

# 放射光測定による構造用金属材料の微視構造と 塑性変形機構解明

P33

Clarification of microstructure and plastic deformation mechanism of structural metal materials by synchrotron radiation measurement

足立大樹 adachi@eng.u-hyogo.ac.jp  
兵庫県立大学

## 1. 緒言

構造用金属材料にとって強度は最も重要な性質の一つであり、これを向上させるためこれまで数多くの研究がなされ、結晶粒微細化による強化、転位強化、析出強化などの様々な強化方法が提案されてきた。例えば、結晶粒を微細にすると、Hall-Petch の式に従って結晶粒径の $-1/2$  乗に比例し強度が増加することが経験的に知られているが、純アルミニウムでは約  $3\mu\text{m}$  以下になると従来の Hall-Petch 曲線よりも高い強度を示す Extra-Hardening 現象が発現する。ほかにも結晶粒径のサブミクロン化により特異な力学的挙動が発現することが報告されている。これらは変形を担う転位の挙動が結晶粒径により変化したためであると考えられており、さらにナノ結晶化すると変形を担う変形子が転位からナノ双晶などに変化する可能性もシミュレーション等により示唆されている。

このように変形を担う変形子である“プラストン”の挙動や種類が微視組織的要因によって変化し、塑性変形機構に大きな影響を与えられると考えられるが、変形中における材料内部のプラストンの動的挙動について直接捉えることは困難であった。本研究では SPring-8 放射光において、引張変形中における In-situ 測定系を構築し、結晶粒径や合金元素添加、析出物等の微視組織的要因や温度によるプラストンの挙動の変化を調べた。

## 2. 解析結果

### (I) FCC 金属における微視組織的要因によるプラストン挙動の変化

純アルミニウムにおいて結晶粒が数  $\mu\text{m}$  以上では降伏直後の転位密度に大きな変化はみられなかったが、Extra-Hardening が生じる粒径である数  $\mu\text{m}$  以下の領域では、降伏直後における転位密度は結晶粒径の $-1$  乗に比例し、単調に増加した。純 Ni においても同様の傾向を示し、結晶粒径の微細化に伴い、転位移動の障害となる結晶粒界が増加し、転位の平均自由行程が減少するためであると考えられた。また、Ni 合金において、粒径が  $50\text{nm}$  程度までは転位密度は単調に増加したが、粒径が  $5\text{nm}$  程度になると転位よりも周囲に生じるひずみが低い部分転位やナノ双晶等にプラストンに変化することが示唆された。

### (II) HCP 金属における微視組織的要因によるプラストン挙動の変化

HCP 金属は FCC 金属とは異なり、複数のすべり系が存在するため、どのすべり系がどの程度活動するかが機械的性質を大きく左右する。結晶粒径や合金元素の違いなどによってすべり系が変化することは知られていたが、それを定量化することは困難であった。本研究では、異なるすべり系の転位の周囲には異なる不均質ひずみ分布が形成されることを利用し、不均質ひずみ分布の異方性を測定することによりすべり系の変化を評価した。粗大粒を有した純 Mg では底面 a すべりの活動が支配的であったが、粒径が  $1\mu\text{m}$  になると柱面 a や錐面 c+a すべりの活動が顕著となった。Mg-Y-Nd 合金では、溶体化処理のままの固溶体状態では底面 a に加え、柱面 a、錐面 c+a すべりも活動したが、亜時効材では塑性変形初期には底面 a が活動し、塑性変形の進行に伴い、徐々に錐面 c+a すべりの活動が増加し、塑性変形後期になると柱面 a すべりが活性化することが明らかとなった。これは板状の  $\beta'$  相が柱面上に析出することにより各すべり系の CRSS が変化したためであると考えられる。

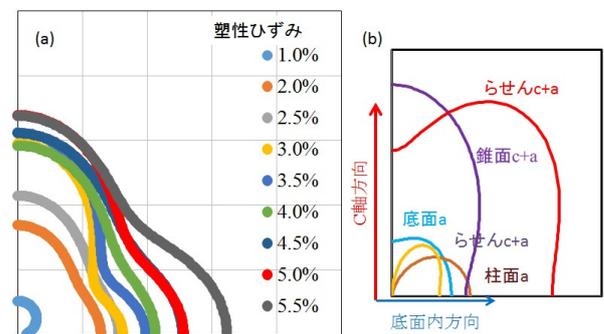


図 Mg-Y-Nd 合金における引張変形中の活動すべり系の評価 (a)亜時効材における塑性ひずみの増加に伴う不均質ひずみ分布異方性の変化, (b)各すべり系の転位周りに生じる不均質ひずみ分布

### 【関連プロジェクト】

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>構造材料拠点