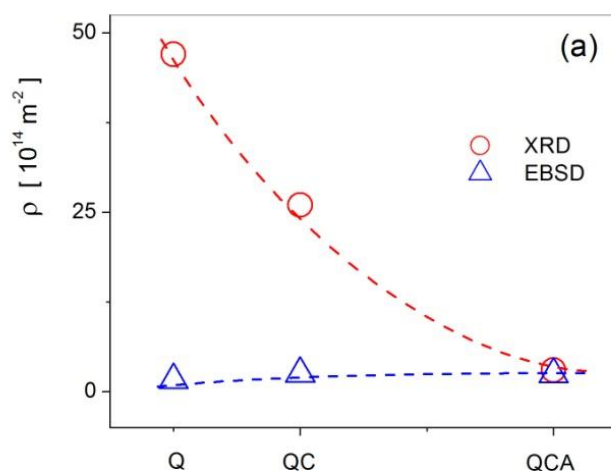


VÁLASZ

Dr. Tranta Ferenc bírálata

Tisztelettel köszönöm Bírálóm gondos munkáját, dolgozatomban alapos áttekintését, valamint hasznos és építő jellegű kritikáit, kérdéseit. A következőkben szeretnék válaszolni Bírálóm kérdéseire, illetve reagálni észrevételeire.

Az egyensúlyi diszlokációsűrűség fogalma újkeletű, ezt néhány, mostanában megjelent publikáció ismerteti (pl. T. Ungár et al., Scripta Materialia 64 (2011) 876–879). Arról van szó, hogy egy fémekben sokkal több diszlokáció keletkezhet, mint amit az alakváltozás megkövetelne, vagyis a geometriailag szükséges diszlokációk (Geometrically Necessary Dislocations, GNDs) mellett egyéb diszlokáció dipólusok is létrejönnek, amelyek együttesen nem okoznak additív alakváltozást, de rácsstorzulást igen, így a röntgendiffrakciós profilanalízis, amely a lokális rácsstorzulásra érzékeny, érzékeli őket. Így a diszlokációsűrűség nagyobb lehet, mint ami az adott alakváltozási állapothoz tartozna. A martenzites anyag képlékeny alakítása során (a léces martenzit hengerlésekor) többletenergiahoz juttatjuk az anyagot, így a „felesleges” diszlokáció dipólusok kioltják egymást, majd a rövid idejű megeresztés során a diszlokációsűrűség eléri azt az állapotot, amikor csak a GND-k vannak jelen, ezt nevezzük egyensúlyi diszlokációsűrűségnek. Az EBSD-technika egyébként lehetővé teszi a diszlokációsűrűség mérését a „miszorientáció” alapján, azaz a GND-k koncentrációjának meghatározása lehetővé válik. Az alábbi ábra a röntgen vonalprofil analízissal és az EBSD-vel mért diszlokációsűrűséget mutatja a léces martenzites anyagnál edzett (quenched – Q), edzett és hengerelt (quenched and cold rolled – QC), majd edzett, hengerelt és megeresztett (quenched, cold rolled and annealed – QCA) állapotban:



Jól látható, hogy az edzés hatására az egyensúlyinál nagyobb mennyiségű diszlokáció keletkezik. Az eltérés az egyensúlyi diszlokációsűrűségtől a hidegalakítás hatására lecsökken, majd a megeresztés után eltűnik.

A martenzit szerepével kapcsolatos pontosításokat köszönöm.

Az ausztenites acél kaliberhengerlése után a csiszolatok a rudak hossz tengelyére merőlegesen (azaz a hengerlés irányára merőlegesen) lettek kimunkálva, a bemutatott térképek pedig az így nyert metszeti felületek közepén készültek. Készítettem térképeket a minták szélein, és azt tapasztaltam, hogy az első két ciklus után nagyobb volt a CSL-határok aránya, mint a minták közepén, de a negyedik ciklus után a CSL-határok aránya megegyezett a minta közepén mért értékkel, és a szemcseméret is csak egy kicsit volt nagyobb (4-5 μm). Megpróbáltam közbülső hőkezelések nélkül is több ciklusban kaliberhengerlést végezni, de a második hengerlés után az anyag már annyira kemény volt, hogy a harmadik szúrásnál elakadt a hengerben.

A ferrites acél többtengelyű kovácsolása során az első alakítás után az alakító pofákra merőleges felületen az anyag kidomborodik, amint az a dolgozat 57. ábráján is látható. Ekkor 90 fokot fordítunk a mintán, és ismét alakítjuk. Az alakváltozás a minta szélén kisebb lesz, mint a minta belsejében, mert a minta belseje hosszirányban rögzített, az alakító pofára merőleges (az előző alakításkor kihasasodott) felületről az anyag viszont ki tud torlódni a pofák mellett (ezt mutatják az 58. ábra piros nyilai). Ezen kívül az ellenállásfűtés miatt a hőmérséklete a felületen kisebb lesz, mint a minta belsejében a pofák által okozott hőelvonás, valamint a hőszugárzás miatt. Vagyis a minta felületét alacsonyabb hőmérsékleten kisebb alakítás éri, ez okozza a nagyobb szemcseméretet.

A dolgozatban valóban egy minta vizsgálatát ismertetem részletesen, de a kísérletek során hat mintán végeztünk többtengelyű kovácsolást különböző lehűlési sebességek mellett. Ezek metallográfiai vizsgálatából az derült ki, hogy két mintán alakult ki az 1 μm -es szemcsenagyság, 3 minta 2-3 μm -es lett, 1 darabon pedig 7 μm körüli szemcsenagyságot mértünk.

Véleményem szerint a 0,071 tömeg% karbontartalom és az 50 °C/s-os hűtési sebesség mellett a szövetben nem alakul ki perlit. Az 59. ábrán látható sötét foltok valószínűleg maratási hibák, vagy más, egyéb szennyeződések. Ettől függetlenül a perlit gondot jelentene, főleg a finomperlit, mert az elektronnyaláb útjába egyszerre kerülnének be a ferrit és a cementit lemezek, és a detektáló ernyőn a kettejük együttes reflexiója alapján kialakuló Kikuchi-ábrát látnánk. Ezt a rendszer vagy nem ismeri fel, vagy hibásan indexeli. Ilyenkor az orientációs térképen zavaros pontokból álló, jól felismerhetően hibás tartományok jönnek létre. Van olyan módszer, amivel ezeket kiszűrhetjük, hiszen pl. mondhatjuk, hogy csak egy bizonyos IQ (image quality) feletti pixeleket vegye figyelembe a rendszer, de ekkor a hibás pixelek számával kevesebb mérési pontot tudunk kiértékelni.

A nagyobb (alakított) ferritszemcsék nyújtottságát nem vizsgáltam. Korábbi tapasztalatok alapján azonban úgy gondolom, hogy a 72. ábrán bemutatott GAM-térkép kellően alátámasztja a részleges újrakristályosodást.

A léces martenzites acél hideghengerlést követő megeresztése során a karbidkiválások szerepét nem vizsgáltam. Feltételezhetően akadályozzák a szemcsehatárok mozgását, és így nehezítik a kisszögű tartományok összeolvadását, ilyen értelemben tehát elképzelhető, hogy szemcseméret-csökkentő szerepük van, de ezzel kapcsolatban méréseket nem végeztem.

A hidegen alakított martenzit TEM-vizsgálata során szisztematikus diszlokációsűrűség-vizsgálatot nem végeztünk, mivel ez ekkora diszlokációsűrűség-értékeknél (10^{15} 1/m^2) transzmissziós elektronmikroszkóppal nem lehetséges. A röntgen vonalprofil-analízissel mért diszlokációsűrűség csökkenését a válaszom elején ismertetett okokkal tudnám indokolni.

Valóban, nagyon sok további vizsgálatot kell még elvégezni, ezek részben folyamatban vannak, tehát a Bíráló által javasolt karbontartalom változtatásának a szerepét, de egyéb ötvözők hatását is jelenleg futó projektek keretein belül vizsgáljuk.

Köszönöm, hogy Bíráló a téziseimben megfogalmazott állításokat elfogadta.

Végül ismételten szeretném megköszönni az alapos és építő jellegű bírálatot, és bízom benne, hogy válaszaimat elfogadhatónak találja.

Budapest, 2012. 12. 012.

Szabó Péter János