

## Kompozit anyagok abrazív koptató vizsgálata pin-on-plate tribométerrel

Hasan Muhandes, PhD hallgató; Kalácska Gábor DSc, professzor, Szent István Egyetem  
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépipari Technológiai Intézet

A mezőgazdasági gépek alkatrészein jelentős kopás figyelhető meg. Ez a kopás a növényekkel, valamint a talajrészecskékkel való súrlódás következtében jön létre, és jelentős anyagi károkat eredményez. Napjainkban a polimermátrixú kompozitok nagy szerepet játszanak bizonyos gyorsan kopó acél elemek cseréjében, ezen anyagok kiváló tulajdonságai miatt. Az acél gépelemek cseréje növelheti a szerkezet élettartamát nemcsak kopási szempontból, de azért is, mert a polimermátrixú kompozit anyagok korrózió állóbbak és könnyebbek. Jelen kutatás öt potenciálisan alkalmazható kompozit anyagot vizsgál acélok helyettesítésére, abrziós kopásállósági szempontból. Ennek megfelelően ESD PA6 G, UHMW-PE HD1000, PA6E, PA6G és PA66GF30 anyagok kopásállóságát mértük. A kiválasztott anyagok vizsgálata az ún. pin-on-plate típusú tribológiai vizsgálattal történt. Megállapítottuk, hogy a vizsgált anyagok közül a fent említett feladatra a PA6G a legjobb választás, mivel ez az anyag mutatta a legkisebb kopásértékeket széles igénybevételi tartományban.

*Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás; kopásállósági vizsgálatok; pin-on-plate; abrazív kopás; kompozit anyagok.*

### Bevezetés

Minden évben jelentős veszteségeket okoz a mezőgazdasági gépek alkatrészeinek súrlódása és kopása. A nagy kapacitású betakarító gépeknél az aratás során igen erős abrazív és erózió hatás éri a gépelemeket, amelyek váratlan meghibásodásokhoz és hosszabb szervizidőhöz vezethetnek.

Néhány gyorsan kopó acél alkatrész cseréje polimerre növelheti a gép élettartamát a rozsdával szembeni ellenállás, valamint a szerkezet kisebb tömege révén.

Napjainkban az abrazív szemcsék által okozott műszaki és mezőgazdasági gépalkatrészek kopása jelentős probléma az iparban. Éppen ezért, ahhoz, hogy kopás szempontjából, a tervezéskor megfelelő anyagokat válasszunk, szükséges ismernünk a rendszerben résztvevő anyagok koptató igénybevétellel szembeni viselkedését [1].

Az öntött poliamid 6 azért került kiválasztásra, mert jó mechanikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkezik, és egyszerű az anyag kompozitjainak gyártása. Továbbá a mezőgépgyártás területén szerzett kedvező korábbi tapasztalatok is indokolják az

anyagok részletes tribológiai megismerését.[10]. Tribológiai tulajdonságainak javítására számos anyagot, például grafitot, szilícium-dioxidot, politetrafluor-etilént, polietilént, ólmot, kenőolajat, kalcium-szilikátot, viaszokat, szilikont [9] adalékolnak hozzá.

A mezőgazdasági gépalkatrészek súrlódása és kopása miatti jelentős veszteségek következtében a polimermátrix kompozitok tökéletes alkalmazást jelentenek nagy tartósságuk, törésállóságuk és kopásállóságuk miatt. A környezetre gyakorolt káros hatások jelentősen csökkenthetők, ha biológiailag teljesen lebomló kompozitokat alkalmazunk, azaz, a mátrix és az erősítő adalékok biológiailag lebomló anyagokból állnak [4].

A kompozitok káros környezeti hatása a kőolaj eredetű polimerek használatával hozhatók összefüggésbe [5]. A kompozit anyagok újrahasznosítása bonyolult, és erősen korlátozott folyamat. Például amikor két komponensből áll a kompozit, nehéz lenne szétválasztani és újrahasznosítani azokat. Gyakran az égetést választják, amely viszont nem túl kívánatos módja az újrahasznosításnak.

A termoplasztikus biokompozitok folyamatosan keresett anyagok a különböző ipari alkalmazásokban [5,7]. Ennek oka az, hogy számos, különösen előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: hőre lágyuló anyagok, rövidebb feldolgozási idők, nagymértékben megnövelt tárolási idő, és kedvező újrahasznosítási lehetőségek [8].

Termoplasztikus anyagok használatakor, használat után az összetevők elkülöníthetők. A folyamat egyszerűbb, tisztább és gyorsabb [6]. A környezetbarát, biológiailag lebontható anyagok, amelyeket valódi biokompozitok előállítására használnak, képesek jelentősen javítani a gyakran használt kompozit anyagok környezeti hatásait [4]. Ez magában foglalja mind a természetes szálakat, amelyeket szálerősítéshez használnak, mind pedig a megújuló erőforrásokból előállított mátrixanyagot. A hőre lágyuló mátrixok használata kedvezőbb, mint a hőre keményedőké, mivel a hőre lágyuló műanyagok újrahasznosíthatóak. Számos alkalommal beolvaszthatók és újraönthetők [3]. Főként termoplasztikus anyagokat, mint a PP (polipropilén), PE (polietilén) és PVC (polivinil-klorid) használnak természetes szálak mátrixaihoz [2].

## **Anyag és módszer**

Ötféle kompozit anyag (ESD PA6 G, UHMW-PE HD1000, PA6E, PA6G és PA66GF30) és egy fajta bio-kompozit anyag (kenderrel megerősített PLA) került kiválasztásra előzetes mezőgazdasági tapasztalatok alapján. A kender szállal erősített PLA-ról semmilyen korábbi tapasztalat nem állt rendelkezésre, de alapkutatói céllal, mint potenciális új lehetőséget felvettük a mérési programba. A továbbiakban a kender erősítésű PLA eredményeire nem térünk ki részletesen, mert jelentősen gyengébb abráziós kopásállóságot mutatott, mint az alábbi műszaki műanyagok, így az összehasonlíthatóságuk közös diagramokban nehézkes. A vizsgált műszaki műanyagok és kompozitok:

- ESD PA6G, öntött poliamid 6 ESD kompozit változata,
- UHMW-PE HD1000, natúr polietilén termék,
- PA6E, extrudált poliamid 6,

- PA6G, öntött poliamid 6,
- PA66GF30, 30% üvegszál erősítésű extrudált poliamid 66.

Ezen termékek kereskedelmi forgalomban, féltermék formájában beszerezhetők a Quattroplast Kft.-nél, ahol az anyagok tulajdonságai is részletesen elérhetők.

A kiválasztott anyagokat egy pin-on-plate típusú koptató berendezésen vizsgáltuk állandó sebességű csúszás esetén, csiszolópapírt használva (1. ábra) ellenfelületként. A 8 mm átmérőjű és 20 mm magasságú polimer henger próbatest (pin) álló pozícióban rögzítve, csúszik az alatta elhaladó szabványos csiszolvászon felületén, ami egy végtelenített szalag. A csúszás/abráziós koptatás során a normál terhelés beállítható a polimer pin befogó fejen, továbbá állítható a csúszás sebessége a koptató vászon sebessége révén. A próbatest befogó fej keresztirányú egyenletes mozgatása révén spirális pályát ír le a próbatest, így, amíg a szalag szélessége engedi, folyamatosan friss koptató felületen tud haladni a próbatest. A keresztirányú előtolás kikapcsolásával viszont saját nyomon lehet jóval hosszabb koptatási úton mérni a próbatesteket.



1. ábra Pin-on-plate típusú koptató berendezés

A berendezés biztosítja a felület folytonos koptatását, továbbá több paraméter is beállítható:

1. Lehetőség a felület kopási sebességének szabályozására.
2. Számos kopási felület használatának lehetősége,
3. Lehetőség a próbatestek terhelésének változtatására.
  - Két sebességértéket állítottunk be: (0,0315476 m/s és 0,055789 m/s),
  - kétféle koptató felületet alkalmaztunk (P60 és P150 csiszolópapír),
  - három terhelést használtunk (9,81 N, 29,43 N és 49,05 N) 8 mm átmérőjű henger próbatesteken.

A mérőrendszer méri on-line a csúszás során keletkező súrlódási ellenállást, valamint a próbatest kopását, azaz a próbatest magassági méretváltozását. A szenzorok jelét egy Spider 8 mérőerősítő továbbítja számítógépre.

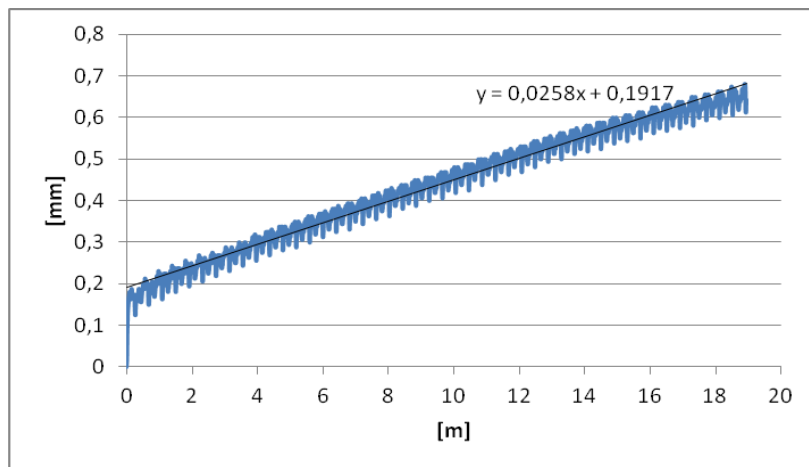
Minden próbatestet 10 percig mértünk azonos kopásnyomon való csúszással, azaz a próbatest befogó fej keresztirányú előtolását kikapcsoltuk. Ezt az időintervallumot

nem minden próbatest viselte el a nagy fajlagos terhelés és csúszási sebesség miatt. Ezek az esetek is láthatók az eredmények között.

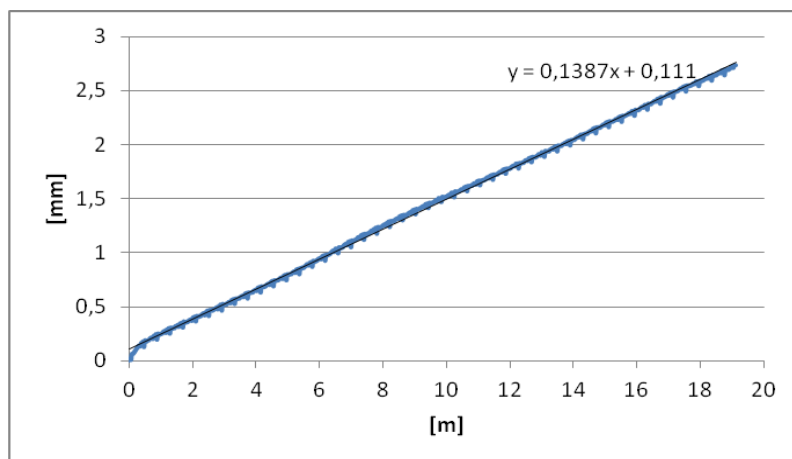
## Eredmények

### *A kopás és a csúszási távolság közötti összefüggés PA6G esetén*

A 2. és a 3. ábra PA6G esetén a kopási és a csúszási távolság közötti összefüggést mutatja. A két ábra között az eltérő terhelés a különbség, a csúszási sebesség és a csiszoló vászon (P60-as) változatlan. Az ábrákon a kopást – azaz a polimer henger magassági méretének csökkenését – mm-ben látjuk a csúszási távolság (m) függvényében.



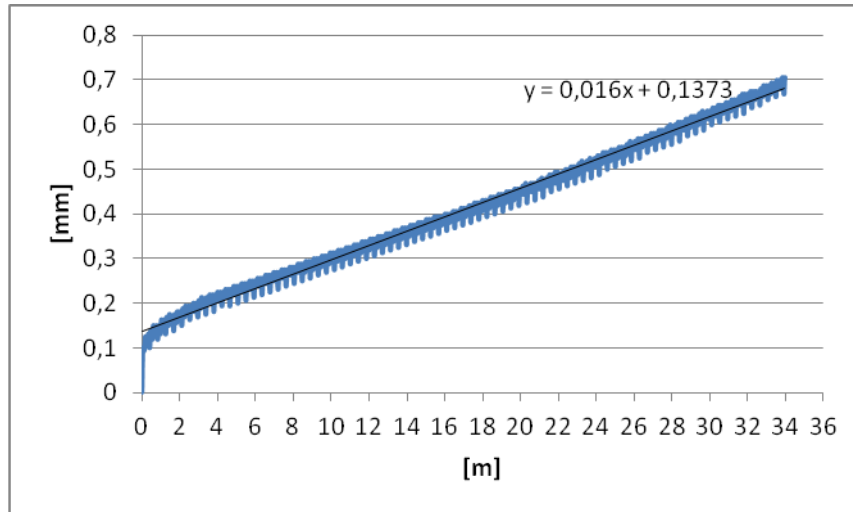
2. ábra A kopás és a csúszási távolság közötti összefüggés PA6G próbatest esetén. Terhelés 9,81N, csúszási sebesség 0,0315476 m /s, koptató felület P60 csiszolópapír



3. ábra A kopás és a csúszási távolság közötti összefüggés PA6G próbatest esetén. Terhelés 49,05N, csúszási sebesség 0,0315476 m /s, koptató felület P60

A 2. és a 3. ábra összehasonlításával láthatjuk, hogy a terhelés növelésével az abráziós kopási értékek is növekednek.

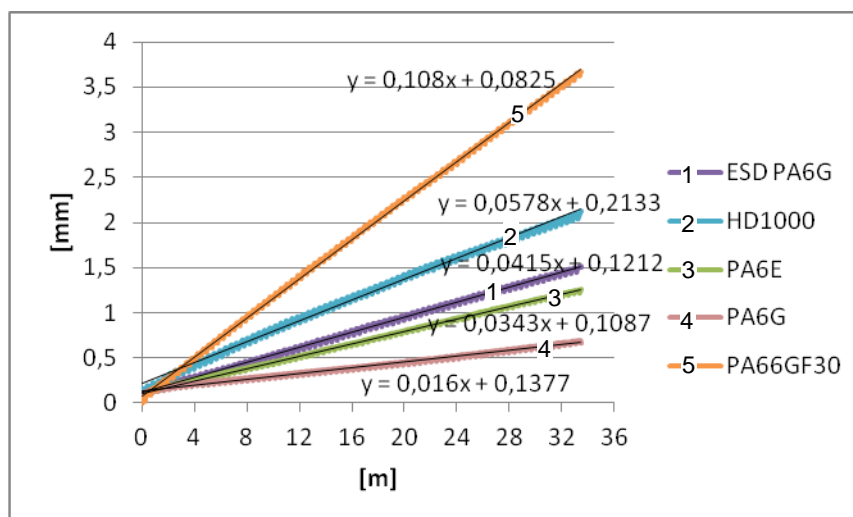
*A kopás és a csúszási sebesség közötti kapcsolat PA6G esetén*



4. ábra A kopás és csúszási távolsága közötti összefüggés. Terhelés 9,81N, csúszási sebesség 0,055789 m/s, koptató felület P60

A 2. és a 4. ábra összehasonlításával láthatjuk, hogy a csúszási sebesség növelése szintén jelentős hatással bír, növelte a PA6G próbatestek kopását.

*Több polimertípus összehasonlítása*



5. ábra A kopás és a csúszási távolság közötti összefüggés több polimertípus esetén. (Terhelés 9,81N, csúszási sebesség 0,055789m /s, koptató felület P60.)

Az 5. ábrán látható a kopás és a csúszási távolság közötti összefüggés összehasonlítása több polimertípus esetén. Terhelés 9,81N, csúszási sebesség 0,055789m /s, koptató felület P60.

A különböző típusú polimerek abráziós kopásállósága a mérési eredmények trendvonalaiával, azok egyenletével illetve meredekségével jól szemléltethetők.

1. táblázat

Különböző polimertípusok abráziós kopási egyenesének egyenlete és meredeksége

Típus	Illesztett kopási egyenes egyenlete	Egyenes meredeksége
PA66GF30	$y = 0,108x + 0,0825$	0,108
HD1000	$y = 0,0578x + 0,2133$	0,0578
ESD PA6G	$y = 0,0415x + 0,1212$	0,0415
PA6E	$y = 0,0343x + 0,1087$	0,0343
PA6G	$y = 0,016x + 0,1377$	0,016

## Következtetések és összefoglalás

Az 5. ábra és az 1. táblázat alapján a PA66GF30 esetén mutatkoztak a legnagyobb kopásértékek, és a kopási egyenes is ebben az esetben a legmeredekebb. A PA6G mutatta a legkisebb kopásértéket, a kopási egyenes ennél az anyagnál rendelkezett a legkisebb meredekséggel.

Ezen eredmények csak egy rövid betekintést adnak egy átfogó kutatási programba az abráziós kopásállóság feltárására vonatkozóan. A mérési eredmények további feldolgozása a mechanikai tulajdonságok tükrében egy következő cikk anyagát képezi. Mindettől függetlenül látszik a jelenlegi eredmények kapcsán is, hogy az egyes anyagok szilárdsága és szívóssága (pl. ütőmunka értéke) bizonyosan meghatározó a vizsgált műszaki műanyagok abráziós kopásállóságára.

## Irodalom

1. Kayrak, M.A. Aerospace composites and strength-cost analysis, **1999**, 1, 39.
2. Khondker, O.A.; Ishiaku, U.S.; Nakai, A.; Hamada, H. A novel processing technique for thermoplastic manufacturing of unidirectional composites reinforced with jute yarns. *Composites Part a-Applied Science and Manufacturing* **2006**, 37, 2274-2284.
3. Biron, M. Outline of the Actual Situation of Plastics Compared to Conventional Materials. In *Thermoplastics and Thermoplastic Composites*, 2nd ed.; William Andrew Publishing: Oxford, UK, **2013**; pp. 1-29.
4. La Mantia, F. P.; Morreale, M. Green composites: A brief review. *Composites: Part A* **2011**, 42, 579–588.

5. Sawpan, M. A.; Pickering, K. L.; Fernyhough, A. Improvement of mechanical performance of industrial hemp fibre reinforced polylactide biocomposites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* **2011**, 42, 310-319.
6. Svensson, N.; R. Shishoo; M. Gilchrist. Manufacturing of Thermoplastic Composites from Commingled Yarns-A Review. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* **1998**, 11, 22-56.
7. Thakur, V.K.; Manju K.T.; Raju K.G. Review- Raw Natural Fiber-Based Polymer Composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* **2014**, 19, 256-271.
8. Kim, S. H; Park, C.H. Direct impregnation of thermoplastic melt into flax textile reinforcement for semi-structural composite parts. *Industrial Crops and Products* **2017**, 95, 651–663.
9. Kalácska G. Műszaki polimerek es kompozitok a gépészmérnöki gyakorlatban. Gödöllő: 3C-Gragika Kft, **2007**.
10. Andó M., Kalácska G., Czigány T. Cast polyamide 6 polymer composites for agricultural machine application, Applications, Hungarian Agricultural Engineering, Gödöllő, **2008**, pp. 67-69.