



UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Válasz Prof. Bertóti Imre, az MTA doktora által az „**ÖSSZETETT NANOSZERKEZETEK KÉSZÍTÉSE, JELLEMZÉSE ÉS NÉHÁNY FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGE**” című akadémiai doktori értekezésre adott bírálatra

Mindenekelőtt köszönetet mondok azért, mert opponensem elvállalta értekezésem bírálatát, valamint azért, mert időt és fáradságot fordított a munka alapos áttanulmányozására és véleménye megírására.

A bírálatra adott válaszómban, a könnyebb követhetőség érdekében, Bírálóm problémafelvetési sorrendjét követem.

Opponensem bírálólálag jegyezte meg, hogy a doktori értekezésem túlságosan zsúfolt, ugyanakkor széttagolt, az ábrák pedig nagyon kicsik, és jónéhány egyéb formai problémára is felhívta a figyelmemet. Egyet kell értenem Opponensemvel, mert a kétféle törekvésem, hogy sok eredményt bemutassak, ugyanakkor azokat tömören és összefüggéseiben elemezzem, nem mindig sikerült. Azóta többször átolvastam a disszertációt és mindig voltak újabb és újabb ötleteim, amelyek egybecsengtek Bírálóm megjegyzéseivel. Abban is elfogadom Bírálóm véleményét, hogy néhány helyen az értekezés túlságosan tömörre sikerült, néhol pedig részletesebb kifejtés segítette volna a mondanivaló követését.

Az „**Irodalmi áttekintés**” fejezetet én úgy képzeltem el, hogy felsorolom a területen leírt ismereteket a megfelelő hivatkozásokkal, majd kritikusan összefoglalom a területen elért eredményeket. Abban egyetértek Bírálómmal, hogy meg lehetett volna más logika alapján, vagy más szempontból is írni ezt a fejezetet.

Opponensem kiemelte, hogy a „**Célkitűzések**” részben nem esik szó a témaválasztás indokairól, és általánosságban is lehetett volna a fejezet jobban megfogalmazva. Valóban kissé száraz a fejezet tartalma, de mentségemre szolgáljon, hogy próbáltam úgy megfogalmazni a lényegét, hogy az általam az értekezésbe gondolt anyagot lefedje. Lehet, hogy a kevesebb több lett volna ebben az esetben.

A „**Kísérleti rész**” Opponensem szerint néha többet, néha pedig kevesebbet ad, mint elvárható lett volna. Mentségemre legyen mondva, hogy leginkább gyakorlati beállítottságú embernek érzem magam, ennek megfelelően az elmúlt 20 évben igen sok kísérletet végeztem, aminek az összefoglalása nem volt könnyű – ezek szerint nem is sikerült tökéletesen. Példaként említeném a hővezetőképesség mérő berendezés leírását, ami Opponensem szerint túl hosszú, ugyanakkor teljesen saját fejlesztésünk, és szerettem volna kicsit részletesebben bemutatni a disszertációban.

KÓNYA Zoltán, Ph.D.
Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

6720 Szeged, Rerrich Béla tér 1. Tel/Fax: 06-62-544-619
WEB: www.sci.u-szeged.hu/appchem / E-mail: konya@chem.u-szeged.hu



Az „**Eredmények és értékelésük**” fejezet 5.1-es alfejezetéhez Bírálom – az általunk javasolt növekedési mechanizmust jelentős eredménynek elfogadásán túl – azt fűzte hozzá, hogy nem triviális a szénhidrogének exoterm bomlása, amit részletesebben ki kellett volna fejtenem. Ez a kérdés főleg a metán esetén érdekes, mert itt a dehidrogénezés magában endoterm folyamat. Azonban kalorimetriás mérésekkel bebizonyították, hogy még ebben az esetben is a teljes folyamat exoterm (*Thermodynamics behind Carbon Nanotube Growth via Endothermic Catalytic Decomposition Reaction*, A.R. Harutyunyan, O.A. Kuznetsov, C.J. Brooks, E. Mora, G. Chen, *ACS Nano* 3, 379-385, 2009). A teljes folyamat entalpiamérlege a következő összefüggéssel írható le:

$$\frac{d\Theta}{dt} = \sum_i \Delta H_i \cdot \frac{dN_i}{dt} + \sum_j \Delta H_j \cdot \frac{dN_j}{dt} + \frac{d\Theta_R}{dt}$$

ahol ΔH_i a reakcióentalpia, dN_i/dt a szénhidrogén bomlásának, dN_j/dt a szén hidrogénezésének/oxidációjának sebessége egy adott hőmérsékleten, i és j az endoterm és exoterm szpecíeszek, R pedig a hőszugárzás árama.

Bírálom az „**Eredmények és értékelésük**” fejezet 5.2-es alfejezetében több pontatlanságot talált. Egyetértek Bírálom kritikájával. Sajnos kimaradt a fejezetből a szén nanocső hozam kiszámításának képlete, ezt most pótlom:

$$(M_{\text{termék}} - M_{\text{kat.vég}}) / M_{\text{kat.be}} \times 100 = \text{szénlerakódás (\%)}$$

ahol $M_{\text{termék}}$ jelenti a reakció után kapott termék tömegét a visszamaradt katalizátorral együtt, $M_{\text{kat.vég}}$ a reakció után visszamaradt katalizátor tömege, melyet vakpróbákból számítottunk ki, és $M_{\text{kat.be}}$ a bemért katalizátor tömege. Bírálom megjegyezte, hogy a sokféle kipróbált katalizátorhordozó szerepéről általános érvényű következtetéseket nem lehet levonni, csak ha ismerjük a növesztés körülményei között kialakuló felületi állapotokat. Ezzel teljes mértékben egyetértek; nem is volt célunk általános következtetéseket levonni, inkább ki szeretnénk volna emelni néhány speciális esetet, és azokat megvizsgálni részletesebben. Bírálom felvetette, hogy a FeCo kétfémes katalizátorok XPS spektrumából nem következik az ötvözetfázis léte. Vizsgáltuk az egyfémes (Fe, Co) és a kétfémes (Fe+Co) katalizátorokban mindkét fém elektronszerkezeti állapotát a reakciók során. Sem a vas, sem a kobalt esetében nem tapasztalható nagyfokú eltérés az első három lépésben, közel hasonló spektrumokat kaptunk az egyfémes és kétfémes minták esetén, úgy mintha a fémek nem hatnának egymásra. Az acetilén jelenlétében végzett hőkezelés során azonban jelentős változásokat tapasztaltunk a kétfémes mintán. Az Fe esetében a $\text{Fe}(2p_{1/2})$ és a $\text{Fe}(2p_{3/2})$ jelei a nagyobb kötési energiák felé tolódnak el, ami ellentéte az egyfémes Fe-tartalmú minta esetében tapasztaltaknak. A magasabb kötési energiák felé való eltolódás Fe-Co ötvözet kialakulását jelzi, hasonlóan a korábban már Co,Fe/TiO₂ kétfémes katalizátoron is megfigyeltékhez (*Fe,Co/TiO₂ bimetallic catalysts for the Fischer-Tropsch reaction I.*

KÓNYA Zoltán, Ph.D.

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



6720 Szeged, Rerrich Béla tér 1. Tel/Fax: 06-62-544-619
WEB: www.sci.u-szeged.hu/appchem / E-mail: konya@chem.u-szeged.hu



Bírálóm felhívta a figyelmet a 10. táblázatban vétett hibámra, sajnos sajtóhiba maradt a disszertációban, a helyes táblázat a következő:

10. táblázat. *Ti,Si-MCM-41 minták jellemző adatai*

Minta	d ₁₀₀ (nm)	d _{BJH} (nm)	a _s (nm ² /g)
B-Ti,Si-MCM-41	3,52	2,5	884
G-Ti,Si-MCM-41	3,18	1,9	598

Opponensem bírálatában kiemelkedően fontosnak tartotta a nanocsövek módosítására vonatkozó eredményeinket, amit nagy örömmre szolgált és nagyon köszönöm. Arra vonatkozólag, hogy milyen mértékűek voltak a módosítások, azaz a funkcionizálás foka, a válaszat az irodalom áttekintésével kell kezdenem.

- Vizsgálhatjuk a funkciós csoportok mennyiségét rezgési spektroszkópia segítségével (*Oxygen-containing functional groups on single-wall carbon nanotubes: NEXAFS and vibrational spectroscopic studies*, A. Kuznetsova, I. Popova, J.T. Yates, M.J. Bronikowski, C.B. Huffman, J. Liu, R.E. Smalley, H.H. Hwu, J.G.G. Chen, *J. Am. Chem. Soc.*, 123, 10699-10704, 2001).
- A különböző funkciós csoportok mennyiségének mérésére az XPS igen alkalmas technika; a spektrumok felbontásával kaphatunk információt a funkciós csoportok mennyiségére (*Functionalizing carbon nanotubes by plasma modification for the preparation of covalent-integrated epoxy composites*, C.H. Tseng, C.C. Wang, C.Y. Chen, *Chem. Mater.*, 19, 308-315, 2007).
- Sav-bázis titrálással meghatározható a karboxilcsoportok száma (*Determination of the acidic sites of purified single-walled carbon nanotubes by acid-base titration*, H. Hu, P. Bhowmik, B. Zhao, M.A. Hamon, M.E. Itkis, R.C. Haddon, *Chem. Phzs. Lett.*, 345, 25-28, 2001).

Részletesebben egy általunk kidolgozott technikáról írnék. Az irodalomban először használtuk az elegyadszorpciós többletizotermákat a többfalú szén nanocsövek hidrofíli/hidrofób tulajdonságainak vizsgálatára. Kimutattuk, hogy a módszer jól alkalmazható nagyobb mennyiségű minta egyszerű vizsgálatára, ami a nanocsövek esetében eddig nem volt megoldott. (*Binary solvent mixture adsorption as a characterisation tool to determine the hydrophilic/hydrophobic properties of multiwall carbon nanotubes*, T. Kányó, Z. Kónya, F. Berger, I. Dékány, I. Kiricsi, *Chem. Commun.*, (21), 2746-2747, 2003) Elegyadszorpciós többletizotermék segítségével vizsgáltuk a többfalú szén nanocsövek hidrofíli/hidrofób tulajdonságainak hőkezelés során történő változását. Kimutattuk, hogy a tisztított többfalú nanocső minták jellemzően hidrofíli, azonban hőkezelés (673-1673 K) hatására hidrofóbbá válik. Kimutattuk, hogy a hidrofíli/hidrofób felületi hányad, illetve az azeotróp összetétel értéke lineárisan változik a hőmérséklettel, tehát valószínűleg kémiai változások (karboxilcsoportok elvesztése, hidroxilcsoportok eliminációja, stb.) okozzák a felület változását. Ezt a feltételezést alátámasztják fraktáldimenziós számításaink is, mely

KÓNYA Zoltán, Ph.D.

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



szerint a felületi fraktáldimenzió értéke a kísérleti hibán belül nem változik a hőkezeléssel, azaz nem morfológiai, hanem kémiai változás történik. Mindezek alapján látható, hogy az általunk javasolt módszerrel könnyen, gyorsan és egyszerűen lehet a nanocső tartalmú anyagokat jellemezni jól megválasztott elegyadszorpciós többletízotermék segítségével (*Quantitative characterization of hydrophilic-hydrophobic properties of MWNTs surfaces*, T. Kanyó, Z. Kónya, A. Kukovecz, F. Berger, I. Dékány, I. Kiricsi, *Langmuir*, 20, 1656-1661, 2004).

Az őrlés során kialakuló hibahelyek mennyiségére és milyenségére nehéz konkrét adatokat mondani. Azt gondolom, hogy a funkcionalizálás foka még nem ad biztos támpontot a hibahelyek számára. Opponensem kérdésére, hogy az őrlések során a csővégeken kialakuló deformációkra vonatkozó megfigyelésünk mennyire tekinthető statisztikailag alátámasztottnak, azt tudom mondani, hogy nagyon sok, különböző mintáról készült felvételt vizsgáltunk meg és így vontuk le a következtetésünk. Eredményeink közzlése óta más kutatócsoportok is megerősítették a feltevéseinket (*The effects of ball milling intensity on morphology of multiwall carbon nanotubes*, W.M. Tucho, H. Mauroy, J.C. Walmsley, S. Deledda, R. Holmestad, B.C. Hauback, *Scripta Mater.*, 63, 637-640, 2010).

Opponensem az 5.2.6-os fejezet (szén nanocső/polimer kompozit) eredményeit ugyan fontosnak tartotta, de megfogalmazása szerint ezek összességükben is csak kezdeti megfigyelések voltak. Bírálóm nagyon jól fogalmazott; nem volt célunk polimer kompozitokkal részletesen foglalkozni, hiszen az országban több kutatócsoport is nagyon magas szinten foglalkozik ezekkel. Mi csak ki akartuk próbálni, hogy az általunk előállított szén nanocsővek bekeverhetők-e polimerekbe, és a kapott nanokompozitok mutatnak-e valamilyen speciális tulajdonságot.

Itt kell megemlítenem egy hibát is, amit felfedeztem a dolgozatomban. A HDPE és a PP mátrixú szén nanocsővel erősített kompozitok esetén egy rossz állomány miatt teljesen hibás eredményeket közöltem. A helyes eredményeket a következőkben adom meg.

14. táblázat. CNT/HDPE nanokompozitok jellemzői

Minta	Húzó- szilárdság (MPa)	Szakító- szilárdság (MPa)	Young- modulus (MPa)
1 HDPE PS 380-09 referencia	15,93	32,60	1015
2 HDPE PS 380-09 + 2,5% FB1*	15,19	33,96	998
3 HDPE PS 380-09 + 1,0 t% MWCNT + 2,5% FB1	14,75	22,93	867
4 HDPE PS 380-09 + 2,5 t% MWCNT + 2,5% FB1	18,12	19,23	1493
5 HDPE PS 380-09 + 5,0 t% MWCNT + 2,5% FB1	17,04	20,42	1181
6 HDPE PS 380-09 + 10 t% MWCNT + 2,5% FB1	19,81	13,71	1825
7 HDPE PS 380-09 + 25 t% MWCNT + 2,5% FB1	26,96	17,65	2799

KÓNYA Zoltán, Ph.D.

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



**FB1: az apoláros polietilén és a szén nanoszerkezetek jobb összeférhetősége érdekében használt kompatibilizálószer, FUSABOND MX 110D*

15. táblázat. CNT/PP nanokompozitok jellemzői

Minta	Húzó- szilárdság (MPa)	Szakító- szilárdság (MPa)	Young- modulus (MPa)
1 PP referencia (K449)	21,51	22,04	1914
2 PP + 2,4% FB2*	20,88	23,16	1857
3 PP + 1,0 t% MWCNT + 2,4% FB2	20,13	13,36	1919
4 PP + 2,4 t% MWCNT + 2,4% FB2	21,05	15,74	1976
5 PP + 4,8 t% MWCNT + 2,4% FB2	22,00	15,76	2118
6 PP + 10 t% MWCNT + 2,4% FB2	25,36	17,02	2705

**FB2: az apoláros polietilén és a szén nanoszerkezetek jobb összeférhetősége érdekében használt kompatibilizálószer, FUSABOND MD 353D*

Opponensem kérdésére, hogy a titanát nanoszerkezetek átalakulása során követtük-e a nátriumtartalom változását, az a válaszom, hogy külön nem követtük. Miután mind a nanocső, mind a nanoszál trititanát szerkezetű, így nem éreztük ennek fontosságát. Lehet, hogy információkat tudtunk volna a nátriumtartalom változásából kinyerni, de ez nem lenne egyszerű feladat, hiszen szintéziseink 10 mólos NaOH-oldatban mennek végbe, így a Na-tartalom mérése igen sok hibát hordozna. A minták pontos szerkezete a $\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$ képlettel írható le, és kationra nézve sztöchiometrikusnak tekinthetők. A Raman spektrumok kiszélesedése annak tudható be, hogy a szerkezet ugyan trititanát, de annak egy torzult válfaja. Mivel a nanocső egy feltekert spirál, kívülről befelé haladva változik a henger görbülete, így tulajdonképpen a cső belsejében lévő szpéciesz kicsit különbözik a cső külső felén levő szpécieszétől, ami a Raman spektrum kiszélesedéséhez vezet.

Opponensem érdekes eredménynek tartja a titanát nanocsövek Mg-sztearáttal való módosítását. Kérdésére, miszerint mi a Mg és a sztearát aránya, az a válaszom, hogy ez 1:2 molarány, mivel a sztearát magától nem adszorbeálódik a felületre, csak a magnézium-ionokon. Mivel az adszorpció után alaposan lemostuk a mintát, feltételezhető, hogy a minta felületén közel sztöchiometrikus Mg-sztearát helyezkedik el. Ugyan kísérleteket nem végeztünk ebben a tárgykörben, de feltételezhető, hogy a módosított titanát nanocsövekből könnyen ki lehet alakítani monoréteget különböző felületeken.

Opponensem kritikusan számba vette a disszertációban leírt tézispontokat és véleménye szerint néhány összevonásával fajsúlyosabb és áttekinthetőbb tézispontokat lehetett volna írni. A bíráló megjegyzések alapján újra áttekintettem és átgondoltam a tézispontokat. Az elfogadott tézispontokat is csiszoltam némileg, és javítottam az előforduló hibákat, de alapvetően a problémásnak tartott tézispontokra koncentráltam. Opponensemnek

KÓNYA Zoltán, Ph.D.
Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



teljes mértékben igaza van abban, hogy a tézispontok nem egyforma súlyúak, és némelyiknek tézisereje is vitatható. A problémát úgy igyekeztem orvosolni, hogy egyrészt a kisebb súlyú megállapításokat beleolvastottam egy nagyobb, opponensem által is elfogadott tézispontba, másrészt összevontam tézispontokat, így, remélhetőleg sikerült téziserejű megállapításokhoz jutni. A javításokat, változtatásokat a téziszüzetbe is átvezettem. A műveletet a továbbiakban részletezem.

Az eredetileg külön tézispontokba szedett 3.1.i, 3.2.i, 3.2.ii, 3.2.iii és 3.2.iv megállapításokat egy tézisponttá gyúrtam össze és a kísérleti tapasztalatokat irodalmi kontextusba helyeztem (ez lett a 3.1. tézispont, értelemszerűen a téziszüzetben a tézispontok hivatkozási számai is módosultak).

3.1. Egy- és többfalú nanocsövek előállításakor azt tapasztaltuk, hogy az általános hiedelemmel ellentétben nem csak Co-alapú hordozós katalizátorok aktívak ebben a reakcióban, hanem a Ni-, Fe- és V-tartalmúak is. Különlegesen nagy aktivitással rendelkeznek a $\text{Fe,Co/Al}_2\text{O}_3$ - és Ni,V/ZSM-5 -katalizátorok. Kísérleti eredményeink szerint a nagy aktivitásért a nanocsőszintézis körülményei között létrejött Fe-Co ötvözet a felelős $\text{Fe,Co/Al}_2\text{O}_3$ -katalizátor esetén, míg a Ni,V/ZSM-5 -katalizátoron tapasztalt nagy aktivitás fémes vanádium keletkezésének és a nikkel felületi profilt megváltoztató hatásának (amely elősegíti a VO_x részecskék beépülését a zeolitrácsba) köszönhető.

Az eredetileg 3.2.x megállapítás lényeges részét befoglaltam a nanocsövek mechanokémiai módosításával foglalkozó tézispontba (most 3.1.2.vi).

3.1.2.vi Módosított golyósmalomban – a törés alatt (a törés optimális ideje, méréseink szerint, 100 óra, melynek következtében a nanocsövek hossza 200–300 nm-re csökkent) különböző reaktív gázokat (Cl_2 , CO, NH_3 , CH_3SH , COCl_2) vezetve át a rendszeren – elvégeztük a tisztított többfalú szén nanocsövek mechanokémiai funkcionálizálását. Megmutattuk azt is, hogy a nanocsövek felületén a funkciós csoportok nem elszórtan, hanem „szigeteket” alkotva helyezkednek el.

A polimer–polimer nanokompozitok mechanikai, elektromos és termikus tulajdonságaival foglalkozó tézispontokat összeolvastottam, és a megfogalmazást szikárabbá tettem. Ugyanezt tettem a titanát–polimer kompozitok mechanikai tulajdonságaival kapcsolatos tézispontokkal is. Meglehet ezeknek a megállapításoknak így sincs hatalmas tudományos súlyuk (habár a titanát–polimer nanokompozitok esetén mi végeztünk először ilyen méréseket), ám alkalmazott kutatási és gyakorlati szempontból fontosak.

KÓNYA Zoltán, Ph.D.
Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



- 3.1.2.viii** *A különböző szén nanocső-tartalmú HDPE- és PP-mátrixú polimerek mechanikai tulajdonságait vizsgálva megmutattuk, hogy az erősítő hatás mértéke jelentősen függ a polimer mátrixtól – ezt a HDPE polimernél sokkal jelentősebbnek találtuk, mint a PP polimer esetén. A kapott nanokompozitok elektromos tulajdonságait vizsgálva kimutattuk, hogy a nanocső-tartalom növelésével specifikus ellenállásuk csökkent, azaz a minták egyre inkább vezetővé váltak. A hővezetési tulajdonságokat vizsgálva azt találtuk, hogy a CNT/PP esetén – hasonló CNT tartalom mellett – a hővezetési együtthatók jóval alacsonyabb értékeket mutattak, mint a CNT/HDPE nanokompozitok esetén, miközben a hődiffúziós együtthatók megegyeztek.*
- 3.2.viii** *Elsőként vizsgáltuk meg a hidrotermális úton előállított titanát nanoszerkezetek (titanát/poliuretán, titanát nanocső/polisztírol) polimer erősítő hatását. Szakítóvizsgálatok során megállapítottuk, hogy a töltőanyag-tartalom növelésének hatására a Young modulus és a folyáshatárhoz tartozó húzószilárdság megnövekszik, a szakítószilárdság és a szakadási nyúlás pedig csökken. A fenti két kompozitra kidolgoztuk a maximális erősítéshez szükséges bekeverési protokollt.*

A fémrészecske–mezopórusos anyagok témakörben kifogásolt tézispontokat (szintézis és kísérleti módszer leírása) megfelelő módosítás után belefoglaltam az idetartozó első tézispontba. Akárcsak a 3.4.viii tézispontot az öt megelőzőbe (most ez a 3.3.v tézispont), és kihagytam az ipari katalizátorokra történő jóslást.

- 3.3.v** *A tetraéderes és a köbös Pt nanorészecskék katalitikus aktivitását a ciklohexén hidrogénezési-dehidrogénezési reakcióban vizsgáltuk. Különbséget tapasztaltunk a két különböző szimmetriájú, nanométer méretű kristálylapokat tartalmazó Pt-katalizátorok között. A ciklohexén hidrogénezési reakcióban a modellkatalizátor tetraéderes részecskéket tartalmazva 298 K-en 90 perc alatt alakította át a kiindulási anyagot, míg a köbös nanokristálykákat tartalmazónak mindössze 30 percre volt szükség ugyanekkora konverzió eléréséhez. Magasabb hőmérsékleten (323 K) viszont a köbös Pt nanorészecskéket tartalmazó mezopórusos SBA-15 kisebb aktivitást mutatott az átalakulásban, mint a tetraéderes szimmetriájú Pt nanorészecskéket tartalmazó mezopórusos szilikát. Dehidrogénezési reakcióban 473 K-en a köbös nanorészecskéket tartalmazó katalizátor nagyobb aktivitást mutatott, mint a tetraéderes. Az eredményeink azt mutatják, hogy a fém nanorészecskék teljes körű – méret, alak, eloszlás – kontrolljával az egykristályokhoz hasonló nagy szelektivitású, ugyanakkor a*

KÓNYA Zoltán, Ph.D.

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

polikristályos katalizátorok hatékonyságát megközelítő nagy aktivitású katalizátorokhoz juthatunk.

Az eredeti tézisfüzetben 3.4.vi pont alatt lévő egyik, csekély súlyúnak ítélt megállapítást (a kísérleti és számított OH-eltolódások azonos irányú eltolódása) megtartottam a most már 3.4.iv tézispont részeként, mert úgy vélem, hogy a kísérleti munka és a számítások összhangja egyértelműen jelzi a módszer helyességét, ezért említést érdemel.

Az eredetileg utolsó két tézispontot, amely a különféle szénhordozós Ni-katalizátor szerkezetéről és katalitikus aktivitásáról szólt összeolvastottam és jelentősen átfogalmaztam.

3.3.vi *Különféle szénelapú (grafit, aktív szén, többfalú szén nanocsövek) hordozós, Ni nanorészecskéket tartalmazó katalizátorok vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy a ciklohexén hidrogénezési reakció sebessége jelentős mértékben függ a hordozótól. A függés nem egyszerűen a fém-fémoxid-részecskék eltérő méretéből adódik, hanem a hordozó és a fém-fémoxid-részecskék kölcsönhatásából. Megmutattuk, hogy a legnagyobb és legállandóbb aktivitású tört nanocső hordozó katalizátor esetén a fém-fémoxid-részecskék beeszik magukat a tört nanocső falába, amelynek eredményeképpen a nanocső struktúra eltűnik, de egy nagy és tartós aktivitású katalizátor jön létre.*

Az átalakítási munka eredményeképpen úgy vélem, hogy sikerült a vitatott tézisek közül néhánynak (főként az összeolvasztás és átfogalmazás eredményeképpen) súlyát valóban téziserejüvé növelnem. Néhány, az eredeti műben külön tézispontban szereplő megállapítást pedig megfelelő élesítéssel beépítettem opponensem által is téziserejűnek elismert megállapításokba, azok súlyát tovább növelve.

Végezetül még egyszer megköszönöm az értekezés áttanulmányozására fordított időt, a gondolatébresztő kommentárokat, és azt, hogy a disszertációt és a téziseket bírálóm elfogadásra méltónak találta.

Szeged, 2010. december 1.

Kónya Zoltán

KÓNYA Zoltán, Ph.D.
Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék