlásának jellege- és értékei nagyságrendileg megfelelnek, a szakirodalomban szereplő értékekhez.

4.1 Továbbfejlesztési lehetőségek

A koptatás közben adott csúszási távolságok után hasznos lenne mérni a kopadék tömegét. A kutatási téma folytatása során megépítésre fog kerülni egy lineáris koptatógép, amely jobban közelíti a valódi talajművelés során keletkező koptatást. Végző célunk, hogy kapcsolatot találjunk a lineáris és a pin on disk, és a valós környezetbeli kopás között, majd ezek validálásának elvégzése.

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 on the wear resistance of 17-4PH stainless steel evaluated by the pin-on-disc testing
- [2] Pierre Leroux (2014): ASTM G99 Tip's Perspective Continuous Wear Contact
- [3] Mikael Olsson, Staffan Söderberg, Staffan Jacobson, Sture Hogmark (1988) Simulation of cutting tool wear by a modified pin-on-disc test
- [4] K.Hokkirigawa, K. Kato, Z. Z. Li (1987): The effect of hardness on the transition of the abrasive wear mechanism of steels
- [5] 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
- [6] S.A. Ferguson, J.M. Fielke, T.W. Riley (1994): Wear of cultivator shares in abrasive South Australian soils