

In-situ 放射光回折実験による超微細粒を有する金属材料の変形機構解明

足立大樹：兵庫県立大、宮嶋陽司：東工大、佐藤眞直：JASRI

超微細粒を有するアルミニウムは粗大粒材の数倍の強度を示し、引張変形中の降伏点降下現象や Extra-hardening 現象の発現などの特異な機械的性質を示す。これは、超微細粒材の塑性変形を担う転位の挙動が粗大粒材のそれとは大きく異なることを示唆している。よって、今回、引張変形中の転位密度変化の結晶粒径変化を SPring-8 放射光施設における In-situ XRD 測定を行うことにより調べた。

99%アルミニウム合金を強ひずみ加工法により結晶粒径を 500nm まで微細化し、焼鈍を行うことにより結晶粒径を粗大化させた。これらの試料に対し、SPring-8 BL19B2, BL46Xu において引張変形を施しながら時間分解能 2 秒で In-situ XRD 測定を行うことにより転位密度変化を測定した。その結果、転位密度は四つの領域を経て変化することが分かった。領域 I は弾性変形領域であり、転位密度はほとんど変化しなかった。応力が σ_I に達すると領域 II に移行し、転位密度が急激に増殖しはじめ、塑性変形が開始された。この領域では弾性変形も生じている弾塑性変形が進行した。応力が σ_{II} 、転位密度が ρ_{II} に達すると領域 III に移行し、転位密度の増殖が緩やかになり、主に塑性変形により変形が進行した。領域 IV では破断に伴う除荷により、転位密度が急激に低下した。このことは、超微細粒材では、変形中と除荷後の転位密度が大幅に異なるため、除荷後の転位組織を顕微鏡観察することによって十分には機械的性質を理解することが困難であることを示唆している。

粗大粒材においても Fig.1 に示すように超微細粒材と同様に四つの領域を経て転位密度が変化した。しかし、粗大粒材では σ_I と σ_{II} が近く、領域 II が非常に小さいことが明らかとなった。これは、粗大粒材では塑性変形のみで変形が進行するために必要な転位密度 ρ_{II} が小さいためであると考えられる。また、降伏強度として塑性変形が開始される応力 σ_I と、主に塑性変形によって変形が進行しはじめる応力 σ_{II} の二種類を見なすことが可能であるが、粗大粒材ではこれら二つは近い値を示し、かつ σ_{II} は 0.2%耐力とほぼ同じであるのに対し、超微細粒材では値が大きく異なるため、目的とする現象によって、どちらを“降伏応力”として扱うかを考える必要がある。

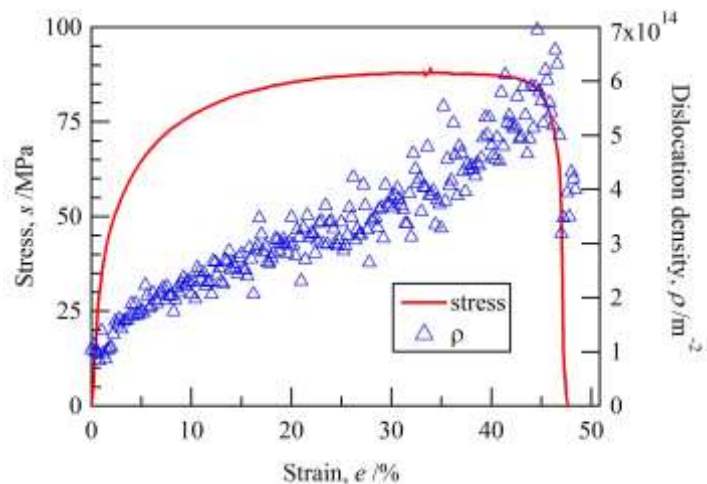


Fig.1 粒径 20 μ m の粗大粒アルミニウムにおける引張変形中の転位密度変化

参考文献

- [1] 足立大樹; 軽金属, 64, 463 (2014).
- [2] H. Adachi; Mater. Trans., 56, 671 (2015).
- [3] H. Adachi; Mater. Trans., 57, 1447 (2016).