

異種金属接合および金属とCFRPの異種材料接合技術を紹介

編集部

アルミと異種金属の接合、およびアルミとCFRPの接合技術は、溶接時に温度モニタリング技術を適用することで、より高度な品質保証が可能になる。

中部レーザ応用技術研究会の主催による「アルミニウムの各種レーザ溶接」をテーマにした講演会のPART2として、前田工業株式会社代表取締役社長の前田利光氏による講演「異種材料接合(アルミ—CFRP、アルミ—鋼、アルミ—銅)」をレポートする。

サーモカメラやX線透視画像によるモニタリング

前田工業は溶接や切断、クラッディングや焼入れ、カラーマーキングなどのレーザ加工や、各種レーザ加工システムの提案、コンサルティングなどを行っており、近年は高出力ブルーレーザ加工や、レーザ乾燥処理も手掛ける。

同社は、およそ10年前からモニタリング技術などの研究開発を行い、加工品質に対する信頼性の向上に取り組んできた。特にX線を用いて溶接中の金属内部の透視画像を確認して品質を



前田工業株式会社 代表取締役社長
前田 利光氏

加工同時モニタリング LEXA THERMOMETER

同社のインプロセスモニタリングシステム(図1)の中で特に前田氏が紹介したのが、温度モニタリングシステム「LEXA THERMOMETER」である。同システムは、サーモカメラでレーザ溶接中の溶接池や溶接ビード、熱影響部の発光を捉えて、温度分布を可視化・定量化し、良好な溶接条件を導出したり、溶接状態を管理したりすることが可能である(図2)。

溶融池などの高温部は850nm、熱影響部などの低温部は1500nmの発光を捉える。低温側は500°Cから高温側は推定値を含めると3000°Cまで測定が可能である。画像上に矩形を設定して矩形内の平均温度を測定したり、ソフト上で100°Cごとのピクセル数を計算して、各温度域の面積の割合を調べたりすることもできる。前田氏は、このシステムによるモニタリング例を交えつつ、アルミと鋼、またアルミと銅の異種金属接合技術の概要や性能について紹介した。

図1 インプロセスモニタリングシステム

向上させる工法の開発にも力を入れており、2台のX線発生機を用いたステレオ撮影による3次元撮影も可能である。近年は東京大、理化学研究所と共に、兵庫県の放射光施設「SPring-8」の高輝度X線を用い、自社システムで溶接中の金属内部の透視画像を取得し、さらに内部欠陥を減らすための研究を行っている。

LEXA VIEW
高速度カメラによる溶融現象の定量化
→溶接品質を合否判定

LEXA THERMOMETER
サーモカメラによる加工点温度分布の可視化
→溶接中の溶融池温度や熱影響の変化を把握

LEXA OCT
OCTによるキーホール形状の可視化、キーホール深さの測定
→良好溶接条件の導出を効率化

LEXA SPATTER MONITOR
高速度カメラによるスパッタの測定
→スパッタの数、飛散軌跡、サイズの測定

エラストマーを接合材料として利用

後半に前田氏が紹介したのが、アルミとCFRPの異種材料接合である。Laserline社のIR波長3kW半導体レーザ発振器を用い、接合速度1m/min、接合幅10mm以上、溶着強度10MPa

以上を目標として接合技術を開発した(図3)。この技術は、CFRPと金属で厚さ0.1mm程度のエラストマーを挟む。エラストマーは、ゴムと樹脂の中間の物質で、非常に柔らかい。金属側からレーザを照射し、熱伝導によりエラストマーを溶かす。金属とエラストマーは化学的に結合し、CFRPとエラストマーはお互いに溶け合う双溶の状態になる。

ただし、通常のマルチモードレーザで加熱すると、中央に熱が偏りCFRPの樹脂部分が発泡損傷してしまう。一方、両サイドは熱が逃げて接合がうまくいかない。そこで同社は強度プロファイルの両端を高くし、真ん中はへこませるエネルギー分布により、表面から伝わってくる熱伝導を裏面では均一にして、CFRPを破壊しないように接合する技術を確立した。

ビーム強度分布シミュレーションなどの検討をふまえて回折光学素子(DOE)を作成し、ステンレスに照射して裏面の温度を測定したところ、300°Cを超える程度の温度で均一になっていることが観察できた。実際の測定の結果、-5mmと+5mmの場所では温度差が20°Cとほぼシミュレーション通りとなった。

このDOEを使用してステンレスとCFRPの間にエラストマーを挟み込み、溶接を行った(図4)。引張試験を行った結果、接合部から破断し健全とされる凝集破壊のモードとなった。さらにはさまざまなエラストマーシートについて実験したところ、18MPa程度まで強度が上がることがわかった。

アルミ合金のA5052とCFRPの接合においては、ステンレスと比較して強度分布のU字の凹みは非常に大きくなる。温度差については20°Cであった。引張試験については接合部からの凝集

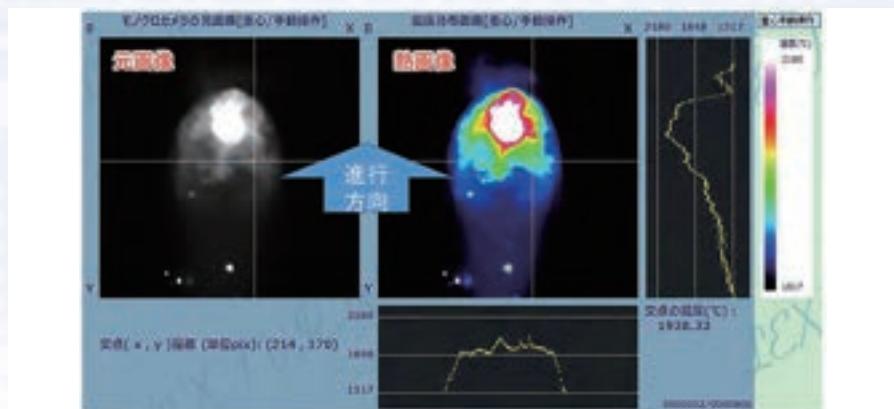


図2 温度測定機能の詳細

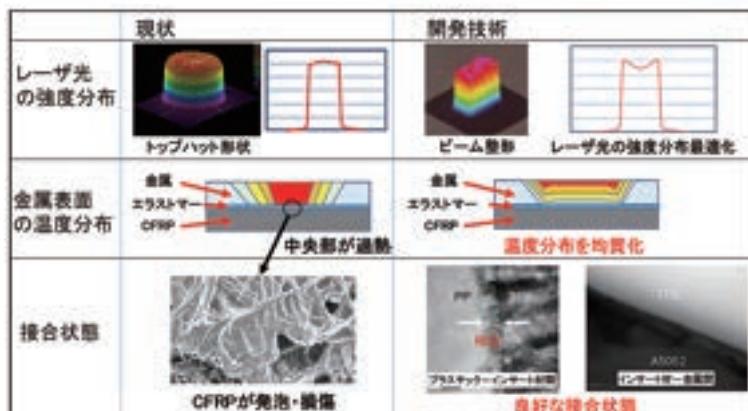


図3 アルミとCFRPの異種材料接合

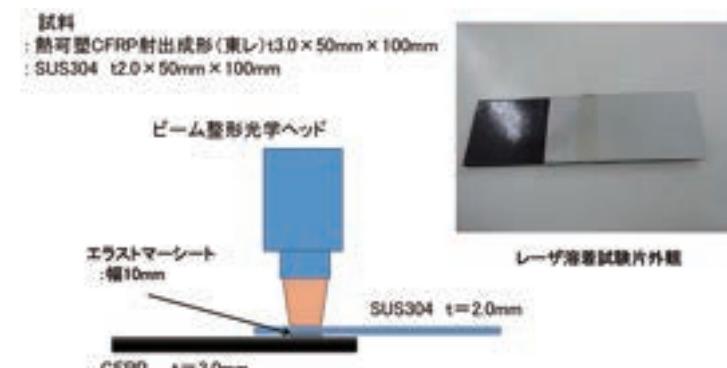


図4 レーザ溶着試料の作成

破壊で良好な結果となった。

エラストマーを用いたレーザ溶着のメリットをまとめると、接合時間の短縮、かつ安価であることにより、CFRPを利用した金属部品の量産が可能になる。また金属とCFRPは電食のリスクがあるため、間にエラストマーを挟むことにより電食防止を図ることができる。「半導体レーザを用いた接

合技術は、レーザを絞った形での適用が多いが、我々は逆にレーザ光を広げて接合面積を稼ぐことにより母材破断ができるような接合を選択している。最もよい特徴は、エラストマーの柔軟性が、接合境界の物性差や応力を緩和してくれるということだ。そのため、我々の技術は温度変化が激しい環境に非常に適すると考えている」(前田氏)。