

VÉLEMÉNY

Kalácska Gábor: “Polimer gépelem-anyagok tribológiai jellemzése” c. doktori művéről

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Doktori Tanácsának döntése alapján hivatalos bírálói tisztség betöltésére szóló megbízásának eleget téve, a fenti című doktori művet, mely 99 számozott oldalt és további 22 oldal mellékletet tartalmaz, továbbá a doktori mű 12 oldalnyi összefoglalóját áttanulmányoztam, és a felkérésben megfogalmazott főbb szempontokra is figyelemmel elkészített bírálói véleményemben az alábbiakról tudok beszámolni.

Kalácska Gábor tudományos kutatói és kiváló kutatás-szervezői habitusát az MTA doktori eljárásának keretében, az ebben illetékes akadémiai fórumokon, már jelesen bizonyította és ebbéli jártasságáról az MTA doktora cím elnyerése céljából benyújtott “Polimer gépelem-anyagok tribológiai jellemzése” című összefoglaló munkájában is tanúságot tesz.

A doktori mű „Felhasznált irodalom” c. jegyzékében Kalácska Gábor magyar szerzőktől származó, ill. akár csak magyar nyelvre fordítva megjelent tribológiai tárgyú összefoglaló jellegű szakkönyvet vagy kézikönyvet mindösszesen is csak néhányat talált vagy talált említésre érdemesnek (**Vámos E.** /1983/; **Valasek I.** /1996/, **Kozma Mihály** /2001/), ide számítva a saját szerkesztésében 1997-ben megjelent „Műszaki polimerek és kompozitok a gépészmérnöki gyakorlatban” című munkát is. Mindebből vélhetően az is következik, hogy igencsak időszerűvé vált e tárgykör legalább részbeni, és a legújabb irányzatokkal is foglalkozó újbóli áttekintése, tudományos igényű elemzése és részben összegzése, melyet Kalácska Gábor a fent említett terjedelmű és magyar nyelven írott doktori munkájában vállalt is megtenni. Mindemellett szükségesnek érzem azt is megemlíteni, hogy „Az értekezés témaköréből készült folyóirat cikkek jegyzéke” című összeállításában még dicséretesen szép számban találtam Kalácska Gábornak a volt PhD hallgatóival, illetve munkatársaival (Keresztes R., Lefánti R., Zsidai L., Kozma M., Eberst O.) közösen írt és magyar szakfolyóiratokban (GÉP, Műanyag és Gumi) megjelentetett tanulmányait is.

Maga a doktori mű színes mellékletei (1-től 9-ig) pedig ugyancsak magyarul, szakmailag hitelesen és közérthető formában (poszterek formátumban) és nagyon szemléletesen mutatják be a gödöllői Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépipari Technológiai Intézet, Tribológiai Laboratóriumában az utóbbi évtizedekben tervezett, megépített, illetve összeállított dinamikus triboteszter modulokat („pin-on-disc”; pin-on-plate”; alternáló („reciprocating”); fogsurlódási; lineáris mozgású abrúziós, módosított homok-keveréses („sand-slurry”) abrúziós; forgó (abrúziós csúszású) gépelemvizsgáló) berendezéseket, melyek a ma is élő külföldi kapcsolataik révén kiegészíthetők nagyobb méretű gépelem-anyagok, illetve testek, alkatrészek tribológiai vizsgálatával, például a Genti Egyetemen. Az 1. melléklet emellett szemléletesen össze is foglalja a „Tribológiai vizsgálatok folyamatát”, melyeknek I-VI. kategóriába sorolásáról a doktori mű 2.4. fejezetében (címe: „Tribológiai modellezés polimer próbatestekkel”; 21-24 oldal) is értekezik a Szerző. Valójában Kalácska Gábor doktori műve - szorosán véve – mindvégig ezzel a témakörrel foglalkozik, leszűkítve az egymáson elmozduló és közben súrlódó anyagpárokat a polimerek műszaki, gépészeti területeken fontosabb típusaira, illetve csoportjaira, egyfajta kicsiny felületű érdességű acél ellenfelülettel (S235 típusú szerkezeti acéllal) szemben. A görcső alá vett műszaki műanyagok viszonylag széles körének (mindösszesen 21-nek) a tribológiai vizsgálataival kapcsolatos célkitűzéseit a doktori mű 1.2. fejezetében (címe: „Célkitűzés”, 4-5. oldalak)

fogalmazta meg a Szerző, fókuszálva egyrészt a hőre lágyuló polimer termékcsoportokra és azok tribológiai viselkedésére acél felületekkel szemben mind a bejáratási (running-in), mind pedig az ún. állandósult (steady-state) szakaszban és eltérő terhelési szinteken, melyeket a felületre merőleges p nyomás és a v mozgási sebesség pv szorzatával jellemzett. Másrészt, a surlódó gépelem-anyagként leggyakrabban használt PA6 és PETP műanyagokból készített próbatestekkel pedig még további összehasonlító jellegű „pin-on-discs” típusú tribométeres laboratóriumi vizsgálatokat is végzett, úgy mond „kezeletlen”, vagyis eredeti, illetve nitrogénes plazmaimerziós ionimplantációval (PIII-eljárással) felületmódosított állapotukban, minden esetben acél ellendarabokkal szemben.

A doktori mű szerzőjének a műszaki polimerek/műanyagok világában szerzett alapos tájékozottságáról tanúskodik a Quatroplast Kft. honlapján talált és zömében általa összeállított műszaki tájékoztató dokumentumok gyűjteménye is, melyek részletesen ismertetik ezeknek a műanyagoknak a legfontosabb anyagjellemzőit. A Szerző a műanyagok tribológiai jellemzői, azaz a súrlódási és kopási viselkedésük szerinti rendszerezésével is részletesen foglalkozott, mely ismereteit a doktori mű 2. fejezetében (címe: „Szakirodalmi alapok”, 6-24. oldal), **Myshkin** és munkatársai [2005] ilyen értelmű rendszerezését is felidézve foglalta össze. A doktori műben bemutatott és többségüknél részletesebb laboratóriumi vizsgálatoknak is alávetett műanyagokat (a Szerző szóhasználatával élve, ún. polimer gépelem-anyagokat) a Szerző három anyagcsoportba rendezte és kétféle dinamikus tribológiai teszt módszerrel („pin-on-disc”; illetve „pin-on-plate” vizsgáló technikákkal) mérte ezeknél az anyagoknál a súrlódási tényezők alakulását /időbeli változását/. Az ún. „sikló anyagok” (1. csoport), a „mechanikai teherviselő polimerek” (2. csoport) és a „csekélyebb kopás- és karcálló amorf PES és PSU anyagok (3. csoport) ismert, illetve mért folyáshatárának, szakadási nyúlásának, rugalmassági modulusának és keménységének a függvényében ezt követően a Szerző igyekezett új felismerésekre jutni és fizikailag megalapozott korrelációkat találni, melyekről három fő tézispontot (Doktori munka összefoglalójának a 3.2. fejezete, „Polimerek súrlódásáról feltárt új eredmények (tézisek)”: 1., 2., 3/a, 3/b, 3/c) is megfogalmazott.

Mindemellett úgy érzem, hogy a doktori mű első négy fejezetével (1-53. oldal) kapcsolatosan néhány észrevételt is kell tennem, illetve szeretnék néhány kérdést feltenni:

A doktori mű 2. oldalán olvasható: „...az anyagminőség meghatározó szerepét a súrlódás és a kopás terén már Leonardo Da Vinci is felismerte.” Kérdezem, hogy a tisztelt Szerző hol bukkant erre a megállapításra?

A doktori mű 2-3. oldalán találtam utalást az ...”önjavító képességű, szenzorikán alapuló...”, ill. ... „az öngyógyító tribológiai rendszerek” kutatására és fejlesztésére. Kérdezem, hogy a T. Szerző tudna erre vonatkozó szemléltető példát is hozni?

A doktori mű 7. oldalán a műanyagok szerkezetével kapcsolatosan olvasható: „Kedvező körülmények között a két közeledő atomot egy közös proton (H^+ ion) kapcsolja össze, amely erős és stabil kötést biztosít”. Kérdezem, hogy milyen „két közeledő” atomra gondoljak, és ehhez kapcsolódóan jellemezze röviden a hidrogénkötés és a Van der Waals kötés közötti különbséget tribológiai szempontból!

A „Polimerek kopásának elméleti alapjai” c. 2.2. fejezetben olvasható (a 14. oldalon), hogy súrlódáskor „A felületi réteg változásai mechanikai terhelésből, hőmérsékletből és kémiai reakciókból erednek. Sajátos szerkezetük és mechanikai viselkedésük (anyagmodell) miatt a polimerek érzékenyebbek ezekre a tényezőkre, a felület helyi hőmérséklete lényegesen

nagyobb lehet, mint a környezeté, és ezt tovább növeli a kontaktzóna *környezetében* létrejövő *hővillanások* keletkezése”. Tisztelettel kérem ennek az idézett jelenségnek a szemléltetését, illetve magyarázatát.

A doktori mű 15. oldalán találtam utalást a súrlódó anyagpárok adhéziós hajlamát is befolyásolni képes kémiai reakcióképességre. Kérdezem, hogy a vizsgált acélféleséget és a vizsgált műszaki műanyagokat tekintve hogyan értékeli a Szerző a levegő (oxigén, nedvesség) oxidáló képességét, illetve hatását a súrlódás közben kialakuló adhéziós és egyéb kölcsönhatásokra?

A doktori mű 36. oldalán a 3. *anyagcsoportba* sorolt műszaki műanyagokról az olvasható, hogy „kopás- és karcállóság (részecske leválás) tekintetében nem vehetik fel a versenyt a részben kristályos anyagokkal”, mely megállapításról kérnék valamivel egzaktabb körülírást, mivel ezzel kapcsolatosan külön altézist (3/c) is megfogalmazott a T. Szerző.

A doktori mű 5. fejezete (címe: „Ionimplantációval módosított polimer felületek adhéziós tribológiai viszonyai”, 54-95. oldal) kétféle műanyag (a polietilén-tereftalát, PETP és a poliamid 6, PA6) tribológiai, illetve csúszási viselkedését írja le különböző felületi nyomás és csúszási sebesség mellett száraz, továbbá vízzel, illetve olajjal kent állapotok között a „pin-on-disc” tribométerrel nyert kísérleti mérési eredmények alapján és szobahőmérséklethez közeli (23 °C) környezeti hőmérséklet mellett.

A PIII típusú nitrogén-implantációs felületmódosító kezeléssel mintegy 0,1 mikrométeres mélységig megváltoztatott összetételű műanyagok összetételét fotoelektron-spektroszkópiás (XPS – ESCA) méréssel igyekeztek meghatározni, és a PA6 minták felületközeli összetételére a doktori műben is találtam %-os adatokat (5.2. táblázat: „Kezeletlen és PIII-val kezelt PA6 minták felületi összetétele”, a 76. oldalon), melyeket ugyanakkor nem találtam elégségesen összezsengőnek a műben hivatkozott [Kalácska G. et.al 2012] közlemény 1. táblázatában közöltekkel (G. Kalácska et al. / Wear 290-291 (2012) 66-73). Mivel ezekkel a mérési adatokkal kapcsolatosan téziseket (Doktori munka összefoglalójának a 3.4. fejezete, „Ionimplantált polimer felületekkel kapcsolatos új eredmények (tézisek)”: 2., illetve a 2./a, 2/b, 2/c altézisek) is megfogalmazott a Szerző, kérem e felvetésemre adott szíves magyarázatát.

A doktori mű és a benne hivatkozott saját és társszerzős közlemények áttekintése alapján a Szerző munkásságát a műszaki műanyagok (polimer gépelem-anyagok) tribológiai jellemzésének kifejezetten interdiszciplináris szakterületén jelentős új eredményeket felmutató munkának értékelem, amelyben meghatározó arányban található a Szerzőnek a korábbi tudományos fokozata megszerzése utáni tudományos eredményei. Maga a *doktori mű* és a *Doktori munka összefoglalója* egyaránt nagyon igényesen összeállított és szépen szerkesztett, gondosan kivitelezett dolgozatok, nyelvezetük szabatos és szakszerű.

A fentiek alapján nyilatkozom, hogy **Kalácska Gábor** a doktori műben bemutatott és hitelesnek tekinthető eredményeivel hozzájárult a tudomány továbbfejlődéséhez, melynek alapján javasolom a nyilvános vita kitűzését és a mű elfogadását.

Miskolc, 2012. december 26.

Török Tamás
az MTA doktora