

力学機能のナノエンジニアリング
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

菊池 将一

静岡大学 工学部
准教授

周期マイクロ強度勾配制御による多機能材料設計

§ 1. 研究成果の概要

今年度は、周期マイクロ強度勾配制御金属を対象にした(1)マイクロ強度変化手法の確立、(2)切欠きによる疲労特性変化挙動の検討、(3)高輝度放射光による疲労損傷計測を行った。

出発材料として金属粉末を選定し、メカニカルミリングや元素拡散をベースとする表面改質を施した後に焼結することにより、マイクロ強度(結晶粒径や元素濃度に対応)を周期制御したオーステナイト系ステンレス鋼、チタン、ハイエントロピー合金を創製した。さらに、高強度相と低強度相を入れ替えた「逆」周期マイクロ強度勾配制御法の確立にも着手した。

マイクロ強度勾配を周期制御したステンレス鋼は、切欠きを設けて局所的に塑性変形させた状態で疲労試験を行っても平滑材と同程度の疲労限度を示した。一方、均一組織ステンレス鋼の疲労限度は、切欠きの存在により低下した。このことは、周期マイクロ強度勾配制御によって、切欠き効果が生じないステンレス鋼を創製できたことを意味している。切欠きを有する周期構造制御ステンレス鋼の良好な疲労特性発現機構に着目し、微視組織分析や応力解析を行うことにより、切欠底近傍においてネットワーク状の高強度相の組織変化が顕著であることを明らかにした。さらに、周期構造制御ステンレス鋼の疲労限度は、破壊起点組織の結晶粒径を考慮することによって均一組織ステンレス鋼の Hall-Petch 則に従った。以上より、周期マイクロ強度勾配制御による切欠材の疲労特性向上は、疲労損傷組織のスイッチング(平滑材:低強度相, 切欠材:高強度相)に起因していることを明らかにした。

さらに、高輝度放射光を用いて繰返し応力下における周期構造制御ステンレス鋼の連続損傷計測を行い、得られた結果を解析した。具体的には、各結晶粒におけるミスオリエンテーションの応力繰返し数依存性について検討を加え、均一組織ステンレス鋼と比較して、周期構造制御ステンレス鋼の低強度相のミスオリエンテーションは増加しにくいことを明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “粉末冶金を用いたハイエントロピー合金 CrMnFeCoNi の周期構造制御”, 材料, vol. 70, No. 8, pp.648-655, 2021
- 2) “Combined Effects of TiB Volume Fraction and Orientation on Four-Point Bending Fatigue Properties of TiB-Reinforced Ti3Al2.5V”, Materials Transactions, vol. 62, No. 7, pp.935-942, 2021