

日本－シンガポール・インドネシア 国際共同研究 「材料（マテリアルズ・インフォマティクス）」 2022 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	データ駆動による金属積層構造の力学特性設計
研究課題名（英文）	Data-Driven Design of Mechanical properties in metallic Layered structures
日本側研究代表者氏名	榎 学
所属・役職	東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究期間	2022 年 4 月 1 日 ～ 2025 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
榎 学	東京大学・大学院工学系研究科・教授	研究総括
白岩 隆行	東京大学・大学院工学系研究科・助教	データ駆動手法の開発
Fabien Briffod	東京大学・大学院工学系研究科・特任助教	シミュレーション手法の開発

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

日本側ではこれまでに計算科学と情報科学手法を統合させることにより、伝統的な構造材料である鋼やアルミ合金の引張特性や疲労特性を予測し、逆に最適材料特性を発現するため材料のプロセス等の設計を行ってきた。この手法を金属積層デバイスの力学特性評価および特性発現機構の解析へ応用する。ナノラミネート材料の界面で特定の結晶学的特徴を考慮したマルチスケールの異方性組織再構成手法を検討し、有限要素法ソフトウェア Abaqus のユーザーマテリアル（UMAT）として記述することを目指す。

3. 日本側研究チームの実施概要

複合金属材料において Cu-Nb 積層材料は、異相界面が変形機構を変化させるため、高強度と導電性を両立する構造材料として注目され、次世代の自動車や情報通信機器など幅広い分野への応用が期待されている。この複合金属の引張特性や破壊挙動に与える異相界面の影響については広く議論されている。しかしながら、Cu-Nb 積層材料の疲労特性については詳細には解明されていない。本年度は、シミュレーション手法を開発するのに必要な基本的な疲労特性を評価するために、Cu-Nb 積層材料に対して 4 点曲げ疲労試験を行った。また、試験中の表面観察や走査電子顕微鏡(SEM)を用いた観察により、疲労挙動を解析した。

(条件)

材料：Cu 及び Nb を交互に積層した後に圧延、切断、積層を繰り返す Accumulative Roll Bonding(ARB)法を用いて作成した Cu-Nb 積層バルク材料を用意した。Cu 相は fcc、Nb 相は bcc である。また、光学顕微鏡による組織観察を行った。

4 点曲げ疲労試験：支点間距離の内側を 10 mm、外側を 30 mm として、厚さ 1 mm、幅 5 mm、長さを圧延方向(RD)に切り出した試験片に対して、応力比 0.1、周波数 20 Hz の条件でそれぞれ応力振幅を変えながら行った。また、各試験において 1000 サイクルごとに試験片の下部表面をデジタルマイクロスコープにより観察し、き裂が発生する繰返し数を計測した。

試験片観察：RD と積層方向(ND)に平行な、試験片側面について、表面のき裂を SEM によって観察した。また、異相界面や層厚が疲労試験に与える影響について考察した。

(結果)

4 点曲げ疲労試験における最大応力と破断繰返し数の関係を Fig. 1 に示す。最大応力が小さくなるにつれて破断繰返し数が大きくなることを確認できた。Fig. 2 に試験片の横についての表面観察結果を示す。発生したき裂は斜めに進展し、厚い Nb 相付近では相界面に沿って進展している様子が確認できた。

電子線後方散乱回折(EBSD)解析によって得られた結晶粒径、結晶方位などのデータから多結晶モデルを作成した。それぞれのモデルに対して引張試験のシミュレーションを行い、実験の結果と合わせこむことで各材料の結晶塑性パラメータを校正した。さらに、有限要素解析ソフト Abaqus を用いて疲労試験のシミュレーションを行うことができた。

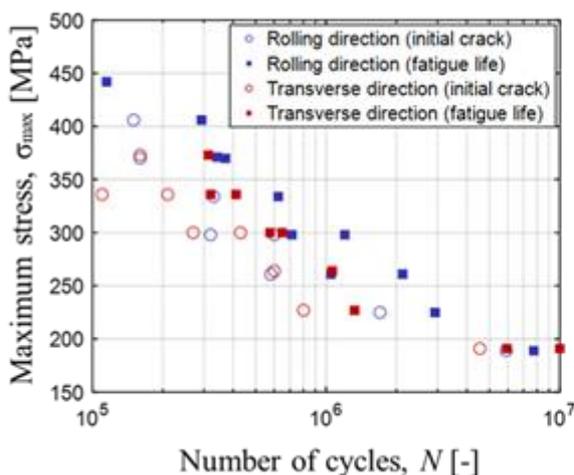


Fig. 1 最大応力と破断繰返し数の関係

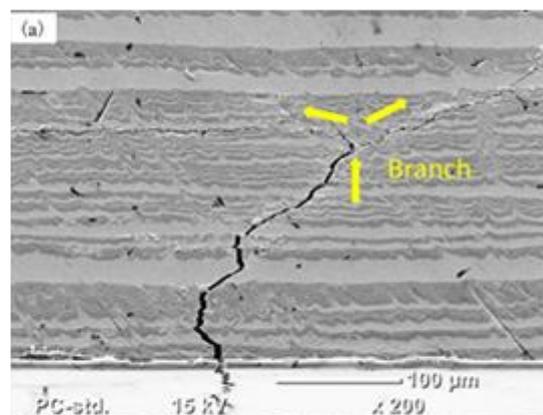


Fig. 2 試験片側面の表面観察結果