

レーザー粉体肉盛溶接のインプロセスモニタリングによる 品質評価（第2報）

奥田 誠（情報・生産技術部システム技術グループ）

福山 遼（情報・生産技術部加工評価グループ）

1. はじめに

近年、レーザー粉体肉盛溶接（LMD）は局所的に高機能な肉盛層を形成できることを特徴として、補修や表面改質への運用が可能であることから、産業界における導入が拡大している。一方で、製品の信頼性を確保するためには、従来の「溶接完了後」中心の品質管理だけでは不十分である。欠陥が発生した場合は事後的なトラブルシューティングが必要となり、コストと納期に影響を及ぼす。

本研究は、LMD に対するインプロセスモニタリングの有効性を評価し、リアルタイムでの品質管理手法を確立することを目的としている。具体的には、以下の要素を同時取得できる測定システムの開発に取り組んでいる。

1. 発光強度
2. 溶融池付近の温度分布
3. 溶融池画像

これらのデータから、欠陥の有無を高精度で検出できる特徴量の抽出と評価手法の提案を行うことが目的である。

2. 実験及び結果

これまでに発光強度と温度分布の測定は行えているため、溶融池画像の撮影機能を測定システムに追加した。

2.1 測定治具の設計・製作

従来取得していた発光強度情報に加えて、溶融池画像を同時に撮影できるように、図1に示すようにカメラ搭載用治具を新たに設計し、試作した。

2.2 実証実験

正常条件（レーザー出力 2 kW, 加工速度 10 mm/s）と異常条件（レーザー出力 3 kW, 加工速度 5 mm/s）の2種の加工パラメータで撮影試験を実施した。図2に示すように画像上では、中心部に明るく円形の光斑がレーザー照射点として確認できた。一方、レーザー照射点の左上および右下付近に小さな円形光斑が散在したが、これは加工ヘッドや治具表面からの反射によるノイズと推測される。なお、治具をアルミニウム素材のまま使用したため、反射光が顕著になったことが要因と考えられる。

2.3 結果概要

正常条件と異常条件で撮影された溶融池画像を比較すると、溶融池の大きさに明らかな差が認められた。これにより、インプロセス映像から加工状態を判別できる可能性が示唆された。

3. 考察及び今後の展開

インプロセスモニタリングによる品質評価を実現するため、システムを構築するにあたり課題とその対策方針について示す。

3.1 画像ノイズ

アルミニウム治具表面が光を強く反射し、溶融池周辺に小さな円形光斑が多数出現している。これらは欠陥判定の妨げとなるため、治具表面を黒色アルマイト処理し反射率の低減を試みる。

3.2 カメラ露出量の調整

レーザー照射点が極端に明るくカメラセンサが飽和して溶融池全体の形状が捉えられないため、減光フィルタを導入するなどして露出量を調整し溶融池全体の可視化を改善する。

3.3 欠陥検出精度の向上

現状は発光強度・温度分布のみで正常・異常を判別していたが、溶融池画像から正常・異常の判別に効果的な特徴量を抽出し、欠陥検出の精度向上に取り組む。

3.4 システム運用性

リアルタイムに溶融池画像を取り込み、特徴量を抽出し、正常・異常判定を行うシステムを開発する。

以上の対策を実施し、インプロセスモニタリングによるリアルタイム品質評価技術の実用化を目指す。

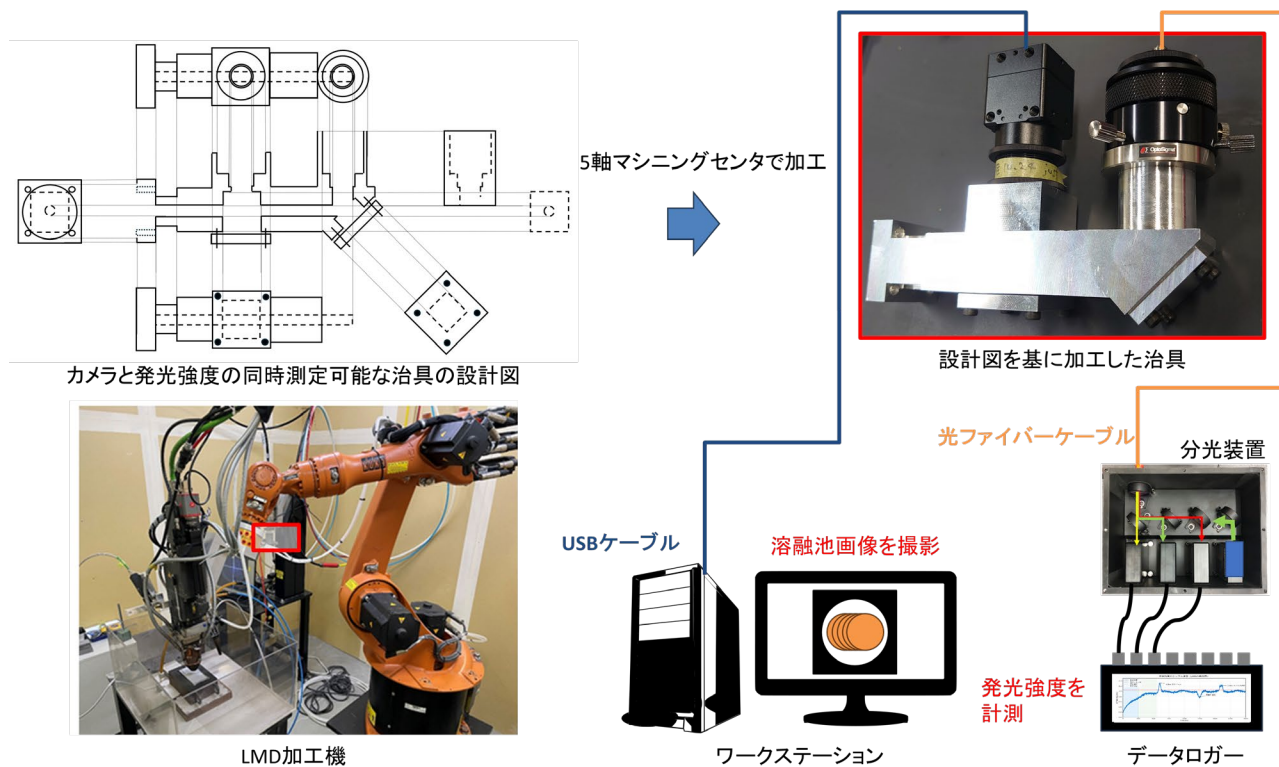


図1 治具の設計図面およびシステム構成図

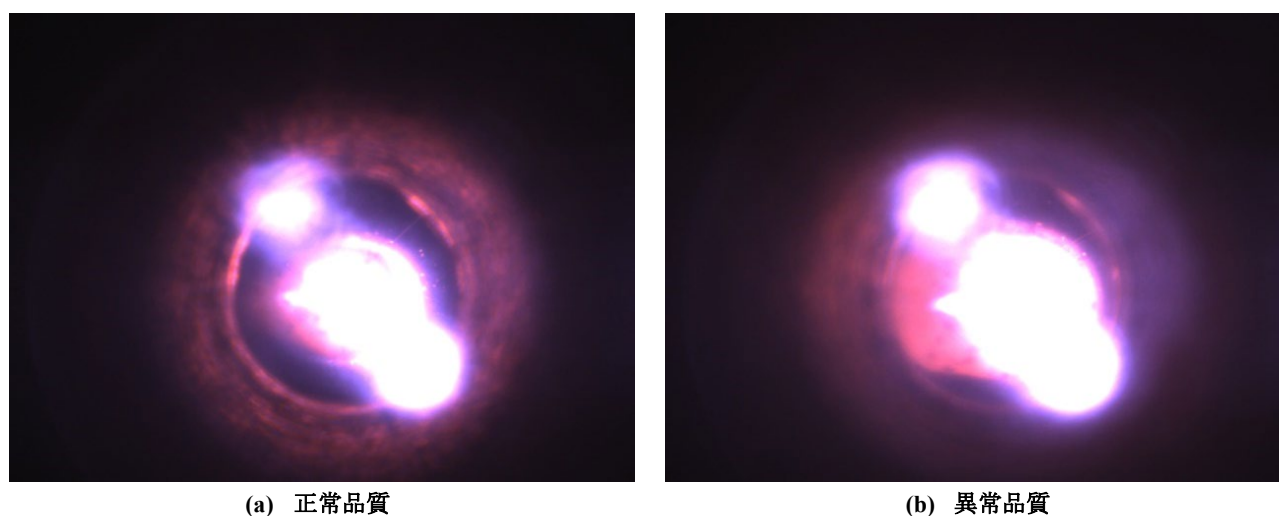


図2 溶融池の写真

【参考文献】

1. 森清和, 石川毅, 薩田寿隆, 奥田誠, 福山遼, 中村紀夫:機械学習によるレーザー溶接モニタリング技術, レーザ加工学会誌, 28(2), 99-105 (2021)
2. 福山遼, 奥田誠:KISTEC 研究報告 2024, 機械学習を用いたレーザー溶接における溶け込み深さの予測とブローホール検出モデルの構築, 31-33(2024)
3. 奥田誠, 福山遼:KISTEC 研究報告 2025, レーザ粉末肉盛溶接のインプロセスモニタリングによる品質評価 (第1報), 19-20(2025)