

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：SiC 繊維強化型複合材の超高温疲労試験に関する高度化技術研究
- (2) 研究代表者：物質・材料研究機構 下田 一哉
- (3) 研究期間：令和2年度～令和4年度

2. 終了評価の実施概要

日時：令和5年10月12日
場所：TKP 秋葉原カンファレンスセンター
評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授
平澤 洽（委員長）
横浜国立大学 名誉教授
上野 誠也
東京工業大学 教授
佐藤 千明
宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 特任担当役
嶋 英志
大阪大学 大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 教授
中野 貴由
公共投資ジャーナル社 論説主幹
吉葉 正行

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究と成果の概要

研究の概要

本研究では、SiC 繊維強化型複合材(SiC/SiC)を対象に、1500℃まで対応可能な、紫外光 (UV) を用いた直接観察技術及びデジタル画像関連法(以下、DIC 法)による非接触歪み計測技術を確立することで、超高温疲労試験の標準化を目指す。この際、典型的な破壊挙動を示す2種類(高強度型・高擬延性型)のSiC/SiCを、ASTM C1275の規格に沿ったドッグボーンタイプのフルスケール試験片(全長200mm程度)の形で1500℃までの超高温疲労試験に供し、既存の接触型ひずみ取得から得られる物性値と比較して妥当性を確認する。

また、ドッグボーンタイプの微小試験片(全長50mm程度)を用いた超高温疲労試験によって、DIC法の性能を評価し、微小試験片技術を実現する。

さらに、この2種類のSiC/SiCの界面相の有無や、計測したマトリックス内部の微視的な損傷挙動の差異を元に、超高温疲労の寿命メカニズムを解明する。

成果の概要

本研究では、可視光、赤外光では輻射の影響で観察できない、1500℃までの圧痕観察を紫外光での観察を可能とし、DIC法を用いた非接触型の動的なひずみ計測においても紫外光の利用が有効であることを実証した。

次に、同一のプロセスで、典型的な破壊挙動を示す2種類（高強度型・高擬延性型）のSiC/SiCの試作において、強度のばらつきの大きくなるハンドメイド法ではなく、サンドイッチ型プリプレグシートによる半自動化法を新規に開発し、超高温疲労試験に供し得る製造法を確立した。また、1200℃、1400℃での超高温疲労試験時において、DIC法を用いた非接触型の動的なひずみ計測の精度を検証した結果、既存の接触型のひずみ計測よりも有効であることを明らかにした。

さらに、1200℃、1400℃でのフルスケール試験片を用いた超高温疲労試験のS-N線図を描写した。高擬延性型では、既存の界面相を施した化学気相浸透（CVI）法のSiC/SiCと同様に、1200℃の疲労強度が、室温の疲労限度応力（PLS）よりも低下する傾向を示した。これに対して界面相のない高強度型では、1400℃でも疲労強度が室温のPLS程度（～140MPa）であった。電子顕微鏡で試験片の微細組織を観察した結果、界面相の酸化の有無によって疲労強度が低下する劣化メカニズムが明らかになった。

微小試験片では、肩部破損という問題を解決するために試験片寸法を工夫し、紫外光によるDIC法を用いた非接触型の動的なひずみ計測で、1200℃までの超高温疲労試験が実施可能なセットアップを構築した。

4. 終了評価の評点

AA 想定以上の成果をあげた。

5. 総合コメント

方法論の構築を着実に完成し、期待以上の成果を挙げている。標準化を目指した測定法の基礎研究という当初目標を実現しつつ、破壊メカニズムの究明や、高温素材の有望な新製造法など付随する成果もあげることができた。

今後の標準化に向けたコーディネートと材料損傷メカニズムの解明等への尽力に期待したい。

6. 主な個別コメント

- ・挑戦的な研究成果を出しており、タイプCとして評価できる。
- ・当初の計画に沿って妥当に研究を進めており、十分な成果が得られている。
- ・1500℃レベルでのDIC観察手法は残念ながら未達であるが、それに近い温度域での適用性を確認できており、主題的成果としては合格点が付けられる。さらに高温疲労試験での損傷解析で貴重な成果が得られている。

- ・疲労損傷解析・観察手法の標準化につなげる研究のさらなる展開が期待できる。
- ・デジタル画像相関法による超高温疲労試験の標準化を目指しつつ、新材料の開発につながる研究成果を導いている。標準化への具体的な道のりを意識いただければなお良い成果となったと思われる。新材料の開発にもつながる手法であることから、高度な計測法と先端材料開発を組み合わせた次のステップの研究にも期待したい。