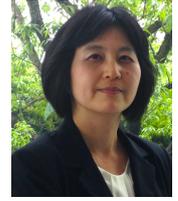


LBPf Near α , near β Ti 合金の組織形成とクリープ特性

Microstructure evolution and creep performance of LBPf near α , and near β - Ti alloys



○御手洗容子¹, Prince Valentine Cobbinah¹, 戸田佳明², 松永哲也³, 小笹良輔⁴, 石本卓也^{4,5}, 伊藤勉⁶, 中野貴由⁴

Yoko Yamabe-Mitarai¹, Prince Valentine Cobbinah¹, Yoshiaki Toda², T. Matsunaga³, Ryosuke Ozasa⁴, Takuya Ishimoto^{4,5}, Tsutomu Ito⁶, Takayoshi Nakano⁴

¹ 東京大学, ² NIMS, ³ JAXA, ⁴ 大阪大学, ⁵ 富山大学, ⁶ 富山県立大学

¹ The University of Tokyo, ² NIMS, ³ JAXA, ⁴ The University of Osaka, ⁵ University of Toyama, ⁶ Toyama Prefectural University

Ti合金は軽量で高温力学特性に優れているため、ジェットエンジンの圧縮機部品として使用されている。ジェットエンジン用合金には、near α (hcp) -Ti合金とnear β (bcc) -Ti合金の2つのカテゴリーがある。near α -Ti合金では、 β 相の体積率は10%未満に制御される。near β -Ti合金では、 α 相の安定性は低下するが、時効処理中に形成される。near α -Ti合金は圧縮機ブレードとして使用され、near β -Ti合金は圧縮機ディスクとして使用される。

本研究では、冷却速度が速いレーザービームを選択し、near α -Ti合金 (Ti-6Al-4Nb-4Zr, wt%)およびnear β -Ti合金 (Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo)のレーザー粉末床溶融とその後の熱処理によって形成される微細組織形成過程を明らかにした。さらに、これらのクリープ変形挙動も調査し、ジェットエンジン材料としてのLBPf-Ti合金の可能性について議論した。

as-built試料の微細組織は、溶融池境界を明瞭に示した。near α -Ti合金では、 α 相の結晶方位はランダムであった1, 2)。一方、near β -Ti合金では、積層条件によって、柱状構造 (CLM)、単結晶ライク構造 (SCM)、多結晶構造 (PCM) が形成された3, 4)。さらに、急冷時には、 α 相がマルテンサイト変態を起こし、溶融池内に微細な α 相が生成した。near α -Ti-Alloyでは、 P/vdt (P : レーザー出力、 v : スキャン速度、 d : 粉末層厚さ、 t : スキャン間隔)で示されるエネルギー密度 VED の低下とともに微細な α 相が形成した 1, 2)。一方、near β -Ti合金では逆の挙動が観察された。すなわち、VED が高くなると微細な α 相が形成した 3, 4)。

これらの合金のクリープ変形機構は転位クリープであり、両合金とも粒径よりもむしろ溶融池内の微細組織に依存する。しかし、near α -Ti合金1, 2)では、クリープ寿命の粒径依存性も観察された。near α -Ti合金 (溶融池サイズ 100~300 μm) のクリープ寿命は、bimodal組織 (粒径 10 μm) を持つ鍛造試料とラメラ組織 (粒径 550 μm) を持つ鍛造試料の間であった 1, 2)。また、熱間等方圧プレス (HIP) が微小欠陥の除去によるクリープ寿命の向上に有効であることもわかった1。near α -Ti合金では、低応力時のクリープひずみはLBPf試料の方が大きかったが、クリープ寿命は鍛造試料よりもLBPf試料の方がわずかに長かった。SCM, CLM, PCMの間でクリープ変形に大きな差はなかった。さらに、溶融池境界でクリープ破断面が観察されたことから、near β -Ti合金の溶融池境界で連続的に形成される α 相がき裂発生場所であることが示唆された。

謝辞

科学研究費学術変革領域研究 A [grant number JP21H05198] および軽金属奨学会研究助成から支援を受けましたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) T. Kuroda, H. Masuyama, Y. Toda, T. Matsunaga, T. Ito, M. Watanabe, R. Ozasa, T. Ishimoto, T. Nakano, M. Shimojo, Y. Yamabe-Mitarai: "Microstructure Evolution and High-Temperature Mechanical Properties of Ti-6Al-4Nb-4Zr Fabricated by Selective Laser Melting", Mater. Trans., 64, 1 (2023) pp. 95-103.
- 2) Y. Yamabe-Mitarai, T. Inoue, T. Kuroda, S. Matsunaga, Y. Toda, T. Matsunaga, T. Ito, R. Ozasa, T. Ishimoto, T. Nakano, "Creep Behavior of Ti-6Al-4Nb-4Zr Fabricated by Powder Bed Fusion Using a Laser Beam", Mater. Trans., 64, 6 (2023) pp. 1175-1182.
- 3) P. V. Cobbinah, S. Matsunaga, Y. Toda, R. Ozasa, M. Okugawa, T. Ishimoto, Y. Liu, Y. Koizumi, P. Wang, T. Nakano, Y. Yamabe-Mitarai, "Peculiar microstructural evolution and hardness variation depending on laser powder bed fusion-manufacturing condition in Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo", Smart Materials in Manufacturing. 2 (2024) 100050.
- 4) P. V. Cobbinah, S. Matsunaga, Y. Toda, R. Ozasa, T. Ishimoto, T. Nakano, T. Ito, Y. Yamabe-Mitarai, "On the Enhanced Creep Performance in Ti6246 Achieved Through Laser Powder Bed Fusion (LBPf) Processing", Metall. Mater. Trans. A. 56, (2025) pp. 2057-2073

Corresponding author: 御手洗容子, mitarai.yoko@edu.k.u-tokyo.jp