

VÉLEMÉNY

Toldy Andrea “Környezetbarát epoxigyanta kompozitok fejlesztése / Development of environmentally friendly epoxy resin composites”

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 160 angol nyelvű oldalt tartalmaz -, továbbá a doktori mű 10 oldalnyi magyar nyelvű összefoglalóját áttanulmányoztam, és a felkérésben megfogalmazott főbb szempontokra is figyelemmel az alábbi véleményt fogalmazom meg polimertechnikai gyakorlattal rendelkező gépészmérnök szemüvegen át.

1. Témaválasztás és a kutatás céljai

A dolgozat témája rendkívül aktuális: a polimerek széles családján belül az epoxigyanták ipari igényét látva, a gyanták hosszútávú alkalmazhatóságát is megalapozó kutatás-sorozattal a bioepoxi gyanták fejlesztését tűzte ki célul a jelölt.

Közismert, hogy az epoxi gyanták ipari felhasználása jól beágyazott egyes szakterületeken, ahol az epoxigyanták előnyös tulajdonságai jól kihasználhatók. Nem elsősorban a mozgó gépelemek anyaga, de pl. polimer házszervezetek, burkolatok, karosszéria egységek, készüléktestek és elemek, elektromos szigetelők és egyéb thermo-mechanikai stabilitást igénylő alkalmazásoknál akár a natúr akár az erősített változatok megoldást kínálnak.

Gépész felhasználói szemmel felmerül az olvasóban a gondolat, hogy ha az epoxi gyanták hosszútávú használata a cél, akkor bizony a környezetbarát megoldások elkerülhetetlenek a polimer termékek teljes életciklusát tekintve. A kérdés az, hogy a biológiai alapú monomerek-, térhálósítók- és erősítő-töltő anyagok alkalmazása lehetséges-e úgy, hogy a megszokott anyagi jellemzők és az abból fakadó műszaki megbízhatóság nem csökken-e?

Toldy Andrea ezen a területen fogalmazta meg kutatási célkitűzéseit és jelentős kutatómunka árán konkrét válaszokat adott a fenti, átfogó kérdésre. Munkája kiterjed:

- a bioepoxi monomerek valamint részben vagy teljesen bioalapú epoxi gyantarendszerek fejlesztésére úgy, hogy az elvárt üvegesedési hőmérséklet és termo-mechanikai tulajdonságok ne romoljanak,
- az említett részleges vagy teljes bioalapú gyantarendszerek természetes és szénszál erősítésű változatainak fejlesztése, a rendszer elemei közötti kölcsönhatások feltárása, a szükséges technológiai lépések tisztázása (pl. szálak felületkezelése), a kapott kompozitok tulajdonságainak és felhasználhatóságuknak meghatározása
- a bio-epoxik „public” helyen való alkalmazhatóságának egyik fontos kritériumának, az égésgátlás megoldásinak részletes vizsgálata.

Összeségében megállapítottam, hogy egy új generációs epoxi-rendszer, család megalapozása történt célzott alkalmazási területekre (járműipar, légi közlekedés, közterületek, „public places”) úgy, hogy a kutató és csoportja mindvégig szem előtt tartotta az epoxi gyanták műszaki alkalmazásának legfontosabb kritériumait mind hőtani mind mechanikai szempontok alapján.

2. A disszertáció felépítése, formai megjelenítése és stílusa

A bírálóknak két esetben van egyszerű dolga: ha a munka rossz, vagy ha kiváló. Minden köztes eset megizzasztja az olvasót. Jelen esetben egy olyan kiváló munkát lehetett olvasni, ami ritkán adódik.

A reális ipari helyzet ismertetése tükrében, az epoxi gyantákkal kapcsolatosan megfogalmazott célkitűzések logikus és következetes ismertetésével, a dolgozat egy nagyon jó alapot kap. Az értekezés jól átgondolt, szép kivitelezésű, jó stílusú, olvasmányos munka. A nemzetközi szakfolyóiratokból ismert precíz angol szaknyelven íródott, hibát vagy elütést szinte alig találtam. Belső arányai, fejezet kiméretei megfelelőek.

236 db hivatkozott szakirodalmi eredmény tükrében helyezi el saját munkásságát.

Rendkívül meggyőző a 142-143. oldalon felsorolt, a kutatási témához kapcsolódó magyar és nemzetközi projektek bemutatása 2000-2018-ig (pl. Clean Sky EU7-es project az Airbus közreműködésével...stb), ami további megerősítést ad a dolgozat eredményeinek.

Bár a magyar nyelvű téziszfüzet említést tesz közreműködő BSc, Msc és PhD hallgatókról, szabadalmakról, az eredményeket többesszámban is említi, azaz kutató csoportot definiál, sajnos a dolgozatban ez nem kerül egyértelműen deklarálásra. Jó lett volna tisztázni egy

nyilatkozattal, hogy a korábbi diplomamunkák és PhD dolgozatok eredményei mennyiben jelennek meg újra a jelen dolgozatban.

Sajnos „Acknowledgement” részt sem találtam, pedig a kutatótársak és a feltételeket biztosító szervezeti egységek bizonyára megérdemelték volna.

3. Tartalmi értékelés

A tartalom és rövidítések jegyzéke után az 1. pontban definiálja a kutatás ipari és anyagtudományi háttérét, fogalmazza meg célkitűzéseit világosan, közérthetően.

Ezt követően a 2. pontban a vonatkozó szakirodalmat tekinti át röviden. Először a bio-alapú epoxi monomereket ismerteti, kitérve a növényi alapú megoldásokra. Ezen belül említi a leginkább kutatott epoxidált szójaolaj (ESO), a lignin (cellulóz), a tannin (csersav), kardanol, a terpének, és egyes szénhidrogének epoxidálhatóságát. Kiemeli, hogy ezen molekulákat általában kombinálják még a kőolaj alapú monomerekkel, azért, hogy a térhálósítás után a mechanikai és termikus tulajdonságok ne romoljanak számottevően.

Külön elemezi a teljes bioepoxi kompozitok jelenlegi helyzetét, fejlesztési irányait az irodalmi források tükrében, majd a 2.3. ponttól rátér a saját kutatási célkitűzésekhez kapcsolódó, égésgátló kompozit megoldások, és az égésgátlás helyzetére a bioepoxi kompozitoknál. A halogén tartalmú égésgátló szerek kiváltására kínálkozik a foszfortartalmú vegyületek alkalmazása adalék anyagként. Az additív módszer működésének feltétele a kritikus adalék arány elérése, ami veszélyezteti az alaptulajdonságok megőrzését, ezért előtérbe kerül a reaktív adalékok szerepe, melyek között ígéretes kereskedelmi termékek is vannak pl. a DOPO.

Kiemeli a 2.4. részben, hogy az epoxidált biomonomerek főleg DGEBA rendszerben vizsgáltak, egyéb társított rendszerek eredő termomechanikai tulajdonságaira szinte nincs irodalmi adat.

A 2. részben ismertetett, a természetes és szintetikus szállal erősített bioepoxi rendszerek égésgátlásra kínáló lehetőségeket tudná-e rangsorolni a mechanikai tulajdonságok megőrzése (vesztése) szempontja alapján?

A 3. fejezetben ismerteti a kutatásához felhasznált anyagokat, módszereket. Jól áttekinthető, szépen rendezett fejezet. Az ismertetett epoxi monomerek visszaköszönnek a szakirodalmi előzményekből. Ismerteti a használt égésgátlókat, a szálal erősítő anyagokat és felületkezelésüket, a polimer kompozit próbatestek gyártását, az alkalmazott mérési

módszereket (DSC, TGA, Raman, SEM, égési tulajdonságok, mechanikai vizsgálatok ...stb). Mintaszerű ismertetés ez a fejezet, követve a nemzetközi szakfolyóiratoknál megszokott formátumot és tartalmat.

Kérdésem, hogy összehasonlító mechanikai vizsgálatokat végzett-e eltérő hőmérsékleteken, hiszen az üvegesedési hőmérséklet alakulása egy kritikus pont a bioepoxi rendszereknél, és pl. egy Charpy már az eredő tulajdonságát méri az adott kompozitnak. Az alkotók termális stabilitásának ismerete nem elegendő.

A 4. résztől ismerteti saját epoxi-rendszer fejlesztését és vizsgálatának eredményeit. A fejezet jól szerkesztett, a bemutatott eredmények összhangban vannak a célkitűzésekkel, nemzetközileg publikáltak vezető szakfolyóiratokban, azaz az illetékes kutatói társadalom elfogadta és hivatkozta őket. A kidolgozott eljárások közül pl. az aminfunkciós foszforsavtriamid előállítás szabadalmaztatott eljárás. Az egész fejezet rendben van, ennek ellenére néhány kérdést és felvetést fogalmazok meg.

A 4.1. részben írja, hogy „ To achieve the desired properties, as high glass temperature resins, with an optimum between flame retardancy and mechanical performance.....”. Tehát ellentétes ható tényezők eredő optimum kereséséről van szó. Meg tudná adni akár százalékos tűrésmezővel is, mértékegységekkel, hogy mit vár el eredményként, mit tekint optimális eredménynek a kutatása értékelésénél?

A 4.1.1. táblázatban megadott „szerkezet és tulajdonságok” ismertetésnél, a „tailor-made” epoxi-rendszereihez melyik szerkezeti jellemzőt kezelte kiemeltként, vagy egyforma súllyal szerepeltek az ismert hatótényezők?

- A 4.1. rész végén összefoglalja a bioepoxi monomerek szintetizálásához használt alapanyagokat és eljárásokat, majd a 4.2 részben rátér a bio-alapú polimer mátrix fejlesztésre és tulajdonságok bemutatására.

- Az 59. oldalon érdekes eredményt ismertet: az alifás rendszerhez adott 25% epoxidált szójaolaj (ESO) a vizsgált széles hőmérséklet tartományban (üvegesedési hőmérséklet alatt és felett egyaránt) egyértelműen javította az anyagrendszer rugalmas viselkedését a tisztán epoxi műgyanta rendszerhez képest, azaz a tárolási modulusok nőttek. Ennek a teljes ellenkezője történt DGEBA rendszerhez adott ESO esetén. A jelenség magyarázata feltételezés, a molekulaszerkezeti hasonlóságok illetve különbségekre alapozva, de véleményem szerint egy anyagi rendszer külső mechanikai hatásokra adott válaszána tisztázása valószínűleg jóval összetettebb feladat ennél a feltételezésnél.

- A 4.3.1. táblázat értékeinek magyarázata részben téves, részben pontatlan (juta szálak lúgos kezelés utáni húzóerői). Az átlagértékek mellett megadott plusz mínusz tűréstartomány az mi?

Plusz mínusz 6 vagy 36 vagy a mérési eredmények terjedelme? Bármelyik is, a négy kiemelt esetre megállapított „modest increase” három esetben nem biztos, hogy igaz, egyedül a 8 órás 1%-os NaOH kezelés eredményezett egyértelműen erőnövekedést ránézésre (szignifikancia vizsgálat nélkül) úgy, hogy a mérési eredmények szóródása (terjedelme?) csökkent. A további táblázatokban megadott, tűréssel rendelkező mérőszámok is némi magyarázatra szorulnának. A 4. pont talán legérdekesebb része felhasználói szemmel, az égésgátlási kísérletek és eredményeik bemutatása. A 4.5.3 részben szépen összegezi, hogy különböző bioepoxi mátrix és foszforvegyületek (RDP és APP) eltérő kombinációi milyen égési eredményeket szolgáltatnak. Kétség kívül már az is gyakorlati jelentőségű, hogy UL-94 szerint az alapmátrix el tudja érni a V0 besorolást, az ön-kioltó viselkedést. A szállal erősített kompozitok esetében a V0 alatti eredményeket „kanóc-hatással”, a megváltozott hővezető képességgel magyarázza.

4. Tézisek.

A tézisek megalapozottak a dolgozatban, bár kissé szokatlan, hogy 9 pontban foglalja össze a jelölt a munkásságának eredményeit. Mindegyik tézisponthoz megadja a vonatkozó fontos publikációit. Az egész dolgozatra igaz, hogy rengeteg munkát és eredményt tartalmaz, kevesebb eredmény bemutatása is elegendő lenne az MTA doktori cím elnyeréséhez.

A tézisekben megfogalmazott új tudományos eredményeket elfogadom, bár a 9 kilenc pont ésszerűen tömöríthető lenne 6-7 pontra, pl. a 2. és 3. tézispont is egyben megfogalmazható lenne.

5. Kérdések

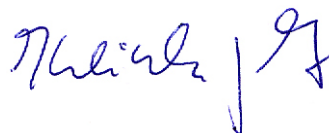
A véleményben dőlt betűkkel tördeltem azokat a részeket, amire további magyarázatot és választ várok a jelölttől.

Továbbá érdekelné, akár az említett Airbus EU7-es projekthez is kapcsolódó, égésgátolt új epoxi rendszerek gyártástechnológiai és vég-feldolgozási nehézséget jelentenek-e (formaszerszámok, forgácsolhatóság, sorjázás, felületi energia viszonyok változnak-e, azaz a ragaszthatóság és festhetőség vagy bármilyen felületkezelhetőség)?

6. Összegzés

Az értekezés önálló, értékes és új tudományos megállapításokat is tartalmazó igényes munka. Mindezek alapján a disszertáció nyilvános vitára tűzését, és eredményes védelem esetén az MTA doktora cím odaítélését javaslom.

Gödöllő, 2018 február 28.



Prof. Dr. Kalácska Gábor
MTA doktor