

# チタン合金の加工に伴う内部応力状態の中性子回折法による検討

## Examination of the internal stress state with work-processing for the titanium alloys by neutron diffraction method

諸岡 聡<sup>1)</sup>、塩田徳佳<sup>2)</sup>、鈴木裕士<sup>2)</sup>

Satoshi MOROOKA, Yoshinori SHIOTA and Hiroshi SUZUKI

<sup>1)</sup>横浜国立大学 <sup>2)</sup>原子力機構

中性子回折は、高い物質透過能を有し、非破壊かつ引張特性・疲労特性などの機械的特性に対応したバルク全体の巨視的定量的情報を得ることができる新しい評価法である。そこで、本手法を用いて塑性加工材中の残留応力や集合組織の形成、転位密度などを材質定数として得ることは、塑性加工を施した金属材料の評価とその工業的応用に重要な知見を与えるものである。

**キーワード** :  $\alpha$ チタン合金、残留応力、集合組織、中性子線

### 1. 目的

チタン合金の圧延材と冷間スエーシング材に中性子回折に適用して非破壊的にバルク全体の巨視的なマイクロ組織の情報を得ることで塑性加工による残留応力と集合組織の形成の影響を検討する。特に、塑性加工における $\{hkl\}$ 結晶粒群の残留応力分配挙動、転位形成挙動と集合組織進展メカニズムについて解析し、残留応力・転位・集合組織の関連性を考察する。

### 2. 方法

80%冷間スエーシング加工を施したチタン合金を $\phi 20 \times 20 \text{mm}$ の円柱に切断し、測定用サンプルとする。基準材として無ひずみ材は $20 \times 20 \times 20 \text{mm}$ の寸法で作製した。測定を行うに当たり、ビーム側 $10 \times 10 \text{mm}$ －検出器側 $10 \times 10 \text{mm}$ のスリットを選択した。これにより、中性子線は完全に試料内部に入る計算である。残留応力測定は試料の圧延方向(RD)、円周方向(HOOP)の2方向から、測定対象の回折面(100)(002)(101)を $\theta$ - $2\theta$ スキャンにて測定する。集合組織測定は強度不足を補うため $\chi$ - $\phi$ スキャンを利用し、 $\chi$ は $0^\circ$ - $90^\circ$ 、 $\phi$ は $0^\circ$ - $360^\circ$ の範囲で各回折面の全極点図を測定する。

回折プロファイルは、ほぼ左右対称なため Gauss フィットtingで解析する。得られたピーク位置から格子ひずみを算出する。集合組織測定は $\chi$ - $\phi$ スキャンで得られたピーク強度を極密度に変換し、極点図を作成する。

### 3. 研究成果・結論・考察

中性子散乱は元素の散乱長の大きさによって散乱の容易さが決まる。チタンの散乱長はマイナス<sup>1)</sup>であるため、チタン合金など合金元素が多量に含まれるとゼロ合金となってしまう、測定が困難となる。本研究で使用するチタン合金の散乱長を計算すると- (マイナス)  $5.356 \times 10^{-10}$ であり、他の金属に比べ、散乱は弱いもののデータの取得は可能である。

図1にチタン合金の残留格子ひずみの結果を示す。これは、スエーシング加工によって生じた残留ひずみであり、 $\{hkl\}$ 結晶粒群で応力分配挙動が伺える。スエーシング加工を施すと材料内部の応力状態は

引張応力が支配することがわかった。

図2はチタン合金の集合組織の結果を示す。極密度が低いため、評価は難しいが、チタン合金は柱面である RD//(100)に変形集合組織が形成されていた。この結果は X 線集合組織測定の結果と良い一致を示す。また、チタン合金はすべり変形が起こりにくいことから 80%加工にもかかわらず、集合組織の形成が起こりにくいことがうかがえる。

中性子回折がチタン合金に適用できることを確認できたことが一番の成果である。また、低角度側に複数の回折ピークが存在するため、分離して測定する工夫が必要であった。今後、集合組織解析を詳細に行うために、逆極点図や配向方位関数(ODF)の利用を考えている。また、プロフィール解析技術の進歩のため、応力や転位密度の算出と集合組織の関係を詳細に検討する予定である。

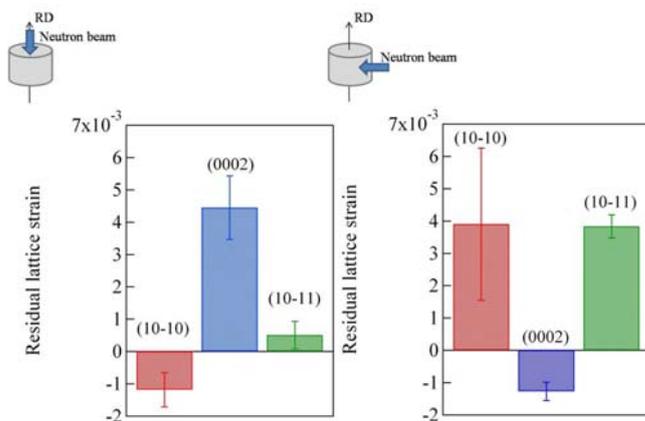


図1 冷間スレージング加工を施したチタン合金の残留格子ひずみ

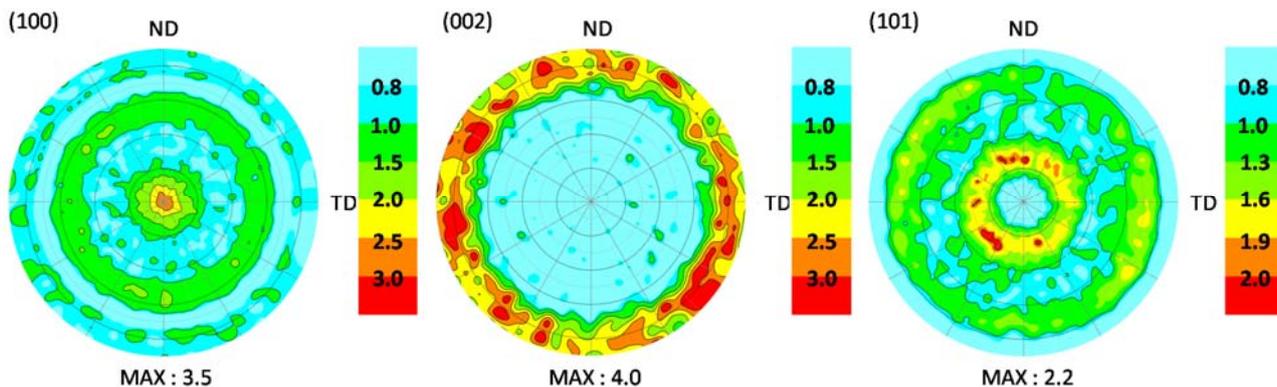


図2 冷間スレージング加工を施したチタン合金の集合組織

4. 引用(参照)文献等

- 1) 中性子科学概論： 廣田和馬