

ゴムメタルの変形挙動の放射光その場測定

豊田中研 倉本 繁

多機能新チタン合金‘ゴムメタル’は低ヤング率と高強度を両立することにより一般の金属材料より約一桁大きい弾性変形能(2.5%)を有する超弾性的な特性を示すと同時に、室温で 99.9%以上の冷間加工が可能な超塑性的な特性、さらに液体窒素温度から 300°C程度までの幅広い温度域においてヤング率が変化しないエリンバー的特性、また熱膨張を生じないインバー的特性を示すなど、数々の特異な性質を併せ持っている。ゴムメタルは、基本的には $Ti_3(Nb, Ta, V) + (Zr, Hf) + O$ と表示される組成で、組成平均の価電子数 e/a が約 4.24、DV-X α クラスタ法による結合次数 B_o が約 2.87、Md 値が約 2.45eV の 3 つのマジック・ナンバーを満たす組成を有する β 型チタン合金である。この合金の塑性変形機構を解析したところ、従来の金属材料とは異なる塑性変形機構が発現していることが示唆されている。一般的な金属では理想強度は実際の変形強度レベルに比べて非常に高い値となっており、理想強度の 1/30~1/20 程度の強度レベルで実際の塑性変形が生じている。この差は、塑性変形機構において転位という概念を導入することにより説明される。ゴムメタルの場合には、理想強度と実変形強度レベルがほぼ等しくなっており、これは転位の概念を導入する必要なく塑性変形が可能であることを示唆している。また、その変形挙動は顕著な異方性を有しており、条件によっては相変態が生じることも示唆されているが、それと変形機構との関係については不明な点が多い。

そこで、ゴムメタルの変形機構解明を目的として、ESRF の ID11 ビームラインにて、放射光を用いたその場変形挙動解析を実施した。専用の小型引張装置を用いて、ゴムメタル(Ti-36Nb-2Ta-3Zr-0.3O(mass %)) の細線焼鈍材(直径 350 μ m、平均粒径 30 μ m) および単結晶引張試験片に変形を与えながら、その場透過 X線回折を行った。多くの回折情報を記録するため、試料を引張軸周りに 0.1~0.25 度ずつ回転させ、1 変形条件について 700~1000 枚程度の回折図形を記録し、変形による面間隔変化を解析した。細線焼鈍材の回折図形より、各方位の面間隔を求め、引張応力との関係をプロットした例を図1に示す。図には2種類のアジマスデータのデータを比較して示した。アジマス 0 度方向は、引張軸に垂直な面からの回折、90 度方向は引張軸に平行な面からの回折である。引張成分が強く働く場合は面間隔が増大し、圧縮成分が強く働く場合は収縮する。単結晶試料(引張方位 <100>)の結果を図2に示す。アジマス 0 度方向の傾きは、巨視的に測定したヤング率(40GPa)と一致する。これらのその場解析結果は、顕著な異方性を有するゴムメタルの変形挙動を3次元的に捉える上で貴重な情報であると考えている。

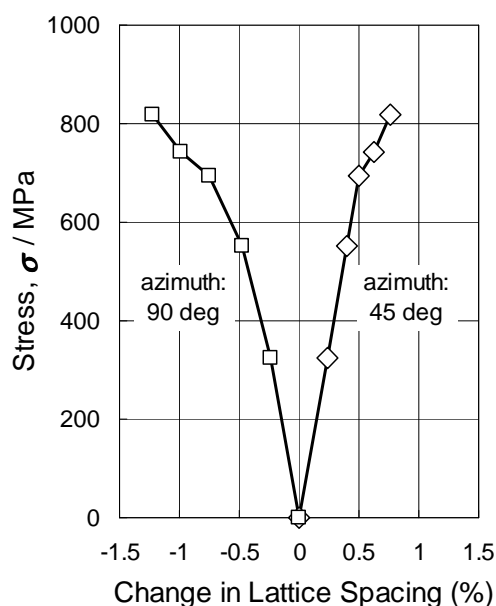


図1 多結晶細線の変形挙動

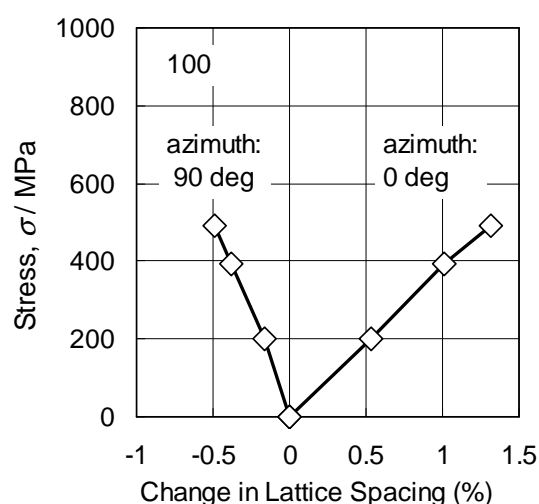


図2 単結晶の変形挙動