

 MLF Experimental Report	提出日(Date of Report)
課題番号(Project No.) 2021PM2004 実験課題名(Title of experiment) 金属積層造形部材の中性子回折を用いた組織・塑性変形解析 実験責任者名(Name of principal investigator) 山中 謙太 所属(Affiliation) 東北大学	装置責任者(Name of responsible person) 石垣 徹 装置名(Name of Instrument : BL No.) iMATERIA: BL20 実施日(Date of Experiment) 2021年6月7-8日

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 実験目的(Objectives of experiment)
<p>電子ビームやレーザー等の高エネルギービームを用いて金属粉末を熔融凝固することで3次元構造を造形する積層造形(Additive Manufacturing)技術は、複雑形状の造形が可能であるだけでなくバルク材では通常出られない極めて高い冷却速度が得られるため、組織制御技術としても注目されている。また、熱流方向に結晶成長が起こるため、強い集合組織や力学的特性に異方性が現れる場合がある。本研究では、Powder bed fusionに分類される金属AM技術であるレーザー積層造形(SLM)により作製したTi-6Al-4V合金を対象に、造形中および室温での引張変形における組織変化についてその場測定を含む中性子回折により明らかにすることを目的とした。この際、造形方向を変えた2種類の試料を用い、異方性の影響についても検討した。</p>
2. 試料及び実験方法
<p>Sample(s), chemical compositions and experimental procedure</p>
2.1 試料 (sample(s))
<p>本研究で用いたTi-6Al-4V合金のSLM材は共同研究を行うアルビ鉱山大学(フランス)にて作製した。丸棒試験片の長手方向が造形方向と平行、あるいは垂直となるように造形を行った2種類の試験片を用意し、異方性の影響を調査した。</p>
2.2 実験方法(Experimental procedure)
<p>iMATERIA/BL20にて中性子回折測定を行った。測定にはas-built状態の造形体から切り出した丸棒状引張試験片(φ6 mm)を用いた。測定温度は室温とし、引張変形中における回折プロファイルはビームラインに設置された万能試験機を用いて取得した。得られた回折プロファイルに対してRietveld Texture解析による集合組織解析およびConvolution Multiple Whole Profile(CMWP)法による転位密度の評価を行い、as-built組織および引張変形における組織変化を検討した。</p>

3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

造形材は主に hcp 構造の α' マルテンサイト相により構成されており、 $\alpha + \beta$ 型チタン合金である Ti-6Al-4V 合金において一般的に観察される bcc 構造の β 相のピークは検出されなかった。SLM では急速冷却により形成するマルテンサイト組織がそのまま維持される点が特徴であり、これまで実験に用いてきた予備加熱を行い、造形物が長時間高温保持されることで α' マルテンサイトの相分解が起こる電子ビーム積層造形 (EBM) プロセスと異なる点である。

図 1 に、造形方向 (BD) が異なる SLM 材の Rietveld Texture 解析により得られた α' マルテンサイト相の (100)、(002)、(110) 極点図を示す。造形方向に対して $\langle 110 \rangle$ 方位が平行となるように集積しており、中性子回折を用いることにより SLM における集合組織形成の特徴を明らかにすることができた。同様の集合組織形成は EBM を用いて作製した Ti-6Al-4V 合金においても観察されており [1]、 $\langle 100 \rangle$ 配向した旧 β 結晶粒から Burgers の方位関係を満たす $\beta \rightarrow \alpha'$ マルテンサイト変態との関係を示唆している。また、引張変形中のラインプロファイルについても同様に解析した結果、引張変形前後で集合組織は大きくは変わらないものの集積度が高くなる傾向が見られた。一方、CMWP 法を用いたラインプロファイル解析により室温引張変形における加工硬化挙動を転位密度変化に基づいて明らかにすることができた。

参考文献：

- 1) M. Mori, K. Yamanaka, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba, Additive Manufacturing Letters, 3 (2022) 100053.

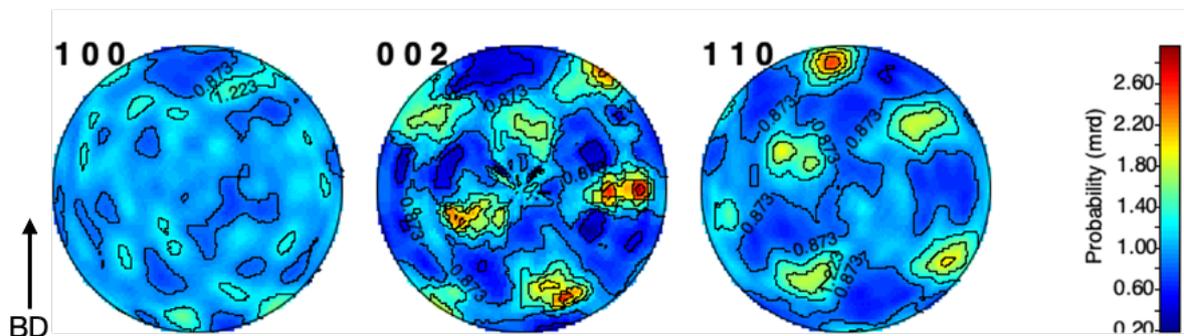


図 1 SLM により作製した Ti-6Al-4V 合金の Rietveld Texture 解析により得られた極点図。

4. 結論 (Conclusions)

今年度は α' マルテンサイト組織を有する Ti-6Al-4V 合金の引張変形中のその場中性子回折測定を行い、Rietveld Texture 解析による集合組織解析を実施した。また、CMWP 法を用いた転位密度解析により引張変形中の組織変化を明らかにすることができた。