

水蒸気雰囲気下におけるSiC/SiC CMCのレーザー加熱試験のための 実験環境の設計検討

Design of experimental setup for heating test
of SiC/SiC CMC by laser in steam environment.

光・エネルギー研究室

山崎 拓実¹⁾

指導教員 大久保 友雅¹⁾, 研究協力者 越地駿人²⁾

1) 東京工科大学 工学部機械工学科

2) 東京工科大学大学院 工学研究科 サステイナブル工学専攻

キーワード：サステイナブル社会，航空機エンジン，SLT法，ファイバレーザ，ガルバノスキャナ

1. はじめに

昨今の環境問題の一つとして、地球温暖化問題が挙げられる。温暖化の原因としては、石炭や石油などを継続して使用しているため、二酸化炭素などの温室効果ガスが日々、世界中で排出され続けていることが挙げられる。そこで、大量に二酸化炭素を排出する航空機エンジンの改良が必要とされており、新たな航空機エンジンの材料として、セラミックス複合材料 (ceramics matrix composites: CMC) である SiC/SiC CMC が注目されている [1]。

一般的にエンジンなどの熱機関は、式(1)のカルノーサイクルの最大熱効率に代表されるように、最高温度を T_{max} 、最低温度を T_{min} 、効率を η とすると T_{max} が大きいほど高効率が期待できる。

$$\eta = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}} \quad (1)$$

SiC/SiC CMC は従来の航空機エンジンの材料よりも耐熱温度が高いために注目されているが、エンジン内部で生じる高温の水蒸気に曝された際の特性が不明であり、実用化の障壁になっている。そこで、本研究では、SiC/SiC CMC が実際に使用される高温環境下での加熱試験を行い物性値の解明を目指す。

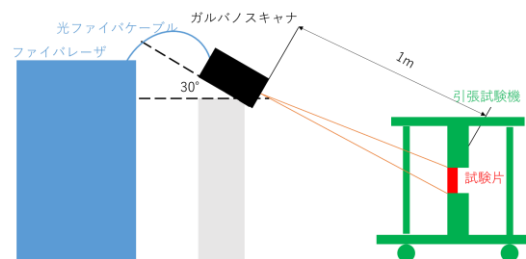


図 1 SLT 法の概要図

2. Selective Laser Thermoregulation (SLT) 法

SLT 法とは、本研究室で SiC/SiC CMC を 1400 °C 以上に均一に加熱するための、ファイバレーザとガルバノスキャナを用いた加熱法のことである [2]。この加熱装置の概要を図 1 に示す。レーザ発振器の波長は 1070 nm で最大出力は 4 kW である。この、SLT 法はガルバノスキャナを利用して光路や出力を制御することにより試料の加熱部を 1400 °C 以上の高温に均一に加熱することを目指している。

3. 水蒸気雰囲気維持装置の概要

現在開発中の水蒸気雰囲気維持装置の概要を図 3 に示す。加熱するターゲットと水蒸気を供給する水槽が、維持装置の中に配置されている。30 ° 傾けて上方に設置されているガルバノスキャナより走査されるレーザは、無反射コーティングをさ

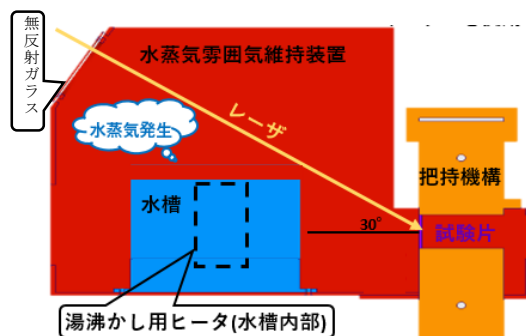


図 3 水蒸気雰囲気維持装置 概要

れたガラス製の入射窓を通過し、試験片に照射される。水槽内の水は、ヒータにより一定の温度で常時加熱され続けられているため、常に水蒸気を供給することができる。試験片を覆う空間は、水槽より供給される水蒸気に満たされている。

加熱試験中の装置全体は、1 kW のヒータにより加熱された水と 1.2kW のレーザーにより加熱された試験片から輻射と熱伝達により装置内の空気を通して加熱される。その結果、試験片、水、装置、装置内の空気が実験中にどの程度温度上昇するか確認するためのシミュレーションを Open Modelica を用いて行った。このシミュレーション結果を図 2 に示す。

シミュレーション結果より、試験片は目標温度である 1400 °C 以上にまで加熱できることを確認した。しかしながら、装置全体は 180 °C まで温度が上がってしまい、安全性に不安な点が残った。さらに、実験開始から 4950 秒で装置内部の水槽の水はすべて蒸発してしまうことが確認できた。

5. 考察

高温になる装置全体の安全対策として、柵などを設置して不用意に触れないようにする必要がある。また、実験可能時間を延長するためには、装置の外側に副水槽を設置し、装置内の水槽に常に水を供給できるようにする必要がある。

装置内の水槽を加熱して水蒸気を供給するだけでは、装置内部に水蒸気が蓄積され続け、装置内部に不必要な圧力がかかり危険な状態に陥る可能性がある。そのため、外部に水蒸気を排出することができる仕組みを設置することが必要である。

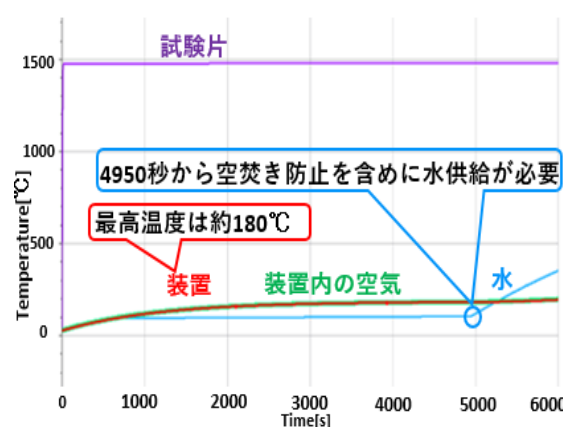


図 2 温度上昇シミュレーション結果

6. おわりに

本研究により以下の結論を得た。

- 試験片は目標温度の 1400 °C 以上にまで加熱できることが分かった。
- 装置全体が、180 °C と高温になるために安全対策が必要である。
- 水槽の水蒸気の蒸発により実験可能時間が 4950 秒に限られてしまう。

以上のことから、今後は以下の問題点を解決する必要がある。

- 高温部に触れないよう柵を設置する。
- 実験時間の延長のために装置外に副水槽を設置する。
- 装置全体に余計な圧力がかかることを防ぐために水蒸気を外部に逃がす仕組みを作る。

その後、実際に設計した水蒸気雰囲気維持装置を作成し、実験を行い、高温環境が SiC/SiC CMC にどのような影響をもたらしているのか、確認する。

参考文献

- [1] G.S. Corman and K.L. Luthra: "Handbook of Ceramic Composites" ed. by N. P. Bansal, (Publisher, Boston, 2005) p.99
- [2] H. Koshiji. Et al. Journal of Laser Micro/Nanoengineering Vol. 15, No. 3, (2020)