

Kalácska Gábor „Polimer gépelem-anyagok tribológiai jellemzése” című doktori munkájának bírálata

A téma aktualitása, tartalmi- és szerkezeti szempontok

A kutatás egy rendkívül bonyolult folyamat, a polimer anyagok csúszási kopási jellemzésére irányult. A polimerek nagy számban kerülnek alkalmazásra különböző műszaki területeken. Ezek közül számos esetben akár saját, akár idegen anyaggal történő súrlódás is fellép. Elegendő csak egy műanyagból készült pneumatikus vezérlőszelep működésére gondolni. Ezek megbízható tervezése megköveteli, hogy a kopási, súrlódási folyamatokat részleteiben ismerjük, ellenkező esetben a megbízható működés kérdésessé válik.

Annak ellenére, hogy a polimereket hosszú évtizedek óta alkalmazzuk siklócsapágyakként, a folyamat részleteinek vizsgálatával még mindig adós az alapkutatás. Ugyanakkor el kell ismerni azt is, hogy a tribológiai folyamatok rendkívül összetettek és jelenlegi ismereteink nem tesznek lehetővé átfogó elmélet felállítását, így a mérnöki gyakorlat és kutatás a modellezést hívja segítségül. Jelölt tudományos munkája immáron évtizedekben mérhetően kapcsolódik a polimerek tribológiájához. Dolgozatában az eddig elért legfontosabb eredményeiből emel ki a gyakorlat számára is ajánlott új polimer-tribológiai információkat, melyeket tudományos igényességgel összegez és von le belőlük következtetéseket.

A dolgozat szerkezete megfelelő. 99 számozott oldalon jelenik meg a kapcsolódó szakirodalmi alap, a tribológiai modellezés területén

elért műszaki fejlesztései, melyek a jelölt kutatási tevékenységének különlegességét is biztosítja. A dolgozat második fele tartalmazza két jól elkülönített fejezetben azokat a kutatási rendszereket és eredményeket, amelyekből a jelölt tézispontokat fogalmazott meg. Ezt a 4. és 5. fejezet végén külön-külön teszi meg, de ez nem zavaró, tekintettel a tartalmukban eltérő kutatási rendszerekre.

A dolgozat külalakja szép, igényes munka, az ábrák érhetőek és áttekinthetőek. Helyenként a mondatok túlzottan összetettek, tömörítettek, de ez betudható a terjedelmi korlátok betartásának.

Az 1-9-sz. mellékletekben bemutatott tribológiai vizsgálati rendszerek poszterei kiváló didaktikai anyagok, az oktatásban és tudományos továbbképzésben is kiválóan hasznosíthatók minden bizonnyal.

Részletes bírálat

A dolgozat első részében Jelölt összefoglalja a szerteágazó tudományos publikációkban közölt eredményeket. Ismerteti a vizsgálati technikákat, valamint a kutatáshoz felhasznált anyagokat. A kutatáshoz alapvetően műszaki műanyagokat választott, amelyeknek egyik meghatározó alkalmazási területe kapcsolódik a súrlódáshoz. Ezek az anyagok: a poli(tetrafluór-etilén), az ultranagy molekulatömegű polietilén, valamint különböző szerkezetű poliamidok, poliészterek, POM, PEEK stb. A vizsgálatokhoz tiszta és adalékolt alapanyagokat is felhasznált. Az anyagokat három csoportba sorolta a p_v határértékek illetve változásaik alapján. Az első csoportba azok az anyagok kerültek, amelyekben p_v határérték csökkenése kisebb 50%-nál, a siklócsapágy alkalmazásokban

használt sebességhatárok figyelembe vételével. A második csoportot azok a szerkezeti anyagként felhasználható polimerek kerültek, amelyeknél a p_v határérték változása meghaladja az 50%-ot, míg a harmadik csoportot amorf anyagok alkotják (mindössze kettő), amelyeket kopási jellemzői nem túl jók, viszont jelentős hőalaktartósági hőmérséklettel rendelkeznek.

A súrlódási folyamat és az anyagok mechanikai jellemzők közötti összefüggések vizsgálata alapján az eredményeket három tézispontban összegzi. Az első tézispontban az anyagcsoportosítást foglalja össze. Ebben az esetben a harmadik csoport kísérleti alátámasztása nem kétséges, azonban szélesebb anyagválasztásra lett volna szükség. **Érdekes lett volna egy viszonylag alacsony üvegesedési hőmérsékletű amorf polimer (pl. polisztirol vagy poli(metil-metakrilát)), és egy magas üvegesedési hőmérsékletű amorf polimer (pl. poliimid) vizsgálata is. Történt esetleg ilyen jellegű vizsgálat?**

A második tézispont a tribológiai kísérleti rendszert foglalja össze. A vizsgálati eredmények alapján a tézispontot elfogadom.

A harmadik tézispont az anyagcsoportok súrlódási viselkedése és az anyagok mechanikai tulajdonságai közötti összefüggésekkel foglalkozik. A polimerek mechanikai jellemzőinek elnevezésében nem értek egyet a folyáshatár kifejezéssel. A folyáshatár kismolekulájú anyagok esetén elfogadott, és valóban irreverzibilis anyagszerkezeti változást okoz. Makromolekuláris anyagok esetén a folyáshatár helyett a nyakképződés kifejezés a szerencsés. A folyamat ugyanis megfelelő körülmények között reverzibilissé tehető. Amorf polimerek esetén ez egyértelműen összekapcsolható a molekuláris orientációval (entrópia csökkenés), ami az üvegesedési hőmérséklet fölé történő melegítéssel megszüntethető. Kristályos

anyagok esetén egy kicsit bonyolultabb a szerkezeti változás. Véleményem szerint a nyakképződési folyamat során átkristályosodás következik be, aminek eredményeként akár kristálmódosulat változás is végbemegy. Mindezen megjegyzések mellett a megállapításokat elfogadom, ugyanakkor néhány egyéb szempont figyelembe vételére kívánom felhívni a figyelmet. Az egyik ilyen szempont a molekuláris orientáció, a másik a kristályszerkezet szerepe.

A makromolekuláris anyagok mind az előállításuk, mind pedig feldolgozásuk során orientálódnak. Ez anizotrop tulajdonságok megjelenését fogja eredményezni. Különösen érdekes szerkezet alakul ki például fröccsöntött darabokban. A kifejtő áramlás és az anizoterm viszonyok között héj-mag szerkezet alakul ki. A felületi réteg erősen orientált, miközben a magrétegben többé-kevésbé izotrop szerkezet alakul ki. Ez a jelenség megjelenik kristályos polimerekben is, amelynek eredményeként a belső, magban tipikusan szferolitos szerkezet, míg a héjban a nyírt ömledékből kifejlődő cilindritek alakulnak ki.

Ezek alapján óhatatlanul felmerül az a kérdés, hogy ezek a jelenségek mennyiben befolyásolják a makromolekuláris anyagok tribológiai viselkedését? A kristályszerkezet szempontjából az is lényeges, hogy az olvadáspont, pontosabban az olvadáspont intervallum változása, illetve a kristályossági fok mekkora szerepet játszik a p_v határérték változásban? Van-e arra vonatkozóan tribológiai tapasztalata, hogy az orientáció befolyásolja a súrlódást és/vagy a kopásállóságot?

A dolgozat második felében Jelölt a felületkezelés hatását vizsgálja termoplasztikus poliészter és poliamid anyagok esetén a tribológiai

folyamatokra. Mérésekkel és számításokkal bizonyította a felületi energia, valamint a felület kémiai összetételének megváltozását. Megállapította, hogy mindkét anyag esetén lényegesen megváltozik a súrlódási tényező a kezelés hatására. Az új eredményeket két tézispontban foglalta össze, amelyeket elfogadok új eredménynek.

Tézispontok

A fent leírtak tükrében a

- 4. fejezet: 1. 2. 3. (3/a, 3/b, 3/c)
- 5. fejezet: 1. (1/a, 1/b) 2. (2/a, 2/b, 26c)

tézispontjait elfogadom.

Összefoglalás

Összességében az a véleményem, hogy Jelölt egy nagyon bonyolult rendszer vizsgálatával foglalkozott. A tribológiai folyamatok minden esetben anyagpárok vizsgálatából követhetők rendszerszemlélettel. A dolgozat erényének tartom, hogy Jelölt szisztematikusan közelítette meg a kérdést. Rögzített egy anyagot, és ehhez viszonyította a különböző polimerek viselkedését. Óhatatlanul felmerül az a kérdés, hogy *polimer-polimer rendszer esetén mennyiben módosulnak a tribológiai folyamatok?* Tudomásul kell azonban venni, hogy valahol meg kell húzni a határvonalat és összesíteni kell az eredményeket.

A polimer-tribológia területén elért eredmények nagyszámú nemzetközi folyóiratban megjelent publikációi és azok hivatkozásai jelzik a jelölt hazai- és nemzetközi elismertségét. A polimer-tribológia bonyolultságát ismerve azonban meg kell jegyezni, hogy a

Jelölt környezetében kialakult/kialakított kutatóközösség számára az
elkövetkező évekre van megoldandó feladat.

A bírálatomban megfogalmazott kérdésekre várom a jelölt írásos
válaszát.

**1. Áttanulmányozva a doktori művet, a téziseket, javasolom a
nyilvános vita kitűzését.**

2. A doktori mű elfogadását javasolom.

Budapest, 2013. december 10.

Dr. Belina Károly
egyetemi tanár
kémiai tud. kand.