

SPring-8 放射光を用いた変形挙動その場解析 ～バルクナノメタルの力学特性制御に向けて～

兵庫県立大¹、京大 ESISM² 足立大樹^{1,2}
adachi@eng.u-hyogo.ac.jp

【緒言】HPT、ARB、ECAP など種々の巨大ひずみ加工法が開発され、バルク状の粒径が $1\mu\text{m}$ 以下のナノ結晶材料“バルクナノメタル”を得ることが容易となっている。その強度は結晶粒径に反比例して微細化に伴い増加し、合金添加によらずとも非常に高い強度を示す。その一方で従来粒径材では現れない特異な力学的特性、例えば、extra-hardening 現象や、FCC 金属における降伏点降下現象の発現、大きなひずみ速度依存性などを示すことが数多く報告されている。これらは、ナノ結晶の変形様式が従来粒径材におけるそれとは異なることを示唆している。従来粒径材では、粒内転位源から増殖した転位が粒内をすべり運動することにより塑性変形が進行するが、バルクナノメタルでは転位の増殖などの挙動が大きく異なる可能性がある。本研究では、SPring-8 放射光を用いて引張変形中における In-situ XRD 組織観察を行うことにより、従来粒径材とバルクナノメタルにおける変形中の組織変化の違いを調べた。

【実験方法】本研究では ARB 法により作製した粒径 270nm の純 Ni、ARB 加工と低温焼鈍により作製した粒径 $5\mu\text{m}\sim 260\text{nm}$ の純 Al、電解析出法により作製した粒径 50nm の純 Ni と粒径 6nm の Ni-W 合金を用いた。時間分解能 $1\sim 3$ 秒程度での“リアルタイム”測定を可能とするよう、SPring-8 BL19B2, BL46XU において測定系を構築し、引張変形中 In-situ XRD 測定を行った。得られた実験結果から、引張変形中の弾性変形量や転位密度の変化を調べた。

【結果】Fig.1 に粒径 52nm の純 Ni における引張変形中の転位密度変化を示す。stage-III は概ね塑性変形のみで変形が進行する領域であり、転位密度の増加は緩やかである。この領域における転位密度は粒径に反比例し、バルクナノメタルでは変形中における転位密度は非常に高いが、除荷後には増殖した転位は急激に消滅した。このことから、バルクナノメタルの特性評価には In-situ 測定が必須であると考えられる。

また、粒径 6nm 材においても変形中に X 線回折ピークのブロードニングが観察され、粒界すべりではなく、何らかの格子欠陥の生成により変形が進行していることが示唆された。さらに、従来粒径材では stage-II に入ると Grain-to-Grain yielding 現象が観察され、方位による応力分配の違いが観察されたが、粒径 6nm 材では観察されなかったことから、変形中の応力分配挙動が粒径により異なる可能性が示唆された。

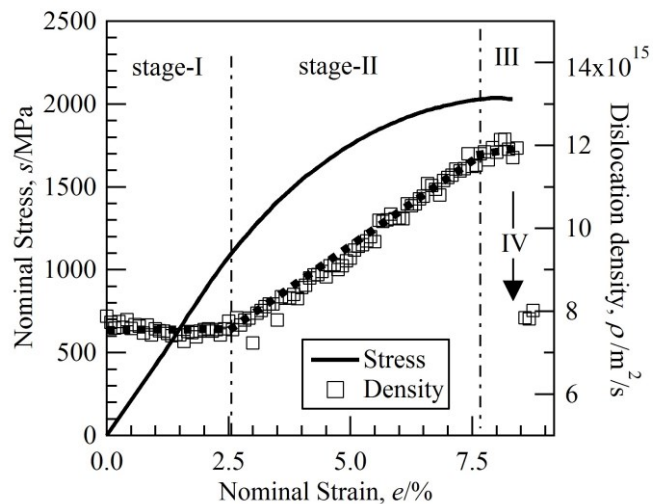


Fig.1 粒径 52nm 純 Ni 材における引張変形中の転位密度変化