

Válasz Dr. Trampus Péter opponensi véleményére

Mindenek előtt köszönetet szeretnék mondani a Bírálónak értekezésem alapos áttekintéséért, a minden részletre kiterjedő bírálatáért. Hálásan köszönöm a számos pozitív észrevételt és az építő, kritikai jellegű megjegyzéseit.

Az alábbi pontokban részletezem a válaszaimat a megjegyzéseire és kérdéseire:

1) Egyetértek a Bíráló megjegyzésével, hogy **„A HPT elemzésekor említeni lehetett volna a hidrosztatikus vagy ahhoz közeli feszültségi állapot szerepét az alakíthatóságra. Gyakran az angol rövidítés első betűje erre utal és nem a kevésbé megfogható tartalmú „High” kifejezésre”**. Az angol nyelvű szakirodalomban elterjedt a High Pressure Torsion elnevezés és ennek HPT formában történő rövidítése. A nagy nyomás (high pressure) arra utal, hogy ilyen mértékű egytengelyű nyomás alatt az anyag biztosan megfolyik, illetve a minta és a mintatartó között nagy tapadási súrlódás keletkezik, biztosítva azt, hogy a minta alap- és fedőlapja együtt csavarodik a mintatartóval, és így a minta nyírással deformálódik.

2) Egyetértek a mélységérzékeny benyomódás mérési módszere vonatkozó megjegyzésével, hogy **„A „dinamikus” jelző használatát itt indokolatlannak tartom”**. Valóban, a „dinamikus benyomódás” szóhasználatban a „dinamikus” jelző felesleges. Szakirodalomban a módszerrel kapcsolatban inkább a „dinamikus keménységmérést” szokták használni, megkülönböztetve a benyomódási módszerrel kapott keménység-értéket a szokásos sztatikus módszerrel nyert értéktől.

3) A Bírálónak arra a megjegyzésére, hogy **„...Az egyenlet érvényességét kísérleti eredményekkel támasztotta alá. Az eredmények a kis alakváltozás tartományban igazolták a képletet. A nagy alakváltozások tartományára bemutatott igazolás számomra nem meggyőző: a III.6. ábra bal oldalán (kísérleti anyag: Al) a 473 K hőmérsékletre bemutatott görbét egy pontra illesztette. Ugyanitt a jobb oldali ábrán (kísérleti anyag: Cu) nem adta meg a kísérlet hőmérsékletét.”**

az a válaszom, hogy a Cu minta esetében szobahőmérsékleten (293 K-en) kapott mérési adatok láthatók a jobb oldali (III. 6b) ábrán. Figyelmetlen voltam, hogy nem tüntettem fel a mérési hőmérsékletet az ábrán.

Jól látható, hogy mind a két anyag (Al és Cu) szobahőmérsékleti (293 K-es) adatai széles alakváltozás-tartományban igazolják az új konstitutív egyenlet érvényességét. Továbbá, a nagy alakváltozás tartományban (kb. $\varepsilon = 4$ -től) gyakorlatilag telítésbe megy a feszültség.

Az Al-ra 473 K hőmérsékleten kapott görbe esetén sajnos, szintén figyelmetlen voltam, nem részleteztem mérési adatokat. A görbéhez az $\varepsilon = 8$ helyen levő adaton kívül még közel 2000 mérési adat tartozik a kis ε tartományban, ahogy látható a III.5a ábrán. A jóval nagyobb skálájú III.6a ábrán nem nagyon látszanak a kis ε értékeknél kapott mérési pontok. Az illesztést ezekre a kis ε értékekhez tarozó mérési pontokra végeztem (lásd a III.5a ábrán), és a III. 6a ábrán az $\varepsilon = 8$ helyen feltüntetett mérési ponttal csak azt szerettem volna érzékeltetni, hogy a kis ε tartományra kapott illesztő paraméterekkel is jól leírható az alakváltozási folyamat a nagy ε tartományban is, vagyis széles deformáció-tartományban. Sajnos, az értekezésemben nem fejtettem ki kellő részletességgel ezt a gondolatmenetet.

4) Arra a megjegyzésére, hogy „**A Jelölt az általa felírt új egyenlet elméleti hátterét a mikroszerkezetben végbemenő diszlokációs folyamatokkal támasztotta alá. Hivatkozott arra, hogy a makroszkopikus és a mikroszkopikus egyenletek között kapcsolat van, de ezt nem fejtette ki részletesen.**”

a válaszem az, hogy jogos a Bíráló hiányérzete, nem fejeztem ki magam világosan ebben a fejezetet lezáró részben. Az egyik PhD hallgatómmal – Csanádi Tamással – együtt sokat foglalkoztunk a makroszkopikus (22)-es konstitutív egyenletben szereplő σ_1 , n , ε_c és a mikroszkopikus folyamatok hatását kifejező C_i paraméterek közötti összefüggéssel (T. Csanádi, N. Q. Chinh, J. Gubicza, T. G. Langdon, *Acta Mater.* **59** (2011) 2385., T. Csanádi, N. Q. Chinh, J. Gubicza, Gy. Vörös, T. G. Langdon, *Inter. J. Plasticity* **54** (2014) 178.). Az ezzel kapcsolatos eredmények, a hozzájuk kapcsolódó számolások elsősorban Tamás munkájából származtak. Ezért az értekezésemben, utalva a fent felsorolt dolgozatokra, és Csanádi Tamás készülő PhD disszertációjára, csak megemlíteni szerettem volna, hogy a σ_1 , n , ε_c paraméterek értékei meghatározhatók a C_i adatokból, hangsúlyozva azt, hogy a makroszkopikus és mikroszkopikus paraméterek közötti összefüggések megerősítik a fizikai jelentését a gyakran csak illesztő paraméternek tekintett makroszkopikus jellemzőknek.

5) Arra a megjegyzésére, hogy „**Nem vagyok arról meggyőződve, hogy a III.38.d ábrán látható jelenség elnevezése („katasztrofális repedések”) helytálló**”

az a válaszem, hogy a III. 38d ábrán repedések valóban nagyon mélyek, és inkább törésnek tekinthetők. Sajnos, ezt nem részleteztem a dolgozatban.

6) Egyetértek a Bíráló megjegyzésével, hogy „**Irodalmi és korábbi saját kutatási adatok felhasználásával a Jelölt elméleti megfontolásokat tett a Hall-Petch összefüggésre**

ultra-finom szemcseszerkezetű lapcentrált köbös anyagokra. Feltételezte a különböző szemcseméret tartományokban végbemenő képlékeny alakváltozási folyamatokat vezérlő diszlokációk számát, és javasolt egy módosított Hall-Petch összefüggést. Az összefüggés paramétereinek fizikai tartalma további igazolást igényel". Igen, valóban az általam javasolt módosított Hall-Petch összefüggés paramétereinek fizikai tartalma további igazolást igényel.

7) Külön szeretném megköszönni a Bírálónak az értekezésemben megtalálható elírások, pontatlan megfogalmazások, helytelen terminológiai szóhasználatok felsorolását, melyeket tudomásul vettem, és kijavítottam az eredeti forrásban.

Valóban az I.14. ábra nem azt mutatja, amit a szövegben ráutaló mondat mond. Továbbá, az I.2. ábra a) és b) ábráját véletlenül felcseréltem az ábra-szövegükhöz képest.

8) A Bírálónak a tézisekről szóló véleményével kapcsolatban annyit szeretnék megjegyezni, hogy

i) Az értekezésem 4. tézispontjában a mélységérzékeny benyomódási módszernek az anyagtudományi kutatások egy új területén történő alkalmazásán van a hangsúly. Míg az 5. tézis egy konkrét anyag (Al-3%Mg) és a 7. tézis szintén konkrét anyagok (ultra-finomszemcsés Al és Al-30Zn) viselkedésére vonatkozó megállapításokat tartalmaz, a 4. tézis azt emeli ki, hogy a képlékeny alakváltozási folyamatok többoldalú nyomkövetésére is alkalmas. E tézispont fontosságát és érvényességét hangsúlyozva hivatkoztam még ebben a 4. tézisben az 5. tézis lényegét képező [S11-S13], és a 7. tézis lényegét képező [S21] saját dolgozataimra. Említettem a 4. tézisben, hogy munkatársaimmal együtt a világon elsőként mi tanulmányoztuk a Portevin-Le Chatelier-féle plasztikus instabilitásokat benyomódás mérésekkel, bevezetve a módszer újabb alkalmazását, lehetővé téve több fontos tényező vizsgálatát is. Az első [S11, S12] cikkeinkre hivatkozva már 2003-ban az amorf anyagok képlékeny tulajdonságai tanulmányozására is alkalmazták a mélységérzékeny benyomódás módszerét (C.A. Schuh and T.G. Nieh, *Acta Mater.* **51**, 87 (2003).). Úttörő munkáinknak köszönhetően 2004-ben a *Journal of Materials Research* folyóirat felkért egy, a témáról szóló összefoglaló (review) cikk megírására. A mérési módszer új alkalmazásairól szintén meghívott előadóként tartottam előadást két nemzetközi konferencián.

ii) A 8. tézisponttal kapcsolatban már korábban említettem, hogy egyetértek a Bírálóval, hogy az általam javasolt módosított Hall-Petch összefüggés paramétereinek fizikai tartalma további igazolást igényel. Ezzel együtt azonban, hangsúlyozni szeretném, hogy az új összefüggéssel jól leírható az ultra-finomszemcsés lapcentrált köbös fémek és szilárd oldat ötvözetek folyáshatárának szemcseméret-függése. A Hall-Petch-formula általam javasolt

módosítását a rendelkezésre álló kísérleti adatok igazolják, illetve elméleti megfontolások is indokolják. Továbbá, mivel az ultra-finomszemcsés anyagok kutatása jelenleg is az anyagtudomány homlokterében áll, a javasolt módosítás minden bizonnyal hozzájárulhat a hagyományos Hall-Petch formula alkalmazásával felmerülő ellentmondások megértéséhez nemcsak empirikus szinten, hanem a polikristályos anyagok képlékeny alakváltozásának alapjai szempontjából is.

A fenn kifejtett észrevételeim alapján szeretném megkérni tisztelt Bírálómat a 4. és 8. tézis elfogadásának megfontolására.

Még egyszer megköszönöm a Bíráló munkáját.

Budapest, 2016. január 03.

Nguyen Quang Chinh