

力学機能のナノエンジニアリング
2020 年度採択研究者

2020 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の(1)創製手法の確立、(2)切欠き疲労特性評価、(3)高輝度放射光による準静的損傷計測、(4)局所力学特性評価を行った。

出発材料として金属粉末を選定し、メカニカルリングによる強加工を施した後に焼結することにより、マイクロ強度(結晶粒径に対応)を周期制御したオーステナイト系ステンレス鋼を創製した。さらに、元素拡散や加工熱処理を利用した周期マイクロ強度勾配制御法の確立にも着手し、周期構造制御した工業用純チタンを創製した。

マイクロ強度勾配を周期制御したステンレス鋼は、局所的に塑性変形させた状態で疲労試験を行うと優れた疲労特性を示した。そこで、切欠きを有する周期構造制御ステンレス鋼に対して破面観察や表面観察を行い、破壊起点組織の特定および切欠き底に停留き裂が存在しないことを明らかにした。また、疲労き裂伝ば試験も行い、き裂経路に及ぼす周期マイクロ強度勾配の影響は小さいことを明らかにした。以上から、周期マイクロ強度勾配制御によるステンレス鋼の切欠き疲労特性の向上は、疲労き裂発生挙動の変化に起因しているとの考えに至った。

そこで、高輝度放射光施設にて準静的試験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負荷応力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(粗大粒組織)のミスオリエンテーションが増加しにくいことを明らかにした。

なお、「高強度相が低強度相を包み込む」周期マイクロ強度勾配制御金属の特異な力学特性の解明には、各相の局所的な力学特性を把握することが重要である。そこで、稜間角の異なる複数の圧子を用いたインデンテーション法(二圧子法)によって、周期構造金属内の各相の局所的な応力-ひずみ関係を実験的に同定した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Effects of Rolling Reduction and Direction on Fatigue Crack Propagation in Commercially Pure Titanium with Harmonic Structure”, International Journal of Fatigue, vol. 143, pp.106018, 2021
- 2) “Microstructural Characterization and Wear Behavior of Sintered Compacts Fabricated from Plasma-nitrided Commercially Pure Titanium Powder”, Materials Transactions, vol. 61, No. 12, pp.2284-2291, 2020