

レーザ加熱試験における冷却した空気の強制対流による温度勾配増加の検討

Study of Temperature Gradient Increase by Forced Convection of Cooled Air in Laser Heating Test

東京工科大学 工学部機械工学科 大久保研究室

河原崎 祐作¹⁾

指導教員 大久保 友雅¹⁾, 研究協力者 中尾根 美樹²⁾

1) 東京工科大学 工学部 機械工学科 光・エネルギー(大久保)研究室

2) 東京工科大学 工学研究科 サステイナブル工学専攻 光・エネルギー(大久保)研究室

キーワード：加速加熱試験、ファイバーレーザ、ガルバノスキャナ、SiC/SiC CMC

1. 諸言

昨今の環境問題として温室効果ガスの増加による地球温暖化が挙げられる。航空機は温室効果ガスの一つである二酸化炭素を大量に排出するため、航空機エンジンの改良が必要とされている。そこで、新たな航空機エンジンの材料として SiC/SiC Ceramics Matrix Composites (CMC) が注目されている。SiC/SiC CMC は、従来航空機エンジンに使用している Ni 基合金と比較し、軽量かつ耐熱温度が高い。そのため、高効率化が期待されている。

しかし、SiC/SiC CMC は加熱環境下での物理特性が不明なため、加熱試験によって明らかにする必要がある。先行研究では、CO₂ レーザを用いた加速加熱試験が実施されている。しかし、航空機エンジンの内部では水蒸気を発生させて内圧を高めるため、水蒸気に吸収されやすい波長である CO₂ レーザは航空機エンジンの内部を再現した加熱試験には適さない。そのため、本研究室では水蒸気に吸収されにくい波長であるファイバーレーザを用いて加速加熱試験を行い、加熱環境下での物理特性の解明を目指す。

2. Selective Laser Thermoregulation(SLT)法

SLT 法とは、図 1 のようにガルバノスキャナを用いてファイバーレーザを試験片に照射する試験手

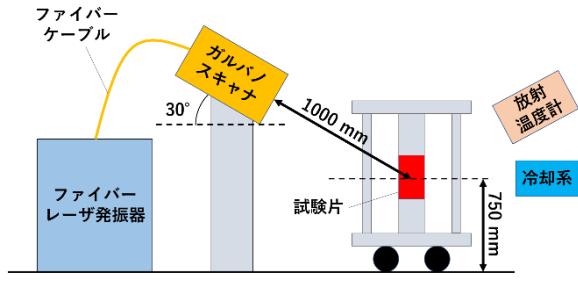


図 1 SLT 法の概要図

法である^[1]。ガルバノスキャナを用いて照射位置を高速で走査するため、大きな任意の領域を加熱することができる。

3. 強制対流による温度勾配の形成

航空機エンジンの部品は、耐熱温度付近の加熱環境下で利用されている。そのため、冷却されたガスを吹き付けることにより部品を変形から保護している。これにより、運用が検討されている箇所では、素材の厚さ方向に 100°C/mm の温度勾配が形成される。

本研究室の先行研究では図 2 に示すように、試験片のレーザ加熱を行う面の裏側に空気を局所的に吹き付けた。これにより試験片を冷却し、温度勾配を形成した^[2]。このときに形成された温度勾配は 54°C/mm であった。また、試験片の材料は SUS304 で、厚さは 3 mm であった。

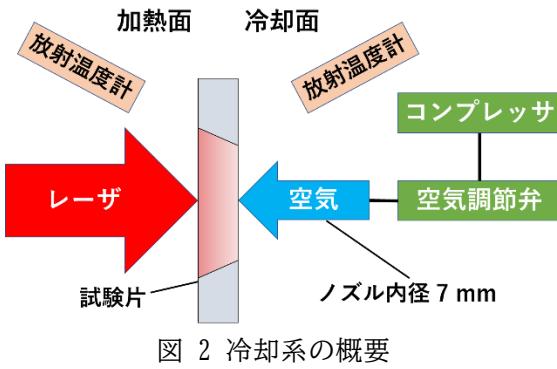


図 2 冷却系の概要

4. 本研究の問題と仮定

3 節より、先行研究の温度勾配は実際の運用での温度勾配よりも $46^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ 低かった。そのため、本研究では圧縮空気の冷却方法を検討し温度勾配の増加を目指す。

温度勾配は単位長さ当たりの温度の変化率である。そのため、試験片の厚さが等しい場合は、加熱面と冷却面の温度差が大きいほど温度勾配は増加する。先行研究において冷却に使用した空気の温度はおおよそ 16°C であった。このことから、より低い温度の空気を用いて試験片を冷却することで温度勾配が増加すると仮定した。

5. 温度勾配増加の検討

コンプレッサで圧縮した空気を冷却できる器械としてエアクーラがある。エアクーラは器内で発生させた温風の排気量により、吐出冷気の温度を調整する。そのため、入気の圧力と風量により吐出冷気の温度および風量が変化する。そこで、本校が所持するコンプレッサ（型番：SLP-37EFD M5）の性能を基準にエアクーラの選定を行った。

先行研究では風速が 12.7 m/s のとき最大の温度勾配を形成した。吐出部の内径が 7 mm であることから、吐出冷気に求める風速に必要とする風量の最小値は 29.3 L/min であると仮定した。また、対象のコンプレッサにおける最高圧力は 0.8 MPa であり、最大風量は 425 L/min である。そのため、それぞれを供給できる最大の値と仮定し、エアクーラの選定を行った。その結果、東浜工業株式会社のエアクーラの AC-50 および AC-60 が適していた。図 3 は AC-50 と AC-60 の吐出冷気の風量の変化に

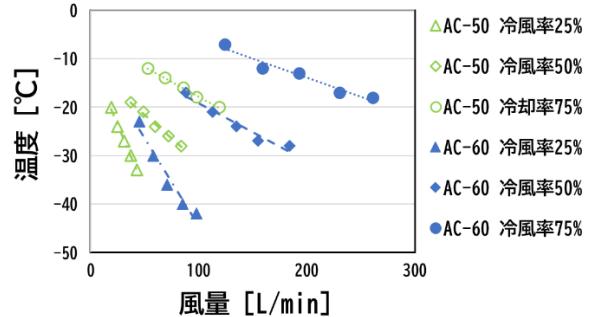


図 3 エアクーラの選定

よる吐出冷気の温度の変化を示したグラフである。冷風率は器内における冷風の割合であるため、冷風率が低いほど吐出冷気の温度は低くなる。これより、AC-60 は AC-50 よりも大きな風量と低い温度の冷気を出せることがわかった。

6. 結言

本研究で選定を行った東浜工業株式会社のエアクーラの AC-60 は、以下のことを実現できることがわかった。

- 先行研究の冷却系に用いた空気の温度である 16°C よりも低い温度の冷気を吐出できる。
- 先行研究の冷却系に用いた空気の風量である 29.3 L/min よりも大きな風量の冷気を吐出できる。

今後は、冷却系に使用している圧縮空気をエアクーラにより冷やして試験片に吹き付け加速加熱試験を行い、温度変化による温度勾配の変化を検証する。

7. 参考文献

- [1] H. Koshiji, et al.: Journal of Laser Micro/Nanoengineering. 15 (2020) pp.174–177.
- [2] T. Ohkubo, et al.: レーザー学会第 568 回研究会報告, RTM22(32-37), (2022) pp.17-21.

8. 謝辞

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP20004)の結果得られたものです。