

EVおよびバッテリー製造向けの銅やアルミニウムに使用される、最新のレーザ加工技術を紹介

編集部

レーザを使った加工ツールは、バッテリーの製造において多くの利点をもたらす。

「名古屋レーザフォーラム2023」(中部レーザ応用技術研究会主催)が2023年2月8日、名古屋市において開催された。「最新のレーザ加工技術」をテーマに7名の登壇者が講演を行った。ここでは独フラウンホーファーレーザ研究所(Fraunhofer ILT)溶接切断研究室部長のAlexander Olowinsky氏による基調講演「電気自動車および電池製造に応用されるレーザ加工技術」および、独レーザーライン社(Laserline)戦略的アカウント部長のMartin Weiler氏による講演「高出力半導体レーザによる新しい展開」をレポートする。

EVおよび電池の製造に利用されるレーザ加工技術

バッテリーはEモビリティの重要な構成要素であり、中でも自動車産業においてはリチウムイオン電池(LIB)の需要が増加している。そのニーズを満たすためには、生産性が高くコストの低いバッテリーの加工法が必要となる。中でもレーザは電極の製造からモジュールやパックの生産まで幅広く用いられる加工手段である。だが一方で、反射率の高い銅やアルミニウムの溶接には新しいアプローチが要求される。フラウンホーファーレーザ研究所の



フラウンホーファーレーザ研究所 溶接切断研究室部長 Alexander Olowinsky氏

Olowinsky氏は講演で、バッテリーをはじめEモビリティにおいて利用されるレーザ加工技術について語った。

Eモビリティにおけるレーザアプリケーションには、さまざまなものがある。電極のレーザ乾燥や電極の穴あけ加工と構造化、またセル間の接点の接合や、モジュール間のバスバー接合、パッケージングやハウジング、そしてバッテリーパックの解体である。一方バッテリーには、セルのエネルギー密度の向上や、製造工程におけるエネルギー消費量の削減、セルやパック、システムのコスト削減、バッテリーの製造安定性および安全性の向上などが要求される。

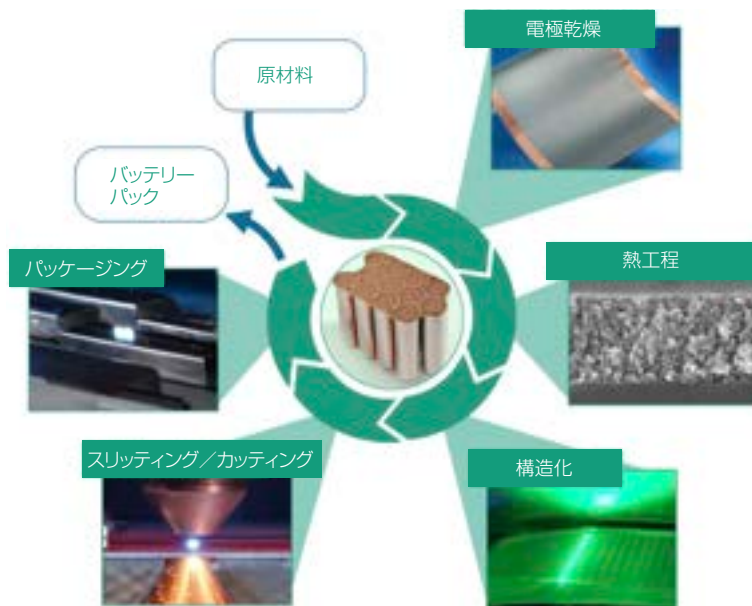


図1 電池の生産工程におけるレーザプロセスの効率化



図2 陽極スラリーの高速レーザー乾燥

そこで取り組むべき課題として浮上するのが、バッテリーの生産工程におけるレーザープロセスの効率化である(図1)。原材料からバッテリーパックに至るまでの工程において、セル性能の向上や高速処理によるサイクルタイムの短縮、エネルギー効率の高いレーザーによる二酸化炭素(CO₂)フットプリントの向上、バッテリーモジュールのフレキシブルかつスケラブルな設計などが重要となる。

陽極スラリーの高速レーザー乾燥への挑戦

バッテリーセルのライフサイクルにおけるエネルギー消費量についてみると、炉による乾燥工程で27%ものエネ

ルギーが消費されている。この工程をレーザー乾燥に置き換えることにより、さまざまなメリットが生まれる。レーザーは高速制御が可能のため、乾燥のばらつきに応じた調整が可能である。また局所的にエネルギーを注入できるため、周囲の装置などを高熱にさらすおそれがない。さらに、炉よりも接地面積が小さくなる、乾燥に必要なエネルギー消費量が最大で半分になるなどもメリットである。

レーザーによる陽極乾燥の課題としてOlowinsky氏は、クラックの形成やバブルの形成、層間剥離、バインダの移動や分解などの欠陥の発生をあげた(図2)。これらは溶媒の高速蒸発、高速除去やバインダ成分によるレーザー光

の吸収によって誘起される。

リチウムイオンの輸送経路形成

現在使われている液体電解質を用いたLIBには、超短パルスレーザーの照射による電極の構造化や、活物質への大面積レーザーアブレーションが適用されている。バッテリー技術の研究開発における素材由来の課題としては、エネルギー密度の向上や、コバルトフリーなどサステナブルでリサイクル可能なセルの設計があげられる。パフォーマンス要因における課題としては、出力密度の向上や急速充放電、高パフォーマンスの長期的な維持などがある。

高速充電においてはリチウムの dendroライトが形成され、短絡によりバッ

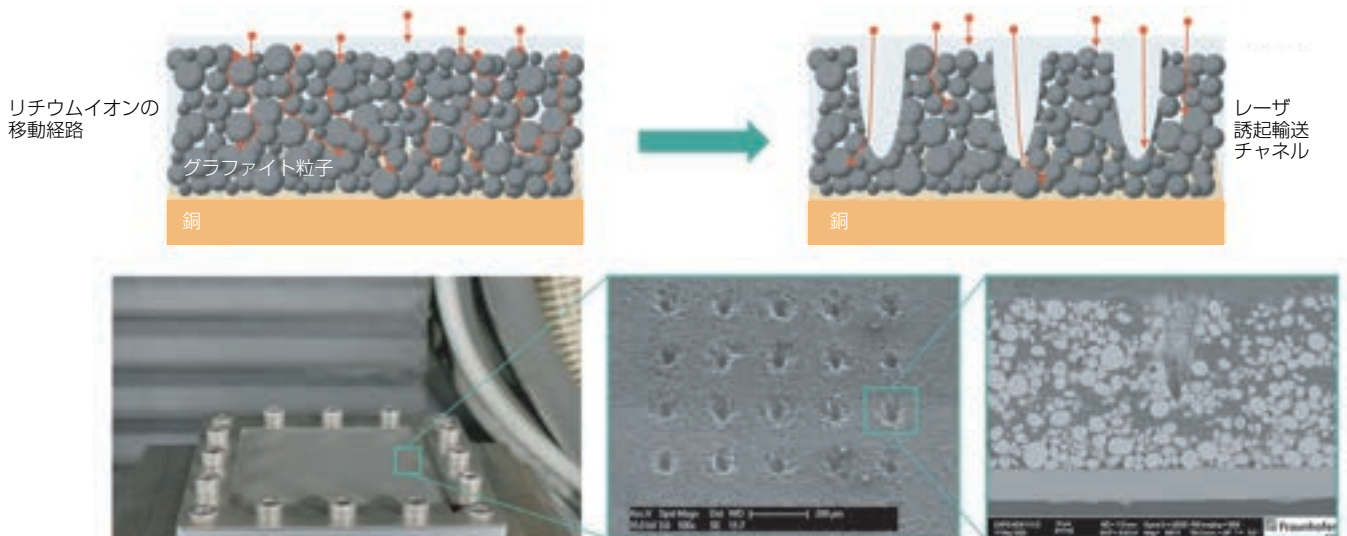


図3 リチウムイオンの輸送を促進する電極構造

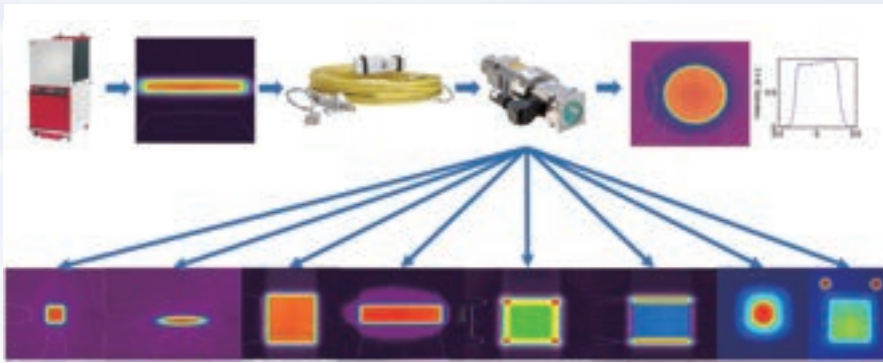


図4 半導体レーザーによる柔軟なビーム成形



図5 レーザクラディングの種類

テリーの寿命が短くなることが課題である。これに対しては、レーザーによりリチウムイオンの輸送経路をつくり、リチウムイオンの輸送を促進することが可能になる(図3)。

レーザーを使った加工は、バッテリー製造において多くの利点をもたらす。Olowinsky氏は、その利点を「高エネルギー密度の照射による加工時間の短縮や基板への効率的なエネルギー移動によるエネルギーロスの削減、そして容易にデジタル化に対応できることによる個別生産ロット対応」であるとまとめた。

自動車用銅コネクタなどで有効なブルーレーザー

レーザーライン社のWeiler氏は、ブルーレーザーの技術的進展や、高出力ブルーレーザーによるアプリケーションについて紹介した。近年、レーザーベースの銅の加工プロセスが、電気自動車の高伝導材料コネクタの接合において重要になってきている。波長が450μmのブ

ルーレーザーは、NIRレーザーと比べて銅の溶融において非常に高い性能を発揮する。従来、ブルーレーザーは低出力であり、この高い吸収率のレーザーの研究には限界があった。これに対して現在のレーザーライン社が提供する出力が数kWのブルーレーザーは工業的なレベルに達しており、近年大きな進展があった。講演では、このレーザーの同社による最近の開発状況などが語られた。

腐食防止や耐摩耗、修理、3Dプリントなどに活用

レーザーライン社の製品は自動車や航空宇宙、半導体をはじめ、Eモビリティ、石油・ガス、再生エネルギーなどあらゆる分野で利用されている。半導体レーザー技術はトップクラスであり、さまざまなビーム形状を提供することが可能である(図4)。同社のアプリケーションの範囲は幅広く、レーザークラディングやCFRP、およびプラスチック加工、ウエハ検査、3Dプリンティング、溶接や熱処理、ボンディング、



レーザーライン社 戦略的アカウント部長
Martin Weiler氏

ブレイジング、アニーリングなど多岐にわたる。

レーザークラディングにおいては、さまざまな分野に対応する(図5)。腐食防止においては品質向上や耐用期間のアップ、ポアやクラックがないなどの特徴がある。摩耗保護においては、耐摩耗性の向上に貢献し、表面硬化合金などに対応可能である。修理分野においては、オリジナル部品形状の再生やコストダウンおよび材料の節約、環境にやさしい、またその場対応が可能といったメリットがある。3Dプリンティング分野においては、高度に複雑な部品を製造することができ、パウダーベッドよりはるかに高速で、異なる材料の複合造形にも対応が可能である。

半導体レーザーのアプリケーションとしては、例えばブレーキディスクや大型油圧部品のクラディングがあげられる。この用途では、高速クラディングが可能である。最大毎分200mのスピードであり、成膜レートは1時間あたり10kgのレートで、面積成膜率は1時間あたり最大10m²となる。

レーザーライン社の開発した新型溶接用のスポットインスポットモジュール

ルでは、外観の向上やスパッタ形成の低減、ギャップブリッジの振る舞いの改善や溶接速度の向上が見込まれる。

IRレーザを多く反射する材料では青色波長が必須

Weiler氏は、そもそもなぜブルーレーザが必要なのかについて解説した。これは、より短い波長ではレーザ光の高い吸収率と製造安定性を確保できるためである。銅やその合金では、IRレーザに対して吸収率が20%以下と低く効率が悪くなる。445nmのブルーレーザであれば、吸収率は70%前後になり、はるかに効率を上げることが可能になってくる。

同社では2018年の0.5kWおよび1kWのレーザにはじまり、出力を上げるとともにビーム品質の向上を続け、2022年に出力1.5kWおよび3kW、ビーム品質がそれぞれ20mm rad、30mm radの製品を開発した。

3kWのブルーレーザは、より高出力でフレキシビリティを持ち合わせており、銅の溶接に最適なソリューションとなる。加工可能なアプリケーションは多岐にわたり、端子や平板などさまざまな形態の溶接に対応するとともに、複合材料にも適用可能である。また、各種の接合形態にも対応し、端子と端子の接合や配線と端子の接合、配線と平板などさまざまなタイプに対応する(図6)。

銅コネクタ用のブルーレーザは、コンパクトブルーレーザとして最高レベルの吸収率を持つ、世界初の3kWの連続波(CW)ブルーレーザである。大面積スポットにより、歩留まりのさらなる向上が可能である。また高い制御性と安定した溶接ができることも特徴である。電気接続やバッテリー製造、封止用途、ヒートシンクなどのためのソリューシ



講演会場の様子

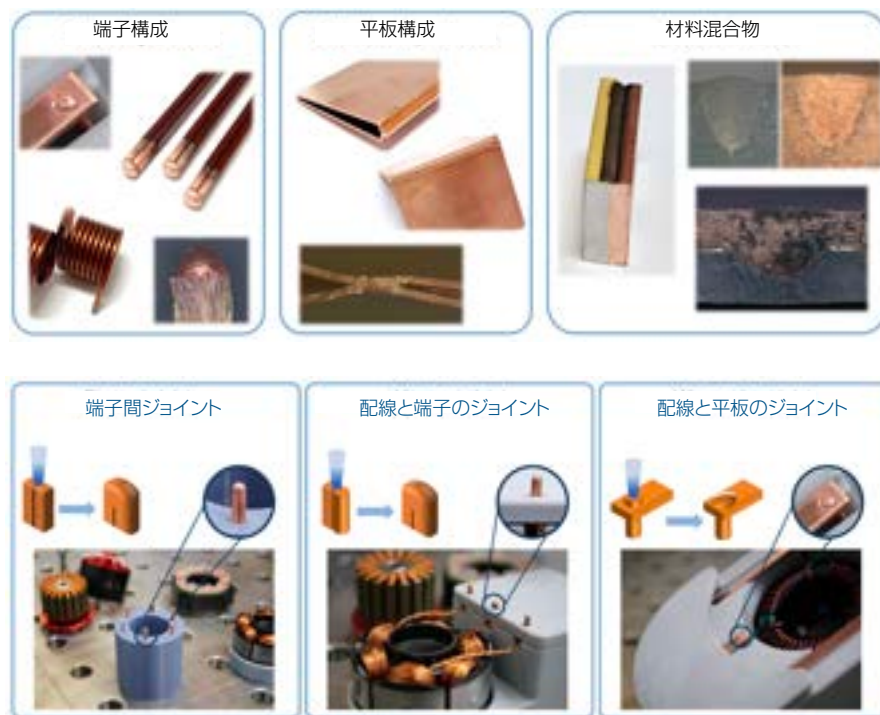


図6 銅の溶接及び接合アプリケーション

ンとして活用することができる。

レーザーライン社は、25年以上自動車産業に貢献してきており、IRレーザソリューションで加工やビームシェイピングなどさまざまな実績を蓄積して

いる。ブルーレーザソリューションでは、コンパクトなブルーレーザで最高吸収率を実現するとともに、スパッタのない安定した銅の溶接を可能にしている。