DEBRECENI EGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR
FIZIKAI INTÉZET
SZILÁRDTEST FIZIKA TANSZÉK

Nguyen Quang Chihn

„Lapcentrált köbös fémek és ötvözetek képlékeny alakváltozási folyamatainak leírása és elemzése"

c. akadémiai doktori értekezésének bírálata

Mindennapi életünkben széles körben használt fémötvözetek szilárdsági és alakíthatósági paramétereinek javítása fontos ipari/technológiai igény. Az elmúlt évtizedekben a hagyományos alakítási technológiák mellett nano- és szubmikrokristályos szerkezetekre vezető eljárások is fokozatosan teret nyertek. Sikerült tömegesen olyan anyagcsaládokat előállítani, amelyek a fenti paraméterek tudatos kontrolljának lehetőségeit kitágították és így az ezekben végbemenő deformációs/szilárdságnövelő mechanizmusok tanulmányozása és jobb megértése is lehetővé vált.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a témaválasztás szerencsés, jelentős ipari érdeklődés által is motivált alapkutatás. A jelölt tudatosan épít a korábbi tanszéki eredményekre és az újabb és modernebb (mikroszkópos, illetve nano-felbontású) vizsgálati eszközök alkalmazására nagy deformációs tartományokat átfogó kísérleteiben.

Jól mutatja be ezt a célkitűzést és a motivációt tartalmazó „Bevezetés" fejezet.

Az Irodalmi áttekintést tartalmazó I fejezet I.1-I.3 alfejezetei megadják a polikristályos fémek deformációjának általános jellemzését (I.1. alfejezet), az ötvözők hatását a képlékeny deformációra (I.2 alfejezet), valamint az ötvöző atomok által kiváltott képlékeny instabilitást mutatják be (I.3 alfejezet).

Az I.4 fejezet a szerző által is használt nagyléptékű képlékeny alakítási eljárásokat ismerteti általánosan. Az I.5 fejezet pedig tömören leírja az előzményeket és a célkitűzéseket.

A dolgozatnak ez a – mintegy 36 oldal terjedelmű – része a célnak megfelelő átgondolt munka. Csak néhány apróbb megjegyzésem/kérdésem van ehhez a részhez. Talán egy-két esetben a leírás részletességét tekintve én más súlyokat használtam volna: Pl. jó lett volna a 14. oldalon az egyes mechanizmusokra vonatkozó képleteket is megadni, míg az tövözők ismert szilárdságnövelő hatásának és a szilárdoldatok szétesésének egyes részei lehettek volna tömörebbek. A kérdés:

i) Elvileg az (1) képletben a σ és az ε valóban független mennyiségek-e, azaz indokolt-e, akár szimbolikusan is, az ε-t független változóként megadni? (Az eredeti Ashby egyenletekben (Acta Mat. 20 (1972) 887, illetve az (1.3) egyenlet az Adv. in Appl. Mech. 23 (1983) 117) ez nem szerepel).

A III. fejezet tartalmazza a saját eredményeket. A III.1 rész az új konstitutív egyenlet felírását, elméleti hátterét és alkalmazását mutatja be (1. tézis). A III.1.1 alfejezethez a következő kérdésem/kérésem van: Mire utal a $\sigma_{0.2}$ mennyiségben a 0.2 index? Kérem, részletezze, hogyan kapta a III.3 ábrákat. A kapott új konstitutív egyenletet ((22) képlet)

Cím: 4026 Debrecen, Bem tér 18/b. ¤ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 2. ¤ Tel./Fax: (52) 316-073
E-mail: ssphys@science.unideb.hu ¤ Honlap: http://ssphys.science.unideb.hu

ugyanakkor mindaddig csak tisztán empirikus (és sok szempontból korlátozott érvényű, minthogy a benne szereplő illesztési paraméterek fémről-fémre különbözők) amíg, az ugyancsak az 52. oldalon szereplő állítás: „Újabb eredményeink azt mutatják..., hogy a makroszkópikus (22)-es konstitutív egyenletben szereplő..... paraméterek értékei meghatározhatók a mikroszkópikus folyamatok leírását kifejező C_i adatokból." Ennek bemutatását hiányolom. Mindesetre az új egyenlet érdeme, hogy a folyamtok hőmérséklet-függésének értelmezését is lehetővé teszi (III.1.5. alfejezet, illetve 2. tézis).

A III.2. fejezet a többi vizsgált fcc fémtől (Al, Au, Cu, Ni) eltérően viselkedő Ag mechanikai tulajdonságainak, ugyancsak széles deformáció-tartományban végzett, vizsgálatait mutatja be. Kísérletileg demonstrálja, hogy a deformációs telítődési folyamat során, amikor a folyásfeszültség és a mikrokeménység állandósult, a diszlokáció–sűrűség és az ikerhatár-sűrűség változott a frissen sajtolt mintákon. Azt is bemutatja, hogy a szobahőmérsékleti tárolás a nagyobb mértékig deformált mintákon nagyobb lágyulást eredményezett. Tehát a nagymértékben deformált minták mikroszerkezete nem stabil és ez önlágyulást eredményez, melynek során csökken a diszlokáció-sűrűség és változik a β ikresedési valószínűség is. (Mi β pontos definciója?). A fenti, a többi fcc fémtől eltérő, viselkedést a Müllner és Solenthaler által kidolgozott, az alacsony rétegződési energiára alapozott, modellel értelmezi (3. tézis).

A III.3. fejezet az ötvöző elemeknek és kiválásoknak a hatását vizsgáló, mélységérzékeny benyomódási kísérletek leírását és értelmezését tartalmazza. Ebben a vonatkozásban úttörő eredményekről, az egytengelyű nyújtási mérésekkel összhangban lévő, lépcsőszerű benyomódási görbékről számol be Al-Mg és Al-Cu stabil, illetve Al-Zn-Mg túltelített ötvözetekben. A jelenséget a mozgó diszlokációk és feléjük diffundáló ötvöző atomok kinetikáján alapuló Portevin-La Chatelier (PLC) effektussal értelmezi. Ebből az is következik, hogy ennek a plasztikus instabilitásnak a fellépéshez egy a minimális ötvöző koncentrációt meghaladó ötvöző tartalom szükséges. Elsőként az irodalomban meghatározta ezt és az ennek segítségével kapott sima hatványfüggvényt levonva az erő-benyomódás, F(h), függvényből, az instabilitásra tisztán jellemző ΔF(h) függvényt is meg tudta adni. A túltelített, illetve GP zónákat tartalmazó, önnemesedő, Al-Zn-Mg és Al-Zn-Mg-(0.25wt%)Cu ötvözetek hasonló vizsgálatából nemcsak a diszlokáció-diszlokáció, illetve diszlokáció-oldott atom, hanem a diszlokáció-kiválás kölcsönhatás szerepét is vizsgálta. Megmutatta, a fent említett ΔF(h) függvényeket az edzést követő hevertetési idő függvényében vizsgálva, hogy ez a függvény növekvő időknél nullához tart, azaz az instabilitás eltűnik. Arra a következtetésre jut, hogy az oldatban lévő ötvöző tartalomnak a kritikus érték alá csökkenése, mint kézenfekvő magyarázat mellett, a változó mikroszerkezet (a GP zónák képződése ennek a diszlokációkkal való kölcsönhatásának változása) is szerepet játszik. Mindenesetre az instabilitás eltűnésére jellemző, t_i, idő fontos paraméter lehet a technológiában, rámutathat pl. Cu adalékok GP zónák képződősét késleltető hatására is. A fenti idő ismerete pl. azért is hasznos, mert megadja azt az edzést követő időt, amelyen belül a szemcsefinomító könyöksajtolást célszerű elkezdeni (III.3.3.2. alfejezet).

A III.3.3.3. alfejezet önszerveződő kritikusságra utaló jelenséget mutat be Al-Zn-Mg ötvözetekben fellépő PLC plasztikus instabilitás során. Azt figyelte meg, hogy Al-Zn-Mg-0.14w%Zr) mintákon az edzést követő olyan hevertetés után, amely még t_i-nél rövidebb volt, de elégendően hosszú ahhoz, hogy a keletkező GP zónák szilárdságnövelő hatása jelentős legyen, könyöksajtolás után egyes minták felülete sima maradt, míg másokén

DEBRECENI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR
FIZIKAI INTÉZET
SZILÁRDTEST FIZIKA TANSZÉK

deformációs sávok jelentek meg. A mélységérzékeny benyomódási és egytengelyű nyújtási mérésekből definiált dimenziótlan mennyiségek (normált benyomódási sebesség, feszültségesés illetve deformációs sebesség) az idő függvényében felvett görbékből képzett valószínűségi sűrűség függvényei, más önszerveződő kritikusságra jellemző jelenségekhez hasonlóan hatványfüggvény szerinti viselkedést mutattak, azaz a deformációs lavinák skálafüggetlennek bizonyultak.

Szerintem a III.3. fejezetben bemutatott eredményeken alapuló tézeiseknek (4., 5. és 6. tézisek) az újdonságtartalma a legerősebb és több részletkérdésben is a leggazdagabbak.

A III.4.1. alfejezet ultra-finomszemcsés Al és Al-30Zn ötvözetek képlékeny deformációjának benyomódással illetve AFM-el történő vizsgálatairól számol be (7. tézis). Meghatározta a sebességérzékenységi tényezőket és az aktiválási energiákat. Megállapítja, hogy jelentős szerepe van a szemcsehatár csúszásnak. Kérdéseim: i) A III.55 árához: a kisebb meredekségű egyeneshez nagyobb aktiválási energiát rendel az ábrán: a (29) egyenlet szerint ennek fordítva kellene lennie, vagy a meredekség az mQ szorzatot jellemzi? ii) A III. 60b ábrán milyen egységekben szerepel a feszültség?

A III.4.2. afejezetben (8. tézis) egy módosított Hall-Petch összefüggést javasol, annak alapján, hogy finomszemcsés anyagokban, a szemcsék belsejében csak néhány diszlokáció fordulhat elő, így a többszörös csúszás helyett az egyszeres csúszás lesz a jellemző a szemcseméret csökkenésével.

A dolgozat formátuma szép, igényes munkát tükröz. Csak néhány kisebb elírást, pontatlanságot lehet találni benne (a (2) képlet után és helyett „and" szerepel; a (20) képlet alatti bekezdés második mondatában „a" határozott névelő hiányzik; a (31) szám két különböző, egymás után következő, képletet is jelöl; a (23) képlet fölötti sorban „függvényt" helyett „függvény" írandó; az 52. oldal alján hiányzik a hivatkozás; a 89. oldal utolsó bekezdésének első sorában „s" törlendő).

Összefoglalva: az értekezés alapos, körültekintő és részletes kísérleti tevékenységről számol be. Számos eredeti eredményt tartalmaz, a szűkebb szakterület fejlődéséhez mérhetően hozzájárult.

A jelölt tézisei közül az első tézist a bírálatban felvetett kérdések megválaszolása után tudom elfogadni. A többi tézis állításait, a kisebb jelentőségű kérdésekre adott megnyugtató válaszok esetén, elfogadhatónak tartom.

A doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom.

Debrecen. 2015. szeptember 28.

Beke Dezső
a fizika tudomány doktora

Cím: 4026 Debrecen, Bem tér 18/b. ¤ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 2. ¤ Tel./Fax: (52) 316-073
E-mail: ssphys@science.unideb.hu ¤ Honlap: http://ssphys.science.unideb.hu