

Dr. Gaál István

**„Oxigén és szén reakciók, valamint nyomelemek hatásai diszperziósan keményített volfrámötvözetek mechanikai tulajdonságaira”**

című MTA doktori értekezés bírálata

A dolgozat bevezetője a témaválasztás indokolja. A fényforrásokban használt adalékolt volfrám, illetve molibdén ötvözetek tulajdonságainak vizsgálata több évtizedes múlttal rendelkezik. Az ipari igény (volfrámszálas izzók, halogén lámpák) az izzólámpák folyamatos fejlesztését igényelte és ez intenzív K+F tevékenységet is követelt, minthogy a múlt század 30-60-as éveiben felgyűlt empirikus tapasztalat nem volt elegendő a technológia tudatos beállításához és fejlesztéséhez. Az adalékok (K, Al, Si, különféle oxidok, stb.) szerepének, a nanoméretű buborékok aktív keményítő hatásának, az oxigén felvétel és leadás körülményeinek megértése tehát a folyamatok fizikai-kémiai részleteinek mély elemzését, a fejlesztéseket megalapozó alap kutatásokat igényelt.

Gaál István a fenti kutatás-fejlesztés meghatározó, nemzetközileg leismert személyisége. Számos fontos kutatási probléma megoldása, a feltárt ismeretek technológiai alkalmazása fűződik nevéhez.

A dolgozatban ennek a tiszteletre és elismerésre méltó életműnek – igényes válogatáson és önfegyellemmel végrehajtott szelekción alapuló – bemutatását találjuk.

A 2. fejezet célratorően, tömören, de jól követhetően, ismerteti az Al-al, K-al, valamint Si-al adalékolt volfrám technológiáját és kúszását. Erénye a leírásnak, hogy a megfelelő részekenél a szakmai érvelésből logikusan következően utal az általa problematikusnak tartott problémákra, a megoldandó kihívásokat világosan mutatja meg.

A 3. fejezetben a használt kísérleti módszereket írja le. A hőkezelésre vonatkozó részben több saját, eredeti ötlet megvalósítását és alkalmazási lehetőségeit is ismerteti. A szerkezeti módszerek (TEM, SEM, AES) bemutatása tükrözi, hogy a szerző munkahelyén magas színvonalú vizsgálatokra alkalmas eszközök és jól képzett, kreatív munkatársak álltak rendelkezésre. Velük történő

együtműködése számos közös módszertani, mérésmetodikai eredményre is vezetett. A mechanikai vizsgálatokat taglaló alfejezetben a szerző saját fejlesztéseinek (pl. szabadvégű torziós alakváltozás mérése) bemutatását is megtaláljuk. Hasonlóan, az elektromos ellenállásmérés, illetve az ezekből levonható következtetések leírása is több, a szerző által bevezetett elgondolást, mérésmetodikai fogást is ismertet.

A 4. fejezet a torziós repedések szobahőmérsékleti nukleációjáról szól. Ezen repedések (és különösen a torziós eredetű repedések) keletkezésének vizsgálatában Gaál István nemzetközileg is úttörő szerepet játszott. Megmutatta, hogy a csavarási fárasztás vizsgálata sokkal hatékonyabb, mint az egyirányú nyújtást alkalmazó próbák.

*Kérdés ehhez a fejezethez:* A 35 oldal alján azt írja: „Könnyű észrevenni, hogy a hármasonalak generálta belső feszültségek tépőfeszültséget keltenek azokon a szemcsehatárokon is, amelyeken a terhelő feszültség nem keltett feszültséget”. Minthogy leírása szerint ez a hatás domináns lehet a 4.1 ábrán mutatott töret értelmezésében kérem, fejtse ki részletesebben a fenti állítást.

Az 5. fejezethez (amely az oxid zárványok bomlásával foglalkozik) igen hasznos, mély termokémiai tárgyalást tartalmaz az F1 függelék. Ebben a szerző megmutatja, hogy Langmuir eredeti modellje valószínűbb értelmezést ad, mint az újabb elképzelések. Ehhez felveti, hogy az oxid/volfrám határfelületről alkotott atomisztikus kép átfogalmazása segítene: elsősorban az oxigénnek a tórium oxidból a fémes volfrámban (a volfrám szemcsehatáraiba?) történő ugrásának a vegyértékelektronok kvantummechanikai tárgyalásával lenne teljessé tehető.

*Kérdés ehhez a fejezethez:* A fenti, a kvantummechanikai tárgyalásra vonatkozó utalás eléggé általános, tud-e ennél konkrétabb érvelést bemutatni?

Az ugyancsak 5. fejezetben bemutatott – a  $\text{HfO}_2$  zárványok oxidációval történő keltésének és redukciójának valamint az AKSW huzalok oxigén felvételének és leadásának fajlagos ellenállásméréssel történő követésére vonatkozó - eredmények meggyőzőek.

A 6. fejezetben a kálium zárványok stabilitásával foglalkozik. A más alkáli elemekre (Cs, Rb) ismert adatokból megkonstruálta – lényegében a megfelelő állapotok törvényének segítségével – K-ra is az állapotegyenletet. Ebből a K

zárványok stabilitására vonatkozó feltételt is kapott (a kálium sűrűsége legyen nagyobb, mint a kritikus sűrűség kétszerese).

A 7. fejezet a fémes felületi bevonatok hatásait elemzi, elsősorban a Ni példáján. Itt számomra zavaró, hogy az aktivált szemcsenövekedést egyértelműen a diffúzió indukált szemcsehatár mozgással (DIGM) azonosítja, holott a DIGM önmagában nem feltétlenül jár együtt szemcsenövekedéssel. Meg mutatja, hogy az elsősorban a szemcsehatár diffúziós áramok keltette feszültségek relaxációja miatt fellépő diffúzió indukált újrakristályosodás okozhat üregesedéssel együtt járó hibás aprószemcsés részek kialakulását (7.1. ábra). Azt is bemutatja, hogy 1500 K-en izzított, Ni-el aktivált, nagyszemcsés huzalokban nem volt jelentős szemcsedurvulás, de számos nagy üreg képződött, amit az üregek/buborékok- mint zárványok – belső feszültségtérben történő – megnövekedett mozgékonyságával és koagulációjával magyaráz.

*Kérdés ehhez a fejezethez:* Ezek a feszültségek ugyanazok a belső feszültségek, amelyekről a 4. fejezetben volt szó?

A 8. fejezet – amely a deutérium lámpa oxidkatódjának technológiájáról szól – inkább hasonlít egy, a részleteket nem taglaló, sikeres összefoglaló kutatási jelentéshez (bevezetett termékgyártás lett a fejlesztés eredménye). Minthogy a dolog természeténél fogva a megbízó/gyártó a részletek publikálásához nem járult hozzá és szabadalom sem születhetett, a szakmai étékelés két alapon nyugodhat: 1) a szerző korábbi eredményei lényegében előre vetítették a sikeres megoldás kidolgozásának lehetőségét, 2) a gyártó egyértelmű nyilatkozata. Számomra ezek kellően meggyőzőek.

A dolgozat formai szempontból gondos kivitelű. Elírás, szerkesztési hiba elvétve fordul elő (pl. néha nincs egyértelmű utalás az adott szöveghez bemutatott ábrákra, a 14. oldal utolsó bekezdésében a zárójelk nem egyértelműek, a 39. oldalon hivatkozott táblázat csak a 43. oldalon van).

A bírálónak az eredmények leírásának olvasása közben gondot okozott, hogy az értelmezés szempontjából kulcs mondatok túl tömörre, nem kellően részletezőre sikerültek. Ilyen értelemben az értekezés nem volt egy könnyű olvasmány és a fenti kérdéseim nagy része is ilyen okok miatt született.

Összefoglalva:

Gaál István munkásságát összefoglaló értekezés számos eredeti ötlet szakmai megvalósítását, új mérési megközelítések és eljárások kidolgozását, a kapott alapkutatói eredmények kimutatható hasznosítását mutatja be.

A téziseket, mint új tudományos eredményeket elfogadom. Kivétel az I. tézis utolsó alpontja, amely nem tartalmaz állítást: ezt vagy elhagyni, vagy átfogalmazni javaslom.

A fentiek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését, sikeres védelem esetén a mű elfogadását és doktori cím odaítélését támogatom.

Debrecen. 2013. december 13.



Beke Dezső

a fizikai tudomány doktora