

Tóth Álmos Dávid<sup>1</sup>

# Különböző súrlódáscsökkentő kenőolaj-adalékok tribológiai hatásainak vizsgálata

## The Investigation of the Tribological Behaviour of Several Friction Modifier Lubricant Additives

*A mai autó- és motortechikában az egyik legfontosabb fejlesztési irányzat a motorok üzemanyag-hatékonyágának növelése. A hatékonyságnövelés egyik lehetősége a kenőolaj által okozott súrlódási veszteségek csökkentése, amely elsősorban a kenőolaj viszkozitásának csökkentésével (ultra-low-viscosity) és különböző adalékok hozzáadásával érhető el. Az adalékok fajtáinak és pontos arányuk beállításához az olajok vizsgálata elengedhetetlen. Jelen cikk különböző súrlódáscsökkentő adalékok tribológiai hatásainak vizsgálatát mutatja be, különböző felületi anyagok esetén. A vizsgálatokat a győri Széchenyi István Egyetem Belső Égésű Motorok Tanszékén található tribométerekkel lettek elvégezve a tanszék által kifejlesztett vizsgálati módszerek felhasználásával. A vizsgálatokhoz használt olajmintákat a MOL-Lub. Kft. laboratóriumában készítették elő.*

**Kulcsszavak:** tribológia, súrlódás, kopás, kenőolaj, adalék, hengerfal, dugattyúgyűrű

*In modern vehicle and engine development one of the most important improvement tendencies is to increase the fuel efficiency of internal combustion engines. One of these possibilities is decreasing the frictional losses of engines, which can be achieved by decreasing the viscosity of lubricants used in engines (ultra-low-viscosity) and the usage of various additives in the lubricants. To choose the right type of additives and their concentrations, tribological investigation of these lubricants is necessary. In this article the investigation of the tribological behaviour of the chosen friction-modifier (FM) additives on several surface materials is published. The additives were investigated with several tribometers and with the use of self-developed test methods in the Department of Internal Combustion Engines at the Széchenyi István University in Győr. The lubricant probes used for the tribological investigations are made in the lubricant laboratory of MOL-Lub Ltd.*

**Keywords:** tribology, friction, wear, lubricant, additive, cylinder liner, piston ring

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, Belső Égésű Motorok Tanszék, egyetemi tanársegéd, e-mail: [toth.almos@sze.hu](mailto:toth.almos@sze.hu), ORCID: 0000-0002-5060-1504

## Bevezetés

A mai korszerű belső égésű motoroknak egyre növekvő igényeknek kell megfelelniük, mind a szabályalkotói, mind a vevői oldalról. Az ezen igényeknek megfelelő műszaki megoldások kifejlesztése a mai autóipar egyik legfontosabb feladata.

A motorokban manapság egyre szélesebb körökben alkalmaznak különböző anyagösszetételű bevonatokat, amelyeknek súrlódás- és kopáscsökkentő hatásai lehetnek. Ezen termikusan szórt bevonatok készülhetnek fémes anyagból, kerámiából vagy ezek keverékéből is. A bevonatokhoz használt alternatív anyagok eltérő kenőolajokat igényelnek annak érdekében, hogy a bennük rejlő tribológiai potenciált a lehető legjobban kihasználjuk.

Az autóipar jelenlegi álláspontja szerint az alacsony viszkozitású motorolajok (0W20 jelenleg is, 0W16, 0W12, 0W8 fejlesztés alatt áll) használata növekvő tendenciát mutat, amelynek pozitív hatása van a motorok belső súrlódására és ezáltal a fogyasztásukra, azonban a gyakoribb nem ideális kenési állapotban való üzemeltetés komoly kihívások elé állítja az olajgyártó cégeket.

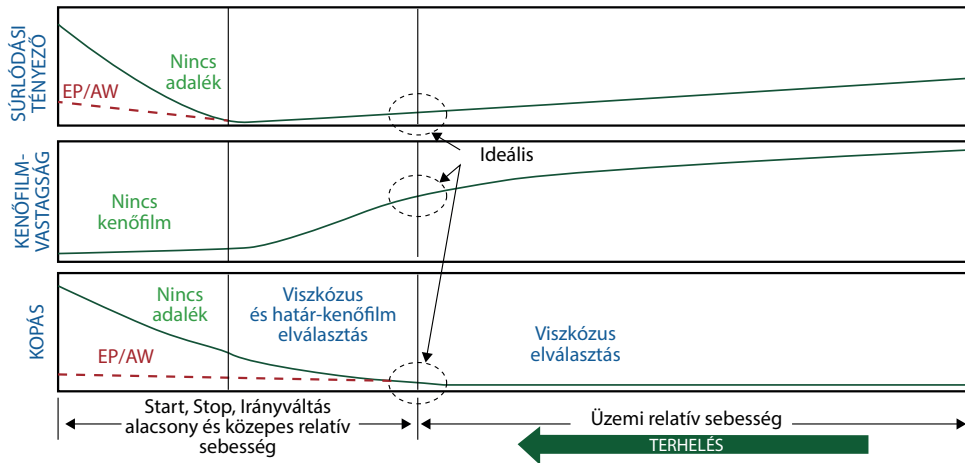
Annak érdekében, hogy ezeknek a kihívásoknak a kenőolajok meg tudjanak felelni, a kenőolajok magas százaléktartalmukban adalékokat tartalmaznak, amelyekkel a szükséges tulajdonságok javíthatók. Ezen adalékokat minden esetben a motorban használt felületi anyagokhoz kell igazítani annak érdekében, hogy megfelelően tudjanak tapadni a súrlódó felületekhez, és ott a jótékony hatásait kifejtsék.

## Tribológiai alapok

A kenőolajok elsődleges feladata a fémes kontakt megakadályozása két súrlódó felület között, tehát az úgynevezett két test közötti súrlódás csökkentése. Ezt úgy képes realizálni, hogy viszkozitása, és az alkatrészek között fennálló relatív sebességkülönbség függvényében kialakít egy vékony olajfilmréteget a két felület között, ezáltal csökkentve a súrlódási veszteségeket. A túl vastag olajfilm, vagy magas viszkozitású olaj magas belső ellenállást eredményez, amely szintén káros hatással van a motor üzemanyag-fogyasztására.

Az alacsony viszkozitású olajok egyik előnye, hogy az olajban fellépő belső súrlódások (az olaj molekulái közötti súrlódás) jelentős mértékben csökkenthetők. Azonban a vékonyabb olajfilm eredményeképpen növekedhet az alkatrészek súrlódó felületeinél fellépő kopás, amely káros hatással van az alkatrészek élettartamára. Az alacsony viszkozitású olajok ezen hátrányainak csökkentése érdekében az olajokat magasabb arányban szükséges adalékokkal ellátni. Ezen adalékok képesek a kenőolajok különböző tulajdonságait módosítani a kívánt irányba [1].

A kenőolajok tribológiai tulajdonságainak javítása érdekében különböző súrlódásmódosító, kopáscsökkentő és magas nyomásnak ellenálló adalékokat használnak. Ezen adalékok képesek a súrlódó felületekre tapadva módosítani a fellépő súrlódási állapotot (Stribeck-görbe, 1. ábra), ezáltal csökkentve a fellépő súrlódást és a kopást.



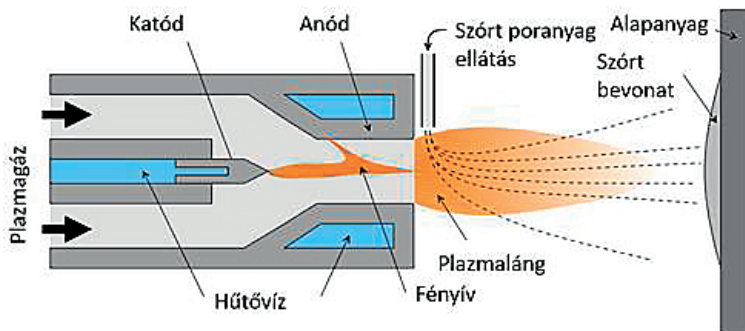
1. ábra. Súrlódási együttható (Stribeck-görbe), kenőfilmvastagság és kopás a fellépő relatív sebesség függvényében (Készítette: a szerző [2] alapján)

Jelen cikkben négy különböző súrlódásmódosító adalék tribológiai tulajdonságait vizsgáltuk meg különböző felületi bevonatok jelenléte mellett.

## Termikusan szórt bevonatok

A mai belső égésű motorokban egyre gyakrabban alkalmaznak a különböző súrlódó felületek-nél kopásálló, jó súrlódási tulajdonságokkal rendelkező bevonatokat. Ezen bevonatok, anyagösszetételük függvényében képesek a súrlódó alkatrészek között tribológiaiailag jótékony tulajdonságokat biztosítani, a súrlódási veszteségeket, az alkatrészek kopását csökkenteni, illetve az alkatrészek savas médiumokkal szembeni ellenállását javítani.

Az egyik leggyakrabban használt bevonatolási technológia az úgynevezett APS (atmospheric plasma spray: atmoszférikus plazmaszórás) technológia. Ezen technológia alkalmazásával a bevonat anyagát vékony rétegekben fel lehet vinni a felületekre.

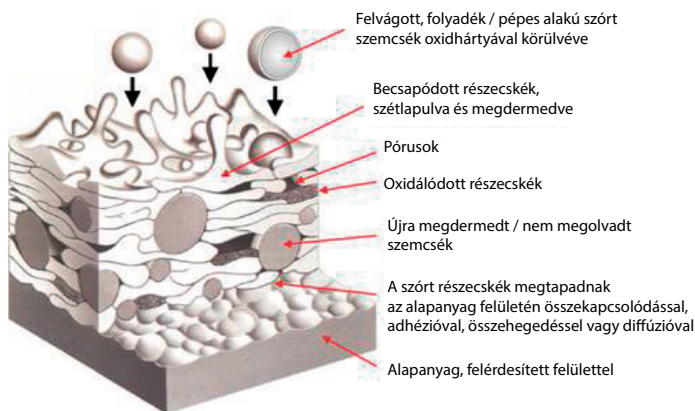


2. ábra. Plazmaégető működése, APS bevonatolási technológia [3]

Egy termikusan szórt bevonat megfelelő felvitele a felületre a következő folyamat szerint történik:

- A bevonatandó felület felérsditése: a bevonatoló anyag megtapadását segíti elő.
- Felület bevonatolása a megfelelő anyaggal.
- Bevonat megfelelő felületi érdességének kialakítása többlépcsős megmunkálási folyamattal.

A bevonatolási folyamat végeredményeként a 3. ábrán látható bevonatszerkezet alakul ki. A bevonat előállítás folyamata miatt különböző formájú szemcsék alakulnak ki a bevonat belsőjében (szétlapult, oxidálódott, nem megolvadt szemcsék), illetve légbuborékok is kialakulnak egyes helyeken.



3. ábra. Termikusan szórt bevonatok szerkezeti felépítése [3]

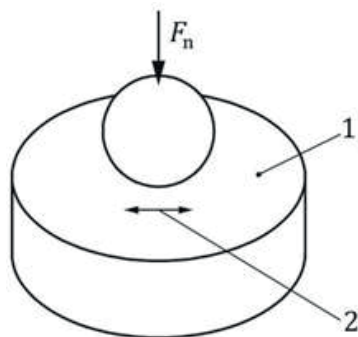
A bevonatolás és a bevonat lehülése után a bevonat külső felületét megfelelő megmunkálási struktúrával kell ellátni, hiszen a bevonat felületi érdessége közvetlenül a bevonatolás után 70µm is lehet.

## Vizsgálati berendezések

A tribológiai vizsgálatok elvégzéséhez két különböző súrlódásvizsgáló berendezést, tribométert használtam fel. A vizsgálandó bevonatok mikrostruktúrájának vizsgálatához és a próbatetek felületén keletkezett kopás kiértékeléséhez digitális mikroszkópot használtam.

### Optimol SRV5 Tribométer

A vizsgálatok kiindulásaként az ISO 19291:2016 szabványt választottam. Ezen szabvány kifejezetten a kenőolajok tribológiai tulajdonságainak vizsgálataival foglalkozik. A vizsgálatokhoz a szabványban leírt vizsgáló berendezést és vizsgálati próbatesteket használtam [5].



4. ábra. Optimol SRV5 Tribométer (készítette: a szerző) és a használt vizsgálati testek (1. megmunkált próbatest-felület, 2. relatív elmozdulás) [4]

A vizsgálatok elvégzéséhez a szabvány az alábbi próbatesteket írja elő:

- Golyó próbatest: 10 mm átmérő, 100Cr6 (1.3505) anyagminőség,  $60 \pm 2$  HRC keménység, Ra  $0,025 \pm 0,005$   $\mu\text{m}$  érdesség
- Tárcsa próbatest:  $24 \pm 0,5$  mm átmérő,  $7,8 \pm 0,1$  mm magasság, 100Cr6 (1.3505) anyagminőség,  $62 \pm 1$  HRC keménység, Ra  $0,047 \pm 0,003$   $\mu\text{m}$  érdesség [4]

A vizsgálatokhoz egy, az intézetünk által kifejlesztett vizsgálati módszert használtam. Az intézetünk által korábban elvégzett tanulmány alapján az ISO 19291:2016 szabványban foglalt szabványos vizsgálati módszer (0,5 ml olaj egyszeri mennyiségben a kontaktfelületre való vezetése) nem a legmegfelelőbb a hasonló vizsgálatok elvégzésére. A vizsgálatok során azt tapasztaltam, hogy ez a fajta kenési megoldás nem képes elvezetni a súrlódás által keletkező extra hőmennyiséget, ezáltal a kontaktfelület egy, a beállítottnál magasabb hőmérsékleten

üzemel, ezáltal a k  
 tribológiai hatásait s



működni, így a tri-

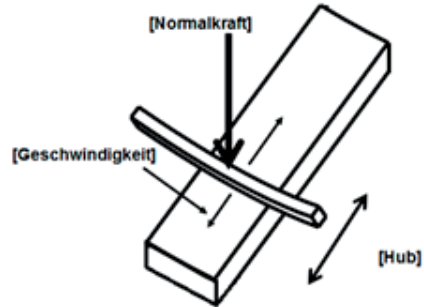
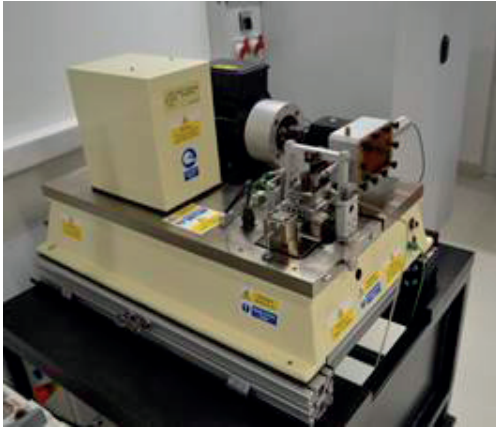
5. ábra. A vizsgálatokhoz használt kenési rendszer és a csővezetékek csatlakozási pontjai  
 (Készítette: a szerző)

A vizsgálatokhoz egy olyan kenési rendszert alkalmaztunk, amely egy preisztahtikus pumpa segítségével képes egy folyamatos kenési rendszert megvalósítani (5. ábra), amellyel a súrlódás által keletkező hőmennyiség jobban elszállítható, ezáltal a kenőolajban található adalékok hatásai hatékonyabban vizsgálhatók, illetve a tribológiai rendszer egy lépéssel közelebb kerül a valósághoz, egy belső égésű motorban való alkalmazáshoz [6].

### Plint TE-77 High Frequency Friction Machine

A kenőolaj-mintákat a második lépcsőben különböző termikusan szórt bevonattal ellátott hengerfal próbatesteken vizsgáltam. A hengerfal próbatesteket egy szériában már használt Diesel-motorból munkáltattam ki. A vizsgálatokhoz az adott motorban, már szériában is alkalmazott, DLC-bevonattal ellátott kompressziógyűrű próbatestet használtam. Ezen vizsgálatokhoz egy olyan tribométert alkalmaztam, amely kifejezetten alkalmas ilyen mérések elvégzésére [6].

A vizsgálatok során a bevonat és a kenőolajminta szárazfutási tulajdonságait vizsgáltam. Ehhez egy olyan vizsgálati módszert fejlesztettem ki, amely során a próbatestek bő olajozással bejáratódnak, azonos tribológiai állapot jön létre rajtuk a megfelelő kenőfilm kialakulásával. Bejáratás után a felesleges kenőolajat el kell távolítani a felületről tisztító vegyszerek alkalmazása nélkül és további kenőolaj hozzáadása nélkül, szárazon tovább kell jártni a rendszert egy magasabb terheltségi szinten egészen a rendszer tönkremeneteléig.



6. ábra. Plint TE-77 High Frequency Friction Machine és a vizsgálatokhoz használt próbatetek  
(Készítette: a szerző)

A vizsgálatokhoz a következő hengerfalbevonatokat használtam:

- szürkeöntvény hengerfal, bevonat nélkül,
- $\text{TiO}_2$  bevonat,
- 14% krómtartalmú acélbevonat és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{ZrO}_2$  kerámiakeverék (65–35%),
- 12% krómtartalmú acélbevonat.

A vizsgálatok elvégzése során a bevonat nélküli, szürkeöntvény hengerfal próbatesteket referenciaként vettem figyelembe, mivel az általam választott motorban széria felhasználásban jelenleg ezt használják.

## Keyence VHX-1000 Digitális mikroszkóp

A vizsgálati próbatesteken keletkezett kopásképek vizsgálatához egy olyan digitális mikroszkópot alkalmaztam, amely képes a keletkezett kopás befoglaló méreteinek meghatározására is. A győri Belső Égésű Motorok Tanszék mikroszkóplaboratóriumában található egy Keyence VHX-1000 mikroszkóp, amellyel az ilyen vizsgálatok elvégezhetők. A mikroszkóp különböző objektívjainak segítségével 10x–1000x nagyítás közötti értékek állíthatók be.

## Vizsgált adaléktípusok

A vizsgálatok során négy különböző kopásgátló adalékot vizsgáltam meg. Kiinduló kenőolajként egy már szériában is használt kenőolajat, a MOL Dynamic Gold Longlife 5W30-at (MOL\_DGL) választottam és a kiértékelések során is ennek az olajmintának az eredményeit tekintettem referenciaként.

- Cinkdialkildithiofoszfát (ZDDP): 1,3%
- Triaril-foszfát (TAP): 2%

- Trifenil-foszfortioát (TPP): 2%
- Alifás alkoholok foszforsav-észtere (PE): 0,15%

Az egyes adalékok koncentrációjának meghatározásakor figyelembe vettem azt, hogy az aktuális kenőolaj-szabályozások milyen értékeket engednek meg és a koncentrációkat a megengedett határértékre állítottuk be. Ezen korlátozások elsősorban a modern járművekben használt kipufogógáz-utánkezelő rendszerek károsodása miatt lettek bevezetve. A cinktartalmú adalékok hátránya az, hogy a hengerben kis mennyiségben elégő olaj hatására a cink hamut képezve beágyazódik a részecskeszűrőbe, és ott képes eltömíteni. A foszfortartalmú adalékok a járművekben használt katalizátorokat károsítja [5].

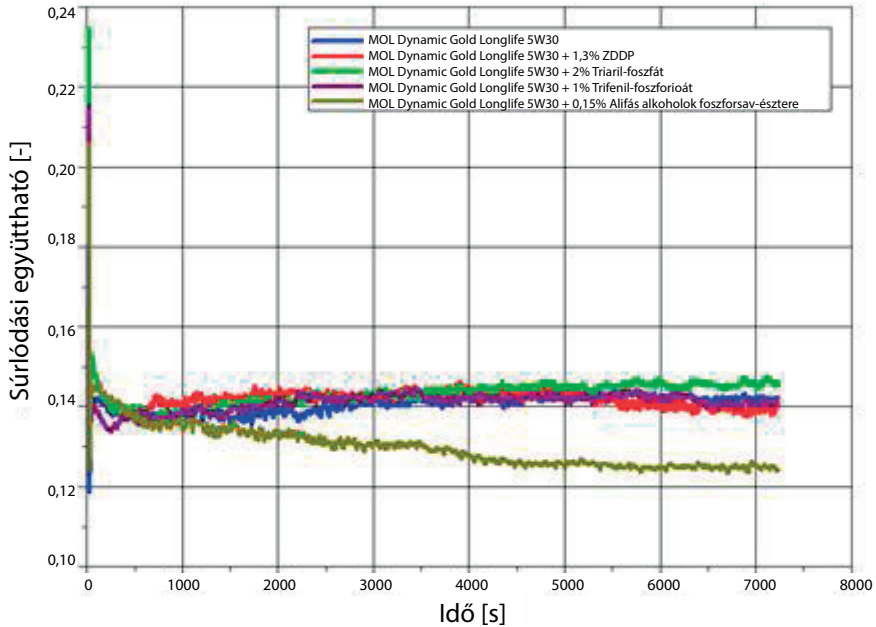
## Vizsgálati eredmények

### Optimol SRV5 Tribométerrel végzett mérések eredményei

A tribométeres mérések során a vizsgálati berendezés a súrlódási együtthatót másodpercenként képes rögzíteni. A vizsgálatok során minden olajmintával három mérést végeztünk el, a pontos statisztikai kiértékelhetőség érdekében. A kiértékelések során figyelembe vettem a súrlódási együttható görbék alakját (7. ábra), a vizsgálatok során mért súrlódási együttható értékeket és a próbatestek felületén keletkezett kopásképet és azok méretét (8. ábra).

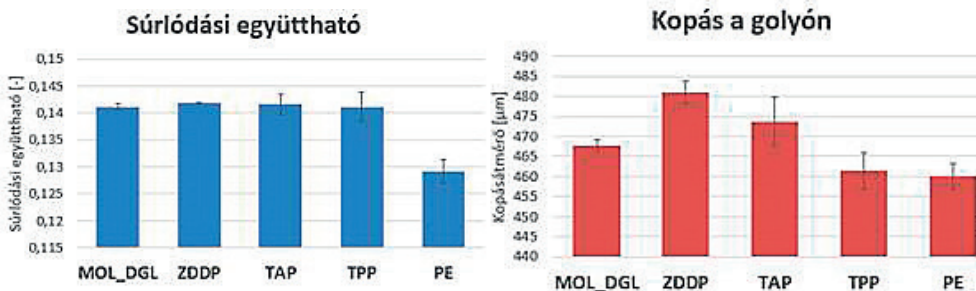
A 7. és 8. ábrán látható diagramokból megállapítható, hogy a vizsgált négy adaléktípus közül a foszforsav-észter (PE, világos barna szín) mutatta a legmeggyőzőbb súrlódási értékeket. A másik három vizsgált adaléktípus súrlódási értékei a referenciamintához képest mérés határon belül helyezkednek el, nagyon csekély pozitív vagy negatív hatást mutatva.





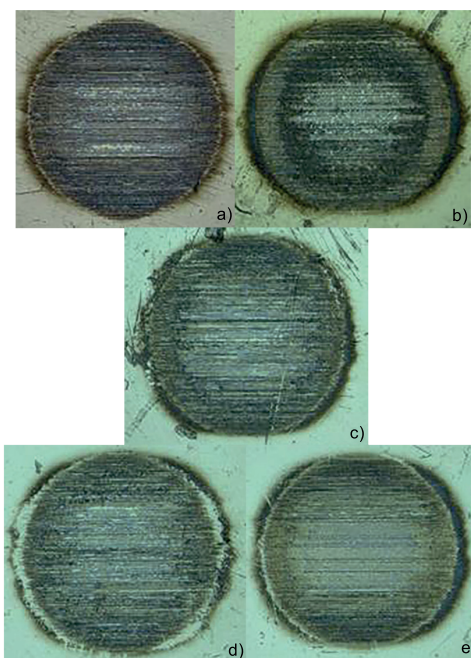
7. ábra. Súrlódási együttható időbeli lefutása az egyes adalékok esetén  
(Készítette: a szerző)

Az adalékok kopásra gyakorolt hatásait vizsgálva megállapítható, hogy az egyes adaléktípusok jóval magasabb mértékben befolyásolják a keletkező kopást, mint a kialakuló súrlódási veszteségeket (7. ábra). A foszforsav-észter (PE) adalék nagyon pozitív tribológiai tulajdonságokat mutat, amely a vizsgált adaléktípusok közül a legalacsonyabb súrlódási együtthatót és keletkezett kopást mutatja. A foszforsav-észterhez hasonló kopásátmérőt mutatott még a trifetil-foszfóriót (TPP) is.



8. ábra. Súrlódási együttható és a golyón keletkezett kopás eredményei  
(Készítette: a szerző)

A keletkezett kopásképeket megvizsgálva megállapítható, hogy a legsimább, legkevésbé kopott felületet a foszforsav-észter adalékot tartalmazó olajminta szolgáltatta. Az általunk vizsgált olajminták mindegyike elsősorban abrazív kopásképet mutat (mozgásiránnyal párhuzamos mélyedések), azonban az egyes méréseknél az adhezív, összehegedéses kopás mennyisége változó. Az egyes kopásképeken még felfedezhető a kenőolaj ráégése a felületre, ezen ráégés mennyisége szintén változó. A mért kopásátmérők és a kopásképek jellege megfelelő korrelációt mutat.



9. ábra. Keletkezett kopásképek – a) MOL\_DGL, b) ZDDP, c) TAP, d) TPP, e) PE  
(Készítette: a szerző)

### Plint TE-77 tribométerrel végzett mérések eredményei

A kenőolajokat egy másik berendezésen, egy teljesen más tribológiai rendszerrel is megvizsgáltam. Ezen vizsgálatok elsődleges célja az volt, hogy az olajmintákat lehetséges alternatív anyagminőségű felületeken is megvizsgáljam és kielemezzem azok tribológiai hatásait.

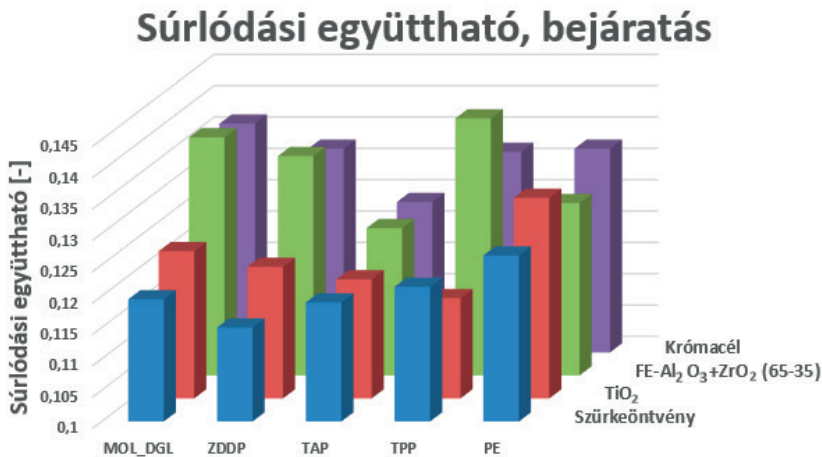
A mérési program három részből áll:

- bejáratási szakasz, olajfürdőben, az azonos tribológiai állapot kialakítása érdekében,
- tisztítási szakasz, a tribométert álló helyzetében megtisztítjuk az olajtól, kémiai vegyszerek használata nélkül,
- száraz futásos teszt, megvizsgálva, hogy az adott tribológiai rendszer hogyan viselkedik olajszegényes súrlódási állapot fellépése alatt.

Az eredmények kiértékeléséhez három fő mérőszámot állapítottam meg:

- *Bejáratás végén* mért *súrlódási együttható*, mivel ezen állapotban már megtörténtek a kontaktfelületek bejáratódási folyamatai, az együttható stabilizálódott, így az itteni adatok kiértékelhetők (10. ábra).
- *Száraz futásos tesztek során*, a tönkremeneteli fázis előtt mérhető *súrlódási együttható*, itt a súrlódási együttható még stabil, olajszegényes állapotra jellemző értéket mutat. Ezen esetben a két súrlódó alkatrészt egy nagyon vékony olajfilm választja el egymástól (11. ábra).
- *Száraz súrlódásos tesztek során*, az úgynevezett *kiesési idő*, más néven *tönkremeneteli idő*. Ezen adatokhoz azt az időpontot vesszük alapul, amikor a teszt során mért súrlódási együttható először eléri a 0,15-ös értéket. A tanzék korábbi vizsgálata során ez egy olyan érték, ami száraz futásos méréseknél mindenképpen a rendszer tönkremenetelét jelenti (12. ábra).

A bejáratás során mért súrlódási együtthatók kiértékeléséből (10. ábra) leolvasható, hogy az előző vizsgálati módszerrel megállapított arányok jelentősen átalakultak. A referenciaként használt szürkeöntvény hengerfal próbatestek esetén megállapítható, hogy a legalacsonyabb súrlódási együtthatót a cinktartalmú adalék (ZDDP) szolgáltatta. Ez annak tudható be, hogy ezen adalékot elsősorban a szürkeöntvény és vastartalmú anyagok számára fejlesztették ki. A foszforsavészter adalék ezen rendszerben már jelentősen rosszabbul viselkedett. A további bevonatfajták esetében mért együtthatók elemzése közben megállapítható, hogy a foszforsavészter adalék egy kevésbé jól működő adalék, hiszen különböző felületi anyagok jelenléte mellett már nem javítja a súrlódási tulajdonságokat. A 100%  $\text{TiO}_2$  kerámia tartalmú bevonat esetében a trifenilfoszfortioát (TPP) adalék, míg a krómácel, illetve az acél-kerámia keverék bevonat esetében a triaril-foszfát (TAP) mutatta a legalacsonyabb súrlódási együttható értékeket.

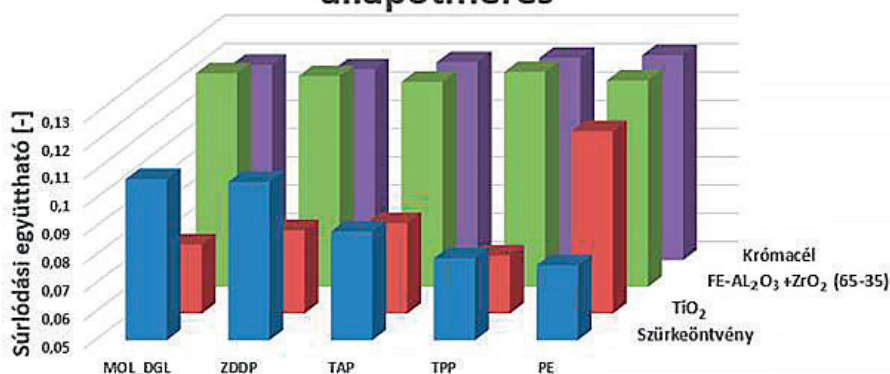


10. ábra. A bejáratás végén mért súrlódási együtthatók

(Készítette: a szerző)

Az olajszegényes kenési állapotnál mért súrlódási együtthatók elemzése során is jelentős különbségek fedezhetők fel az előzőekben bemutatott eredményekhez viszonyítva. A súrlódási együtthatók összességében alacsonyabb értékeket mutatnak, mint a bő olajzásos rendszernél. Ezen különbség azzal magyarázható, hogy a bő olajzás során több kenőolaj kerül a kontaktfelületek közé, ezáltal több olajmolekulát kell mozgatni. Az egyes adaléktípusok közötti arányok is megváltoztak: az olajszegényes állapotban az egyes adalékok felületre való tapadása, ott a tribofilmbé való beépülésük és az itt kifejtett jótékony hatások inkább előtérbe kerül, mivel ezen állapotban már kevesebb a kenőolajréteg a két súrlódó felület között (az 1. ábrán bemutatott görbékben az olajszegényes állapot a görbék kezdeti szakaszaiban találhatóak).

## Súrlódási együttható, olajszegényes állapotmérés



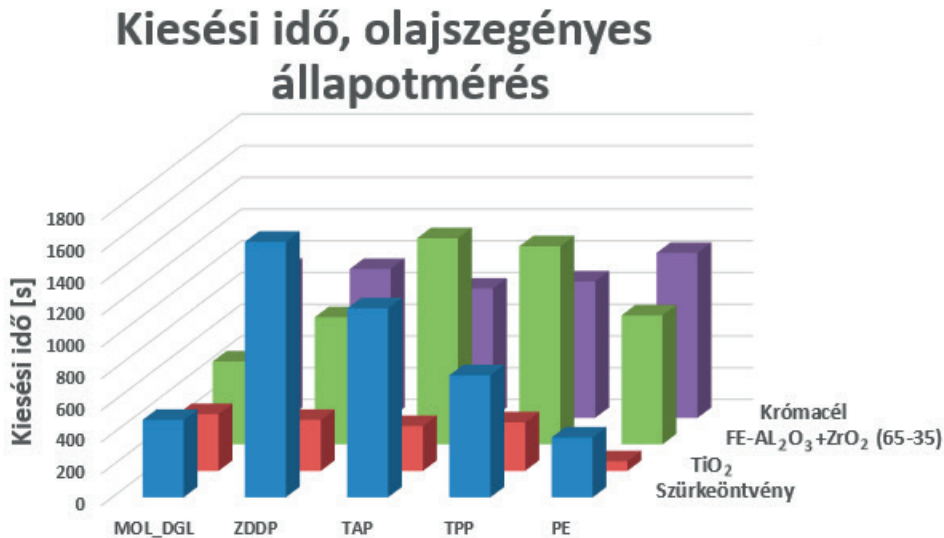
11. ábra. Az olajszegényes állapotmérés során mért súrlódási együtthatók  
(Készítette: a szerző)

A súrlódási együtthatók tekintetében a foszforsav-észter (PE) szürkeöntvény esetén megfelelően működik, azonban kerámiabevonat esetében teljesen ellentétes hatást fejt ki. Ezen megállapítás azzal magyarázható, hogy maga a foszforsav-észter adalék kevésbé képes jól megtapadni a kerámiafelületen, így a benne rejlő súrlódáscsökkentő potenciált nem lehet megfelelően kiaknázni. Szintén megállapítható, hogy a trifenil-foszfortioát (TPP)-tartalmú olajminta meglehetősen jó tribológiai tulajdonságot mutat.

Az olajszegényes állapotmérések során meghatározott kiesési időket (12. ábra) figyelembe véve megállapítható, hogy az adaléknak és a felületi anyagminőségnek nagyon jelentős hatása van rájuk. Szürkeöntvény, bevonat nélküli hengerfal esetén a cinktartalmú adalék (ZDDP) felhasználásával viszonylag magas súrlódási veszteségek jelennek meg, azonban a kiesési időt tekintve egyértelműen ez az adalék a leginkább hatékony. Ezzel ellentétes tendenciát mutat a TiO<sub>2</sub> kerámia-bevonat, amely viszonylag jó súrlódási veszteségeket mutat (TiO<sub>2</sub> TPP adalékkal a legalacsonyabb), azonban a kiesési időket tekintve ezen bevonat a legrosszabb. Ezen esetben megjegyzendő, hogy a nagyon magas kerámiatartalmú bevonatok hagyományos kenőolajok és adalékok felhasználásával nagyon rövid időn belül képesek beragódni [7].

A foszforsav-észter adalék esetében megállapítható, hogy ezen adalék kerámiatartalmú bevonatok esetén nem képes megfelelő szárazfutási tulajdonságokat biztosítani. Ezen jelenség azzal magyarázható, hogy a foszforsav-észter adalék nem képes megfelelően tapadni a kerámiafelületekhez. Ezen adalékok tapadási mechanizmusai a polaritás-különbségen alapulnak.

A kiesési időket figyelembe véve megállapítható, hogy attól függően, hogy milyen anyagösszetételű kontaktfelületet vizsgálunk, más és más kenőolaj-összetétel szükséges ahhoz, hogy a bevonatokban rejlő tribológiai potenciált megfelelően ki lehessen aknázni.



12. ábra. A vizsgált bevonatok és adalékok tribológiai mérései során tapasztalt kiesési idők  
(Készítette: a szerző)

## Összefoglalás

A kiválasztott kenőolajadalékok tribológiai tulajdonságait vizsgáltuk golyó-tárcsa, illetve különböző bevonatú hengerfal-dugattyúgyűrű tribológiai rendszer esetében.

A vizsgálati eredmények alapján a következő megállapításokat lehet tenni:

- A cinktartalmú ZDDP adalék kiváló tribológiai tulajdonságokkal rendelkezik.
- A foszforsav-észter (PE) adalék tribológiai teljesítménye jelentősen függ a kontaktfelületektől és azok anyagminőségétől.
- A kenőolajban használt adalékok a keletkezett kopáskép jellegét is jelentős mértékben befolyásolják.
- A triaril-foszfát (TAP) és a trifetil-foszfortioát (TPP) adalék egy megfelelő kompromiszum különböző anyagösszetételű kontaktfelületek kenésére.

A tanulmány a „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen” című (azonosító szám: EFOP-3.6.1-16-2016-00017) projekt keretében készült.

*EFOP-3.6.1-16-2016-00017 Internationalization, initiatives to establish a new source of researchers and graduates, and development of knowledge and technological transfer as instruments of intelligent specializations at Széchenyi University.*

## Felhasznált irodalom

- [1] CZICHOS, H. – HABIG, K.-H. (2010): *Tribologie-Handbuch*. Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag.
- [2] TROYER, D. (2018): *A Balanced Approach to Lubrication Effectiveness*. Forrás: [www.machinerylubrication.com/Read/27725/a-balanced-approach-to-lubrication-effectiveness](http://www.machinerylubrication.com/Read/27725/a-balanced-approach-to-lubrication-effectiveness) (A letöltés dátuma: 2018. 12. 07.)
- [3] FLOR, S. (2003): *Beitrag zum Verschleißverhalten von plasmagespritzten Zylinderlaufflächen im Diesel-Motorbetrieb*. Göttingen, Cuvillier Verlag.
- [4] ISO 19291:2016: Lubricants – Determination of tribological quantities for oils and greases – Tribological test in the translatory oscillation apparatus.
- [5] ZHANG, Jun et al. (2018): Quantitative estimation of the impact of ash accumulation on diesel particulate filter related fuel penalty for a typical modern on-road heavy-duty diesel engine. *Applied Energy Online*, Vol. 229. Elsevier. 1010–1023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.071>
- [6] TÓTH Á. D. et al. (2017): Methodenentwicklung zur Einstufung von Motorölen anhand tribologischer Eigenschaften, 58. in: *Tribologie-Fachtagung 2017: Reibung, Schmierung und Verschleiß, Forschung und praktische Anwendungen, Gesellschaft für Tribologie*. Göttingen, Aachen.
- [7] TÓTH Á. D. – DUDÁS A. – SCHINTZEL K. (2016): *Kerámia erősítésű, atmoszférikus plazmaszórt, korrózióálló hengerfalbevonatok súrlódási viszonyainak vizsgálata*. OGÉT 2016: XXVI. Nemzetközi Gépészeti Találkozó. Kolozsvár, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT).