

# 1台のダイレクト半導体レーザー装置であらゆる用途に対応する 新しい加工の可能性

レーザーライン社

今日のダイレクト半導体レーザー装置は、そのベースとなる半導体レーザー素子の高出力化にともないダイレクト加工装置として高輝度化を達成し、キーホール溶接を要するテーラードブランク溶接などの光源として従来のレーザー光源からの置き換えが可能となっている。リモート溶接においてはダイレクト半導体レーザー装置に“コンバーターモジュール”を付加（以下コンバーターレーザー）することにより高ビーム品質を達成、欧州の大手自動車メーカーの生産現場で採用されている。本稿ではこのような最新のダイレクト半導体レーザー装置をさらに有効に活用するハイブリッド高出力半導体レーザー（以下ハイブリッドレーザー）及び新しいビーム成形“スポット・イン・スポット”ビームについて述べる。

ハイブリッド高出力半導体レーザーは、1台の筐体で従来の半導体レーザーの卓越した表面効果と、コンバーターレーザーの高いビーム品質を併せ持つ。2種類のレーザーは、互いに独立して使用する



図1 レーザーライン社の半導体レーザー「LDF 16 000-100 | 4 000-8hybrid」(VGPower型) [左]と「LDF 12 000-100 | 4 000-8hybrid」(VG6型) [右]。(写真提供:レーザーライン社)



ことも同時に使用することもできる。そのため、たった1台のシステムで多種多様な用途に対応することができる。これは多目的な用途に対応が必要なジョブショップに興味深い視点を与えるだけでなく、深溶け込み溶接や積層造形にも有効なシステムとなっている。

レーザーシステムの出力やビーム品質を短時間で切り替えられる能力は、産業用レーザー材料加工の複数の分野で求められている。典型的な例が、さまざま

な種類のレーザー加工を行うジョブショップ（受注生産工場）である。大型部品の溶接、硬化、コーティングには主に、照射面積の広いレーザーが用いられるが、フィリグリー細工が施された加工物の切断やエッジ硬化には、ビーム品質の高いレーザーが求められる場合が多い。また、一連の加工処理の中で異なるレーザー構造が用いられる産業用途もある。たとえば、小さな焦点径のレーザーによる切断のあとには、切断時に生じた微



図2 半導体レーザーモードの仕組み。(画像提供:レーザーライン社)



図3 コンバーターレーザーモードの仕組み。(画像提供:レーザーライン社)



図4 ハイブリッドレーザーモードの仕組み。(画像提供:レーザーライン社)

細構造の変化を修正することを目的に、切断エッジに対する徹底的なレーザ熱処理が行われる。このような複合的な手法は、積層造形加工においても重要な役割を担う。大きなレーザビームだけを用いるほうが大量の部品をすばやく効率的に製造することができるが、フィリグリー部品の生産には、ビーム品質の高いレーザの使用が必要となる。

さまざまな加工を請け負ったり、仕様変更が絶えず発生する生産工程に対処したりしなければならぬジョブショップには、高出力で照射面積の広いシステムと、ビーム品質が高い代わりに出力はおそらくそれよりも低いシステムという、2種類のレーザシステムを用意することがほぼ不可欠だった。中規模の製造会社にとっては特に、2種類の装置を用意しなければならないことがかなりの経済的負担となる。市場で提供されている産業用レーザのほとんどが、生産現場に固定配置されるものなので、レーザシステムの数が増えるということは、貴重な生産スペースが失われることをも意味する場合が多い。独レーザーライン社のコンパクトな半導体レーザは例外で、最大で出力60kWの移動可能なモバイル装置として提供されている。

レーザーライン社は、半導体レーザ技術の継続的な進歩にともなうこのジレンマを解決するための興味深い解決策を考案した。昨年独ミュンヘンで開催された「Laser World of Photonics 2017」

において技術紹介した半導体レーザ「LDF 16 000-100|4 000-8hybrid」(図1)は、VGPower型のプラットフォーム1台で高出力半導体レーザ技術の大面积に対する実証された効果と、コンバータレーザの高いビーム品質を併せ持つ初めてのシステムである。2種類のレーザは交互にも同時に使用することができる。複数レーザの同時使用は、これまで不可能だった技術であり、この新システムの中心的なイノベーションの1つである。このシステムを使用することにより、これまでは2種類の異なるレーザシステムが必要だった多数の用途に1台で対応することができる。また、同時使用のオプションにより、これまでは1種類のレーザによって処理されていた分野に新たな可能性が開かれることになる。

技術的には、レーザーライン社のこの新しいハイブリッドレーザには、最大出力16kWのLDF型ダイレクト半導体レーザに、最大出力4kWでビーム品質8mm\*mradの同型コンバータレーザが組み合わせられている。このシステムは、レーザーライン社の高出力半導体レーザの標準的なモジュール式設計に基づいている。動作モードとして、スポット幅の広い従来型の半導体レーザモード、ビームが最適化されたコンバータレーザモード、そして両方のビーム品質を組み合わせるハイブリッドモードの3つを備える。半導体レーザモードでは、複数波長を混合

した従来型のダイレクト半導体レーザ光源として動作する(図2)。コンバータレーザモードでは、中程度のビーム品質の半導体レーザビームを、アクティブファイバを組み込んだ同社コンバーターモジュールを通すことにより、レーザビームの輝度に変換される(図3)。最後のハイブリッドモードでは、出力とビーム品質の異なる2つのレーザビームを同時に使用することができる(図4)。インテリジェントな電子部品と革新的な光学結合機構によって、半導体レーザの異なる波長を可変的に制御することにより、これが実現されている(図5)。

このハイブリッドレーザはコンパクトな移動可能なモバイルシステムとして提供されているため、配置場所の選択という点で、最大限の柔軟性をユーザーに保証する。この革新的な半導体レーザシステムは、多種多様な要件に対処しなければならないジョブショップや多種多様な生産を必要とする加工現場等に特に訴求する製品である。しかしそれ以外の分野においても、かなりのメリットがあることは明らかである。たとえば、さまざまな精度レベルで行われる積層造形など、複数のレーザを組み合わせる必要のある用途に、このハイブリッドレーザならば、異なる種類のレーザを組み合わせるよりも簡単かつ効果的に対応することができる。現時点で他のどのレーザシステムにおいても前例のな



図5 ハイブリッド光学部品。

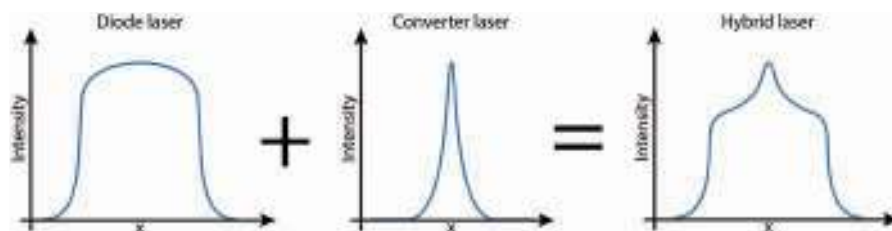


図6 強度分布。

い同時使用のオプション(ハイブリッドモード)は、深溶け込み溶接にまったく新しい視点をもたらす可能性がある。平面状のレーザービームと高強度のレーザービームを重ね合わせることによって、ビーム中央に強度のピークを作ることができるためである(図6)。その結果、一般的なスチームキャピラリ(キーホール)を含むシーム領域の溶融が、従来の深溶け込み溶接方法よりもはるかに高速に、かつ、材料に優しい形で行えるようになる。これによって、部品のひずみにつながることも多い隣接材料層の損傷、スパッタを大幅に低減することができる。製品化には最新型プラットフォームVG6型(半導体レーザー12kW、コンバータレーザー4kW)で市場展開していく。

ハイブリッドレーザーのユニークなビーム特性、活用範囲は上述の通りであるが、さらにレーザーライン社では従来のLDF型ダイレクト半導体レーザー装置のレーザービームを空間的に成形し、ハイブリッドレーザーのような擬似凸形

ビームを1台のダイレクト半導体レーザー装置で生成することに成功した。これは1つのレーザービームを光学的に2分割し、輝度の異なった2つのレーザービームを生成、重ね合わせる“スポット・イン・スポット”ビーム(図7)である。このユニークなレーザービームを生成する同社独自のマルチスポットモジュールはすでに欧州の大手自動車メーカーのルーフやテールゲートの製造現場のレーザーブレイジング工法に採用されているトリプルスポットを生成するモジュールと同様の光学設計である。図8にトリプルスポットビーム概念と代表的な自動車用レーザーブレイジング加工ヘッドを記す。このユニークなトリプルスポットビームを使ったレーザー溶接も同社アプリケーションラボで研究されている。メインスポットによって溶接を行い、プロセス前または後に適用される追加の円形スポットによってシームを滑らかにするこのユニークなレーザービームは、用途に合わせたスポット形状により、熱伝導溶接とキーホー

ル溶接のメリットを容易に組み合わせることが出来る。1つのスポットによってキーホールが生成されると同時に周囲の強度プロファイルによって、熱伝導に応じた滑らかな溶接が確保される。マルチスポットモジュールは、何年も前から各種製造現場で使用され多数の実績がある同社のビーム均一化モジュール(ビームホモジナイザ)をベースにしており、当初このビームホモジナイザは高精度な均一なビームを必要とするレーザー焼入れ用途のために、最大10kWのレーザー出力による均一な長方形のスポットを作成する目的で設計され、多数の製造現場への納入実績があり信頼性が証明されている。同社のビームホモジナイザは半導体レーザーのビーム特性を十分に生かしたダイレクト半導体レーザー加工専用の独自の光学モジュールであり、この基本モジュールを使用してできたマルチスポットモジュールによる最新のスポット・イン・スポットビームは上述のトリプルスポットビーム、およびハイブリッドレーザーで説明したような効果が期待できる。同社ダイレクト半導体レーザーのシングルレーザービームと加工結果を比較した場合、速度増、スパッタレス、そしてプロセス裕度が拡がることが確認されており、アルミニウムの自動車車体の溶接において本年のEALA学会にてその有効性が報告されている。スポット・イン・スポットビームは2つのレーザービームのエネルギー分布も容易に変更することができ、ダイレクト半導体レーザーの堅牢で簡単な操作性とあわせて今後アルミニウムの溶接において大きな付加価値をつけていくと考えられる。

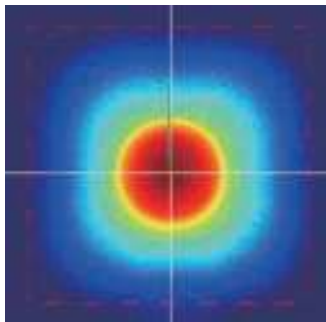


図7 “スポット・イン・スポット”ビームプロファイルと加工ヘッドへの組み込み例。

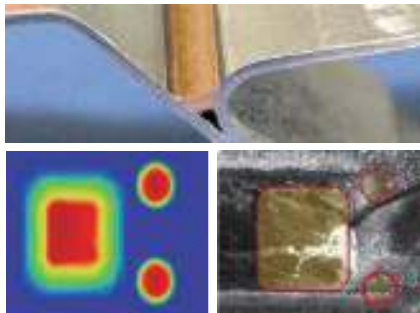


図8 スキャンソニック社のブレイジング加工ヘッド「AL03」に組み込まれたレーザーライン社の3スポットモジュールと、最適化長方形スポット(OR Spot)の3スポットビーム。

記事編集協力

レーザーライン(株)営業部  
email: info-japan@laserline.com  
URL: www.laserline.jp