新型炭酸ガス二次元レーザ加工機 “ML3015LVP-45CF-R”

城所仁志*
加野潤二*

New CO_2 2D Laser Processing System "ML3015LVP-45CF-R"

Hitoshi Kidokoro, Junji Kano

要　旨

炭酸ガス二次元レーザ加工機は，多種多様な材料を，複雑な形状に容易に高速かつ高品位に切断加工できるため，自動車や電機機器などの開発や製造の現場で多く使用されている。近年，消費者ニーズの多様化と製品サイクルの短縮化が進む中，これらの製造現場で使用されるレーザ加工機には，更なる生産性向上や多品種小ロット生産への対応，消費電力削減によるランニングコストの低減，信頼性向上による長期間の安定稼働が求められている。

三菱電機はこのような市場要求に対して，次の点を特長とした新型炭酸ガス二次元レーザ加工機“ML3015LVP-45CF-R”を開発した。

(1)　加工性能向上

レーザ発振器40CF-Rの効率を向上し，定格出力を4kWから4.5kWに高出力化したレーザ発振器45CF-Rを開発して，加工速度，加工板厚，加工面品質などの加工性能向上を実現した。さらに軟鋼では，新ピアシング技術を採用してピアシング加工時間の短縮を図った。

(2)　ランニングコスト低減

レーザ発振器の効率向上及び加工性能向上によって加工時間を短縮し，ランニングコストの大幅低減を実現した。また，機械加工工程の一部代替を可能としたブリリアントカットによって，全体工程の短縮・コスト低減を可能とした。

(3)　長期信頼性の向上

レーザ発振器を構成する主要部品について徹底した品質向上を実施することによって，信頼性を大幅に向上させ，国内初(注1)となるレーザ発振器の3年保証を実現した。

本稿では，ML3015LVP-45CF-Rにおける各種技術について述べる。

(注1)　2008年6月9日現在，当社調べ

新型炭酸ガス二次元レーザ加工機“ML3015LVP-45CF-R”

新型発振器“45CF-R”と高性能レーザ加工機“LVシリーズ”との組合せによって，加工性能の向上，ランニングコスト低減，長期信頼性の向上を実現した。

*名古屋製作所

1. まえがき

近年，国内や米国，欧州主要国における板金切断用加工機で，レーザ加工機の年間導入台数がタレットパンチプレスの台数を大幅にしのぐ状況が続いている。このようにレーザ加工機の導入台数が伸長した理由は，レーザ加工機の欠点であった大量生産性，ランニングコスト，厚板加工性などの技術分野で各種技術開発が進んだことによる。

一方，加工品種の増大と製品サイクルの短縮化が進む中，レーザ加工機には更なる生産性向上や多品種小ロット生産への対応，消費電力削減によるランニングコストの低減，信頼性向上による長期間の安定稼働が求められている。

本稿では，このような市場の要求に対して当社が開発した新型炭酸ガス二次元レーザ加工機ML3015LVP-45CF-Rについて述べる。

2. 特　長

当社では，**1章**で述べたような市場要求に対して，①加工性能の向上，②ランニングコストの低減，③長期信頼性の向上をコンセプトとして新型炭酸ガス二次元レーザ加工機ML3015LVP-45CF-R（以下“LVP-45CF-R”という。）を製品化した。次にその詳細について述べる。

3. 加工性能の向上

3.1　加工速度向上による加工時間短縮

レーザ加工では，レーザ発振器の高出力化によって，薄板，中厚板領域での切断速度向上，厚板領域での加工板厚拡大などの加工性能向上が見込まれるため，従来の4kWレーザ発振器40CF-R（以下“従来機”という。）の効率を向上して，4.5kWへの高出力化を実現した。

さらに，加工テーブル全領域のビームを均一化するビームスタビライザ，加工する材料に合わせてビーム特性や焦点位置などを最適に制御するビーム最適化ユニット，高速加工時に材料表面との距離を高精度に制御する静電容量式倣いセンサなどの制御方式と組み合わせることによって，軟鋼（SS400）中厚板，ステンレス（SUS304），アルミニウム（A5052）など幅広い材料で加工速度が向上しており，従来機と比較して最大20%の向上を得た（**図1**）。

図2は，ステンレス加工時の加工時間を従来機と比較した例である。加工速度向上によって，従来機比約20%の加工時間短縮を実現している。

3.2　新ピアシング技術による軟鋼加工時間短縮

中厚板以上の軟鋼加工時では，ピアシング加工（開始点の穴あけ加工）時間が総加工時間に占める割合が大きくなる。そこでLVP-45CF-Rでは，板厚9mm以上の軟鋼で新ピアシング技術であるビートピアスを採用し，更なる加工時間短縮を図った。

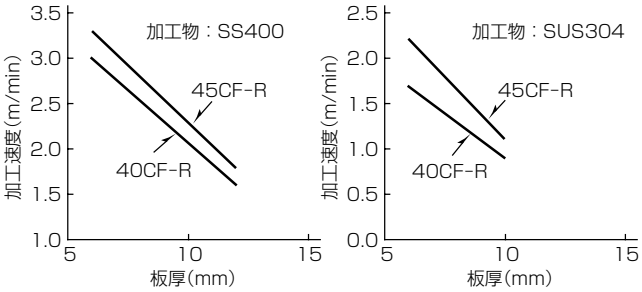


図1．加工速度比較（材質：SS400及びSUS304）

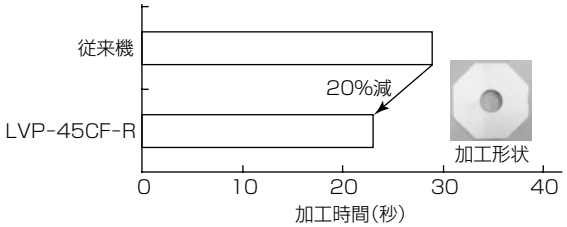


図2．加工時間比較（材質・板厚：SUS304・t6mm）

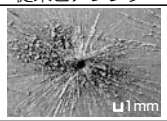
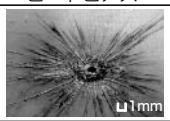
ピアシング方法	従来ピアシング	ビートピアス
ピアシング部拡大写真		
ピアシング穴径	φ1mm	φ1mm
貫通時間	8秒	4秒

図3．ピアンシング穴径，貫通時間比較（材質・板厚：SS400・t12mm）

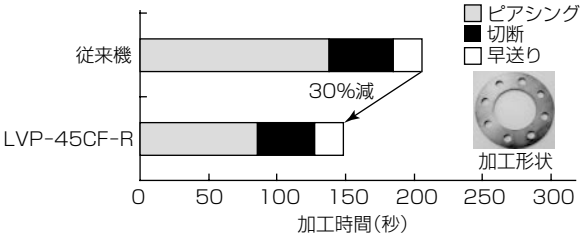


図4．加工時間比較（材質・板厚：SS400・t12mm）

ビートピアスは，当社発振器の特長である出力応答特性を生かして，最適ピーク出力を段階的に制御することによって，ピアシング穴径φ1mm以下を維持しながら貫通時間を最大50%短縮した技術である。**図3**及び**図4**に，この技術を軟鋼12mmで適用し，従来機と比較した例を示す。高出力化による加工速度向上に加え，ピアシング時間短縮によって，従来機と比較して加工時間を約30%短縮した。

3.3　最大加工板厚の拡大

三軸直交型レーザ発振器で得られる高ビーム品質に加え，レーザを高出力化することで，切断可能な板厚を拡大した。**図5**に各種材質の切断例を示す。LVP-45CF-Rにおける切断公称能力は，軟鋼で板厚25mm，ステンレスで板厚12mm，アルミニウムで板厚12mmとなり，従来機と比較して最大加工板厚を約30%拡大した。

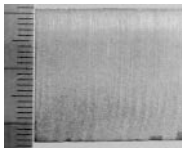
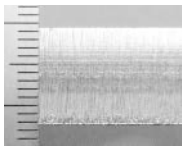
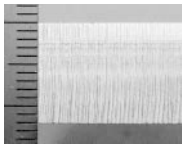
材質	板厚	切断サンプル	切断面
SS400	25mm		
SUS304	12mm		
A5052	12mm		

図５．LVP-45CF-Rによる厚板加工性能

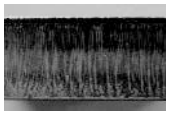
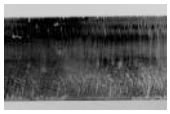
	従来機	LVP-45CF-R
出力(W)	4,000	4,500
加工速度(m/min)	1.6	1.8
切断面外観		
切断面粗さ(Rz)	26.3	14.5

図６．切断面比較(材質・板厚：SUS304，t12mm)

3.4　切断面品質の向上

一般に軟鋼の酸素切断では，加工速度２m/min前後をしきい値として切断現象が変化することが知られている。切断速度２m/min以下では，母材の溶融に対して鉄の酸化燃焼反応によるエネルギーが大きく寄与しており，十分な流量の酸素供給が必要とされる。一方，２m/min以上の加工では，レーザ出力が母材の溶融に大きく寄与するため，周期的な酸化燃焼反応によって形成される条痕が目立たなくなり，切断面粗さが低減する傾向にある。**図６**に軟鋼12mmの切断面を従来機とLVP-45CF-Rで比較した結果を示す。LVP-45CF-Rでは加工速度が約10%向上し，母材溶融に用いられる鉄の燃焼反応の寄与比率を下げることができるため，切断面粗さを大幅に低減し，切断面品質向上を実現した。

4.　ランニングコスト低減

4.1　レーザ発振器効率向上による消費電力の削減

4.1.1　発振効率の向上

高速加工に必要な高出力と，高品質加工に必要な高ビーム品質を両立させた炭酸ガスレーザ発振器40CF-Rに対して，さらに中板厚に最適な集光特性を実験から策定し，必要な集光特性を安定的に効率良く取り出せる構成を品質工学を適用して共振器を設計することによって発振効率向上を達成した(**図７**)。

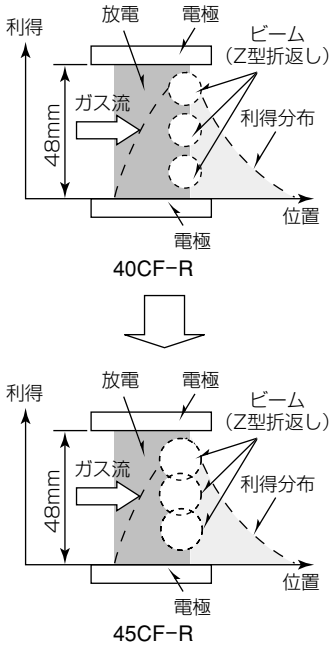


図７．レーザ発振効率の向上

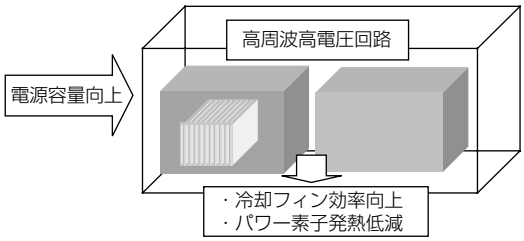


図８．高周波高電圧回路の効率向上

4.1.2　高周波高電圧回路の効率向上

レーザ出力を発生させるための励起空間に放電を発生させるレーザ発振器用高周波高電圧回路について，

①冷却フィン構造見直しによる冷却効率向上

②最適周波数制御によるパワー素子発熱低減

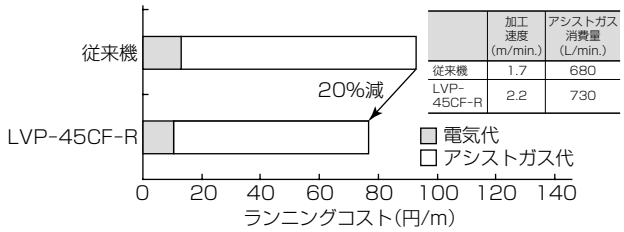
を実施し，冷却効率を向上することによって電源容量向上を実現した(**図８**)。

消費電力削減のため，加工待機時に消費電力を極力抑えて加工時に瞬時にレーザ出力を発生させるジャストオンタイム放電方式(加工待機時の消費電力50%削減)に加え，**4.1.1項**で述べた発振効率の向上及び高周波高電圧回路の効率向上によって，従来の４kW発振器40CF-Rと同サイズでレーザ出力4.5kWの高出力化を達成し，トータル11%の消費電力削減を実現した。

4.2　加工速度向上によるランニングコスト低減

LVP-45CF-Rでは，消費電力削減に加え加工速度向上によって，レーザ加工時のランニングコスト低減を実現した。

アシストガスに窒素を用いたレーザ切断プロセスでは，加工対象を溶融するためのレーザ出力と，溶融物排出を主目的としたアシストガスが必要であるが，加工速度が向上



	加工速度(m/min.)	アシストガス消費量(L/min.)
従来機	1.7	680
LVP-45CF-R	2.2	730

図9．ランニングコスト比較(材質・板厚：SUS304・t6mm)

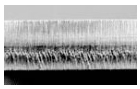
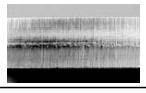
	切断面写真	面粗さRz(μm) 上面	面粗さRz(μm) 下面
従来方法		18	25
ブリリアントカット		8	12

図10．切断面比較(材質・板厚：SUS304・t10mm)

することにより，アシストガス消費量を低減することができる。**図9**はLVP-45CF-Rにおけるレーザ加工時のランニングコストを従来機と比較した一例である。加工速度向上及び消費電力削減と合わせて，トータル約20%のランニングコスト低減を実現した。

4.3　ブリリアントカットによる後工程削減

ステンレスの無酸化切断の技術確立によって，酸化被膜や裏面に付着するドロスの防止，硬化層の低減が可能となった。しかし，従来の無酸化切断では，板厚の増大に伴い切断面粗さやテーパが増大する傾向にあり，加工品の用途によっては，仕上げ加工，研磨加工といった後工程に多くの時間を費やす必要があった。そこでLVPシリーズでは，機械加工工程の削減，又は粗仕上げ，普通仕上げといった機械加工工程の一部代替を可能とした切断技術であるブリリアントカットを標準搭載し，全体工程の短縮，コスト低減を図った。

レーザ切断品質に影響する要因は多岐にわたるが，ブリリアントカットは①高矩形(くけい)パルスの新制御方式による被加工物の入熱抑制，②新型発振器のビーム品質に加え，最適なビーム伝播(でんぱ)長と加工対象に最適化されたビーム特性の提供，③冷却性に優れた反射ミラー構造，光路内のクリーン度向上による最適光路設計，④切断品質に対し最適化されたアシストガス流れを実現する新型ノズルの採用，⑤レーザ出力，加工速度，焦点位置，アシストガス圧力・流量等，多岐にわたるレーザ加工のパラメータ最適化によって構成されている。

図10は，従来切断とブリリアントカットの切断面粗さを比較した一例である。従来方法に対しブリリアントカットでは，切断面粗さを約45%低減しており，機械加工工程の一部代替を可能とした。

5.　長期信頼性の向上

近年のレーザ加工機は，加工性能の向上によって機械加工に代わる高速加工機として製造現場への導入が加速化するとともに，材料の自動供給装置と組み合わせて連続稼働するケースが増えており，信頼性の観点から長期の保証を求める声が強くなっている。このような市場要求に対し，高出力レーザ発振器45CF-Rの製品化に当たり，信頼性向上についての取り組みも実施している。

約30年間レーザ発振器の開発，製造，保守すべてを自社で一貫して行ってきた実績と，その過程で培った技術ノウハウを生かし，レーザ発振器を構成する主要部品について徹底した品質向上活動を実施することによって信頼性を大幅に向上させ，国内初となるレーザ発振器の3年保証を実現した。

6.　む　す　び

新型炭酸ガス二次元レーザ加工機ML3015LVP-45CF-Rの主な特長と加工能力について述べた。今後も総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上を目指し，自動車，電気産業をはじめとする生産現場の各種ニーズに積極的にこたえていく所存である。