

SLT 法における低温部にレーザーを照射するレーザー制御システムの開発

Development of the Laser Control System to irradiate a laser to the lowest temperature point for the SLT method

河原崎 祐作¹⁾

指導教員 大久保 友雅¹⁾, 研究協力者 宇井 翔太¹⁾

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

キーワード: レーザ加熱試験, ガルバノスキャナ, SiC/SiC CMC

1. はじめに

航空機を運用する際にガスタービンエンジンから排出される CO₂ の量を削減するために、軽量で耐熱性のあるセラミックス複合材料 (CMC: Ceramic Matrix Composite) の適用が拡大しつつある。特に、CMC の中で SiC 繊維を SiC マトリックスと複合化した材料 (以下, SiC/SiC) は実用化が進められている。ただ, SiC/SiC CMC は熱的特性や破壊挙動の異なる素材を組み合わせた材料である。この材料を実用化するために、航空機エンジンの内部の温度である 1400℃での諸特性を明らかにするための試験機が開発されている。本研究室では、ガルバノスキャナによりファイバレーザーの照射位置を高速で走査し、照射領域を加熱する Selective Laser thermoregulation (以下, SLT) 法という加速加熱試験手法を開発している。しかし、現状ではレーザーを照射する際に発生する、レーザー照射条件と材料の熱的特性の変化や、レーザー光と SiC/SiC の相互作用により生じる影響などに対して温度補償が行われていないために、加熱方法としては SiC/SiC の均一な加熱が実現していない^[1]。

そこで、本研究では SLT 法による温度分布への影響に着目し、加熱試験中に加熱面の温度補償を行う手法の開発を目的とした。将来的には、放射温度計で加熱面の温度分布を取得し、その温度分布を均一に加熱するためにレーザーを走査するパスを求め、そのパスに沿ってレーザーを制御する。その概念図を図 1 に示す。

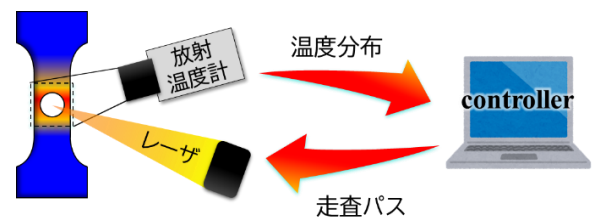


図 1 将来的に開発するシステムの概念図

本研究では、取得した温度分布をセルに分割し、その中で温度が最も低いセルを加熱するためのレーザーの走査パスに沿い、入力データに応じてリアルタイムにレーザーを制御するシステムの開発を行った。

2. 開発したシステム

本研究の第一歩として、温度が最低なセルを加熱するためのレーザーの走査パスを求めた。このとき、レーザー加熱試験を行い実際の温度分布を計測するのではなく、ランダムに生成された 2 次元の温度分布を模擬したデータを用いてレーザーの走査パスを求めた。具体的には、各時刻における走査パスの終点を、そのときに入力した温度分布のなかで温度が最も低いセルとした。そして、各時刻におけるレーザーの照射位置を始点とし、求めた終点に向けてレーザーを直線的に走査した。これらの処理を繰り返すことにより、各時刻における相対的に温度が最低なセルの加熱を繰り返す制御を模擬した。このシステムのフローチャートを図 2 に示す。

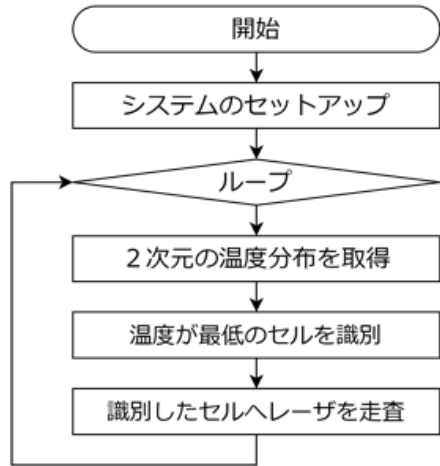


図 2 開発したシステムのフローチャート

3. 結果

温度分布を模擬した入力データは、 100×100 mm の 2次元データとし、各セルは 0.5 mm 四方の正方形とした。時々刻々と変化する温度が最低なセルを約 50×50 mm の領域において時計回りに直径 30 mm の円形を描くように配置し、それ以外の箇所はランダムに設定した。これらのデータの各時刻における適切な走査パスを求め、直径約 8 mm のガイドレーザを走査した。これにより得られたレーザの照射画像を加算し、図 3 に示す軌跡を得た。温度が最低なセルを追尾し円形の軌跡を得られているため、加熱試験中に温度補償を行うためのレーザの制御を模擬できたと言える。

4. 今後の展望

本研究では入力は温度分布を模擬したデータとしたが、今後はこれを実際の温度分布とする必要がある。しかし、 1400°C 級の加熱環境下で試行錯誤によるシステム開発は危険である。そこで、レーザ加熱を再現したシミュレーション環境内においてシステム開発を行う。具体的には、レーザ加熱のシミュレーションにおいて加熱面の温度分布を取得し、そのなかで温度が最低のセルに向けたレーザの制御をシミュレーション上で行う。このようにサイバー空間で本システムが正しく動作することを確認し、フィジカル空間で実際にレーザ加熱試験を行う。

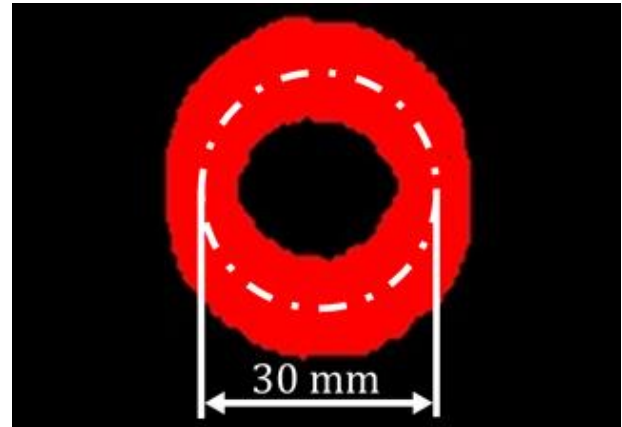


図 3 円形に走査したガイドレーザの軌跡

参考文献

- [1] H. Koshiji, *et al.*: Journal of Laser Micro/Nanoengineering. 15 (2020) pp.174-177.