

VÁLASZ

Dr. Pokol György,

a kémia tudomány doktora, egyetemi tanár bírálataira

Nagyon szépen köszönöm Bírálómnak a disszertáció gondos véleményezésére fordított munkáját és az elért eredmények igen pozitív méltatását. Bírálóm az analitikai kémia nemzetközileg elismert szakembere, aki az elmúlt másfél évtizedben szakmai munkámat az MTA Termoanalitikai Munkabizottságán keresztül figyelemmel kísérte és hasznos tanácsaival segítette.

A bírálat 10 sorszámozott kérdést (K1-10) és 6 sorszámozott megjegyzést tartalmaz (M1-6), továbbá a 4. oldal utolsó bekezdése a 8. fejezetre, az 5. oldal 2. bekezdés pedig a szerkesztésre vonatkozóan fogalmaz meg észrevételeket. A válaszokat a bírálatban feltett kérdések, megjegyzések sorrendjében adom meg.

(M1) Megjegyzés a vegyesoxid bevonatok rétegvastagságára vonatkozóan

A vegyesoxid bevonatok preparálása szol-gél eljárással, a prekursor só alkoholos ill. vizes oldatából történt. Az 1-5 mg tömegű gélszerű bevonat kialakítását 1 cm² felületű, 0,1 mm vastagságú Ti-lemezen, szobahőmérsékleten végeztem, amely a TG-MS, valamint az emissziós és a diffúziós reflexiós infravörös spektroszkópiai mérések során 400-800 nm vastagságú réteg vizsgálatát tette lehetővé.

(M2) Megjegyzés a közleményekre való hivatkozásra, az egyes tézispontok esetében

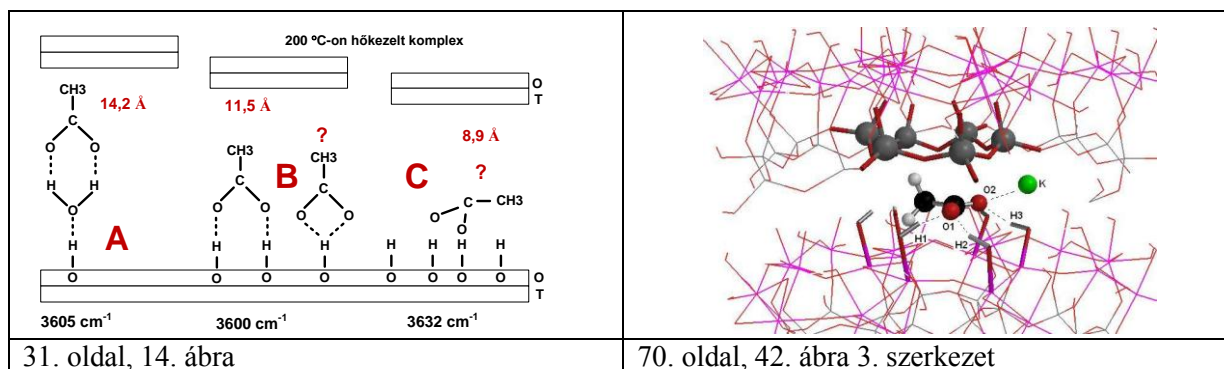
Nagyon sajnálom, hogy a tézispontok megfogalmazása során elkerülte a figyelmemet a közleményekre való hivatkozás. Bírálóm kritikáját elfogadom és köszönöm, hogy jóindulattal tolerálta mulasztásomat.

(K1) Kérdés a 31-32. oldalon található 13-14. ábrákkal és a magyarázattal kapcsolatban

A 14. ábrán bemutatott szerkezetek a Raman spektroszkópiai (*OH vegyértékrezgési tartomány*) és a röntgendiffrakciós (*hevítőkamrás felvételeket is beleértve*) vizsgálatok alapján valószínűsíthetők. Az **A** szerkezet biztonsággal azonosítható.

A 200 °C-on hőkezelt komplexben azonban az acetát-ion minimum kétféle konfigurációban van jelen, a $d(001)=11,5$ Å-höz tartozó, TO síkra merőleges, valamint a $d(001)=8,9$ Å-höz tartozó, a TO síkkal (*közelítőleg*) párhuzamos elhelyezkedésben. Ebből adódóan a Raman spektrumban a legmegbízhatóbb információt a belső felületi OH csoportok vegyértékrezgési tartománya hordozza. A 16. ábra alapján jól látszik, hogy a **14A** szerkezethez tartozó egyfajta OH környezet két OH környezetre változik, amelyekhez a 3600 és a 3625 cm⁻¹-nél jelentkező OH vegyértékrezgési sávok tartoznak (*14B-C szerkezetek*). A 14. ábrán a **B** jelű, kérdőjeles verzió elvi felvetés, adott bázislap távolság esetén létezését a molekulamechanikai számítások nem erősítették meg.

Bírálóm kérdésfelvetése jogos a komplexek stabilitására vonatkozóan. A kísérleti tapasztalatok alapján elmondható, hogy a $d(001)=14,2$ Å bázislap távolsághoz tartozó komplexet nagyon nehéz csere-interkalációs folyamatba vinni, míg ez könnyebben végbemegy a termikusan kezelt komplexszel. A molekulamechanikai számítások is azt igazolták, hogy a termikusan kezelt (*azaz dehidratált*) komplexnek kisebb a stabilitása, vagyis a víznek komplex stabilizáló szerepe van.



A 31. oldalon a 14. ábra szegényes grafikai eszközökkel mutatja be az acetát-ion rétegek közötti térben való, legvalószínűbb elhelyezkedését. Bírálóm kérdésére a C szerkezetre vonatkozóan a 70. oldalon lévő 42. ábra 3-as jelzésű szerkezete ad választ. Jól látható, hogy az C-C(O1/O2) atomok nagyjából párhuzamosak az ab síkkal. Mivel azonban a reagens molekulák is kölcsönhatásban vannak egymással, minden bizonnyal nem minden acetát-ion helyezkedik el párhuzamosan a TO síkkal. **Így az 1.2. tézispontban való megfogalmazás az acetát-ionok az síkkal szögét bezáró orientációját illetően helyénvaló.**

(K2) A kétféle rendezettségű kaolin különböző reagensekkel képzett komplexek előállítására vonatkozó kérdés

Kísérleti tapasztalatok szerint általában a rendezetlen, kevésbé kristályosodott kaolinok nehezebben interkalálhatók. Az interkaláció folyamata alapvetően háromféleképpen valósítható meg:

- (a) szilárd fázisban vízgőz jelenlétében, a komponensek összekeverésével és pihentetésével,
- (b) oldat fázisban és
- (c) mechanokémiai aktiválással. Általában a nehezen interkalálható kaolinok mechanokémiai aktiválással (száraz őrlés) közel 100%-os hatásfokkal reakcióba vihetők.

A rendezett királyhegyi kaolin (HI=1,39) például 7-8 M-os kálium-acetát oldatban 95%-os hatásfokkal, míg a rendezetlen szegi kaolin (HI=0,4) esetében mechanokémiai aktiválással kb 1 óra alatt 80%-os interkaláció érhető el, ez azonban a szerkezet részleges amorfizációjával jár.

A hidrazinnal való munkavégzés különösen körültekintő munkabiztonsági körülmények betartását igényli. Erősen rákkeltő hatása miatt a hidrazinnal még kísérleti célokból való használatát is több országban jelentősen korlátozzák. Mivel a rosszabbul interkalálható rendezetlen szegi kaolin esetében is sikerült 100%-os interkalációt elérni, nem volt értelme a rendezett, jobban interkalálható királyhegyi kaolinnal kísérletezni egyrészt azért, mert lényegesen több információval nem szolgált volna, másrészt a királyhegyi kaolin magas kvarctartalma a kiértékelést bizonyos spektrális tartományokban nehezíti.

A DMSO közel 100%-os hatásfokkal interkalálható, függetlenül a kaolinit rendezettségétől. Mivel a komplexben elsősorban polarizációs kölcsönhatásokkal rendkívül változatos szerkezetek alakulnak ki, az eltérő rendezettségű kaolinokkal képzett komplexek vizsgálatára is szükség volt.

(K3) Kérdés a négyféleképpen kötött hidrazin jelenlétére vonatkozóan

A 21. ábrán bemutatott CRTA görbék alapján valóban négyféleképpen kötött hidrazin van jelen, amelyek közül 51°C-ig a lazán kötött, illetve a külső felületen adszorbeált hidrazin távozik el. Figyelembe véve a TG-MS vizsgálatok eredményét (100 °C-ig víz és hidrazin, 110-150 °C között vízmentes hidrazin van jelen), valamint a rétegeközi térben a hidrazin-hidrát molekulavegyület jelenlétét, az expandált szerkezet részleges kontrakciója vízvesztés miatt megy végbe ($d(001)=9,6\text{Å}$), amely reverzibilis reakcióban (vízgőz jelenlétében) visszaexpandálható az eredeti 10,3 Å-ös d -értékre. A vízvesztést követően a különböző erősséggel kötött hidrazin szerkezetek a hőközlés hatására egymásból alakulhatnak ki.

Figyelemre méltó, hogy a CRTA módszer sokkal érzékenyebb a különböző erősséggel kötődő reagens molekulák kimutatására, mint az FT-IR vagy a Raman spektroszkópia.

(M3) Megjegyzés a 3.1. és a 3.2. tézispontok összevonását illetően

Bírálóm javaslatával egyetérték. A 3.1. és a 3.2. tézispontok összevonása és átfogalmazása után a 3.1. tézispontot az alábbiak szerint módosítom:

3.1. Mechanokémiai kezelés (száraz őrlés) hatására a kaolinit részleges dehidroxilációja megy végbe. A dehidroxilációs víz az energetikailag rendkívül heterogén felületen adszorbeálódik és termikus deszorpciója 400 °C-ig, a dehidroxiláció kezdetéig nem fejeződik be. A dehidroxiláció hőmérsékletének csökkenése, illetve a dehidratációs hőmérséklet növekedése az őrlési idővel arányosan változik. Az őrlés során kialakult aktív felület az interkalációs reagenst is megköti és megnehezíti a komplex szerkezetének vizsgálatát. CRTA módszert dolgoztam ki un. „tisztá” (adszorbeált reagenst nem tartalmazó) kaolinit-formamid komplex előállítására. Megállapítottam, hogy a mechanokémiai úton aktivált, formamiddal interkalált, majd termikusan deinterkalált kaolinit felületén un. „szuperaktív” centrumok alakulnak ki. Az aktív felülethez kötődő formamid a rétegeközi térben *in situ* CO-ra és ammóniára bomlik. Ezeket a bomlástermékeket a szuperaktív felületi centrumok sav-bázis tulajdonságaiktól függően különböző mértékben adszorbeálják. A CO-ból *in situ* CO₂ is képződik.

(K4) Kérdés a 29. ábrára vonatkozóan

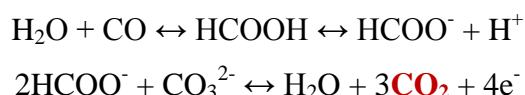
A 29. ábrán bemutatott TG-MS felvételek tanúsága szerint a külső felületen adszorbeált formamid és az interkalált formamid DTG görbéi erős átfedést és kismértékű sávszélesedést mutatnak az őrlési idő növekedésével.

Ennek oka az, hogy az őrlési idő előrehaladtával az amorfizáció növekszik, a szemcsék aprózódásával a külső és a belső felület adszorpcióis tulajdonságai közelítenek egymáshoz. Vagyis a külső felületen az őrlés következtében képződött aktív helyek egy része a belső felülethez hasonló erősséggel kötik meg a reagenst, így a bomlászörbék is erős átfedést mutatnak.

(K5) Kérdés a formamid bomlásából származó CO CO₂-vé való átalakulására vonatkozóan

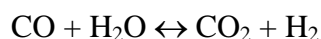
A formamid bomlástermékei ammónia és szén-monoxid. A szén-dioxid szén-monoxidból való képződésére vonatkozóan rendkívül kevés adat áll rendelkezésre az irodalomban, a klasszikus ipari szén-monoxid konverziót kivéve.

Eminoglu és munkatársai szerint (*Thin Solid Films* 391 (2001) 17) szén-monoxidból hangyasav köztiterméken keresztül szén-dioxid képződhet, cus-kationok (*coordinatively unsaturated*) kationok jelenlétében az alábbi egyenlet szerint:



A szegi kaolinban jelentős mennyiségű fém-szennyezés is van. Ezek közül a legjelentősebb a vas-oxid (Fe₂O₃), de 0,01 m/m% alatti mennyiségben található benne pl. réz, króm és mangán vegyületek is. Elvileg ezek a fémek felvehetik az elektront.

A szén-monoxid konverzió elvi lehetőségét a katalitikus tulajdonsággal rendelkező szennyezők is biztosíthatják, különös tekintettel a vas-, króm-, réz- és cink-oxidokra. A klasszikus kémiai technológiából ismert szén-monoxid konverzió 380-480 °C-on vas-oxid és króm-oxid („vaskróm”) katalizátoron, míg 220-280 °C-on Cu,Zn/Al₂O₃ katalizátor mellett a CO₂ képződés irányába tolódik:



A reakció végbemegy akkor, ha adott hőmérsékleten az egyensúlyi állandó K>1. A rendelkezésemre álló termodinamikai adatokból számolva 425 °C-on K=9,65 értéknek adódott, míg 25 °C-on közel egy. Ebből következően a kérdéses hőmérséklet tartományban a reakció elvileg végbemegy.

(Ugyancsak a klasszikus kémiai technológiából ismert $3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ reakció az igen magas hőmérséklet igény miatt (400-1000 °C) véleményem szerint kicsi valószínűséggel megy végbe.)

Bár a Bírálóm érdekes felvetésére adott választ elvileg tesztelni lehetne a lényegesen kevesebb fém-oxid szennyezőt tartalmazó királyhegyi kaolin-formamid interkalációs komplexszel, de a rendkívül magas kvarctartalom miatt a mechanokémiai aktiválás során nagyon hamar elérjük a röntgen amorf állapotot (*a kvarcsemcsék mikrométer átmérőjű őrlógolyóként viselkednek*).

(M4) Megjegyzés a karbamid kapcsolódására vonatkozó fogalmazásmódra (52. oldal és 34. ábra)

Az 52. oldalon „A karbamid rétegekőzti térbe történő beépülésének javasolt mechanizmusa szerint a karbamid mindkét NH₂-csoportja részt vesz egy hidrogénhid-típusú szerkezet kialakításában. A C=O csoport az oktaéderes réteghez kapcsolódik” megfogalmazás helyett valóban a 4.2. tézispontban szereplő „részét vehet” a helytállóbb annál is inkább, mert a rétegekőzti térben nemcsak egyféle szerkezet van jelen.

(K6) Kérdés az izotóp effektusra vonatkozóan

A hidrogén-hidas kölcsönhatások spektrális zavaró hatásai a rezgési spektroszkópiában deutérium-helyettesítéssel csökkenthetők. Bírálóm kérdése azonban minden bizonnyal arra a nem várt jelenségre vonatkozik, hogy a d₆-DMSO nem interkalálódik 100%-os határfokkal, szemben a DMSO reagenssel. Egyértelmű, meggyőző magyarázatot nem tudok adni és az egyelőre az irodalomban sincs. Tapasztalatból azonban tudjuk, hogy az interkaláció határfokát nagyon sok paraméter (*pl. a reagens és a nyersanyag tulajdonságai*), köztük a víztartalom (*illetve eddig nem ismert paraméterek*) is befolyásolja. Feltételezem, hogy a kérdéses esetben elsősorban az optimális víztartalommal, illetve a víz és a d₆-DMSO közötti kölcsönhatások erősségével lehet összefüggésben az interkaláció határfoka.

(M5) Megjegyzés a számításos kémia jelenlegi teljesítményére vonatkozóan

Bírálóm véleményével messzemenően egyetértek, a számításos kémia mára valóban nagykorúvá vált. Ugyanakkor ezek a módszerek csak annyira képesek a valóságot leírni, amennyire a mérési eredményekre támaszkodó peremfeltételek és a modellek azt lehetővé teszik. Mivel a 3.1.7. fejezet két nagyon erős korlátozást tartalmaz (*az atomszám korlátozása, valamint a reagens molekulák közötti kölcsönhatások figyelmen kívül hagyása*), az eredményeket csak akkor lehet elfogadni, ha azok kísérletes oldalról is alátámaszthatók.

(K7) Kérdés a kaolinit-karbamid prekursor használatának előnyére/hátrányára, valamint a Raman mikrospektroszkópiai és a TA vizsgálatok szükségességére vonatkozóan

A csere-interkalációs és a delaminációs folyamatokat az irodalom (*C. Detelier, S. Lataief kanadai, valamint G. Lagaly és J. Gardolinski német kutatók által vezetett csoportok munkássága alapján*) többnyire dimetil-szulfoxid (DMSO)-kaolinit prekursorra építi. Jelenleg csupán random próbálkozások vannak az egyes lépések sorrendiségére és az alkalmazott reagensre vonatkozóan. Az irodalmi adatok alapján úgy tűnik, hogy a delaminációs folyamatok sikerét az alkalmazott reagens típusa és alkalmazásuk sorrendje mellett a nyersanyag tulajdonságai (*illetve eddig ismeretlen paraméterek*) is befolyásolják. Érdekes megjegyezni, hogy a Kárpát-medence bővelkedik könnyen delaminálható kaolin ásványokban

A DMSO azért érdemel figyelmet, mert a hidrazin és a formamid mellett az egyik legkönnyebben interkalálható reagens. A karbamid használatát viszont ára és környezetbarát jellege indokolja. A 3.1.8. fejezetben leírt eljárás az első próbálkozásom volt a kaolinit táblás szerkezetének teljes delaminációjára és a halloysit-szerű nanostruktúra előállítására vonatkozóan. Az eljárás kritikus lépése a tetraalkilammónium-kation szintézise metil-jodid segítségével. Figyelembe véve az EU környezetvédelmi szigorításait, minden bizonnyal az alkil-halogenidek ipari használatát további szigorításoknak vetik alá, így ez a lépés kiküszöbölendő. Az elmúlt egy évben kálium-acetát-kaolinit prekursorból kiindulva sikerült 3 lépésben delaminálni 4 különböző rendezettségű kaolinitet. Itt viszont a rendkívül egészségkárosító hexil-amin használatának kiküszöbölése a feladat.

A kaolinit/halloysit-szerű nanostruktúrák előállításának az a jelentősége, hogy nagy diszperzitás-fokkal bekeverhetők polimerekbe, továbbá viszonylag könnyen kapcsolhatók a polimer mátrixhoz. A delaminációs folyamat utolsó lépését ezért célszerű úgy megtervezni, hogy a használt reagens egyúttal hídvegyület (*kompatibilizátor*) is legyen a töltőanyag és a polimer mátrix között (*pl. hosszú szénláncú alifás aminok*). Vagyis a határfelületi tulajdonságok ismerete a kompozit tulajdonságainak tervezését is segíti. A határfelületek vizsgálata rezgési spektroszkópiai (*beleértve az un. mapping technikákat is*) és termoanalitikai vizsgálatok mellett a számításos kémiai módszerek használatát is igényli a töltőanyag és a mátrix közötti kölcsönhatások felderítése érdekében.

(K8) Kérdés az 50-51. ábrákon látható tömegnövekedésre vonatkozóan

Az 50-51. ábrákon 500 °C felett észlelhető tömegnövekedés a hordozó titán-lemez kis mértékű oxidációjának tulajdonítható. Ez a gyakorlatban használt anódok preparálása során nem okoz problémát, mert a nemesfém-oxid és a TiO₂ is rutil-szerkezetű, s a határreteg interdiffúziója következtében olyan szilárd oldat alakul ki, amely a d-orbitálok átfedése révén elektromosan vezető. Bírálóm feltételezése egyébként a nemesfém oxidációs számának átmeneti csökkenésére teljesen jogos. Elsőként olasz-magyar kutatócsoport (G. Lodi, A. De Battisti, A. Benedetti, G. Fagherazzi and J. Kristóf: *J. Electroanal. Chem.*, 256, (1988) 441-445) szimultán termoanalitikai és röntgendiffrakciós vizsgálatok alapján publikálta azt a meglepő tényt, hogy az IrO₂ tartalmú rendszerekben a prekursor só (IrCl₃·3H₂O) oxigén atmoszférában való hevítése során vízgőz jelenlétében diszproporciós reakcióban fém irídium keletkezik, amely magasabb hőmérsékleten IrO₂-á alakul. Ezzel az elektrokémikusok körében egy több évtizede értelmezhetetlen anomáliára adtak magyarázatot: a hőmérséklet növekedésével a rutil kristályossági foka nő, ezért a bevonat elektromos vezetése is növekednie kellene; a vezetés relatív csökkenése az irídium fém vissza-oxidációja miatt következik be.

(K9) Kérdés a „filmképződés maximális hőmérsékletének” értelmezésére vonatkozóan

Bírálóm kérdése a 9.1. tézispontra vonatkozik, amelyben sajnálatos módon elírás történt:

Eredeti megfogalmazásban:

9.1. „TG-MS vizsgálatokkal megállapítottam, hogy a vegyes-oxid bevonat kialakulása RuCl₃·3H₂O és TaCl₅ prekursor sók keverékéből 200 – 400 °C hőmérséklet tartományban egy lépésben megy végbe Cl₂ és CO₂ felszabadulása mellett. A filmképződés maximális hőmérséklete és a bevonat Ta-tartalma között inverz korreláció áll fenn.

Javítva: ” Az utolsó mondat helyesen: „A filmképződés maximális hőmérséklete és a bevonat Ru-tartalma között inverz korreláció áll fenn” az alábbiak miatt:

Az egy „lépésben” való reakció egy tömegcsökkenési folyamatot (azaz TG-lépcsőt) jelent, mely a Bírálóm által említett komplex kémiai folyamatok hőmérséklet-tartományának szoros átlapolása miatt alakult ki. A „filmképződés maximális hőmérséklete” alatt a TG-görbe érintővel kiszerezett azon hőmérsékletét értem, amelyen a filmképződés befejeződik (a TG-görbe vízszintes). Ezek a hőmérséklet-értékek a 70, 50 és 30% Ru, vagyis 30, 50 és 70% Ta tartalmú bevonatok esetében rendre 375, 390 és 405 °C-on található, az inverz korreláció (a Ru tartalom csökkenésének figyelembe vételével) erre utalt.

(K10) Kérdés az –Sn(OH)₂-O-Sn(OH)₂– polimer láncok esetleges térhálósodására vonatkozóan

Az 56. ábrán bemutatott emissziós infravörös spektrumok szerint az ön-oxi-hidroxid (–Sn(OH)₂-O-Sn(OH)₂–) láncok fokozatosan dehidroxilálódnak („térehálósodnak”), amelynek eredményeként SnO₂ képletű oxid keletkezik. Az ön sztereokémiája megengedi a MO₂ típusú kovalens óriásmolekulák kialakulását is (Bodor, *Szervetlen Kémia, Budapest, 1971. 401. oldal*). Ha a rendszer jól kristályosodik, akkor elvileg 6-os koordinációjú kassziterit képződik.

(M6) Megjegyzés a SIMS mélységprofil vizsgálatok során tanulmányozott rétegvastagságra vonatkozóan

A dinamikus SIMS módszer esetében rendkívül nehéz az ionsugár behatolásának mélységét az ionporlasztás idejével korreláltatni, még viszonylag homogén filmbevonat esetén is. A porlasztó ionsugár (Ar⁺ vagy O₂⁺) haladásának sebessége függ annak energiájától (2-10 keV), átmérőjétől (10-50 μm), a bevonat anyagi minőségétől, kristályosságától, kompaktaságától, stb.

A hordozó titán-lemez elérésének ideje sem definiálható megfelelően, mert a részlegesen oxidált felületen kialakuló TiO_2 a bevonatba diffundál, s a határfelület „elmosódik”. Jelen esetben a kutatómunka célja a bevonatban lévő inhomogenitások, szegregációk vizsgálata volt, amely eleve azt jelenti, hogy az ionsugár a bevonatban nem egyenletes „sebességgel” halad. Sztereó-mikroszkóppal történő durva becslés alapján az ionnyaláb haladási sebességét 50-100 nm/perc értékre becsültük.

Megjegyzések a 8. fejezetre vonatkozóan

(a) Bírálóm megjegyzését elfogadom, a 114. oldalon a Bragg egyenletben szereplő $\lambda=1,54056 \text{ \AA}$ érték valóban a CuK_α vonalára vonatkozik, amit célszerű lett volna külön feltüntetni.

(b) A Miller indexek jelölése tekintetében Nemezc Ernő Kristálytan c. egyetemi jegyzetét vettem alapul. A negatív jel megadása (h \bar{k} l) formulával történik, de a normális jellegből adódóan (hkl)=-1*(hkl) formában is írható.

(c) A polimorfizmus, politipizmus címszó alatt valóban az agyagásványok polimorfizmusáról, politípiájáról van szó.

Megjegyzések a szerkesztésre vonatkozóan

(a) Sajnálom a tartalomjegyzékben lévő elszámozást.

| | |
|--|------|
| 4. Összefoglalás | 99 |
| 4.1. Agyagásvány felületek reaktivitás-vizsgálatai | 99 |
| 4.2. Katalitikus tulajdonsággal rendelkező vegyesoxid típusú bevonat rendszerek képződési mechanizmusának vizsgálatai TA-DRIFT/IRES módszerekkel | 102 |
| 5. Tézisek | 104 |
| 6. A tézisek alapjául szolgáló közlemények listája | 107 |
| 7. Irodalomjegyzék | 110 |
| 8. Fogalmak és magyarázatok | 114 |
| Köszönetnyilvánítás | 118. |

(b) A 30. és a 70. oldalakon szereplő ábrák x tengelyeinek beosztása eltérő léptékű, az összehasonlítás érdekében valóban célszerűbb lett volna azonos léptékű tengelyek használata.

(c) A 14. ábra A jelű szerkezetében a H_2O jelölés helyett sajnos O_2H jelölés került, hibásan.

(d) Igyekeztem az ásványnevek írásmódját egységesíteni, ennek ellenére maradtak következetlen megnevezések.

(e) A 3.1.8. fejezetben szerettem volna megmutatni, hogy a rendezetlen szegi kaolinból csere-interkalációval és a rétegek közti térben lejátszódó reakcióval és delaminációval halloysit-szerű nanostruktúra preparálható, így a disszertációban bemutatott eredmények a gyakorlatban is felhasználhatók. Mivel a preparáció S. Lataief és C. Detelier munkáján alapult (*Langmuir*, 25(18) 2009, 10975-10979), tudatosan a fejezetben adtam meg a forrást annál is inkább, mert a 7. táblázatban a reakcióút leírására használt sematikus ábra is nagyon hasonlít a forrásban található folyamatábrához.

(f) Az irodalomjegyzékben szereplő hivatkozások címmel és cím nélkül való megadása valóban szerencsétlen, bár a forrás elérhetőségét a megadott adatok lehetővé teszik.

(g) Az „XRD diffrakciós felvételek” megfogalmazás valóban redundáns (118. oldal).

Végezetül bocsánatot kell kérnem a disszertáció alapját képező publikációk számozásában lévő hiba miatt. Bírálóm véleményének összefoglalásában említett 65 db publikáció valójában 45 db. Természetesen, távol áll tőlem, hogy ilyen módon kívántam volna szépíteni a tudományometriai paramétereiket.

Még egyszer megköszönöm Bírálóm rendkívül alapos és minden részletre kiterjedő bírálatát, lényegre törő, gondolkodtató kérdéseit. Köszönöm, hogy a disszertációban maradt pontatlanságok, formai hibák mellett értékeli és elismeri munkám tudományos értékeit.

Bízom abban, hogy Bírálóm kérdéseire megnyugtató és meggyőző válaszokat adtam és ennek alapján munkámat támogatásra érdemesnek találja.

Veszprém, 2011. augusztus 15.

Horváth Erzsébet PhD.
egyetemi docens