

自動車生産において効率向上を実現する レーザーの多様な活用事例を紹介

編集部

レーザー加工技術を適材適所に使用することで生産性向上が可能となる。

1990年5月に中部レーザー応用技術研究会が発足して以来、2020年に30周年を迎えた。これを受け、2023年6月19日に「30周年記念フォーラム」が名古屋市において開催され、自動車関連各社から最新技術とその適用例が語られた。

生産性や効率性を上げる レーザー技術

1本目の講演に登壇したのは、独アウディ社 (Audi) のレーザープロセス技術開発、車体構造・エレクトロモビリティ向けレーザービームプロセス専門家 Jan-Philipp Weberpals 工学博士である。Weberpals 博士は「Eモビリティのためのレーザービーム技術の柔軟な活用」のタイトルで同社の最新技術について報告した。レーザー技術について考えた場合、従来の自動車と比べて、Eモビリティにおいては新しい要件が出てきている。たとえば航続距離や充電、性能など各種の条件が組み合わさることによって状況が複雑になっている。だからこそ柔軟に技術を組み合わ



アウディ社レーザープロセス技術開発、車体構造・エレクトロモビリティ向けレーザービームプロセス専門家 Jan-Philipp Weberpals 工学博士

せることが求められる。

とくにバッテリーシステム向けにおいては、たとえば材料の板厚が50 μ mから5mmの幅があり、溶接の深さもさまざまに変わってくる。また溶接線が多くなったり部品あたりのコストが高くなったりする。また材料については、とくにアルミ、スチール、銅などを見ていく必要がある。そして、これらの要件に対処するためには戦略が必要になる。要件にはたとえば接触抵抗、

その接続部、接続部の強度、品質、さらに工程の効率性、生産性などが求められる。これらを実現するのがまさにこのレーザービーム技術だ。これによって、Eモビリティ用の多くのソリューションを提供できる。

ラボベースにおけるプロトタイプでは多くの課題が生じる。我々が目指したのは、一台であらゆる要件に対応できるバッテリーモジュールをつくるというものだ。そしてこちらで示しているのが、亜鉛めっき鋼板におけるレーザービーム溶接である。

独トルンプ社 (Trumpf) のリングビームを使うことで、通電がリング側に行かずコアに100%入る。これにより焦点径が小さくて済み、ビームオシレーションが可能となる。さらに温度調節が可能であり、結果的に接合部の不良を低減することができる。また今後さらにテストする中で、このようなビームオシレーションを使い、これまでのカーボディの知見も加わることにより、さまざまな接合部の形状を実現できる。

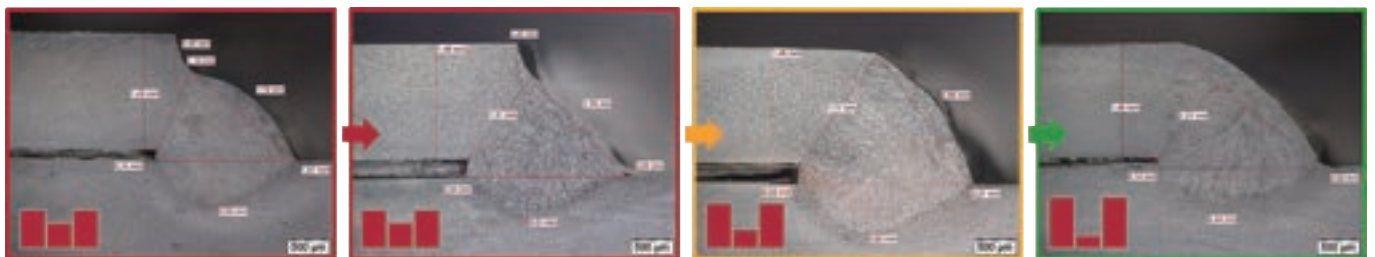


図1 亜鉛めっき鋼板のレーザービーム遠隔溶接

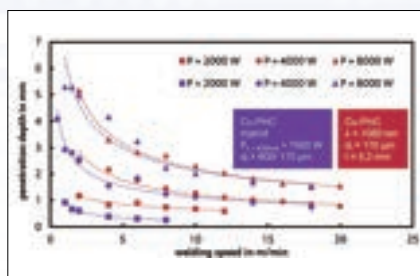
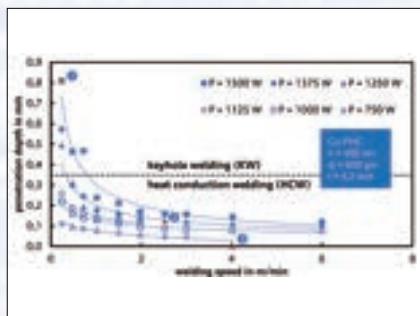


図1はソケットに肉厚の1.5mmのインナーエンドプレートを装着した様子である。母材がスチールであったとしても、非常に品質の高い接合が可能であることがわかる。

工場における設計、技術はすでに確立されており、そして工程のパラメータも確立されている。また、この圧着デバイスもできていることにより、冒

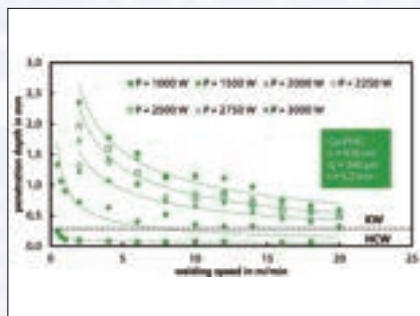


図2 銅合金の波長が450nm、515nm、1080nm、ハイブリッドそれぞれのレーザー溶接における、溶接速度に対する侵入深さのグラフ

頭でお伝えした、1つの設備であらゆる要件に柔軟に対応することが可能になり、それが結果的にサステナビリティにもつながる。

波長に対する侵入度

図2はイーモビリティ向け銅合金におけるレーザービーム溶接を行った際の、溶接速度に対する侵入深さの関係を示したグラフである。波長450nmにおいては、溶接速度が遅く、レーザー出力が高い時のみにキーホール溶接のしきい値を超えるということが分かっている。またパラメータを見ると、侵入度はとても低いことが分かる。515nmの波長においては、レーザーの出力が非常に高く、焦点径は小さい。侵入度が青色と比べて非常に高くなる。1080nmの近赤外波長とハイブリッドの場合で

図3 波長が450nmの場合のレーザー溶接における断面図



は、近赤外線の侵入度は1mm以上となる。

図3は波長が450nmの場合の断面図で、1がキーホール溶接、2が熱伝導溶接、そして3がヒートアップである。

それぞれの波長を適した場で使用

まとめると、まず可視光レーザーの波長の場合は非常に吸収率が高く、カップリング効率が高いことが利点になる。さらに、50μmから1mmまでの深さにおいては、非常に精度の高いパラメータ設定ができ、また、熱伝導溶接においては非常に高い品質を確保できる。

一方で、たとえば溶接速度が遅いことから熱損失が高く、さらにビーム品質が低いことから、光学センサの使用が限られる。ガスシールドを使うとプラズマの吸収が高まり、キーホール溶接では非常に効率が上がることが分かっている。講演の質疑応答で、Weberpals工学博士は、今回のハイブリッドレーザーの近赤外線には独レーザーライン社 (Laserline) のコンバーターレーザーを、波長450nmのレーザーは同社の1000Wから1500Wのレーザーを使用しているが、現在市場では、レーザーライン社から波長450nmの4kWも発表されており、可視光レーザーの高出力化により加工結果が大きく改善されてくると考えるとのことであった。

近赤外線の場合では、メリットは非常にプロセス効率が高いことだ。これは溶接速度とレーザー出力が高くなるためである。またビーム品質が高いことからスキャナなどに使用でき、投資コストを低く抑えられる。最小侵入度は1mm以上になるという制約は、見方によってはデメリットにはならない。というのは、どの溶接深度が必要なのか決まれば、それによってどの波長の

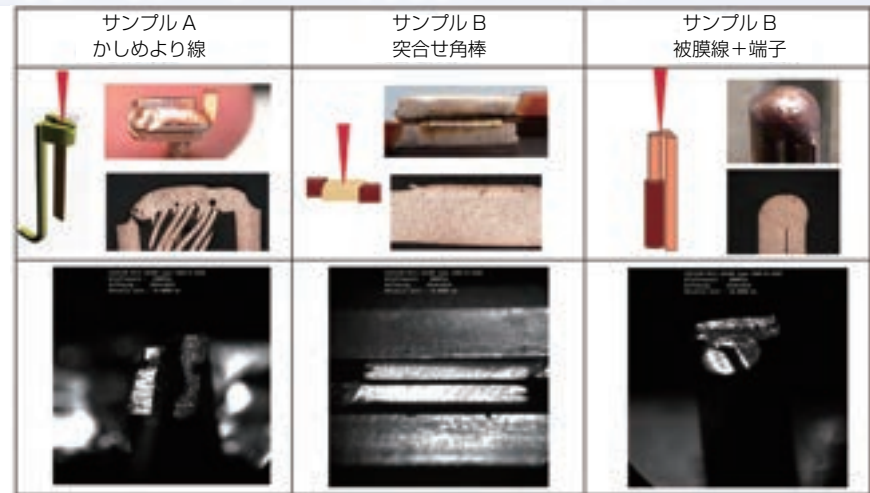


図4 多種多様な継ぎ手形状でスパッタを低減

技術を使うのが変わるため、1mm以上の場合はこちらの赤外線を使うことが可能になるからである。加工対象物、加工溶接深度、スパッタの影響などで使用するレーザーが選定される。

銅におけるスパッタレスを追求

続いてデンソー 先進プロセス研究部 機能創成研究2室担当次長、表面性状制御課長の白井秀彰氏が登壇し、「自動車部品へのレーザー適用の変遷と最新技術動向」のタイトルで講演した。銅材料の溶接においては、抵抗溶接や



デンソー 先進プロセス研究部 機能創成研究2室担当次長 表面性状制御課長 白井秀彰氏

TIG溶接、レーザー溶接など、さまざまな方法が適用されている。抵抗溶接、TIG溶接はコストは低いものの、電極の消耗や放電時の失火といった課題がある。一方レーザー溶接は、熱影響が小さく高速加工が可能というメリットがあるが、熱伝導率が大きく溶接部周囲への熱影響が大きくなり、またスパッタが非常に大きな問題となる。

そこで新たなスパッタレス化の取り組みを検討した。1つ目のポイントが、固相における吸収率の向上である。短波長レーザーを用いることで、固相における吸収率の改善が可能だと仮定した。もう1つは、相変化時における吸収率差の低減である。そのためにブルーレーザーを選定して、スパッタレス技術の開発に取り組んだ。

熱伝導や対流、またキーホールなどでパラメーターを振ることによって溶融プロセスを適正化することにより、吸収特性を改善して突沸を防ぎ、スパッタレス可能な溶融プロセスを創出することができた。またブルーレーザー、グリーンレーザー、IRレーザーの溶融の挙動をみていくと、予想通り短波長領域では溶融プロセスが安定することが確認できた。

現在ブルーレーザーの挙動が非常に安定しているため、デンソーのアプリケーション(図4)においては、ブルーレーザーを中心にトライしている。スパッタが特に抑制でき、端子間の接続はTIG溶接よりも速く加工できることが分かってきていることから、幅広い使い道があるとみられる。

バッテリーの大型化による問題をレーザーで解決

3番目には日産自動車 生産技術研究開発センター 接合技術 エキスパートリーダーの樽井大志氏が登壇し、「自動車産業におけるカーボンニュートラルの取り組みとレーザー加工」のタイトルで講演を行った。車体の軽量化のニーズが高まっている中、バッテリーのサイズもどんどん大きくなっている。それにともない、側面衝突のエネルギーを吸収する余裕がなくなってしまう。側突時にバッテリーケースがダメージを受けると発火事故などにつながる。そこで短い距離でエネルギーを吸収するために、日産ではレーザーによる焼きなましを活用した。

「アリア」で即突時に潰したい箇所



日産自動車 生産技術研究開発センター 接合技術 エキスパートリーダー 樽井大志氏

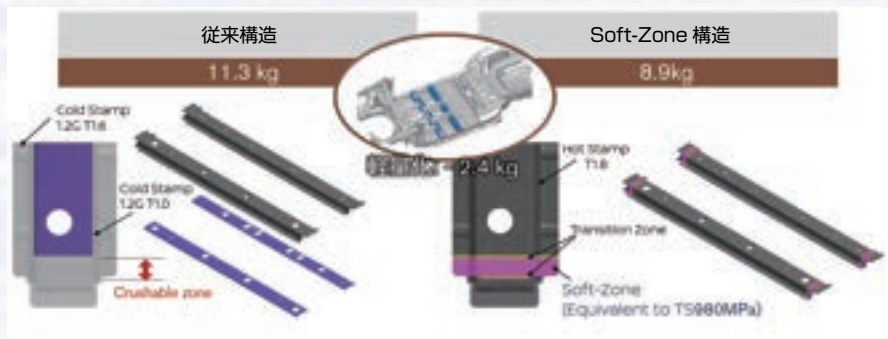


図5 レーザSoft-Zone技術により1つの部品内で強度を変化させ、狙った部位でのエネルギー吸収を可能にした

だけを潰すような構造設計を行った。通常は潰したい箇所だけ弱くするためには、潰したくないところにパッチを当てるが、アリアではホットスタンプ材の潰したい箇所にだけレーザーによる焼きなましを行うことで、1つの部品で弱い箇所と強い箇所を作った。図5が従来構造と新しいレーザーSoft-Zone技術との比較である。これにより約2.5kgの軽量化に成功した。

「カーボンニュートラルの実現に向けて電動化が加速しており、一時期は優先順位が下がっていた軽量化がまた上がってきている。適材適所の材料配置のニーズは高いが、普通に取り組みと、どうしても部品の点数が増えたりする。レーザーはそういったところに結構

うまく使えるのではないかと期待している」(樽井氏)。

新工法をバルブシートに適用

最後にトヨタ自動車 素形材技術部 接合プレス室の佐藤彰生氏が登壇し、「レーザーによる自動車部品製造技術とその適用例」のタイトルで講演した。トヨタの燃焼速度の向上により出力と熱効率を高次元で両立することを目指したTNGAエンジンに適用されているレーザークラッド式バルブシートの新技術について語った。

レーザークラッドバルブシート自体は従来からある技術で、佐藤氏が入社した頃にレーシングカーに搭載され、レースで初めて優勝したこともある。た



トヨタ自動車 素形材技術部 接合プレス室 佐藤彰生氏

だし海外工場に展開できないのが弱みだった。当時は大型のCO₂レーザーであり、どうしてもシリンダヘッド側を回さなければならず、発振器の効率もよくなかった。また粉末供給、レーザー、シールドガスに分かれていたため維持管理も難しかったためである。

ヘッドを回さなければならない理由は、粉末材料を自重落下によって供給するためである。そこで、ワークを固定して上側を回そうと取り組んだ。レーザー発振器のビーム形成技術の開発や、粉末を自重落下でなくアクティブにガスで圧送する方式、そしてレーザー、シールドガス、粉末の3つを1つのノズルにまとめることにより位置決めを容易にした(図6)。これらを組み合わせることにより、新工法が成立した。半導体レーザーによりエネルギー消費率を下げ、二酸化炭素排出量を80%以上低減、更に設備の専有面積率も3割と大幅に小型化することに成功した。

これと新材料の開発も併せ、フルTNGAとなったカムリをスタートに、レーザークラッドバルブシートが搭載されたエンジンは現在7割程度まで増えており、海外での生産も行われている状況だ。



図6 レーザクラッドバルブシートのツール回転方式成立のための要素技術