

Klaszterjelenségek átmenetifém alapú, nem egyensúlyi ötvözetek
tulajdonságaiban és átalakulásaiban
c. akadémiai doktori értekezéséről

Az értekezés 119 oldal terjedelmű, amely a szokásos módon tagolódik. Bevezetésből (3 oldal), irodalmi áttekintésből (41 oldal), a kísérleti eredményekből az értelmezésükből (55 oldal) és a tézisekből áll (2 oldal). Ezeket a tézisekben felhasznált közlemények listája és az irodalomjegyzék követi.

Általános megjegyzések:

A dolgozat hatalmas anyagot vonultat fel, rengeteg mérést és gondolatot társít eredményeinek megjelenítésére. Ez mindenképpen az MTA doktora címnek megfelelő tudományos hozzájárulás a tématerülethez. Emellett sajnos a dolgozat több hiányosságtól is szenved.

A dolgozat egyik általános hiányossága a nem mindig világos fogalmazás (pl. 5. oldal második fele). A dolgozat több helyen tárgyal azonos dolgot, egymástól független mozaikrészek összességének tűnik, amelyekben néha még az azonos mennyiségek jelölése is változik. A szövegben betűkkel jelölt fizikai mennyiségek használata nehezíti a megértést. Túl sok a betűjelzés, jelentésük nem követhető könnyen, helyenként definíciójuk is hiányzik.

Nagyon sok a saját cikkekre való hivatkozás a dolgozatban. Jó lett volna a hivatkozásokat úgy jelölni, hogy látni lehessen mi az, ami a tézisek alapjául szolgál és mi az, ami nincs erre felhasználva.

A dolgozatban szinte nem látni önálló ábrát, az ábrák valahonnan átmásolva, változtatás nélkül jelennek meg ennek minden hibájával (a tengelyek elnevezése rosszul olvasható, a mérőszámok mérete kicsi, a mértékegységek esetlegesek).

A dolgozatban nem konzekvens az ábrák számozása, két helyen is újraindul egy alacsonyabb, már korábban elért ábraszámtól. Ugyanez igaz a fejezetek számozására, ha nem is ilyen mértékben. A dolgozat tördelése üres fél-oldalakat eredményezett, ezt ezen a szinten már nem lett volna szabad megengedni. A sok gépelési hiba elkerülhető lett volna a szövegszerkesztő megfelelő használatával.

Sok hivatkozás nem teljes, de pl. kettő [1 és 24] a tézisek alapjául szolgáló hivatkozások közül sem.

Egyes konkrét megjegyzések:

A Bevezetőben:

A dolgozat témája „lágymágneses nem egyensúlyi ötvözetek és ezeknek H-nel való kölcsönhatása”. Kísérleti jelenségek megfigyelése, leírása és ezek egységes értelmezése. A dolgozat nagy hangsúlyt fektet, az ún. „klaszterjelenségek”-re, amelyet itt nem definiál kielégítően, és a hivatkozott irodalom is elég késői ([16], 1994), ennél a jelenség azért korábban ismert kellett, hogy legyen, hiszen az amorf szerkezetek inhomogenitásáról (szerkezeti és összetétel), már a hetvenes években létezett irodalom.

Az Irodalmi összefoglalóban:

Áttekinti a klaszteres szerkezet, szerkezeti relaxációk, az amorf-nanokristályos átalakulás valamint a hidrogénnel való kölcsönhatás kérdéseit.

A 2a és 2b. ábrán egyes tulajdonságok méretfüggésére mutat példát. Az irodalomból idézett ábrák hivatkozása mindkét esetben pontatlan ([17 és 21] hivatkozások). A 2a ábrán a változás

Ø2 nm–nél kisebb klaszterekre vonatkozik, emellett az x tengelyen a számok rosszul olvashatók, míg a 2b ábrán 10-20 nm-es porról van szó, ami azért némileg más, mint egy klaszteres fémüveg. Egyik ábra sem igazán mutatja a fémüvegekben várható eseményeket, inkább csak a nm tartomány mérethasáira jellemző.

A 9. oldalon (2. sor) említett összetételbeli metastabilitás mértékére megadott irodalmi érték (5-10 kJ/mol) nincs összhangban az 1. Táblázatban megadott (1-10 J/mol) adatokkal.

A 12. oldalon két típusát ismerteti a viszkózus anyagoknak. Miért mind a kettőre jó példa a szilikát-üveg? A 7. ábrából nem deríthető ki, hogy melyik példa melyik típusra vonatkozik. Jobb lett volna ezeket ismertetni a viszkózus-típusok tárgyalásánál. A tengelyeken feltüntetett mennyiségek jelentése sem világos. Az ábrából nem vonható le következtetés a „Fragility parameter”-re, ezeket a szövegben meg kellett volna tenni.

A 15. oldal 8 sorában és utána a szöveg szerint a viszkózus nő a hőmérséklettel, ellentétben a korábbi diszkussziókkal (pl. 6. ábra), ahol a viszkózus a (túl)hűtéssel nőtt.

A relaxációs folyamatok bevezetésénél (23. old) az „ergodicitás” fogalmának használata nekem úgy tűnik nem hoz közelebb a lejátszódó folyamatok megértéséhez. (Egy nem egyensúlyi rendszer relaxációja mindig a szabad entalpia csökkenésének irányába mutat, attól függően, hogy a kinetikai folyamatok milyen változásokat tesznek lehetővé, és a szabad entalpia hogyan függ pl. a hőmérséklettől vagy koncentrációtól. Ennek eredménye kristályos anyagokban lehet a magképződés vagy spinodális szétválás, mint a fázisátalakulás vagy szétválás mechanizmusa. Az amorf ötvözetekben a helyzet lehet bonyolultabb, de a folyamatoknak a hajtóerők (szabad entalpia) által megszabott irányba kell mozogniuk.) Ha az ergodicitás egy átmeneti állapot ezen az úton, akkor lehet ezt a fogalmat használni, de mivel az állapotot nem tudjuk szerkezethez rendelni, talán egyszerűbb kihagyni a tárgyalásból.

A FINEMET típusú ötvözetekben (35. oldal alja) leírt szerkezeti és összetételbeli átrendeződések II. lépésében az addig fontosnak tűnő Cu kilép a folyamatból. Így az egész folyamatra vonatkozó lépéssor nem érthető. A (Fe,Ni)₂B kristályosodása lehet a rendszerben lejátszódó folyamatok legfontosabbika, de az sem lehet mellékes mi lesz a többi komponenssel. Az általános összetételre vonatkozó információ is hiányzik.

A 29. és 30. ábrákon amorf ötvözetek kristályosodása során kialakuló szemcseméretet mutatja a kristályosodási hőmérséklet függvényében. Az összetételek egyetlen ötvözet esetében sincsenek megadva. Kizárt, hogy a kialakuló szemcseméret ne legyen összetételfüggő ugyanazon rendszeren belül is.

A kristályosodási folyamatokban szerepet játszhat az ún. fém-indukálta kristályosodás, ami akkor léphet fel, ha egy ötvözetből fém, pl. Cu szemcsék tudnak kristályosodni, és ezek azonnal indukálják más kristályos fázisok keletkezését is. A 31. ábra hasonló jelenséget mutat. Elképzelhető a Cu ilyen szerepe a folyamatban?

A Kísérleti eredmények és értelmezésük részben

Miért ezeket az anyagrendszereket választotta, mi indokolta éppen ezek választását a klaszterjelenségek vizsgálatára? Van-e olyan ötvözet(csoport) amelyben a klaszter-jelenségek nem figyelhetők meg?

Az 50. oldal tetején a hőkezelésekről írt fejezet nem közöl érdemi információt arról, hogy milyen hőkezeléseket végeztek (hőmérséklet, felfűtés, lehűtés, időtartam, atmoszféra hiányoznak) a munka során.

A 7.3 §-ban a szerkezeti és mágneses tulajdonságokban megjelenő klaszterjelenségeket tárgyalja a szerző. Ezzel kapcsolatban megjegyzem, hogy a Fe-B egyensúlyi fázisdiagramban Fe₃B fázis nincsen, kísérleti bizonyítékot ennek létre nem hoz a szerző, mégis az egyensúlyi Fe₂B fázissal azonosan tárgyalja. A Fe₃B fázis persze létezhet és szerepe is lehet az

átalakulási folyamatokban, de erre ki kellett volna térni. Ugyancsak pontatlan eutektikus összetételről beszélni a Fe-B rendszerben, mikor két ilyen összetétel is van a diagramban. Némi figyelemmel persze kiderül, hogy melyikről van szó, de ezek a bizonytalanságot szülő megfogalmazások tipikusak az ilyen anyagrendszerek (tolvaj) nyelvét nem közlelő ismerők számára. Gondom van az ábrákkal is ebben a fejezetben, ahol a hőmérséklet az összevetendő ábrák egyikében K a másikban °C egységekben van (44 a és b ábrák, 45 és 46 ábra). Ráadásul a 44b ábrában az összefüggést ábrázoló egyenes mentén feltüntetett számok jelentését nekem nem sikerült megfejtenem. Kérdésem ezzel a fejezettel kapcsolatban: mi bizonyítja a klaszter szinten történő „fcc-bcc” közeli rend átalakulást az amorf rendszerekben a hőmérséklet változásával, mi az átalakulás mechanizmusa, honnan tudni, hogy mekkorák a klaszterek? Van-e közvetlen bizonyíték ilyen átalakulásra? Azt is nehéz megállapítani, hogy a klaszterjelenségekkel magyarázza a mágneses tulajdonságokat vagy a mágneses tulajdonságok viselkedéséből következtet a klaszteres szerkezetre. Kérem, ebben a kérdésben fejtse ki pontos álláspontját.

A 7.4 §-ban a minták amorf (nem kristályos) jellegét röntgenvizsgálattal igazolja. Mekkora kristálmérettől látná a röntgendiffrakciós mérés a szerkezetet nem röntgen-amorf-nak?

A 48a és b ábrán a minták Cr tartalma 0,8, 10 és 1,6 feltehetően at%, minden bizonnyal hibás, nem 10 hanem 1 %. Az 50. ábrában az a) és b) ábra fel vannak cserélve az ábrafelirathoz képest..

A 4. táblázatban a különböző amorf ötvözetekben hőkezelésre megjelenő kristályos fázisokat ígéri. A táblázat sok amorf fázist tartalmaz, ezek megmaradását vagy megjelenését a dolgozat nem tárgyalja. Ez a táblázat egy tipikus példája a dolgozatban felsorolt olyan méréseknek, amelyeknek eredményeit a dolgozat igazán nem hasznosítja.

Ugyancsak ilyen téma az 55. oldalon tárgyalni kezdett „rejtett szerkezetváltozás”, amit ha jól értettem azért kell feltételeznünk, mert a tulajdonságokban változás következett be. Ez rendben van, a tulajdonságok változása mögött szerkezetváltozás van, de miért kell ezt rejtettnek nevezni. Vagy tudjuk, hogy mi változott meg (pl az összetétel biztosan), és tudunk ehhez atomi szerkezetet, geometriát rendelni vagy nem. Az ilyen típusú elnevezések nem visznek közelebb a megértéshez, feleslegesek.

Az alapfém helyettesítése Cr-mal és Ni-lel néhány soros fejezetek (58. oldal) sem hoznak érdemben értékelhető eredményeket a klaszterszerkezetet illetően.

7.6§-ban: az 59. oldalon nem tudni, hogy a dőlt betűs rész mit jelent: fejezetcímet vagy összefoglalást. Mindenesetre az utána következő részben ismét összekeveredve jelennek meg a szerkezeti és tulajdonságbeli fogalmak és jelenségek, de egyik sem világos megfogalmazásban. Szét kellett volna választani a szerkezeti jelenségeket és először ezeket megérteni akkor is, ha ezek hipotézisek, és utána megpróbálni megkeresni a korrelációt vagy ok-okozati kapcsolatot a tulajdonságokkal - vagy fordítva..

Az 59. oldalon az ábraszámozás 51. ábra után ismét 46. ábrával folytatódik, és eszerint megy is tovább, kellő zavart okozva a későbbi visszahivatkozásokban.

A 60-61-ik oldalakon elmondottakkal kapcsolatban: hogyan detektálták a klaszteresedést, és hogyan azonosították a Cu és Nb hatását? Mi a különbség a klaszteresedés és egy hagyományos fázisszétválás között ebben az értelemben? A Cu magképződést katalizáló hatására tett eszmefuttatást nem érzem következetesen végiggondoltnak. Először erről, mint általános hatásról van szó, aztán a bcc típusú fázis magképződésére kapunk némi magyarázatot, de ebből is hiányzik annak megmutatása, hogy hova lesz az fcc típusú rendből kilépő Cu. A kérdés az, hogy a Cu kristályokat képez vagy egy spinodális típusú átrendeződésben vesz részt? Egyáltalán, mi hajtja a Cu diffúzióját az inhomogenitás irányában? Maga az a tény, hogy a Cu diffúziója gyorsabb, mint a Fe öndiffúziója, csak lehetőség, kell valami hajtóerő is, amiről nincsen szó a fejezetben.

A második 7.6§-ban ami valójában 7.7§ (62. oldal) a cím a nukleáció mechanizmusát ígéri, ehelyett a mágneses tulajdonságok változását próbálja interpretálni irodalmi adatok alapján (nem válik ki, mi a saját ebben). Az érvelés egyik indokául bemutatott 49. ábra (a 69. oldalon, mert valahol van egy másik is) azonban nem tartalmazza az ehhez szükséges hőkezelési adatokra vonatkozó információt. Érthető, hogy a mágneses tulajdonságok értelmezéséhez γ centrumokat illetve azok kihőkezelését tételezi fel a szerző és az irodalom, de erre semmilyen közvetlen bizonyítékot nem szolgáltat. A közeli rend változásának kimutatására alkalmas módszer pl. a röntgendiffrakció lehetett volna.

Ugyancsak a 62. oldalon: nincs értelme „nanokristályos csírákról” beszélni, a magképződés mindig a nm tartományban zajlott, nemcsak mióta a „nano” divatos lett. Az a megállapítás, hogy a „csírák nem csupán Cu-ból állnak” [146,147] fontos lehet a kristályosodás mechanizmusa szempontjából. Egyrészt mihelyt vannak valamilyen kristályok, azonnal heterogén magképződés kezdődhet, ami sokkal könnyebben megy mint a homogén magképződés. Másrészt a kiváló Cu (fém) jelenléte destabilizálhatja a környezetében lévő maradék amorf fázist és elősegítheti annak kristályosodását. Ezeket a lehetőségeket a dolgozat nem tárgyalja. Ehelyett a ferromágneses csatolásról elmélkedik a következő mondatban. A szerkezeti és mágneses hatásokat-jelenségeket külön kellett volna összegezni, és utána együtt értékelni. Sok felesleges ismétlést meg lehetett volna takarítani.

Többször használ úgy fogalmakat, hogy azok tartalmától eltekint. Pl. a 64. oldal alján van egy mondat, amely szerint a „nanoszemcsék kifejlődése még nem történhet meg, csak a kristályos csírák keletkezése és növekedése indul el, a nanokristályos állapotra jellemző koncentráció eloszlások még inkább az amorf állapotra jellemzőek”. Ezután következik egy mondat a mágneses tulajdonságok változásáról, majd ennek magyarázataként „nyilvánvaló”, hogy az amorf szerkezet „összeomlott”. *Ezt nem lehet értelmezni.* A következő oldalon dőlt betűvel szedett „ γ centrumok kihőkezelése” mint magyarázat lehet, hogy jó, de a hozzá fűzött eszmefuttatás és a szerkezeti mérések hiánya miatt inkább csak hipotézis lehet.

A 8§. Dőltbetűs indításában az amorfban lejátszódó klaszterjelenségek tárgyalását ígéri. Az egész előző fejezetben már azt boncolgattuk, hogy a mágneses változásokban az amorf ötvözetek kristályosodás nélküli átalakulása játszik szerepet. Ezt is egységesen kellett volna tárgyalni!

Mi lehet az a szerkezetváltozás, amit direkt diffrakciós módszerrel nem lehet nyomon követni? (68. oldal, aláhúzott mondat).

A 77 oldalon a T_c mérésre magadott hiba (65b. ábra) szerint a 67. ábra betoldott ábráján feltüntetett T_c különbségek messze a hibahatáron belül vannak. A 88. oldalon, a 78-79 ábrákon a T_c változás nagyon kicsi. Elhihető ez? Nem lehet mérési hiba?

A 8.5 pontban tárgyalt fcc/bcc arány kialakulásának mechanizmusa nem egészen világos. $T_g \sim 500^\circ\text{C}$ (58. ábra). Ha (gyorsan) ez alá a hőmérséklet alá hűtjük az olvadékot kb. 1600°C -ról, akkor a befagyott amorf szerkezetben lehetnek bcc és fcc közel-rendű tartományok. Ha ezek „egyensúlyi” aránya mind a befagyás hőmérsékletén/sebességén, mind T_g hőmérsékleten az ötvözők hatásától függ akkor a hőmérséklet emelkedésével metastabil szerkezetből metastabil szerkezetbe mozog a rendszer, és a mozgás iránya akár fcc, akár bcc lehet?

Az oldal tetején elmagyarázza, hogy hidrogénezés esetén T_c növekedést várunk, egy bekezdéssel később, miután a növekedést kimérte, az eredményt meglepőnek tartja. Miért? Végül is, ha a helyzet annyira tisztázatlan mint a harmadik bekezdésben elmondja, akkor miért került bele a dolgozatba?

93. oldal. A H hatása létrehoz egy szerkezeti változást, ami a H távozásával nem alakul vissza – következésképp a H okozta T_c változás tovább él mint a H megmarad a rendszerben. Ez nincsen összhangban korábbi feltevésekkel (ld. pl. a 82. oldal tetejét „a H nem okoz átrendeződést a rövidtávú atomi környezetben). Mi a különbség a két helyzet között?

A 102. oldalon bemutatott elektronmikroszkópos és diffrakciós képek alapján megtett következtetések nem érthetőek. Az ábrafelirat és a szöveg nem tartalmaz információt arra, hogy milyen minta milyen állapota látható az egyébként igen silány minőségű képeken. Amorf szerkezetek lokális elemi összetételére vonatkozó megállapítás (Cu dúsulás) a határolt területű elektrondiffrakció alapján nem vonható le.

10. Összefoglalás

Az összefoglalás három pontja közül az elsőt semmiképpen nem tudtam értelmezni, kérem ezt pontosítsa.

A tézisekhez megadott közlemények közül a tézisek felsorolásakor nem hivatkozik a 12-14, 18, 22, 25 és 26 számúakra. Ez a megadott hivatkozások egynegyede.

Tézispontok

I. tézispont:

Nem pontos az „anomális viselkedés” megfogalmazás, nem definiálja, hogy mi az a változás, amit meg szeretne magyarázni vagy értelmezni. A tézisnek önmagában (a disszertáció nélkül is) érthetőnek kell lennie. Ebben a megfogalmazásban az I tézispont nem érthető (világosan).

A tézispont a), b) és c) alpontjai közül az

a) pontot tartalmában elfogadom,

a b) pontból a következő részt „Az anomális koncentrációfüggést a gyorsított olvadákból öröklődő kétféle (vegyület és szilárd oldat jellegű) klasztertípus jelenlétével értelmeztem. A szilárd oldat jellegű klaszterkörnyezetben fcc-bcc kevert szimmetriájú (ezzel gyenge ferromágneses csatolást képviselő) Fe atomok helyezkednek el, amelyeknek fluktuáló lokális térfogatára vezethető vissza az anomális viselkedés.”elfogadom. A tézispont többi része, szerintem, nem a szerző hanem Egami és a Bethe-Slater összefüggés eredménye, a tézispontba felesleges.

A c) pont állításaihoz képest a kristályosodási entalpia nem tart telítési értékhez (47 és 48 ábra) bár a néhány at% ötvöző tartalom sem pontosan definiált. A keménységre vonatkozó állítást elfogadom, a többit jelen formájában nem.

II tézispont.

Az a) pontot elfogadom, ez a kísérleti eredmények konklúziója.

A b) pontot szintén elfogadom az utolsó mondat zárójelben lévő kitételének „(a nukleációs folyamat eredményeként)” kivételével. A magképződési folyamat eredménye kristályos fázis, ez nem alakulhat ki a nanokristályos fázis kialakulását megelőzően. A magképződés megindulására – másrészt - semmiféle bizonyíték vagy következtetés nincsen. Az fcc típusú tartományok bcc jellegűvé válása nem jár szükségszerűen a Cu magképződésével, lehet pl. egy spinodális jellegű folyamat eredménye.

A c) pont megfogalmazása szerintem hibás és nem felel meg a dolgozat több fejezetében is tárgyalt helyzetnek, miszerint a Cu nem destabilizálja, hanem stabilizálja az fcc koordinációt vagy jelleget. Azt sem mondja meg a szerző, hogy milyen kristályos csírák keletkezése milyen aktivációs energiát csökkent. Így a c) pontot nem tudom elfogadni.

III. tézispont. A tézispont megfogalmazása szerintem nem szerencsés. A disszertáció alapján inkább az a helyzet, hogy a feszültség-érzékeny tulajdonságok mérése alapján azt a következtetést vonta le, hogy a H-abszorpció a γ -centrumokban megy végbe. Ezekben reverzibilis belső feszültséget kelt. Ez az oka a feszültség-érzékeny tulajdonságokban megfigyelt reverzibilis változásnak.

a) Ezt a pontot elfogadom,

b) Az utolsó mondat elhagyását javaslom, ebben a kontextusban nem tárgyalja a dolgozat. A pontot egyébként elfogadom.

IV. tézispont. Az és a) és b) pontját elfogadom. A c) pont rosszul van megfogalmazva (irreverzibilis ... hőmérséklet), ez így nem fogadható el.

V. tézispont. Ezt a pontot elfogadom.

VI. tézispont. Elfogadom.

VII. tézispont.

a) pont: Az első két mondatot elfogadom. Az altézispont harmadik mondatát a disszertáció nem igazolja, a hivatkozott irodalom sem, vagy nem elérhető. A tézishez nem is szükséges. Javaslom elhagyni.

b) pont: Ez nem tézis jellegű megállapítás, nem fogadom el.

VIII. tézispont. Nem fogadom el. A tézispont állításait a disszertáció nem bizonyítja. A szövegben megadott hivatkozások többnyire hibásak, hiányosak vagy elérhetetlenek. A tézishez rendelt hivatkozás nem azonosítható.

Összefoglalva a dolgozatot, a hatalmas rendelkezésre álló anyagot nem igazán rendezte a megértést és a tézisek világos megfogalmazását segítő formába. A sok hiba és pontatlanság csak fokozza a nehézségeket. A pontatlan megfogalmazások a tézisekben is gondot okoztak, egyes alpontokat emiatt nem lehetett elfogadni. Ugyanakkor a disszertáció ismeretanyaga, koncepciója a hibák ellenére igen jelentős munkáról tanúskodik, elegendő új ismeretet tartalmaz. Mindent összevetve: javaslom a disszertáció nyilvános védeésre való kitűzését és megfelelő válaszok esetén a doktori cím odaítélését.

Budapest, 2014. márc. 1.

Radnóczy György
Az MTA doktora

Melléklet

Nyomtatási és nyelvi észrevételek

5. oldal közepén hibás mondat

10. oldal: 4. ábra y-tengelye nincs megadva

6. sor: hibás mondat

6. ábra. Az x tengelyen nincsenek mérőszámok.

12. oldal: 2. egyenlet: mi a T_0 ?

14. oldal: a viszkozitás mértékegységének jelölése változik: 11. old. „p”, 14. old. „poise”.

Egységesen kellene jelölni az azonos mennyiségeket.

8. sor: az idő mértékegysége sec, és nem 1/sec

16. oldal : „vezete” >> vezette

2. bekezdés első mondata hibás, ellenkezője mint ami az ábrán látható.

18. oldal: az ábra x tengelyén feltüntetett mérőszámok nem vonatkozhatnak hőmérsékletre (T_m).

22. oldal: az ábra számozása hibás (26 helyett 16 kellene, hogy legyen) és nincs is hivatkozva a szövegben.

A 8. képletben nincs minden betű jelentése megadva (σ)

23. oldal: 7. sor, „értelmezésére” hibás szó.

11. sor: „tulajdonságokben”

25. oldal: 14. képlet: mi a B?

27. oldal. Mi a c_f jelentése, ha a viszkozitást jelöli miért nem használja a korábban alkalmazott jelölést (3. egyenlet)?

29. oldal teteje: T_a és T_a valamint T_c és T_c használata nem következetes. $T(\infty)$??

34. oldal. A 26a ábrát nem használja, az ábraszöveg is hiányzik. Mi az y tengely? Az a) és b) ábra lényegesen különböző hőmérséklettartományokat mutat. Mit mihez lehet hasonlítani?

A [114] nem pontos.

38. oldal. 3. sor: „ötvözetekben” helyett jobb: „ötvözetben”.

4. sor: „jelenségekről” helyett jobb: „jelenségről”. „Néhány” után magyarul egyes számban áll a főnév.

39. oldal. A 22. és 23. egyenletekben szereplő mennyiség jelölésének: p_{H_2} és p_{H_2} azonosnak kellene lennie. A többi jelölések értelme sincs pontosan megadva (a_H , Q).

40. oldal. Utolsó sor + ábra: Carbon helyett jobb: szén

41. oldal. 5.2 fejezet feletti sorban: „az maximálisan” helyett „a maximálisan” jobb.

46. oldal. 25. egyenletben a betűk jelentése ismét nem világos.

50. oldal. Alulról a 15. sorban: vegyülethez >> vegyülethez

„így ez a jelleg” – rossz mondat.

megerősít >> megerősíti

klaszterszerkezetek) Ezek . >> klaszterszerkezetek). Ezek

51. oldal. A 43. ábra szövegében szóismétlés van (momentum értéke: $2x$).

57. oldal. 4. sor: „utal” >> „utaló”

60. oldal. 10. sorban: két.....lépcsők

A 47. ábra képaláírása nyelvtanilag hibás. A mondat végén nincs pont.

62-63. oldal. Nincs 7.7 §, de van két 7.6 §.

64. oldal. 9. sor: szerepe kap >> szerepet...

67. oldal 12. sor: „a maga a T”

72. oldal. 3. sor "eredményeiszuperponálódnak”

73. oldal, alulról a 11. sorban: később a 60. ábrán (a 60. ábra korábban volt és másról szól.

Talán a 69. ábrára gondolt a szerző). Az oldal fele üres, rossz szerkesztés miatt.

75. oldal. lentől a 12. sorban: ”A méréseket előtti” megfogalmazás hibás.

76. oldal. hibás a 65. ábrára való hivatkozás. A 64. ábrára vonatkozik.
Utolsó sor: a dolgozatban többször is ígéri, hogy a későbbiekben visszatér egy kérdésre. Illett volna megadni, hol lesz ez (pl. az oldalszámot)!!
Megint üres az oldal alja a hibás tördelés miatt!
A -196°C és 77K váltakozó használata (76-77. old.) is zavaró. Vagy K vagy $^{\circ}\text{C}$ kellett volna mindenhol!
78. oldal. A 8.3§ utolsó mondata végén hiányzik a pont.
Alulról 5. sorban: „a 68. z. ábra szerint”>>>68. sz. Egyébéként az „sz.” is felesleges. Elég lett volna : 68. ábra.
81. oldal. 22. sor vége: „az T_g ”
82. oldal. 3. sor: „módolulatban”
67-70. ábrák: hibás ábraszám. A jó: 71-74. ábrák lett volna.
Sokkal könnyebb lett volna a dolgozat értékelése, ha a tézisehez tartozó közleményekre a tézislista alapján hivatkozik a szerző. Így pl. a [184] helyett a [19]re, persze megfelelően megoldva, hogy egy szám csak egyszer szerepeljen.
84. oldal. 3. sor. Abszorpció helyett deszorpció lett volna helyes.
- 84-85. oldal. Két 74-es ábra van. Ha már így sikerült az időtengelyt lehetett volna egyformára venni (az egyik ábrán óra, a másik ábrán perc).
Sok az ismétlés. Ezt jó szerkesztéssel meg lehetett volna előzni.
89. oldal. Megint rosszak az ábraszámok (77-79 áll 80-82 helyett!). Lehet, hogy a T_c mérés hibája ezeken az ábrákon 1°C ?
96. oldal. A 88. ábra nem színes, mint a felirata szerint kellene.
Alulról a 3. sorban az ábraszámok (85, 86. ábrák) rosszak.
98. oldal. A táblázat alatt a 3. sorban a 90. ábra nem azt mutatja amiért hivatkozták.
99. oldal. A két összehasonlítható ábra (amelyek számozása megint rossz, mert 91 után ismét 89-ről folytatódik) különböző egységekben mutatja a képződési energiákat (kcal és eV). Egységesíteni kellett volna.
100. oldal. 91. ábra. Nem mindegy, hogy a tengelyen a mennyiség szerepel logaritmikus skálán (óra) vagy a mennyiség logaritmus (dimenzió nélkül).
101. oldal. A fele üres, tördelés?
102. oldal. A 198. hivatkozás nem teljes!
104. oldal. Az adszorpció felületen történik, itt abszorpció van! (3. pont)

A lista nyilvánvalóan nem teljes, sok hiba elkerülhető lett volna a szövegszerkesztő megfelelő használatával.