

ファイバレーザ加工機による最先端加工技術

宮本直樹*
平野孝幸*

Cutting-edge Technology with Fiber Laser Processing Machine

Naoki Miyamoto, Takayuki Hirano

要 旨

二次元レーザ加工機は、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。その中で、レーザ加工機に使用している発振器は、省エネルギーや生産性の向上の観点から、炭酸ガスレーザに代わりファイバレーザが注目されている。

ファイバレーザ加工機の特長は、炭酸ガスレーザ加工機に比べて、①レーザの発振効率が高く省電力、②ビームの集光性が高く薄板の高速加工が可能、③ファイバ伝送可能なため光路のメンテナンスが不要な点である。市場投入当初、薄板の加工に強みを発揮していたファイバレーザ加工機だが、加工技術の進歩による厚板加工性能の向上によって、ファイバレーザの切断適用板厚範囲が拡大している。

このような市場の変化に対して、①High Speed,

②Ecology, ③High Qualityをコンセプトとし2.5kWファイバレーザ発振器を搭載した“ML3015NX-F”^①をベースに4kW発振器を搭載した新型二次元ファイバレーザ加工機“ML3015NX-F40”を開発した。

ML3015NX-F40では、従来機に比べ最大加工板厚を30%拡大した。また、軟鋼厚板では、ピース時間を大幅に短縮するとともに面品質を改善し、ステンレスやアルミニウムでは、高品質なピースを実現した。さらに、開発中の技術ではあるが、軟鋼・ステンレス・アルミニウム合金の各材質で25mmの切断を実現した。

本稿では、ML3015NX-F40の3つのコンセプトと最新のレーザ加工技術について述べる。



高出力二次元ファイバレーザ加工機“ML3015NX-F40”

①High Speed, ②Ecology, ③High Quality をコンセプトとしたML3015NX-Fをベースに4kWファイバレーザ発振器を搭載することで生産性向上、加工性能の向上を実現した。

1. ま え が き

二次元レーザー加工機は、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。近年では、国内や中国、米国、欧州主要国における板金切断用加工機で、レーザー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ご状況が続いている。一方、電力料金のアップや労働人口が減少する中、製造業としても消費電力の削減、労働時間の短縮、生産性の向上が大きな課題となっており、ファイバレーザ加工機が注目されている。

ファイバレーザ加工機の特長は、炭酸ガスレーザ加工機に比べて①発振効率が高く省電力、②ビームの集光性が高く薄板の高速加工が可能、③ファイバ伝送可能なため光路のメンテナンスが不要な点である。市場導入当初は、薄板の加工に強みを発揮していたため、発振器出力も2.5kWで十分と考えられていた。しかしながら、ファイバレーザの特長である低ランニングコスト、高生産性が評価されるとともに、加工技術の急速な進歩によって厚板の加工性能が向上し、ファイバレーザの切断適用板厚範囲が拡大している。

2. 製品仕様とコンセプト

先に述べた市場要求に対して、2.5kW二次元ファイバレーザ加工機ML3015NX-F(以下“NX-F”という。)の3つのコンセプト①High Speed, ②Ecology, ③High Qualityを踏襲しつつ、4kWファイバレーザ発振器を搭載することで、生産性の向上、加工性能の向上を実現した“ML3015NX-F40”(以下“NX-F40”という。)を開発した(表1)。ここでは、この3つのコンセプトについて述べる。

2.1 High Speed

ファイバレーザは炭酸ガスレーザに比べ波長が短いため金属への吸収率が高く、集光性も良いという特長を持っている。また、高出力化に伴い、中板厚でも高速な加工が可能になった。NX-F40では、このような特長を最大限に活用する光学系を持つ新型の加工ヘッドを開発した。これによって、厚み1mmのステンレス材の加工速度は従来機で達成していた炭酸ガスレーザ比3倍を維持し、中板厚では出力比以上の加工性能を実現した(図1)。

2.2 Ecology

レーザ加工機のランニングコストで最大の要素は消費電力である。NX-F40では低損失な当社製NC、駆動機器と発振効率に優れたファイバレーザ発振器の搭載によって消費電力を低減し、図2に示すとおり、当社製炭酸ガスレーザ加工機“NX-45CF-R”に対して消費電力を約60%削減した。また、待機時の電力を抑制するecoモードも搭載した。これは、加工機停止時の不要なパージガスの停止や発振器・冷却装置といった機器の停止を段階的に行う技術であ

る。これによって消費電力はecoモードを使用しない状態に比べて消費電力を70%削減することが可能である。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。

2.3 High Quality

炭酸ガスレーザ加工機では、高品質で安定的な加工を行うため出力制御機能を採用している。NX-Fではこの機能をファイバレーザにも採用し、レーザ出力安定度±1%を達成した。これは、マイコンでの加工出力の制御によって、レーザ出力を高速に安定させる技術で、これによって、高速加工時の加工材料の裏面に発生するドロス(付着物)を低減した。また、4kWの出力を最大限活用するため、加工ヘッドを新規開発した。

表1. ML3015NX-F40の主な仕様

項目	ML3015NX-F40	
移動方式	光走査方式	
ストローク(mm)	X軸	3,200
	Y軸	1,600
	Z軸	150
早送り速度(m/min)	X, Y軸 合成170	
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)	
発振器定格出力(W)	4,000	
出力安定度	±1%以下	

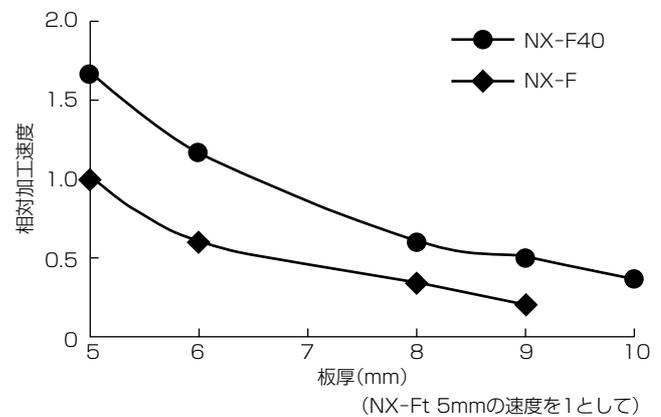


図1. ステンレス材(SUS304)の加工速度比較

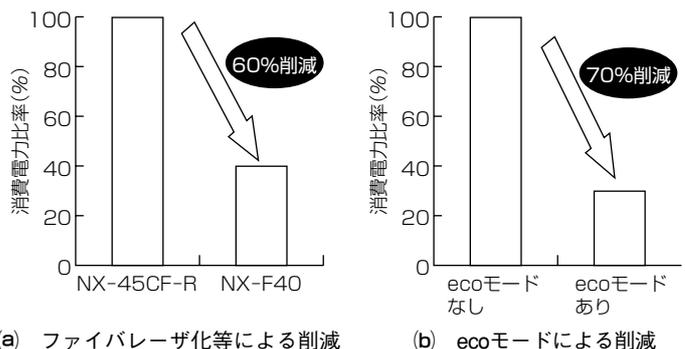


図2. NX-F40の消費電力削減

3. 最新加工技術

ファイバレーザは市場導入当初、その波長による高収束性を活かした薄板の高速切断や微細加工、高反射材の加工が特長であった(図3)。しかしながら、発振器の高出力化と加工技術の急速な進歩によって、厚板の加工でも炭酸ガスレーザに迫る性能を発揮するようになった。ここでは、最新の加工技術について述べる。

3.1 最大加工板厚の拡大

NX-F40では発振器の高出力化及び光学系の改良によって切断可能な板厚を拡大した。表2にNX-FとNX-F40の各種材質における切断能力の比較を示す。NX-F40における切断最大能力は、軟鋼で板厚22mm、ステンレスで板厚22mm、アルミニウム合金で板厚18mmとなり、NX-Fと比較して最大加工板厚を約30%拡大した。また、炭酸ガスレーザの同出力相当と比較して約25%向上した。

3.2 “F-CUT”適用板厚の拡大

従来機NX-Fではファイバレーザの持つ集光性や吸収率の特性を十分に活用するために軸停止なしの加工を実現するF-CUTと、このF-CUTの効果を最大限に活用する加工経路最適化ソフトウェア(FRG)などの技術を開発し、任意の切断形状に対して最大の生産性向上効果が得られるレーザ加工システムを実現した。NX-F40では高出力化に伴い、この適用板厚を2.0mmから3.0mmに拡大し、板厚

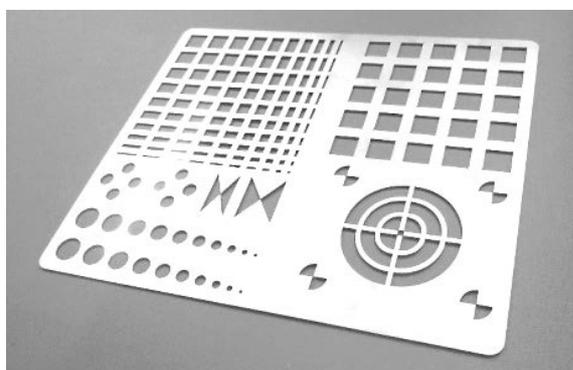


図3. ファイバレーザの加工例

表2. 各種材質における切断能力比較

加工機	材質	アシストガス	板厚(mm)											
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
NX-F	軟鋼	酸素	[切断能力比較グラフ]											
	ステンレス	窒素	[切断能力比較グラフ]											
	アルミニウム合金	窒素	[切断能力比較グラフ]											
	銅	酸素	[切断能力比較グラフ]											
	黄銅	窒素	[切断能力比較グラフ]											
NX-F40	軟鋼	酸素	[切断能力比較グラフ]											
	ステンレス	窒素	[切断能力比較グラフ]											
	アルミニウム合金	窒素	[切断能力比較グラフ]											
	銅	酸素	[切断能力比較グラフ]											
	黄銅	窒素	[切断能力比較グラフ]											

3mmの加工時間をNX-Fと比べて52%短縮した(図4)。

3.3 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。表3に軟鋼9mmの切断面を炭酸ガスレーザNX-45CF-Rと比較した結果を示す。NX-F40では、発振器の高出力化及び新しく開発した加工ヘッドによって加工速度をNX-F比約150%向上させ、切断面粗さを大幅に低減し、炭酸ガスレーザと同等の切断面品質を実現した。

3.4 新ピアス技術による加工時間短縮

中厚板以上の軟鋼加工ではピアス加工(開始点の穴あけ加工)時間の総加工時間に占める割合が大きくなる。そこでNX-F40ではハイピークピアスを新たに搭載し、板厚19mmまでの軟鋼で更なる加工時間短縮を実現した。ハイピークピアスとは、強力なサイドブローによるパーニング

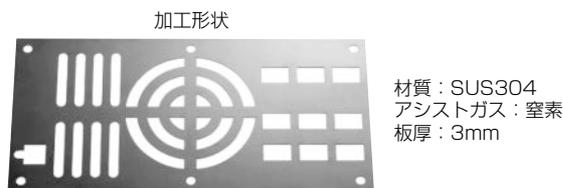
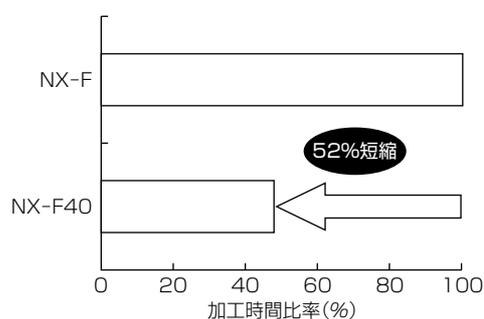


図4. F-CUTの時間短縮

表3. 加工品質比較

機種	ファイバレーザ (NX-F40)	炭酸ガスレーザ (NX-45CF-R)
切断面		
面粗度(μm)	25	30
加工速度(mm/min)	2,100	2,100

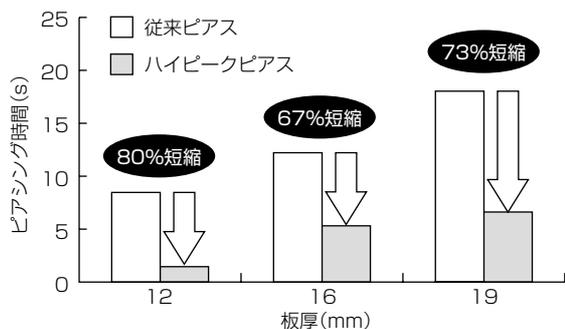
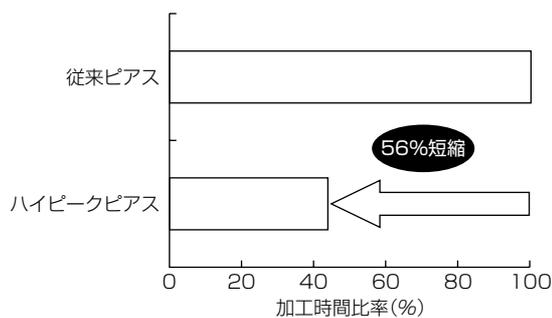


図5. 各板厚でのピアス能力比較



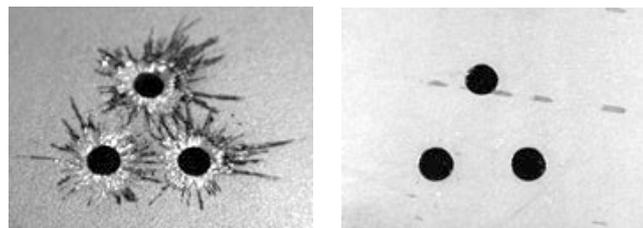
材質: SS400
アシストガス: 酸素
板厚: 12mm

図6. ハイピークピアス使用時の加工時間比較

抑制と発振器の高速応答性を利用したピアス技術である。図5に板厚19mmまでの軟鋼でのピアス能力比較と図6に板厚12mmでこの技術を適用した場合の実加工時間比較を示す。ピアス時間の短縮に加えて、ピアスから切断に移行するアプローチの制御に新たな方式を導入し、全体加工時間は56%短縮された。

3.5 スパッタ低減ピアス技術

ステンレスやアルミニウム合金の窒素切断ではピアス時に発生するスパッタがワーク表面に広範囲にわたって付着し、加工不良の原因となることが多い。従来はスパッタの付着を防止するために加工前に界面活性剤を塗布する方法を採用していたが、加工後に界面活性剤を除去する工程が発生するため、市場で改善要望が強かった。スパッタ付着は主に加工点で発生するレーザー誘起プラズマに起因する。レーザー誘起プラズマはレーザー光が照射された際、非常に高圧で発生するためピアス時の溶融金属は排出を妨げられ、ワーク表面にスパッタとして強固に付着する。NX-F40ではレーザー誘起プラズマの発生を抑えるために集光性とパルス応答性及び加工点におけるガス密度を最適化することによって、ステンレス板厚6mmまでのスパッタ低減ピアスを実現した。図7にステンレス6mmに対してφ5.0mmの穴加工をした際の加工例を示す。



(a) 従来ピアス (b) スパッタ低減ピアス

図7. スパッタ低減ピアス加工

表4. 厚板の加工事例

材質	板厚	切断サンプル	切断面
軟鋼 (SS400)	25mm		
ステンレス (SUS304)	25mm		
アルミニウム合金 (A5052)	25mm		

3.6 厚板切断技術

ファイバレーザ加工による厚板切断の技術向上の進歩は急速であるが、その加工品質はどのメーカーのファイバレーザ加工機も既存の炭酸ガスレーザには到達できていない。ファイバレーザ加工機で薄板から厚板まで高品質加工可能なシステムを実現するため、当社の30年以上にわたる炭酸ガスレーザの開発で培った技術を搭載した光学系の最適化、アシストガス流れの最適化によって開発中の技術ではあるが、軟鋼の酸素切断で25mm、ステンレス、アルミニウム合金の窒素切断で25mmの高品位切断が達成できた(表4)。

4. むすび

新型ファイバ二次元レーザ加工機ML3015NX-F40のコンセプトと最新の加工技術について述べた。ファイバレーザの加工技術の進歩は著しく、今後も更なる技術革新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を目指し、様々な生産現場の各種ニーズに積極的に応えていく所存である。

参考文献

- (1) 腰前利樹, ほか: 新型ファイバレーザ加工機“NX-Fシリーズ”, 三菱電機技報, 87, No.3, 177~180 (2013)