

新型炭酸ガスレーザー加工機 “eXシリーズ”

大村浩嘉*
宮崎隆典*
森下弘将*

New CO₂ Laser Processing Machine "eX Series"

Hiroyoshi Omura, Takanori Miyazaki, Hiromasa Morishita

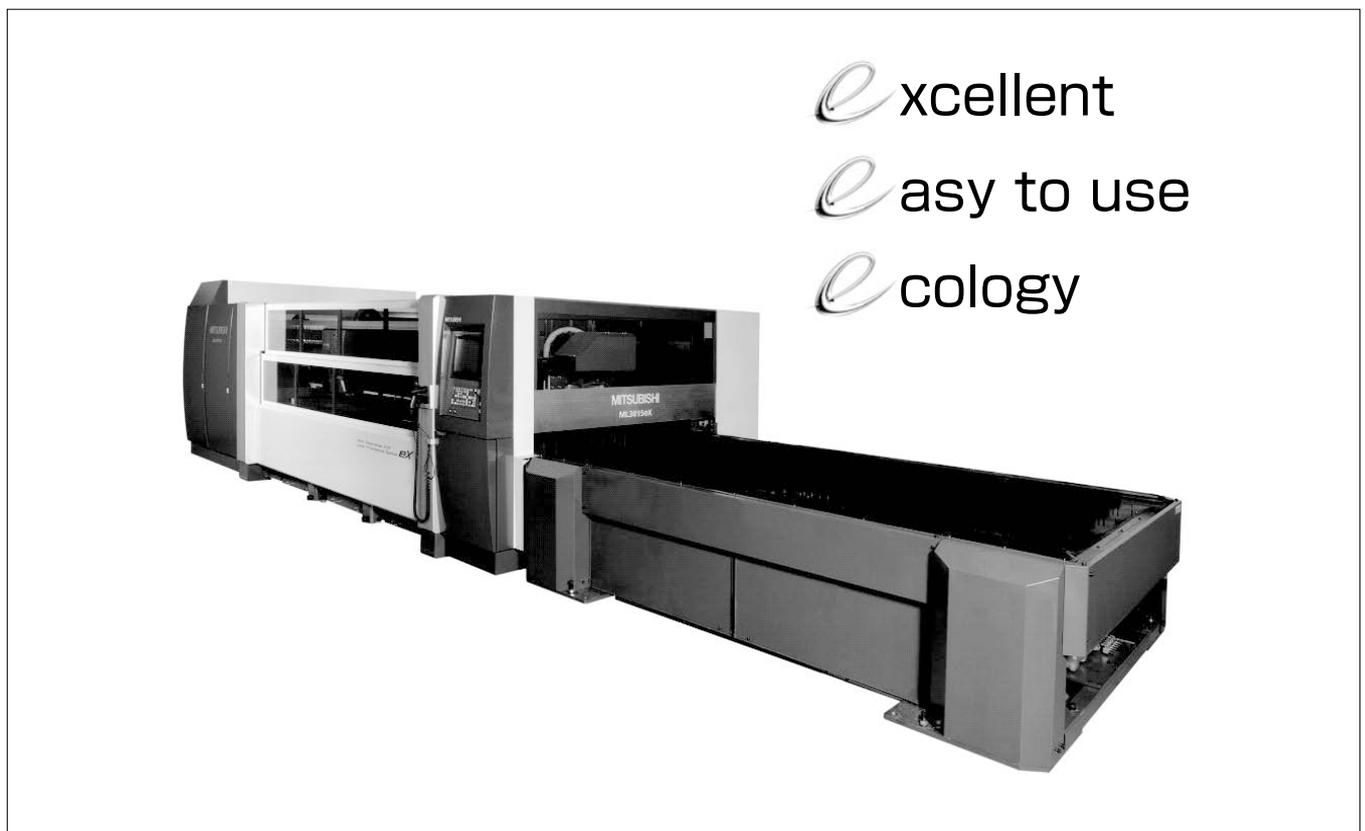
要 旨

炭酸ガスレーザー加工機は任意軌跡が切断可能な工作機械として多くの産業分野で使われている。近年、新興国への製造業のシフトや製品サイクルの短縮化が進む中、更なる生産性向上、熟練作業者を必要としない簡単な操作、ランニングコスト低減が求められている。

この市場要求に対し、三つの“e”，(1)excellent, (2)easy to use, (3)ecologyをコンセプトとした新型炭酸ガスレーザー加工機“ML3015eX-45CF-R”を製品化した。一つ目の“excellent”は“高性能なレーザー加工機を安心稼働”を実現するため、XY軸の送り速度100m/minに高速化し、加速度を従来機比2倍に向上させ、振動抑制制御によって高速高精度加工を実現した。さらに、従来機比4倍に高速化し

た焦点最適化制御によって、厚板、中厚板のピアス時間を短縮した。これによって、薄板(ステンレスt1mm)では約20%、中厚板(軟鋼t16mm)では加工時間を約30%短縮した。二つ目の“easy to use”は“だれでも簡単満足操作性”を追及し、①バーコードリーダーによる加工情報の読み込みと、②スタートボタン操作という二つのアクションのみで加工が完了できる機能を搭載した。三つ目の“ecology”は“エコ&クリーン”な製品を提供するため、加工待機時のパージガスや待機電力を自動抑制するeco(ecology)モード機能を搭載し、待機時のコストを最大約90%削減した。

本稿では、最新のレーザー加工技術をはじめ、三つの“e”を中心にその詳細技術を述べる。



新型炭酸ガスレーザー加工機 “eXシリーズ”

三つの“e”(1)excellent, (2)easy to use, (3)ecology)をコンセプトに持つ炭酸ガスレーザー加工機eXシリーズは生産性を従来比最大1.4倍まで高め、かつ熟練作業を必要としない2アクションによる簡単加工を実現した。さらに、ecoモード搭載によって待機時のランニングコストを最大90%削減した。

1. ま え が き

炭酸ガスレーザ加工機は、任意軌跡の切断が可能な工作機械として、現在では多くの産業分野で単品試作から大量生産まで適用されている。切断用炭酸ガスレーザ加工機が市場に登場してから約30年以上が経過したが、飛躍的な技術進歩と市場の拡大によって、今や板金加工分野をはじめとした製造現場に不可欠な工作機械としての地位を確立するに至った。

近年では、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、厚板加工性等の技術分野で各種技術開発が進んだことによる。

一方、中国をはじめとした新興国への製造業のシフトや最終製品に対するユーザーニーズの多様化、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、熟練作業者を必要としない簡単な操作、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、このような市場要求に対して投入した新型炭酸ガス二次元レーザ加工機ML3015eX-45CF-Rについて述べる。

2. 製品の仕様と特長

先に述べた市場要求に対して、三つの“e”，(1) excellent, (2) easy to use, (3) ecologyをコンセプトとして“ML3015eX-45CF-R”（以下“eX”という。）を開発した（表1）。一つ目の“excellent”に関しては、“高性能なレーザ加工機を安心稼働”を基本とし、加工能力と加工機の信頼性を向上させる技術を搭載した。二つ目の“easy to use”は“だれでも簡単満足の操作性”を追求し、2アクションで加工が完了できる機能を搭載した。三つ目の“ecolo-

表1. ML3015eX-45CF-Rの主な仕様

項目		ML3015eX
移動方式		光走査方式
ストローク (mm)	X軸	3,100 (+200)
	Y軸	1,550
	Z軸	150
早送り速度 (m/min)	X, Y軸	最大100
	Z軸	最大65
加工送り速度 (m/min)		最大50
位置決め精度 (mm)		0.05/500 (X, Y軸)
繰り返し精度 (mm)		±0.01 (X, Y軸)
適合発振器		ML45CF-R
定格出力 (W)		4,500
ビームモード		低次 (TEM01主成分)
出力安定度		±1%以下

TEM : Transverse Electrical Magnetic mode

gy”については“ランニングコストを抑えてエコ&クリーン”の実現のため、加工機待機時のランニングコストを最大90%削減可能とした。

3. “excellent”：高性能なレーザ加工機

3.1 薄板の高速切断

4.5kWの高出力発振器に加え、加工テーブル全領域のビーム特性を均一化するビームスタビライザ、加工対象材料に応じてビーム特性や焦点位置等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微いセンサ等との組合せによって、軟鋼、ステンレス、アルミ合金等、幅広い材料で加工時間が短縮されており、従来機“LV-45CF-R”（以下“従来機”という。）と比較して生産性の大幅向上を実現した。

図1は加工時間を比較した例であるが、加工機の駆動部品と最新制御技術の適用によって従来機と比較して駆動系の加速度を最大2倍とし、最大加工送り速度は30m/minから50m/minとなり、従来機での加工精度を維持しながら、約20%の加工時間短縮を実現している。

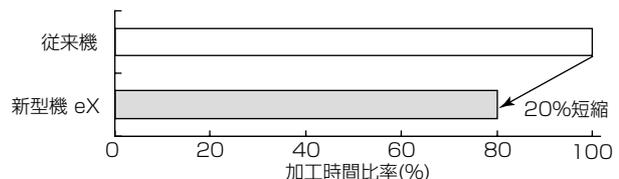
3.2 新ピアシング技術による軟鋼加工時間短縮⁽¹⁾⁽²⁾

中厚板以上の軟鋼加工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eXシリーズでは板厚16mmまでの軟鋼で新ピアシング技術であるブローピアスを採用し、更なる加工時間短縮を図っている。

ブローピアスは三菱電機発振器の特長である出力応答特性を活かし、最適ピーク出力を段階的に制御することで、酸化燃焼反応をコントロールすることが可能であり、従来と同等の穴径を維持しながらピアシング時間を最大50%短縮した技術である。図2に板厚9mmの軟鋼でのピアシング能力比較と板厚12mmでこの技術を適用した場合の実加工時間比較を示す。ピアシング穴品質の向上に加えて、貫通時間とその後切断に移行するアプローチ時間を短縮することによって、全体加工時間は30%短縮され、生産性が1.4倍向上している。

3.3 ステンレス切断能力の拡大⁽²⁾

当社独自の三軸直交型レーザ発振器で得られる高いビー



材質 : SUS304
板厚 : t1mm
アシストガス : 窒素
加工形状 : 右図



図1. 薄板の加工時間短縮

ム品質に加え、適用可能な光学系が増えたことで、ステンレスの切断可能な板厚が拡大した。図3に切断例を示す。

従来機における切断公称能力は板厚12mmであるが、eXシリーズではプラズマ面切断で板厚20mm、ファイン面切断では16mmの加工が可能である。プラズマ面切断はファ

イン面切断と比較して、切断面下部の面粗さRzが2～3倍程度になるが、加工速度が1.5～2倍となり、ランニングコストの削減効果が高い。なお、アシストガスには窒素を使用し、レーザー出力は4,500Wとした。

3.4 ブリリアントカット

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、eX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、コスト低減を可能としている。

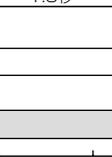
ブリリアントカットは、①高矩形(くけい)パルスの新制御方式による被加工物の入熱抑制、②冷却性に優れた反射ミラー保持構造を持つクリーンな光路、③最適化されたアシストガス流れを実現する新型ノズルの採用によって実現している。さらには、当社独自発振器の高いビーム品質に加え、最適なビーム伝播(でんぱ)長と加工対象に最適化されたビーム特性の提供、レーザー出力、加工速度、焦点位置、アシストガス圧力・流量等、多岐にわたるレーザー加工のパラメータ最適化によって、従来は10mmであった最大板厚が12mmまで拡大している。

図4は板厚12mmのステンレス鋼で従来切断とブリリアントカットの面粗さとテーパを比較した一例である。従来切断に対し、ブリリアントカットでは面粗さを約55%低減、テーパを約70%低減しており、機械加工工程の一部代替を可能としている。

4. “easy to use”：操作性向上

eXシリーズの二つ目の開発コンセプトである“easy to use”について述べる。従来のレーザー加工機は加工データ入力やサーチ、加工データの形状確認等の操作を経て、加工をスタートさせていたが、eXシリーズは“バーコードによる加工指示書の読み込み”と“スタートボタンの操作”というわずか二つのアクションだけで、加工を開始することができる。図5にその操作を示す。この簡単な加工操作はe-加工モードとよばれる機能であり、ワークサイズの自動測定や傾き補正、加工プログラムと材料サイズ比較までをすべて自動で実施することが可能である。

また、制御装置には高速CPU(Central Processing Unit)と15インチの大画面液晶タッチパネルを採用し、チェック時間が従来機比1/20となった形状チェック機能や加工再開位置を画面上で指定可能などの描画処理性能を向上させ、使う人にやさしい操作性を実現している。

ピアシング方法		従来ピアシング	短縮型ピアシング(フローピアス)
特徴		穴周囲への溶融物付着が多く、ピアシング痕として付着しやすい	酸化燃焼反応を制御し、溶融物の付着を軽減
能力比較 材質：SS400 板厚：9mm	ピアシング部 拡大写真		
	ピアシング穴径	φ3mm	φ2mm
	貫通時間	1.0秒	0.5秒
	切断アプローチ時間	1.8秒	1.0秒

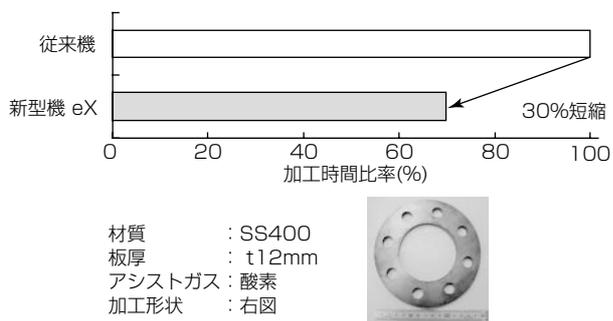
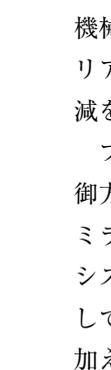
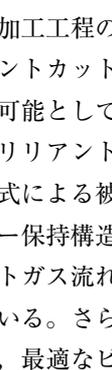
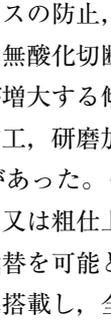
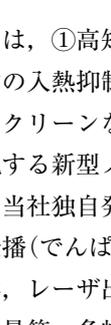
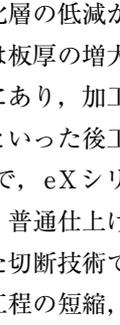
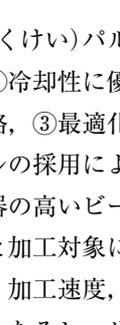


図2. フローピアスの効果と加工時間比較

	板厚	切断面
プラズマ面切断	t20mm	
ファイン面切断	t16mm	

(材質：SUS304)

図3. ステンレス厚板加工

	従来加工	ブリリアントカット
切断面		
上部面粗さ Rz	18μm	8μm
下部面粗さ Rz	25μm	12μm
テーパ		
片側テーパ寸法差	0.18mm	0.06mm

(材質：SUS304, 板厚：12mm)

図4. ブリリアントカット

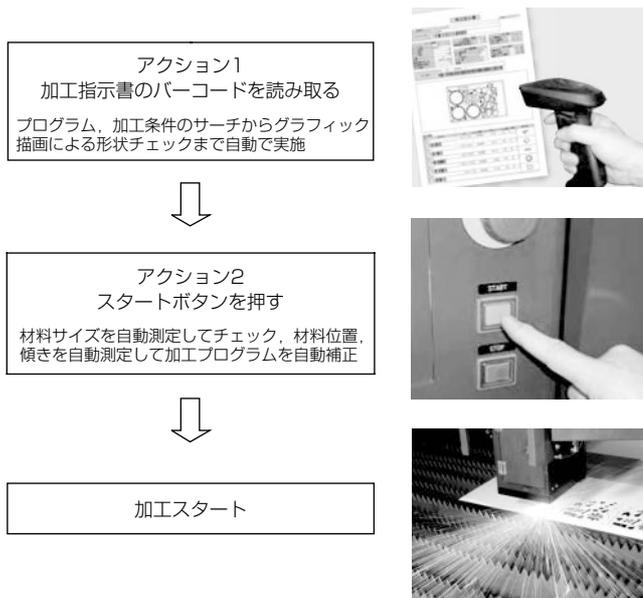


図5. 2アクション加工の操作

5. “ecology”：ランニングコストを抑えてエコ&クリーン

次に、eXシリーズの三つ目の開発コンセプトである“ecology”について述べる。

当社独自のガス封じ切り三軸直交型発振器は、一般的な高速軸流型発振器と比較し、通常運転におけるレーザガス消費量、消費電力を大幅に抑制できる特長を持っているが、さらに今回、加工機停止時の不要なレーザガス、パージガス消費や消費電力の抑制のため、ecoモード機能を追加した。図6に示すとおり、ecoモードでは、当社独自の制御シーケンスによって、加工機、発振器のアイドルを自動的に停止し、待機時の不要な経費を最大約90%削減する。また、停止から復帰までの動作もスムーズで、作業効率が悪化することなく、環境にもやさしいレーザ加工機システムを実現した。

6. 加工対象の拡大

軟鋼，ステンレス鋼，アルミ合金等のレーザ加工機に標準条件として登録されている一般的な加工対象以外の材質（以下“特殊材料”という。）を加工する場合、ユーザー自身で加工条件を作成する必要がある。多くは製品加工を開始するまでに多大な労力と時間を要し、多品種の加工を求める声が多い中、その段取り時間の改善要求が高くなっている。

eXシリーズでは多種多様な材質を対象に特殊材料条件を加工機に標準登録した。また、特殊材料を加工する場合の支援機能として特殊材料加工ヘルプを新機能として搭載した。特殊材料加工ヘルプは加工条件の微調整ノウハウや切断良否判断方法等を制御装置画面に表示するヘルプ機能

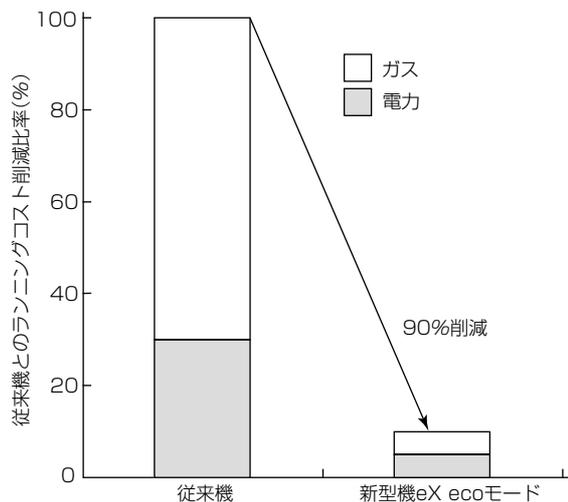


図6. ecoモードによるランニングコスト削減効果

材質	高張力鋼(60キロハイテン)	炭素鋼(S45C)
板厚	9mm	9mm
切断面		
加工ノズル径	φ1.7	φ1.7
加工速度	1,300mm/min	1,200mm/min
面粗さRz(上面)	13μm	17μm
面粗さRz(下面)	37μm	30μm

図7. 特殊材の加工例

であり、加工現場で直接参照することが可能である。図7は特殊材料である高張力鋼と炭素鋼の加工例を示したものである。特殊材料条件及び特殊材料加工ヘルプによって特殊材料加工時の段取り時間の削減を実現した。

7. むすび

最新二次元レーザ加工機eXシリーズの特長とその加工事例について述べた。レーザ加工機の技術進歩は他の工作機械と比較しても著しく、今後も更なる技術改良が進んでいくものと思われる。また、ますます高度化、多様化するユーザーニーズを満たすために、総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上も目指し、様々な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。

参考文献

(1) 加野潤二，ほか：新型炭酸ガスレーザ加工機“HVⅡシリーズ”，三菱電機技報，83，No.6，397～400（2009）
 (2) 城所仁志，ほか：新型炭酸ガス二次元レーザ加工機“ML3015LVP-45CF-R”，三菱電機技報，84，No.2，151～154（2010）