



SZÉNSZÁL ERŐSÍTÉSŰ ELASZTOMEREK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS VIZSGÁLATA

PREPARATION AND INVESTIGATION OF CARBON FIBER REINFORCED ELASTOMERS

Doktori (Ph. D.) értekezés tézisei

Ráthy Istvánné

Témavezető:

Dr. Zsuga Miklós

egyetemi tanár

a kémia tudomány doktora

Debreceni Egyetem,
Alkalmazott Kémiai Tanszék

Debrecen, 2008.

Bevezetés és célkitűzések

Az alkalmazott anyagtudomány elsődleges feladata, hogy a tudományos laboratóriumokban, műhelyekben kidolgozott szakmai ismereteket, eredményeket, a gyártástechnológiában hasznosíthatóvá tegye. Ehhez kapcsolódik „Az elasztomer jellegű alapanyagokból készített szénszál erősítéses kompozitok előállítás, mechanikai tulajdonságainak vizsgálata” kutatási téma. Az alkalmazott kémiai tudományok jelentős kutatási területe olyan új típusú anyagok létrehozására irányul, melyek eleget tesznek az egész világon egyre fontosabb környezetvédelmi (pl. természetben lebomló anyagok) és energia megtakarítási (pl. könnyebb szerkezeti anyagok) követelményeknek. Ezen anyagok közé tartoznak a kompozitok, melyeknek számos fajtáját használják már az élet különböző területein. A kompozitok sokféleségét egyrészt a sokféle ágyazó alapanyag, másrészt a nagyon sokféle beágyazott erősítő szál biztosítja.

Az anyagok társításával olyan új anyagot – kompozitot – állítanak elő, amely a két összetevő kedvező használati tulajdonságait, például a repedés terjedésével szembeni nagy ellenállását és a kopásállóságot egyesíti. A kompozitok a társított anyag fajtájától függően lehetnek szemcsések, szálalak, rétegelt és felületi réteggel bevontak.

A kompozitok tulajdonságát alapvetően meghatározza az ágyazó- és a beágyazott anyag fajtája. A szálerősítésű kompozitok szilárdsága úgy növelhető, ha az ágyazó anyag a terhelést a szálaknak át tudja adni. Ennek alapvető feltétele, hogy az ágyazó- és beágyazott anyag felülete között az erőátadáshoz elengedhetetlen jó tapadás jöjjön létre.

Az anyagok - sokszor egyidejűleg többféle igénybevétellel szembeni - ellenállásának javítását azonban gyakran más tulajdonságainak romlása kíséri. A műanyagok tulajdonság-változtatási lehetőségei tágak ugyan, de mégis korlátozottak.

A kompozitok mechanikai tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a szálak anyaga, mennyisége, átmérője, hossza, elrendezése. Az előállított és vizsgált kompozitok egyik alapanyaga a poliuretán elasztomer (PUR), melyet laboratóriumi körülmények között készítettem különböző poliolokból, poliglikolokból és tolulén-diizocianátból, másik alapanyaga a lágy poli(vinil-klorid) (PVC), mely hasonlóan elasztomer viselkedésű, mint a PUR. Erősítő szálként különböző bevonatú szénszálakat alkalmaztam, a próbatestek teljes hosszában végigfutó hosszúságban. A poliuretán elasztomer az ágyazó anyag (mátrix), mely anyagot a szakirodalom is sok új lehetőséget magában rejtő anyagnak tart, mely közismerten nagy rugalmasságú, jó kopásállóságú, jó a hidegtűrő képessége, ellenáll a hidrolízisnek és élettanilag semleges, illetve a lágy PVC, mely az alkalmazott lágyító anyagok mennyiségétől

és minőségétől függően rugalmas polimer, jól hajlítható, ütésálló, jobb hidegtűrésű, mint a kemény PVC, de kisebb a vegyszerállósága, a szakítószilárdsága és a keménysége a kemény PVC-nél. A beágyazott anyag a szénszál, mely nagy szakítószilárdságú, nagy rugalmassági modulusú, kis sűrűségű, jó hőállóságú és kiemelkedő a vibráció tompító képessége.

Munkám célja annak vizsgálata volt, hogy a két polimerre hogyan hat a szálerősítés, egyáltalán hogyan építhető be a szál, és milyenek lesznek a mechanikai tulajdonságok.

I. Alkalmazott anyagok, vizsgálati módszerek

I. 1. Felhasznált anyagok

Toluilén-diizocianát (TDI), *poliéter polioli*, melyet a BorsodChem Rt.-től kaptunk az előírt polioli/TDI arány pontos megjelölésével együtt.

Flexane 60 L márkanévű poliuretán, melyet a PENTAGroup Bt.-től kaptunk kísérleti célra.

Szénszálak, melyeket a ZOLTEK Rt. Hungary biztosította pászmában tekercselve.

Pamutszál, üvegszál, len szál, melyek kereskedelemben kapható termékek.

Lágy poli-vinilklorid granulátum (LE 411/009) és különböző lágyító tartalmú PVC porok (1720/1, 1720/2, 1720/3), melyeket szintén a BorsodChem Rt biztosított.

I. 2. Alkalmazott kísérleti és vizsgálati módszerek

A vizsgálatokhoz szükséges próbatestek előállítására egy teflon anyagú öntőformát terveztem és készítettem, öt, szabványos szakító próbatest méretű és alakú öntőüreggel.

Az így elkészített próbatestekkel szakítóvizsgálatokat végeztem az MSZ ISO 527-1 szabvány alapján egy INSTRON 4302 típusú anyagvizsgáló gépen, hozzacsatlakoztatott kiértékelő szoftverrel, melynek típusa „Series IX Automated Materials Testing System 8.30.00”. Meghatároztam az egyes kompozitok szakítószilárdságát, rugalmassági modulusát, szakadási nyúlását, és ezen eredmények alapján minősítettem az egyes kompozitokat .

Ugyancsak értékes támpontot ad a vizsgált anyag húzó igénybevétel esetén mutatott viselkedéséről a feszültség-nyúlás diagram is.

Hajtogató-fárasztó berendezést terveztem az MSZ 13571: 1980. szabvány szerint, mellyel a fárasztó vizsgálatokat végeztem, összehasonlítva a natúr elasztomer és a szálerősített kompozitok hajtogatással szembeni ellenálló képességét.

A JEOL JSMT-220 A típusú Scanning Elektron Mikroszkópot (SEM) a próbatest elszakadt felületének vizsgálatára alkalmaztunk.

A keménységméréseket MSZ ISO 868 szabvány alapján végeztük ZWICK 3114.01 keménység-mérővel.

A REOMATRIX DMTA MK típusú dinamikus mechanikai analízist biztosító berendezéssel a PVC-szénszál kompozit üvegesedési hőmérsékletét határoztuk meg. 1 Hz frekvenciát és 2 K/min fűtési sebességet alkalmaztunk.

II. Új tudományos eredmények

1. Új, PUR mátrixú kompozit előállítás

Előállítottam ipari alapanyagokból, poliéter-poliolból és toluilén-diizocianátból laboratóriumi körülmények között öntött poliuretán elastomert. Folytonos szénszálerősítéssel különböző kompozitokat készítettem belőlük abból a célból, hogy ipari felhasználási területre egy új típusú, nagyobb szilárdságú, ugyanakkor rugalmas és jó kopásálló felületű szerkezeti anyagot hozzak létre.

Kis szénszál mennyiségeket – 0,1 tömeg %-tól 3 tömeg %-ig – ágyaztam be a poliuretán elastomerekbe, a próbatestek teljes hosszában végigvezetve. Megvizsgáltam, hogy a különböző szénszáltartalmú kompozitok mechanikai tulajdonságai hogyan változtak. Szakító vizsgálatokat, fásztó vizsgálatokat és keménység méréseket végezve megállapítottam, hogy már kis mennyiségű folytonos szénszál is jelentős mértékben erősíti a kompozitokat. Bebizonyítottam, hogy a szénszál jól tapad a poliuretán elastomerhez, ami azért bír nagy jelentőséggel, mert az ágyazó anyag jó tapadása az erősítő anyaghoz biztosítja azt, hogy a kompozitot alkotó mátrix és az erősítő szál együtt dolgozzon, azaz a terhelést, az igénybevételt át tudja adni a mátrix az erősítő szálnak.

Megállapítottam, hogy ha a poliuretán elastomerbe különböző bevonatú, illetve bevonat nélküli szénszálakat ágyaztunk be, akkor a bevonat nélküli szénszálak erősítenek a legjobban, mivel a bevonat nélküli szénszál felületi egyenetlenségeit, bordázottságát nem fedi el a bevonat, így a nagyobb felületen jobban meg tud tapadni a poliuretán, melyet az elektronmikroszkópos felvételek is bizonyítanak.

Megállapítottam, hogy a szénszálak mátrixban való elhelyezkedésének szignifikáns hatása van a szilárdsági értékekre vonatkozóan. Először a szénszálakat vékony pászmába sodorva helyeztem el a poliuretán mátrixba. A pászmák számát növelve növeltem a szénszálak mennyiségét a próbatestekben. Majd az előzőekben vizsgált mennyiségű szénszálakat a próbatest teljes szélességében egyenletesen szétterítve készítettem el a kompozit próbatesteket. A szakítószilárdsági eredmények azt mutatták, hogy az egyenletesen szétterített

szárelrendezésű kompozitok szakítószilárdsági eredményei jelentősen nagyobbak, mint a pászmában sodort elhelyezésű kompozitoké. Ennek az az oka, hogy a próbatestek készítésekor a még folyékony elasztomer a szétterített szálak közé jobban be tud folyni, jobb kötődést biztosítva az erősítő szálakkal, és így jobban biztosítva a terhelés átadását az ágyazó anyagról az ágyazott anyagra.

2. A PUR-szénszál kompozit húzó igénybevételre történő viselkedésének matematikai modellje

Megállapítottam, hogy a poliuretán mátrix a Poynting-Thomson modellnek megfelelően viselkedik (1. egyenlet), míg a poliuretán-szénszál kompozit feszültség-nyúlás görbéi jobban értékelhetők a Maxwell modellel (2. egyenlet).

$$\sigma = a_1[\varepsilon + a_2(1 - e^{-a_3\varepsilon})] \quad (1)$$

$$\sigma = b_1(1 - e^{-b_2\varepsilon}) \quad (2)$$

Ahol: σ a szakítószilárdság, ε a fajlagos nyúlás.

Az a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , olyan paraméterek, amelyek tartalmazzák a modellben lévő Hooke féle rugók Young modulusát és a viszkóz folyadék viszkozitás koefficiensét. Ezeket állítható paraméterekként kezeltem.

3. Új, kis szénszál tartalmú, PVC mátrixú kompozit előállítás

Különböző lágyító tartalmú poli-(vinilklorid) (PVC) mátrixba ágyaztam bevonat nélküli szénszálakat. A szénszálakat orientáltan hosszirányban, keresztirányban, illetve gyúrókamrában begyúrva helyeztem el a mátrixban.

Megállapítottam, hogy a szénszál jól tapad a PVC mátrixhoz is, melyet szakító vizsgálattal, keménység méréssel, dinamikus mechanikai analízis (DMA) vizsgálattal bizonyítottam. A hosszú szénszálak jelentős mértékben erősítenek tehát egy új PVC alapú kompozitot készítettem. Megállapítottam a szakító diagramok alapján, hogy a rövid szénszálak gyúrókamrás bedolgozása kis deformációknál előnyös.

4. Tervezhető mechanikai tulajdonságú PVC mátrixú kompozitok

A lágy PVC mechanikai tulajdonságainak, mint a $\sigma_{\max}$ -nak és a Young modulusznak szignifikáns javítását valósítottam meg folytonos szénszál használatával. A PVC-szénszál kompozitok esetén a szénszál tartalom növelésével lineárisan változik a $\sigma_{\max}$ és a Young modulus,

$$\sigma_{\max, \text{comp}} = w_{\text{CF}}(\sigma_{\max, \text{CF}} - \sigma_{\max, \text{m}})\rho_{\text{m}}/\rho_{\text{CF}} + \sigma_{\max, \text{m}} \quad (3)$$

$$E_{\text{comp}} = w_{\text{CF}}(E_{\text{CF}} - E_{\text{m}})\rho_{\text{m}}/\rho_{\text{CF}} + E_{\text{m}} \quad (4)$$

Ahol: σ a szakítószilárdság, a w a tömeg, ρ a sűrűség, E a rugalmassági modulus.

ami lehetővé teszi meghatározott mechanikai jellemzőkkel bíró PVC-szénszál kompozitok tervezhető előállítását. A szénszál és a PVC mátrix közötti adhézió megfelelő.

Véletlenszerűen elhelyezett rövid szénszálat tartalmazó PVC-szénszál kompozitokat is vizsgáltam. A mátrix szénszál tartalmának növelésével a Young modulus és a keménység egyértelmű növekedését figyeltem meg, míg a $\sigma_{\max}$ nem változott. A jelentős keménység növekedés mellett csak kis mértékű üvegesedési hőmérséklet növekedést mértem.

III. Az elért eredmények várható hasznosulási lehetősége

A jövőben elsősorban műszaki műanyag alkalmazási területre tervezhetőek ezek a kompozitok (pl. ékszíjhajtások gyártása területén). Olyan területen, ahol a kopásálló felület mellett a fárasztó igénybevételnek is jól ellenálló anyagra van szükség. Ezek a kompozitok várhatóan minden szempontból megfelelnek majd az ipari elvárásoknak.

Introduction and objectives

The primary task of applied materials science is to utilize professional knowledge and results elaborated in scientific laboratories in the construction technology. The scientific project “Synthesis and investigation of mechanical properties of carbon fiber reinforced composites made from elastomer matrices” belongs to this topic. One of the important scientific areas of applied chemical sciences is the preparation of new-type materials which correspond the environmental (degradable materials) and energy saving (lighter structural materials) requirements. Various kind of composites are used in many kind of areas of life. A variety of composites is assured by different matrices and various reinforcing fibers. New-type materials – composites - can be produced by combination of these compounds. Composites possess excellent properties by unification of advantageous properties of components, e.g. resistance to splitting or wear resistance. According to the associate materials, composites can be granular, fibrillar, lamellar materials and covered with surface layer. Properties of composites are determined by the type of matrices and reinforcing fibers. Strength of reinforced composites can be intensified by load transmission of matrices to the fibers. The essential condition of strength transmission is the good adhesion between the matrix and fiber. Improvement of resistance of materials is very often accompanied by the disappearance of other properties. Modification of plastics properties is variable, but it is limited, too. Mechanical properties of composites are determined by type, amount, diameter, length and arrangement of fibers. One of the basic compounds of the produced and examined composites is polyurethane (PUR). I prepared polyurethane-based composites from polyols, polyglycols and toluene diisocyanate under laboratory conditions. The other matrix was polyvinylchloride (PVC). It is also an elastomer. Carbon fibers with different cover and placed the total length of the specimens were used as a reinforcing agent. According to the literature, polyurethane matrices have excellent elasticity, wear resistance, cold resistance and hydrolysis resistance. The other matrix was the soft PVC, and according to the amount of softener agent it got excellent flexibility, cold resistance, impact resistance than hard PVC, but possesses less chemical resistance, tensile strength and hardness. The embedded component was the carbon fiber, it got high tensile strength and elasticity modulus, low density, good heat resistance and excellent vibration resistance. My aim was to determine the quality of connection between the matrices and fibers and the mechanical properties of the carbon fiber reinforced composites.

I. Applied methods and equipment

I. 1. Applied materials, compounds

Toluene diisocyanate (TDI) and polyether glycols (with using ratio), soft PVC granulates (LE 411/009) and PVC powders with different softener content (1720/1, 1720/2, 1720/3) were industrial products provided by BorsodChem ZRT, Hungary.

Flexane 60 L polyurethane was PENTAgrouP Bt., a Hungarian product. The carbon fibers in staple were CF 48K signed and the products of ZOLTEK VISCOSA Rt. Hungary. Lines of cotton, glass fibers and flax fibers were commercial products.

I. 2. Applied methods

I have designed a standard teflon mould for the preparation of specimens (5 specimens) of the composites to the tensile test. The tensile tests were obtained by using an INSTRON 4302 machine according to the MSZ ISO 527-1 standard. Tensile strength, Young's modulus and elongation at rupture of composites were determined by this machine. I also qualified the composites. I determined the stress-strain curves, too.

Based on MSZ 13571: 1980 standard I have designed a flexural loading fatigue testing machine to compare the folding resistance of basic and fiber reinforced elastomers.

A JEOL JSMT-220 A scanning electron microscope was applied to study the surface failure of the composite after break.

The Shore A hardness was determined with a ZWICK 3114.01 Hardness Tester according to the Hungarian standards (MSZ ISO 868)17.

Dynamic mechanical analysis (DMA) was used to determine the glass transition temperature (T_g) of the PVC-CF composites. A REOMATRIX DMTA MK was applied at 1Hz frequency, and 2 K/min. heat velocity.

II. New scientific achievements

1. Synthesis of new composite from polyurethanes

Moulded polyurethane composites were synthesized under laboratory conditions from industrial basic materials such as polyether polyols and toluene diisocyanate. I prepared different composites with continuous carbon fibers to improve a new type, flexible structural material for industrial application with high strength and high wear resistance. Low amount of carbon fibers (from 0,1 w/w% to 3 w/w%) was encased in elastomer specimens in their total length. The mechanical properties of the composites with various amount of carbon fibers were

determined. According to the tensile, fatiguing and hardness tests, reinforced composites possess better mechanical properties than the native ones. I have proved that carbon fibers stick to the PUR matrix very well. It is very excellent, because the matrix and the carbon fibers collaborate with each other, so the matrix can be handed over the load to the fibers.

I have established that the native carbon fibers in the matrix reinforced the composites better than the covered fibers. According to the electron microscope investigation (SEM) the rough surface of native carbon fiber adheres to the PUR matrix better than the covered ones. The arrangement of the carbon fibers affects the value of strength of composites significantly. Firstly, I put the carbon fibers in staple into the matrix, than I increased the amount of the carbon fibers in the specimens. In the second examination I put them in the total length of the specimens uniformly. Based on the tensile test the arrangement of fibers in the total length of the composites has insured better reinforced products than fibers in staples. The reason for better results is that the matrix can flow among the fibers better than in the other case, so the linkage is stronger between the fiber and matrices and the load transmission is better.

2. Mathematical modelling of the tension behaviour of the carbon fiber reinforced polyurethane composites

The polyurethane matrix is suitable for the Poynting-Thomson model (see equation 1.), but stress-strain curves of the carbon fiber reinforced polyurethane composite can be appreciated by the Maxwell one (see equation 1.).

$$\sigma = a_1[\varepsilon + a_2(1 - e^{-a_3\varepsilon})] \quad (1)$$

$$\sigma = b_1(1 - e^{-b_2\varepsilon}) \quad (2)$$

Where, σ : tensile strength, ε : elongation per unit length.

a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 are parameters which contain the Young's modulus of Hook's springs of the model and the viscous coefficient of viscous liquid. They were controllable parameters.

3. Synthesis of new composites from PVC with low carbon fiber content

Native carbon fibers were embedded into PVC matrices with different softener content. Carbon fibers were put into the matrices longitudinally, in cross direction and working into the matrix. According to tensile test, DMA analysis and hardness, the test carbon fibers adhere to the PVC matrix very well, too. The long carbon fibers reinforced the PVC matrix measurably and I synthesized new composites. Based on the stress-strain curves, application of sort carbon fibers is advantageous at low deformation.

4. PVC composites with planning mechanical properties

Effective improvement of mechanical properties, e.g., tensile strength and Young's modulus of soft PVC was carried out by using countinous carbon fibers. By the increase of the carbon fiber content of PVC - based composites the tensile strength and Young's modulus increase linearly.

$$\sigma_{\max, \text{comp}} = w_{\text{CF}}(\sigma_{\max, \text{CF}} - \sigma_{\max, \text{m}})\rho_{\text{m}}/\rho_{\text{CF}} + \sigma_{\max, \text{m}} \quad (3)$$

$$E_{\text{comp}} = w_{\text{CF}}(E_{\text{CF}} - E_{\text{m}})\rho_{\text{m}}/\rho_{\text{CF}} + E_{\text{m}} \quad (4)$$

where: σ : tensile strength, w : weight, ρ : density, E : Young's modulus.

I could synthesize carbon fiber reinforced PVC composites with well-defined properties. The adhesion between the matrix and fibers were suitable. PVC-randomly placed sort carbon fiber composites were also investigated. Increasing of the carbon fiber content in the PVC matrix the Young's modulus and hardness also increase, but the tensile strength did not change. By a significant increase of hardness the glass temperature increased less.

III. Some aspects of possible applications of the results

In the future, carbon fiber reinforced composites can be used as technical plastics (constructional engineering). Composites are also resisted for fatiguing stress and abrasion, and they will meet the requirements of industry.

IV. Tudományos közlemények / Scientific publications

IV. 1. Az értekezés témájához kapcsolódó közlemények / Publications in the field of the dissertation

1. Jenő Borda, Ildikó Bodnár, **Istvánné Ráthy**, Miklós Zsuga:
Synthesis and investigation of the mechnaical propertis of the polylactic acid-toluene diisocyanate – polethylene glycol/polypropylene glycol copolymers
Polymers for Advanced Technology, 14, 1-7, 2003.
2. Jenő Borda, Sándor Kéki, **Istvánné Ráthy**, Ildikó Bodnár, Miklós Zsuga:
Novel polyurethane elastomer-continous carbon fiber composites: preparation and characterization
Journal of Applied Polimer Science, 103 (1), 287-292, 2007.
3. **Ráthy Istvánné**-Dr.Borda Jenő –Dr.Horváth Róbert-Dr.Zsuga Miklós :
Szénszálerősítéses poliuretán kompozitok előállítása és mechanikai tulajdonságainak vizsgálata
Debreceni Egyetem, *Műszaki Tudományos közlemények*, Debrecen, p.273-285, 2000.
4. Tiba Zsolt- **Ráthy Istvánné**:
Egyedi fárasztógép tervezése kompozit anyagok vizsgálatához
Gép, 12. P32-35/2004.
5. Kéki Sándor, Ráthy Istvánné, Borda Jenő, Deák György, Kuki Ákos, Zsuga Miklós:
Preparation and characterization of poly(vinyl chloride)- continous carbon fiber composites
Közlésre előkészítve

IV. 2. Az értekezés témájához kapcsolódó konferencia részvételek / Lectures in the field of the dissertation

1. **Ráthy Istvánné**, Budai Zoltán, Borda Jenő, Deák György, Kéki Sándor, Horváth Róbert, Zsuga Miklós :
Szénszálerősítéssel poliuretán kompozitok előállítása és mechanikai tulajdonságainak vizsgálata
VI. Vegyészkonferencia, Kolozsvár 2000. nov. 17-19.
2. Budai Zoltán, **Ráthy Istvánné**, Borda Jenő, Deák György, Kéki Sándor, Horváth Róbert, Zsuga Miklós :
Szénszállal erősített polipropilén kompozitok fizikai vizsgálata
VI. Vegyészkonferencia, Kolozsvár 2000. nov. 17-19.
3. **Ráthy Istvánné**, Borda Jenő, Horváth Róbert, Zsuga Miklós
Szálerősített kompozitok előállítása és vizsgálata
VII. Vegyészkonferencia, Félixfürdő, 2001. nov. 16-18.
4. György Deák, Zoltán Budai, Sándor Kéki, **Ráthy Istvánné**, Róbert Horváth, Miklós Zsuga: Polypropylene composites
Studia Universitatis „Vasile Goldis” Arad, 2001./11 (p. 24-30.)
5. **Ráthy Istvánné**, Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Horváth Róbert, Zsuga Miklós :
Új típusú kompozitok előállítása
XIII. *Műanyagok műszaki alkalmazása és feldolgozás-technológiája c. konferencia*, Mechanoplast 2002. Gyula, 2002. március 12-14.
6. **Ráthy Istvánné**, Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Horváth Róbert, Zsuga Miklós,
Erősített műanyagok előállítása és vizsgálata
„*FUTURE AVIATION TECHNOLOGIES*” 1-st INTERNATIONAL SYMPOSIUM
Szolnok, 2002. ápr. 12-14. Repüléstudományi Közlemények 2002., 155-156. old.

7. **Ráthy Istvánné**, Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Zsuga Miklós:
Moulded polyurethane based composites
6. International Scientific-Technical Conference for PhD Students
Presov- Herlany 2-4. 5. 2005.

8. **Ráthy Istvánné**, Marossy Kálmán, Borda Jenő, Zsuga Miklós,
Szénszálak viselkedésének vizsgálata lágyított PVC-ben,
XI. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Kolozsvár 2005. nov.11-13.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki témavezetőmnek, Dr. Zsuga Miklósnak, a Debreceni Egyetem Alkalmazott Kémiai Tanszék professzorának a munkám során nyújtott szakmai útmutatásáért, hasznos tanácsaiért, támogatásáért.

Köszönöm Dr. Borda Jenő egyetemi docensnek, hogy egész munkám során segítségemre volt észrevételeivel, gyakorlati tanácsaival.

Hálásan köszönöm Dr. Kéki Sándor egyetemi docensnek a dolgozatom elkészítésében nyújtott hathatós segítséget.

Köszönöm Dr. Deák György tudományos munkatársnak, hogy segített a munkámban.

Köszönöm Dr. Bodnár Ildikó főiskolai docensnek, hogy szakmai segítségével mindig támogatott.

Köszönöm Rózsáné Lukács Julianna és Nagyné Berzovicz Cecília vegyésztechnikusoknak azt a sok gyakorlati segítséget, melyet tőlük kaptam, valamint Szalay Tibornénak az adminisztrációban nyújtott segítséget.

Köszönetemet fejezem ki az Alkalmazott Kémiai Tanszék valamennyi munkatársának is, valamint mindazoknak, akik valamilyen formában hozzájárultak ezen értekezés elkészítéséhez.

Köszönetemet fejezem ki a Gépészmérnöki Tanszék dolgozóinak, hogy segítették munkámat, különös tekintettel az alkalmazott öntőforma és fúrasztó berendezés elkészítéséért Sándor István, Nyalka László, Pál László és Nádházi László kollégáknak.

Köszönetemet fejezem ki a családomnak a nyugodt légkör biztosításáért.

Végül megköszönöm az alábbi pályázatok és alapítványok által nyújtott támogatást: OTKA K-62213, K-72524, MU-00204/2001, RET-006/2004, GVOP-3. 2.1.- 2004-04-0152/3.0.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.