

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成29年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：近藤 勝義]

[所属 大阪大学 接合科学研究所・教授]

[研究開発課題名：酸素・窒素を活用したチタン積層造形体の高強靱化]

実施期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「酸素・窒素を活用したチタン積層造形体の高強靱化」グループ(国立大学法人大阪大学)

① 研究開発代表者:近藤 勝義 (大阪大学接合科学研究所、教授)

② 研究項目

- ・積層造形時における溶融・超急凝固過程での α -Ti 結晶内での窒素原子の挙動解明
- ・窒素原子の粒界偏析・濃化現象の抑制・解消に向けた熱処理条件の適正化
- ・レーザー照射時の入熱制御による結晶配向性の緩和と延性改善(追加項目)
- ・酸素或いは窒素固溶による Ti64 合金積層造形体の高強度化

§2. 研究開発実施の概要

窒素ガス雰囲気中で純チタン球状粉末を熱処理することで粉末表面が $\text{Ti}_2\text{N}/\text{TiN}$ 被膜で覆われたコア・シェル構造 $\text{Ti}(\text{N})$ 粉末を作製し、これを出発原料として選択的レーザー溶解(SLM)法を用いて窒素含有チタン積層造形体を試作した。造形過程で窒化被膜は分解し、解離した窒素成分は α -Ti 結晶粒内に固溶することで主に c 軸方向への結晶格子の拡張を促した。引張試験の結果、窒素固溶量が 0.3 wt.%では UTS 976 MPa, 伸び値 22%といった高強度と高延性の両立を実現し、従前の固相焼結法で作製した窒素固溶チタン焼結材と同等の力学特性を示した。他方, 0.5~0.7 wt.%の窒素を含む積層造形体では、局所的な窒素成分の濃化により伸び値は 1~5%に減少した。そこで、 $\alpha + \beta 2$ 相温度域での熱処理と急速冷却の組合せによる窒素の再配分を行い、固溶窒素成分の濃淡領域(ヘテロ構造)の形成を試みた。具体的には、高濃度の窒素が固溶する初析 α 粒は強化相として作用し、相変態後の2次 α 粒内は低濃度窒素ゆえに高い変形能を有する。その結果、急冷熱処理後の高濃度窒素含有チタン造形体において、伸び値は 0%→6%(Ti-0.7 wt.% N 材), 5%→19%(Ti-0.5 wt.% N 材)にそれぞれ回復することを実証した。また、酸素固溶純チタン造形体の作製において、レーザー照射時の入熱量を制御して凝固速度を調整したところ、入熱量の増加に伴い針状マルテンサイト相のアスペクト比が減少し、一部で等軸粒を形成すると共に、結晶配向性の緩和が進んだ。その結果、引張強さは顕著に変化することなく、破断伸び値が約 18%から 29%に大幅に増大した。さらに、Ti64 合金粉末を出発原料に用いて作製した Ti64 合金積層造形体において、入熱量を調整することで酸素含有量が約 0.43%の際に UTS 1278 MPa, 伸び値 11%となり、追加設定した目標値(UTS $\geq$ 1200MPa, 伸び値 $\geq$ 10%)を達成した。

掲載論文

A. Issariyapat P. Visuttiptukul T. Song J. Umeda Q. Ma, K. Kondoh : Strength-ductility improvement of extruded Ti-(N) materials using pure Ti powder with high nitrogen solution, *Materials Science and Engineering A* 779 (2020) 139136.