

10th International Conference on Materials Research and Nanotechnology (ICMRN 2024)

大阪大学 接合科学研究所
教授 近藤 勝義

(2023 年度 国際会議等参加助成 AF-2023256-X2)

キーワード：チタン合金，レーザ粉末床溶融結合法，強化機構

1. 開催日時

2024 年 7 月 1 日～2 日

2. 開催地

マレーシア・クアラルンプール

3. 国際会議報告

本会議は、材料科学とナノテクノロジーに関する国際会議であり、これまで主に東南アジア諸国とインドを中心に開催されており、欧米や日本、中国からの当該分野の研究者が多数参加している。なかでもレーザや電子ビームを使った Additive Manufacturing (AM) プロセスに関するセッションが 6 年連続して設けられており、海外における AM 技術およびそれに係る材料科学に関する最新の研究成果や研究動向を知り得ると共に、世界トップレベルの研究者と交流できる貴重な場である。このような会議において、著者は“Strengthening Mechanism of Ti-Zr Alloys Fabricated by Laser Powder Bed Fusion”と題した基調講演を行い、Keynote Presentation Award を授かった。

4. 講演概要

レーザ粉末床溶融結合法 (LPBF) は、高付加価値製品である航空機用部品や医療デバイスなどを主な対象とし、それらの 3 次元複雑形状付与に加え、局所的な急速溶融・凝固冷却過程に起因する特異な微細結晶集合組織の形成を可能とする。本講演では、生体適合・親和性に優れたチタン材に、更に適合性の高いジルコニウムを添加した Ti-Zr 系合金を LPBF 法で作製した際の結晶組織形成機構と強化機構に関する研究成果を中心に報告した。

商業用純チタン (CP-Ti) は、高比強度と優れた耐食性・生体親和性を有しており、生体医療分野で広く使用されている。その添加合金成分の中でジルコニウム (Zr) は、無毒でアレルギーフリーの元素である。そのため Ti-Zr 二元系合金は、純 Ti 材よりも優れた力学特性と耐腐食性を有する。著者らによる既往研究¹⁾では、固相焼結法で作製した Ti-Zr 合金は高強度と高延性の両立を達成した。特に、耐力の著しい向上は主に α -Ti 結晶粒の微細化と粒内への Zr 原子の均一固溶に起因することを明らかとし、その強化機構を定量的に解析した。

そこで、LPBF 法により作製した Ti-Zr 合金の結晶集合組織および力学特性を調査に調査した²⁾。Ti 粉末と ZrH₂ 粒子の混合体を出発原料とし、LPBF 法を用いて矩形状試料を作製した。LPBF 工程における ZrH₂ 粉末の熱分解によって発生する解離 Zr 原子は、超急速冷却過程で生成するマルテンサイト (α') 相内に均一に固溶した。その際に Zr 固溶原子による Solute drag 効果によって結晶粒成長の抑制効果を確認した。なお、3 wt.% 以上の Zr 成分は顕著な結晶粒微細化を促すが、10% に増やしてもその効果が限定的であることも明らかにした。このような試料の力学特性に関して、ZrH₂ 添加量 (Zr 固溶量) の増加とともに顕著な強度向上を発現し、5%ZrH₂ 添加材では耐力：710 MPa、破断伸び：11% と純 Ti 材 (395 MPa & 16%) に対して高強度・高延性を達成した。Ti-Zr 合金の強化機構に関して、引張試験データベースを活用して Zr 原子による固溶強化量を Labusch モデルにより定量解析した。固溶原子と刃状転位の間で働く最大相互作用力 F_m 値は 1.19×10^{-10} N となり、既往研究における Ti-Zr 焼結合金における F_m 値 (1.38×10^{-10} N) に近い結果が得られ、製法は異なるものの α/α' 相内での Zr の固溶強化機構は定量的に同等であることを明らかにした。

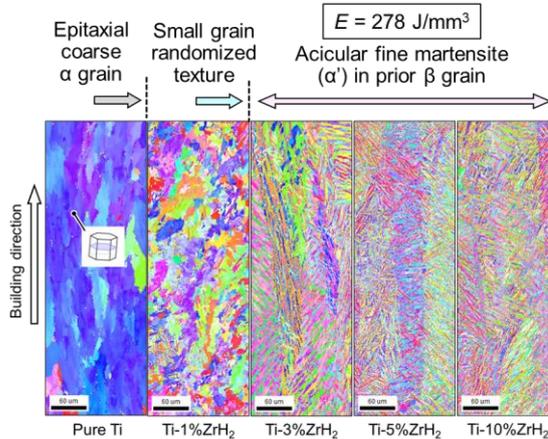


図 1. LPBF Ti-Zr 合金における結晶集合組織の解析例

謝辞

本国際会議への参加に際して、公益財団法人天田財団 2023 年度国際会議等参加助成を受けた。謝意を表する。

参考文献

- 1) K. Kondoh et al., Quantitative strengthening evaluation of powder metallurgy Ti-Zr binary alloys with high strength and ductility, *J. Alloys and Compounds* 852 (2021) 156954.
- 2) K. Kondoh et al., Microstructure refinement and strengthening mechanisms of additively manufactured Ti-Zr alloys prepared from pre-mixed feedstock, *Additive Manufacturing*, 73 (2023) 103649.