# レーザ溶接における ダイレクト半導体レーザ発振器での プロセス品質と効率の改善 ーテーラードブランク溶接での事例

レーザーライン社

われわれの身近にあるレーザと言えば、まず第一に半導体レーザ（LD）があげられる。一家に一台と言って過言ではないレーザプリンターを始め、CDプレイヤーやDVD、Blu-rayレコーダー、レーザポインター、そして我々が日常使っているインターネットのための光通信など、日常生活には無くてはならないのがLD光源である。LDはご存知の通り消費者が安心して使える長寿命かつ安定したレーザ光源であり、いわゆる従来の共振器を使ったレーザ発振器とはまったく異なるカテゴリーに属し、”レーザ発振”が誰にでも簡単に手に入る理想的な光源である。このLDを大出力化したダイレクトLD発振器が市場に投入されて20年、LDの利点を活かし産業界でもすでに多くのレーザ加工用途で使用され、われわれの社会に大きく貢献している。レーザ加工に使われるLDはその光を直接集光して加工に使用するもので、シンプルな構造のダイレクトLD発振器によるレーザ溶接はそのベースになるLD素子の高出力化に伴い高輝度化を実現、現在では金属接合のキーホール溶接が可能となっている。これにより従来のレーザ光源から、このシンプルで安定したダイレクトLD発振器への置き換えが可能となっている。本稿では自動車産業でなくてはならないテーラードブランク溶接を例に取り、ダイレクトLD発振器の利点について述べていく。

## キーホール溶接用レーザとしてダイレクトＬＤを選定

テーラードブランク工法は自動車車体において重要な役割を持っている。複数の異種鋼板（板厚や材質）を、プレ

**図1**　ダイレクトＬＤ発振器によるテーラードブランク溶接例（左：成形前　右：成形後）。（写真提供：レーザーライン社）

**図2**　レーザーライン社のダイレクトＬＤ発振器LDFシリーズ外観。

ス成形前に目的に合わせてつなぎ合わせることにより一枚の素材の特性を部分的に変えることが可能となる（**図1**）。自動車車体においてテーラードブランク材を用いることで、車体の軽量化、高い剛性、耐久性、防錆、衝突時エネルギーの吸収などの安全性に対する要求を満たすことができ、デザイン性そして生産性が向上する。一般的には色々な種類のレーザがテーラードブランク溶接に使用できることが知られているが、溶接パフォーマンスとエネルギー効率の見地から各レーザ発振器の選定により無視できない差異が生じる。世界最大の鉄鋼企業、オランダのアルセロールミタル社の子会社、アルセロールミタルテーラードブランクス社（AMTB社）では、高品質な溶接結果と装置の実績により証明された堅牢性、経済性を考慮し、その結果、既存の$CO_2$レーザ発振器をレーザーライン社製のダイレクトLD発振器に置き換えた。テーラードブランク材を製造する場合、異種のブランク材は主にレーザ突合せ溶接で接合される。これはレーザ出力を最大限効果的に伝達するためと最適な成形特徴を得るためである。このために、最も古くから知られる$CO_2$レーザ、最近ではファイバレーザやLD励起ディスクレーザ（ディスクレーザ）などの固体レーザ、そしてLDが使用される。しかしながら当初の頃より使用されている$CO_2$レーザはその低い電気－光変換効率による経済性の低さからだんだんと再検討が進んでいる。今回は、急成長する加熱成形自動車車体パーツ市場でカスタマイズソリューションを提案するリーディングカンパニー AMTB社の事例を紹介しながらAMTB社で採用されたLD発振器の特性、利点を記していく。AMTB社は上述した通り、世界最大の鉄鋼企業アルセロールミタル社のグループ企業でグローバル展開する子会社である。AMTB社では既存の$CO_2$レーザベースの設備を新しいレーザ発振器に置き換えることを決断した。色々な種類のレーザ発振器の中からの選定は、近代化をポイントに行われた。この最先端のレーザ発振器にはディスクレーザ、ファイバレーザ、そしてダイレクトLDである。ディスクレーザ及びファイバレーザはレーザ溶接では良く知られる、効率30％以上のレーザである。検討を開始した2011年当時、AMTB社は最初のトライアルをファイバレーザで進めたため、ファイバレーザを第一候補とした。しかしながら近代化をキーワードとした発振器選定であったためレーザーライン社のダイレクトLDによる試験も実施した。試験はレーザーライン社の協力のもとAMTB社の社内実験室で行われ、様々な原材料とプロセスパラメーターを調査、ビーム品質とプロセス安定性が既存の$CO_2$レーザと比較され全ての試験項目において同等以上と証明され、その結果、ダイレクトLDのスコアリングが一番となり$CO_2$レーザの置き換えを果たしたのである。ダイレクトLD発振器のタイプはLDF5000-40で400$\mu$mファイバ端5kW出力である（**図2**）。この置き換えを皮切りに最初の生産ラインで実証され、今ではAMTB社の世界各国の工場（ヨーロッパ、インド、オーストラリア）の生産現場に投入されている。

**図3**　ダイレクトLD発振器用加工ヘッドとキーホール溶接

**図4**　ダイレクトＬＤ発振器で溶接されたテーラードブランク材のプレス成形（ドア･リング）。（写真提供：ＡＭＴＢ社）

**図5**　ダイレクトＬＤ発振器で溶接されたテーラードブランク材（ドア・リング）。（写真提供：ＡＭＴＢ社）

## ダイレクトＬＤによる穏やかな溶融池

レーザーライン社のDr.A.Eltzeによると、レーザ溶接のプロセスにおいて他の各種レーザ発振器と比較してダイレクトLDの持つ光は大変優れており、プロセス利点を例にあげると、一般的なワーキングディスタンスにおいてダイレクトＬＤによる溶接の加工点ではスパッタの飛散が少なく、対象物や光学系への影響が少なくクリーンである。更に、通常より大きなギャップに対して小さな集光径のレーザビームより有効である。この好結果はLDの特徴であるトップハットビームプロファイルと930nmから1060nmの波長間で混合される特殊な波長域がプロセス利点の理由としてしばしば取り沙汰されている。またLDのビームは、上述の通り従来の固体レーザの1030nm及び1070nm（ファイバレーザやディスクレーザ）より短い900nm帯の波長域で構成されており、金属溶接加工対象に対して効率的に吸収されることもあげられる（**図3**）。

## 生産現場でのダイレクトLD発振器

生産現場で使用する産業用のレーザ発振器としては、溶接品質結果だけが良いだけでは十分では無い。特に自動車車体用途のアプリケーションではその生産現場の環境（粉塵、水滴）に対する堅牢性も重要な因子である。その点においてもレーザーライン社のLD発振器はそれらの環境化での使用に強くIP54に準拠している。発振器自身のハーメチック構造や発振器内へのエアーコンディショナーなどの空調設備の装着などは不要で、高いコストを避け、複雑な構造による難メンテナンス性になることなく設計されている。ダイレクトLD発振器を選定したAMTB社は、装置の堅牢性と溶接品質結果だけでなく、従来の$CO_2$レーザ設備を１ｋＷ単位発振で換算して比較を行い、必要な投入電力を39％まで削減、かつ低い冷却能力でレーザを操作できる経済性、低メンテナンス性を高く評価した。メンテナンスに関しては、装置のトラブルを未然に防ぐ年に1回、半日程度の作業で良い。LD発振器への置き換えは、従来の生産時の溶接速度、パラメーターを満たし、経済性、操作性などを総合的に考慮し非常に合理的な選定となった。AMTB社は上述のレーザ出力５ｋＷのモデルに加え、LDF6000-40の６ｋＷ出力モデルを使用し、グローバルに展開している各国の工場で板厚約0.5～2.8mmのテーラードブランク溶接を日々行っている（**図4、図5**）。

**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

ILSJ