

角型バッテリーの 缶／キャップ間レーザー溶接の進歩

ジャン・フィリップ・ラヴォア、マーク・オーガー

角型バッテリーの缶／キャップ間溶接は、大量生産における課題となっている。自動車の動作環境においてバッテリーの使用期間を通して強度を持続する気密封止を実現する溶接部を、採算が取れる方法によって生成する必要がある。

多くのメーカーが、電気自動車(EV)の高性能化と低コスト化に取り組んでいる。この取り組みの主要要素の1つが、バッテリー技術の向上である。特に、製造コストの低減(特に生産サイクルタイムの縮小)と信頼性の向上を同時に実現する方法と材料を開発することに、焦点が当てられている。その代表的な例が、角型バッテリーの缶／キャップ間溶接であり、レーザー溶接におけるある最近の進歩によって、この分野に素晴らしい成功がもたらされている。

缶／キャップ間溶接とは、具体的に

は、バッテリーの電極構造をすべて収めた筐体(缶)の蓋を密封することである。この密封処理は、それらの内部部品が缶に組み込まれた後に行われる。生産サイクルの終了間近の、ほとんどの価値がアセンブリに組み込まれた後に行われる処理であるため、この段階での部品の廃棄は、特に高くつくことになる。

この密封処理では、かなり長い連続的な溶接部を生成する必要がある。一般的な角型バッテリーは、幅20mm、長さ300mm程度で、溶接部はバッテリー全周にわたる。この処理を行うメ

ーカーに求められる主な要件は、以下のとおりである。

- ・元の部品の(特に四隅の)フィットアップが完璧でない場合や一貫していない場合でも、溶接シームによって溶接部全体を隙間なく気密封止する必要がある。
- ・十分な溶け込み深さと低い溶接ポロシティ(気孔率)を達成する必要がある。これは、振動や機械的衝撃を受けても溶接部が割れることなく、バッテリーの使用期間を通して持続する封止強度を実現するために必要である。

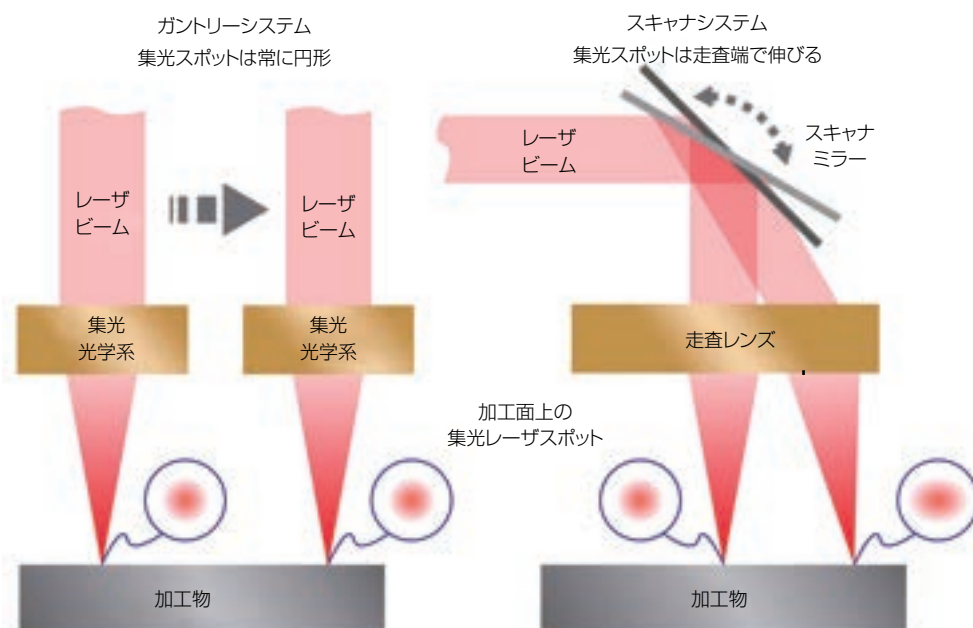


図1 ガントリーシステムは、ビームの歪みが生じないため、スキャナシステムよりも一貫した溶接部を生成できるが、速度が遅く、より大きな部品を溶接する場合はそれが問題になる。

・溶接時に金属を飛散させてはならない。最も重要な点は、電氣的短絡を引き起こす恐れのあるバッテリー内部の飛散(スパッタ)をなくすことである。スパッタは、バッテリー缶に一般的に使われているアルミニウムの溶接において、特に問題となる。これには複数の理由があるが、最大の理由は、アルミニウムの反射率が高く融解温度が低いことにある。そのために溶融池が不安定になる可能性があり、それが溶接スパッタの発生につながる。

・内部部品の損傷を避けるために、バッテリーへの熱入力を制限する必要がある。

ファイバレーザは、上記の要件のすべてを満たすことができる。そのため、角型バッテリーの缶/キャップ間溶接に有効な生産ツールとして、既に確立された状態にある。最も一般的な実装方法は、ビーム集光光学系をガントリーに搭載して、所望の溶接シーム形状に沿って動かすというものである。

このガントリー方式は、高精度な機械的アライメントと優れた溶接一貫性を実現する。レーザビームが、常に正確な位置と同じ入射角度で加工物に当てられるためである。しかし、光学系(あるいはバッテリー)を動かすことにより、ガントリーシステムの動作は遅くなる。速度の低下はそのまま生産コストの増加につながるため、これは問題である。

大きなエリアをより高速に溶接するには

メーカー各社が、生産能力の大幅な向上を目指すとともに、より大きなサイズの角型バッテリーを採用する中で、ガントリー方式の溶接システムの速度の制約は、深刻な問題となってい

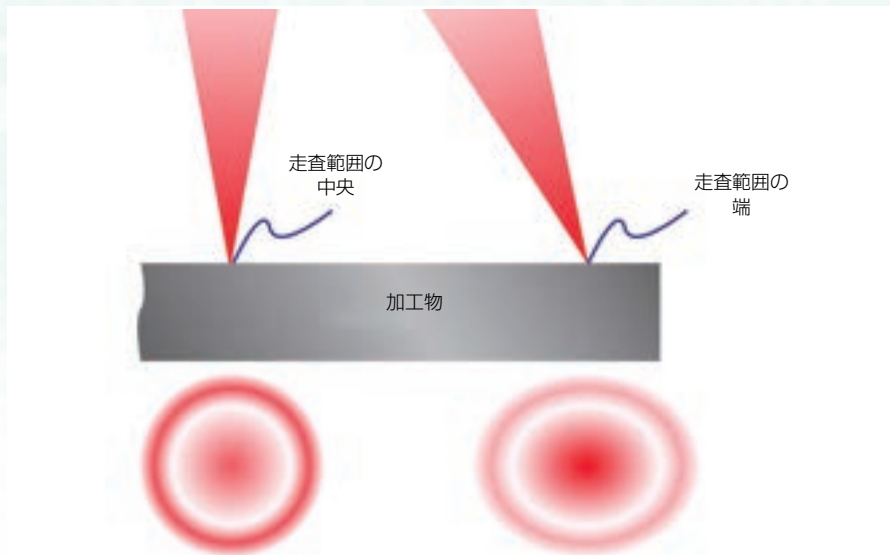


図2 センタービームとリングビームの出力比を変えることによって、走査範囲の端におけるスポットサイズの歪みを補償することができる。その結果として、一貫した溶接部が得られる(注記: ビームの歪みは、この図において誇張して示されている)。

る(図1)。走査システムならば、より高い溶接速度が得られることは、広く知られている。スキャナミラーを使って無重量のレーザビームを動かすほうが、集光光学系アセンブリ全体を物理的に動かすよりも、はるかに容易だからである。

しかし、物理的に大きな部品を溶接する場合は、走査システムにも課題が生じる。これにはいくつかの理由がある。まず、ビームは視野の端に近づくにつれて幾何学的に歪み、円形から楕円形に変化する。これらの部品はサイズが大きいため、缶の四隅や端の部分において、特にこれが問題になる。2つめは、このビームの歪みが、四隅における走査方向の変更と相まって、顧客の品質要件を満たさない溶接シームが生成される可能性があることである。また、ビームのサイズや部品への入射角度が変わると、加工面における出力密度が変わり、溶接方法に影響が生じる。

これらすべての要因を完全に補償する方法は、比較的最近まで存在しな

かった。その解決策として登場したのが、空間ビームプロファイルを動的に変えることのできるファイバレーザだった。これによって溶接システムは、走査範囲の端におけるビームの幾何学的な歪みの影響を補償するとともに、(曲線などの)加工時に走査速度を変更することが可能である。

この技術を具現化する米コヒレント社(Coherent)の製品が、モード可変ビーム(Adjustable Ring Mode: ARM)ファイバレーザである。この種のレーザにおいて、ビームは、従来のような単なるシングルスポットではない。ビームは、従来のガウス分布の中心スポットの周りを、同心リング状の別のレーザ光が囲む形状になっている。

最も重要な点は、中心とリングの出力を、非常に高速に個別に制御できることである。閉ループの出力制御により、この出力変調を高い精度と再現性で行うことができる。これにより、溶接時のレーザエネルギーの空間分布を正確かつダイナミックに制御することができる。

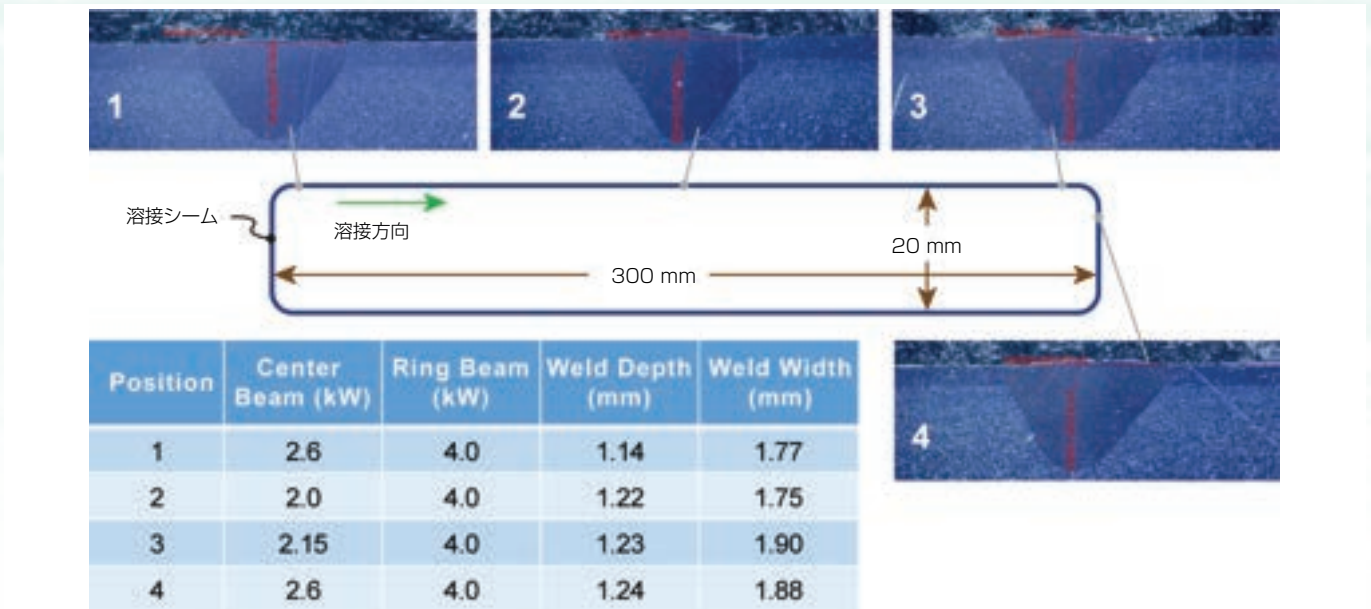


図3 300×20mmのバッテリーに対して、単一の連続的な缶／キャップ間スキャナ溶接を行った。350mm／秒で動作するHighLight FL-ARM 100/290レーザとII-VI RLSKスキャナにより、一貫性の高い溶接シーム形状を、大きな走査範囲全体で維持することができた。表は、溶接部に沿った複数箇所におけるセンタービームとリングビームの出力を示したものである。溶接の後半部においても、このパターンが繰り返された。(注記:ビームの歪みは、この図において誇張して示されている)。

ファイバレーザで、 隅まで一貫した溶接が可能に

この方法を正しく適用すれば、ARMレーザによって、走査システムを使用した高品質な角型バッテリーの缶／キャップ間溶接が可能である。具体的には、センタービームとリングビームの出力比を臨機応変に変更することにより、スポットが伸びても同じ溶接結果が、レーザによって一貫して生成されるようにする。

全体出力(と出力比)も、スキャナ速度の変化に合わせて迅速に変化させることができる(図2)。これが必要なのは、スキャナの速度、すなわち、加工物上のレーザスポットの速度は、溶接シームの隅に近づくにつれて減速し、隅から離れるにつれて元の速度に戻るためである。急な湾曲部や隅角部がある形状を溶接する場合についても、同じことが言える。

この方法では、溶接シームの幅と溶け込み深さも個別に制御することがで

きる。これにより、部品のフィットアップ(隙間幅)に対して厳しい公差を設ける必要がなくなる。この公差を小さくすることは、生産コストの低減につながる。また、熱影響部(HAZ)を最小化し、高速走査(350mm／秒以上)に対応し、広い走査範囲を網羅することも可能である(図3)。

速度と品質の間の トレードオフを克服

ファイバレーザは、産業用材料加工の分野で、多大な成功を収め、この20年間で他の多数のレーザ技術や、レーザ以外の技術を置き換えてきた。しかし、その期間の大半において、ファイバレーザメーカーの関心は、さらに高い出力の開発に集約されていた。

しかし今、eモビリティと軽量化を支えるために製造現場に導入されつつある、最も要件の厳しい溶接処理は、単に出力や馬力が高ければよいという類のものではない。それらには、巧妙

な技が必要である。具体的には、レーザ出力の加工面上の分布を、空間的にも時間的にも正確に制御する能力である。その能力は、薄い材料や熱に敏感な材料の溶接、「難しい」材料(アルミニウム、銅、高強度鋼など)の加工、異種材料の接合を適切に行うために、必要である。

ARM技術は、このニーズを満たすために考案されたイノベーションの1つである。角型バッテリーをファイバレーザで溶接する場合の、速度と品質の間の従来のトレードオフが克服されている。これによって、スキャナ溶接システムを、量産に対する費用対効果と性能に優れた手段とすることができる。

著者紹介

ジャン-フィリップ・ラヴォア (Jean-Philippe Lavoie) は、米コヒレント社 (Coherent) の北米応用研究所マネージャー、マーク・オーガー (Marc Auger) は、同社の車載担当セールス開発マネージャー。e-mail: marc.auger@coherent.com URL: www.coherent.com