

Blue-IRハイブリッドレーザーを用いた レーザー溶接アプリケーションの開発

Development of Laser Welding Applications With Blue-IR Hybrid-Laser

安岡 知道^{*1}
Tomomichi Yasuoka

松本 暢康^{*1}
Nobuyasu Matsumoto

金子 昌充^{*1}
Masamitsu Kaneko

繁松 孝^{*2}
Takashi Shigematsu

〈概要〉

世の中ではカーボンニュートラルの流れもあり車の電動化が進み始めている。電動化した際には銅を含んだ部品が増加し、その接合個所は増える予想している。一方で、IRのファイバレーザーによる銅の溶接はスパッタやブローホールが多発することから、溶接欠陥のない溶接品質への達成は難しいとされている。古河電工のハイブリッドレーザーはその特性上、溶接時に溶接欠陥を発生させないという目標を達成できるのでないかと考え、アプリケーションの開発を進めている。本稿ではその結果、特に車載用の電池・モータへの適応に関して報告する。

1. はじめに

現在世界では地球温暖化防止のために温室効果ガスの排出を抑制するための取り組みを進めている。わが国もその例にもれず、2050年のカーボンニュートラルの達成に向けて様々な施策に取り組み始めている。その中でも大きな役割を担うと考えられているのが効率の良い電気エネルギーの活用である。特に車の電動化には注目が集まっており、その時までに販売する全車種のEV化を検討しているメーカーすらある。

車を電動化した際には電池、モータ、その他の部品における銅の使用量およびその接合個所は増えると考えられる。接合にはTIG溶接や超音波溶接、レーザー溶接など様々な溶接方法があるが、接合時間の短縮やその接合形状の自由度向上の観点から近年はレーザー溶接技術に注目が集まっている。我々はこれまでIRのファイバレーザーを用いた溶接技術を提案してきた。特に、古河電工で提案させていただいているIRのファイバレーザーとビームモード制御技術はそのスパッタ抑制や溶接欠陥抑制の効果から様々なお客様からご好評をいただいている。

一方で銅はIRのファイバレーザーに対して、レーザー光の波長が長波長であるため光吸収率が5%程度と非常に低いという問題がある。さらに、ビームモード制御を用いない場合はその溶融池の制御が難しいこともあり、スパッタの多発や、その影響を受けてブローホールが頻発し、部品に求められる溶接品質を

得ることができない。この課題に対して、レーザーの短波長化でレーザー光の吸収率を上げて溶接しようという流れがある。IRよりも吸収率の高い青や緑色のような可視光レーザーが提案されているが、それらのレーザーの出力はいまだ低く、各部品に要求される溶接時間や品質から考えると十分な出力が確保されていないのが現状である。

そこで、古河電工では450 nm帯の青色半導体レーザーとIRのファイバレーザーを組み合わせた発振器を用いて、ビームモード制御で培ってきた溶融池の制御ノウハウを活用することで、これらの課題を解決できると考えた。現在は上記の新しいレーザーおよびそれを用いた新しいプロセスの提案を進めている。

本稿ではそれらの新提案プロセスの応用の代表例として、冒頭で述べたEV用の部品である電池およびモータへのレーザー溶接の適応について説明する。

2. 電池部品へのハイブリッドレーザーの適応について

リチウムイオン電池の製造においては、図1のように「塗工」、「電極切断」、「集電溶接」、「封止」、「モジュール化」といったプロセスを経て完成となる。中でも、電池容量性能が集電体における積層電極の表面積で決まるリチウムイオン電池では、集電体の多層化技術が求められている。また、電極箔の多層化を進める中で、接合プロセス中の銅の微粉の発生を抑えることも技術的課題となっている。接合プロセス中に銅の微粉が発生した場合、電池セルの活物質内で金属析出を誘発し、その結果、正極と負極の接触を防ぐ役割を果たすセパレータを析出物が突き破り、短絡を起こす。これは、バッテリーの発熱の原因となり、最悪の場合、発火などの事故につながる可能性がある。

*1 研究開発本部 インキュベータ統括部
先進レーザー開発プロジェクトチーム

*2 情報通信ソリューション統括部門 ファイナル製品事業部門
産業レーザーシステム部

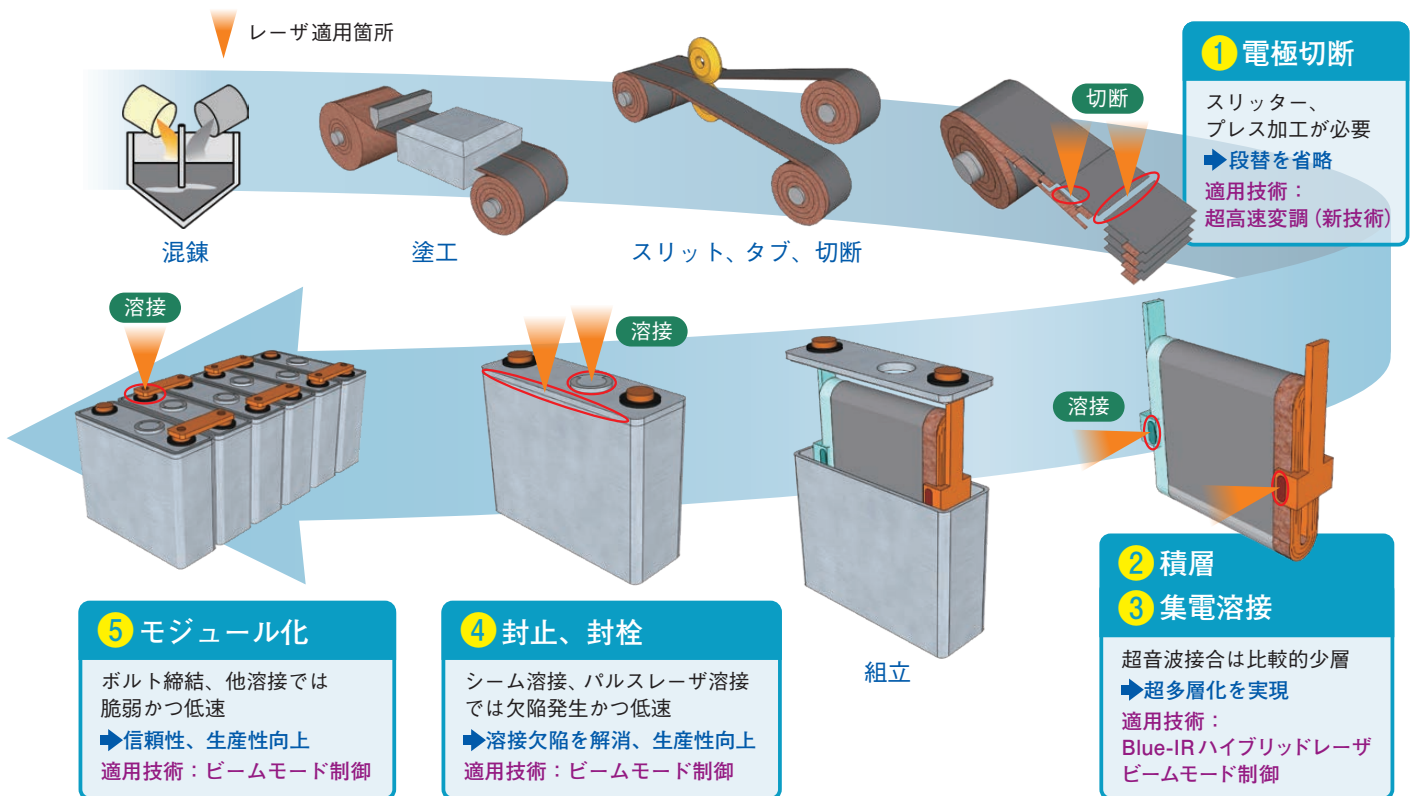


図1 リチウムイオン電池の製造工程例
Example of manufacturing process of lithium ion battery.

これらの課題の解決策として、集電溶接工程へのスパッタの発生しないレーザ溶接技術の開発・適用が必要とされており、バッテリー性能の向上と安全性の向上につながる多層電極箔溶接技術の実現が期待され注目を集めている。しかし、一般的なファイバレーザで集電溶接を行った場合、先に述べた銅の個体状態におけるレーザ光吸収率の低さから、急激な局所入熱により溶融部が安定せず、図2に示す表層の箔の破れや、図3に示すスパッタの発生が生じ、これが課題となる。

二種のレーザを用いたBlue-IRハイブリッドレーザであるBRACE®はそれぞれのレーザ条件を適切に調節することで投入する熱分布を柔軟にコントロールすることが可能となり、金属箔のような加工物に対しても安定した溶融部を形成し、図2のような欠陥を防ぐことが可能となる。この安定した溶融部の

形成によって集電溶接工程において重大な問題となるスパッタの発生を抑制した上で深い溶け込みの加工を実現することができる。なお、原理については、更に、本特集の別稿「Blue-IRハイブリッドレーザの特長と純銅加工技術」をご覧ください。

図4に集電部を模擬した50枚の銅箔と1枚の銅板の積層体を、BRACEを用いて溶接した結果を示す。表面および断面写真からわかるとおり、十分な溶接幅を確保しつつ、スパッタやブローホールなどの溶接欠陥の発生を抑制した高品質溶接を実現していることが分かる。図5には二枚の銅板で銅箔を挟み込んだ構造の溶接結果を示す。このように銅板と銅箔の形状が異なる構造であっても溶接できている。

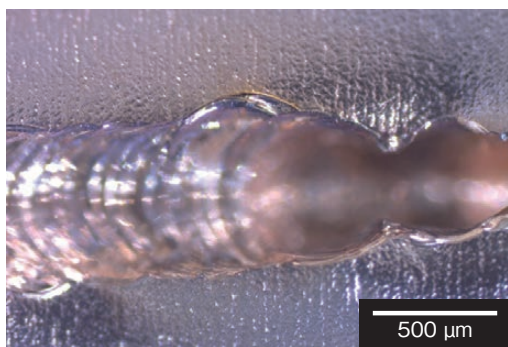


図2 一般的なファイバレーザでの集電溶接表面
Surface of current collecting welding with a general fiber laser.

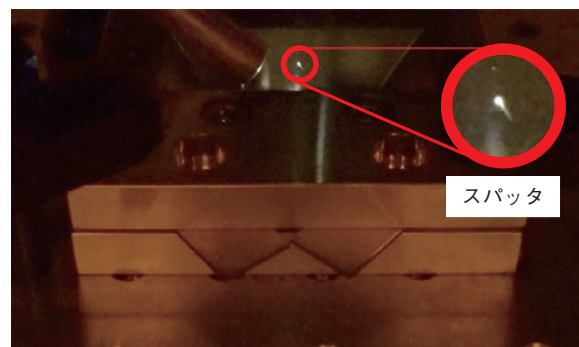


図3 一般的なファイバレーザによる加工状況
Status of processing with a general fiber laser.

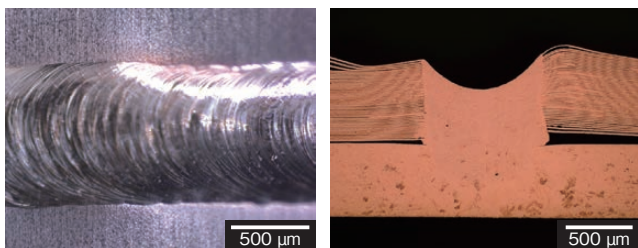


図4 BRACEによる集電溶接例1
Current collector welding example 1 with BRACE.

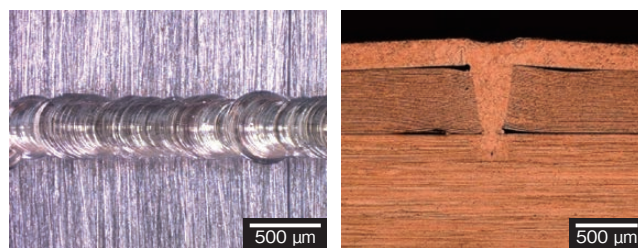


図5 BRACEによる集電溶接例2
Current collector welding example 2 with BRACE.

3. モータ接合点へのハイブリッドレーザの適応について

初めに述べたように、電動化が進むにつれてモータの需要や種類は増え、生産性向上の要望や、これまでと異なった複雑な形状のモータの出現も考えられる。そのため、溶接という観点からこれらへの貢献を考えると、溶接時間の短縮や様々な接合形態に対応した溶接が求められていく。レーザ溶接はレーザ光を任意の位置に照射することで溶接できる。そのため、従来の拌み形状の溶接とは異なった図6のような形状も容易に実現可能であり、モータの形状が複雑化したとしても溶接することが可能である。

その一方で、一点に高エネルギー密度のレーザ光を集光する従来のファイバレーザ溶接では、電池溶接の際と同様に、スパッタやブローホールが発生してしまう。モータが電気装置であることを考えると、スパッタの発生は溶接個所の強度の低下原因となるだけでなく、回路内に付着して意図せぬ短絡を引き起こし、装置の故障につながることは容易に想像できる。

図7は、BRACEを用いた際のヘアピン溶接実施時の様子である。この様子よりスパッタに関してかなり抑制して接合できていることが分かる。現在、BRACEでのヘアピン溶接は0.3秒以上の溶接時間がかかっている。今後のモータの生産性向上を考えると、この溶接時間は短縮する必要がある、現在0.1秒以下にするために発振器の高出力化とプロセス技術の開発を進めている。今後、短い時間で高品質な溶接を提供できるようになると考えている。

更に、現在NITTOKU株式会社殿と共同で、図8のような発振器とガルバノスキャナを搭載した溶接機に関する開発を進めている。発振器はハイブリッドレーザ以外にIRのマルチモードレーザも選択可能であり、モータへのレーザ溶接の適応を検討しているお客様に、発振器だけでなく加工装置としての提案もできるようにしたいと考えている。

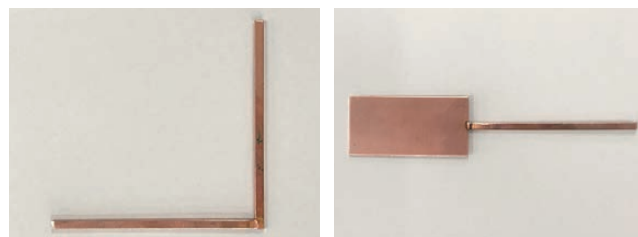


図6 レーザを用いた自由形状の溶接結果
Free-form welding results using a laser welding.

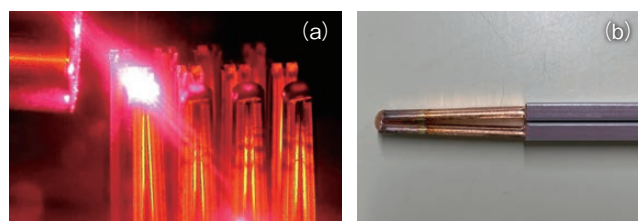


図7 BRACEを用いた際の平角線の接合
(a) 溶接の状況 (b) 接合サンプル
Welding of rectangular wire with BRACE.
(a) State of welding (b) Welded sample



図8 BRACEを搭載した巻線溶接機(試作機)
Winding welder equipped with BRACE (prototype).

4. おわりに

本稿で述べてきたように、BRACEはこれまで古河電工が培ってきたビームモード制御技術や銅の溶接技術の中で得た知見を活かした製品であり、現在は特に電池やモータへの適応を進めている。この分野への提案に関しては発振器と接合プロセス技術だけでなく、パートナーと共に加工装置としての提案も行えるように進めている。

また、BRACEを用いたプロセス検討は弊社千葉事業所で、お客様のサンプルを持ち込んでお試しいただくことも可能である。更に、2021年6月以降、日亜化学工業株式会社横浜研究所にて共同アプリケーションラボが開設され、今後はそちらでもお試しいただくことが可能になる(図9)。

今後、電動化、更にはカーボンニュートラルが実現できる社会に向けて、様々なソリューション提案ができるように溶接技術の開発を進めていく。

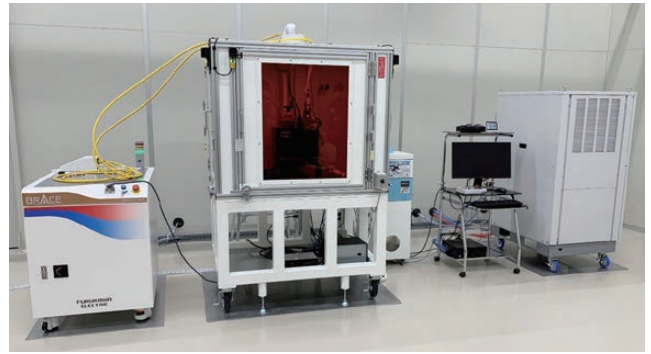


図9 共同アプリケーションラボ(日亜化学工業株式会社横浜研究所内)
Co-application laboratory (YOKOHAMA RESEARCH CENTER, NICHIA CORPORATION).