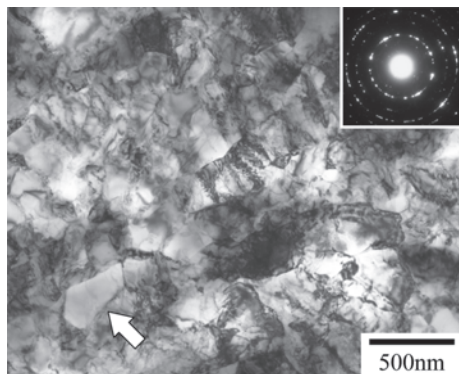
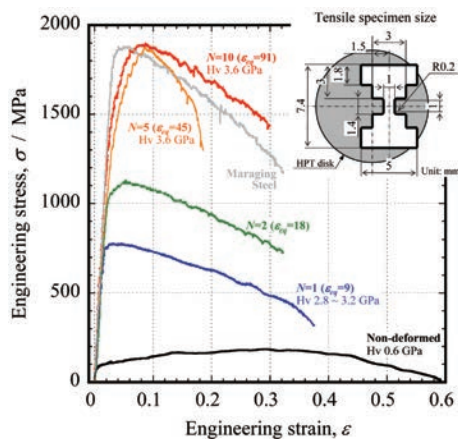
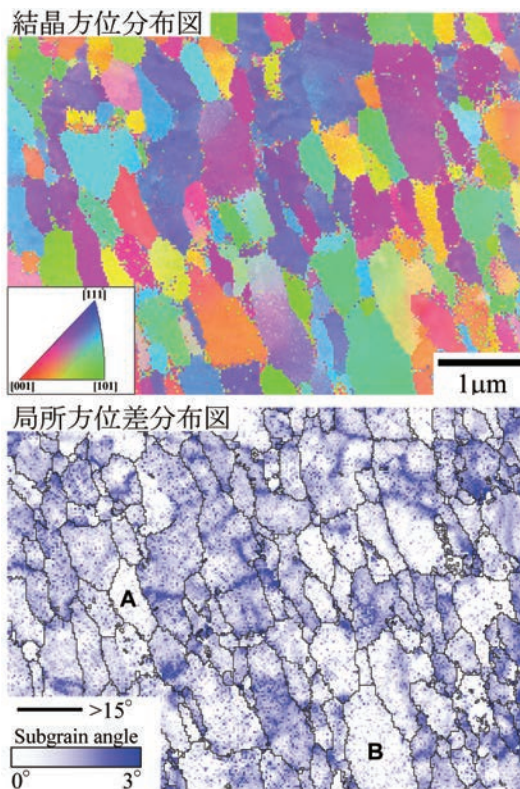


【ミニ特集】超強加工により形成する組織写真集-1 超強加工バルク材の組織・力学特性

HPT加工により作製したサブミクロン結晶粒IF鋼の微細組織

Microstructure of Submicrocrystalline IF Steel Produced by HPT-straining

戸高 義一*1、梅本 実*1、好井 美樹*2、熊谷 匡明*2、土谷 浩一*3

図1 HPT加工 ($N=5$ (相当歪 $\epsilon_{eq}=97$ 、試料中心からの距離 $r=3.2$ mm)) 後のTEM組織 (制限視野紋りの大きさは直径 ϕ 2.1 μ m)図3 HPT加工材の引張特性 (公称応力-公称歪曲線) 初期歪速度: $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 図2 HPT加工 ($N=5$ (相当歪 $\epsilon_{eq}=45$ 、 $r=1.5$ mm)) 後のFESEM/EBSP解析による結晶方位と局所方位差の分布図

「超強加工の材料科学」研究会共通試料のIF鋼 (11C、<30Si、<30Mn、<20P、<3S、<2B、8N、14O、300Al、<20Ti、<30Cr、<30Cu、mass ppm) に、形状不変超強加工の一つであるHPT (high-pressure torsion) 加工 (圧縮応力5GPa、回転速度0.2rpm、初期試料形状: 直径10mm、厚さ0.85mm) を施すことで、ねじり回数 $N=5$ 後、幅300nm程度の伸長粒組織が形成した¹⁾。図1のTEM組織において、従来の加工組織においても観察される転位を含む結晶粒と同時に、転位が回復した連続再結晶粒 (矢印) が認められる。FESEM/EBSP解析においても同様の結果が得られた (図2)。局所方位差分布より、粒内の転位 (幾何学的に必要な転位 (GN転位)) の蓄積の程度を知ることができる。図2中の結晶粒A、Bは、粒内に方位差がほとんど無いことから、連続再結晶粒であることが分かる。このような連続再結晶粒の形成は、転位の回復が容易な、より高純度な試料において顕著になる。図3にHPT加工材の引張特性を示す。比較材としてマルエージング鋼 (0.003C、18.40Ni、0.15Al、0.41Ti、8.68Co、4.73Mo、mass%、固溶化・時効硬化熱処理材、Hv5.2GPa) を用いた。IF鋼とマルエージング鋼の両試料とも、図中に示した形状の引張試験片にて試験した。ねじり回数 (歪量) の増加に伴って強度が増加し、 $N=5$ 以上のHPT加工材で

は、マルエージング鋼に匹敵する引張強度 (1.9GPa) に達した。引張強度 TS とビッカース硬さ Hv は概ね $TS=Hv/3$ の関係が成り立つが、 $N=5$ 、10材ではその関係から逸脱する高い引張強度を示す。この理由については未だ明らかになっていない。延性は、 $N=5$ までのHPT加工では、強度の増加に伴って従来の加工材と同様に低下した。しかしながら、さらに加工した $N=10$ 材では、引張強度の低下無く延性が増加した。これは超強加工により形成する連続再結晶粒が、応力集中を緩和し、変形を担ったためである。微小な引張試験片を使用しているため、不均一変形が大きく生じる本試料では、延性が通常サイズの試験結果に比べてやや大きく示される点に注意が必要である。しかし、マルエージング鋼とほぼ同等の引張特性を示したことは驚きに値する。

参考文献

- 1) Y. Todaka, M. Yoshii, M. Umemoto, C. Wang and K. Tsuchiya: Mater. Sci. Forum, 584-586 (2008), 597.

(2008年10月31日受付)

*1 豊橋技術科学大学生産システム工学系

*2 豊橋技術科学大学大学院生

*3 豊橋技術科学大学生産システム工学系 (現: (独) 物質・材料研究機構)