

ファイバー導光ナノ秒グリーンパルスレーザー加工装置の開発

京都工芸繊維大学 ○佃勇氣, ◎太田稔, 江頭快, 山口桂司, スペクトロニクス(株) 奥山大輔

要旨

筆者らは、立型マシニングセンタをベースとした超多機能多工程集約複合加工機を開発を行っている。この加工機にレーザー加工の機能を搭載するために、レーザー加工装置の開発を行った。マシニングセンタの主軸に取付け可能な加工ヘッドを製作し、発振器からのレーザー光をファイバーにより加工ヘッドまで導光することで、マシニングセンタ上でのレーザー加工を可能にした。製作した装置により、チタンとPCDに対して表面微細構造を創成した。

1. 緒言

ものづくりにおいて、一つの製品を生み出すにあたっては、試作を繰り返し行う必要がある。その試作が、製品開発のスピードのネックとなる場合がある。特に、複雑な部品の加工においては、複数の工作機械を用いた多数の加工工程により、多くの日数とコストが必要となる。

そこで、筆者らはこれらの問題を解決するために、多工程を集約し、なおかつ超精密微細加工が可能な「超多機能多工程集約複合加工機(Super Processing Center : SPC)」の開発を進めている。これは、精密高剛性立型マシニングセンタをベースとして、切削、研削、研磨、放電加工、レーザー加工等の様々な加工機能を搭載したこれまでにない複合加工機である。その中でレーザー加工は、主に機械加工が困難な硬質材料や複合材料へ微細加工を行う役割を持つ。

本研究は、SPCに搭載するレーザー加工装置の開発を目的とする。マシニングセンタの主軸ヘッドに取付け可能な加工ヘッドを製作し、レーザー発振器からのレーザー光をファイバーにより加工ヘッドまで導光することで、マシニングセンタ上でのレーザー加工を可能にすることを目指した。製作した装置により、チタンとPCDに対して表面微細構造(テクスチャ)を創成した。

2. 装置の概要

製作した装置の外観図を Fig. 1 に示す。レーザー発振器(LVE-G1000, スペクトロニクス(株)製)から射出したレーザー光は、アッテネータを通過させることで出力を調整することができる。その後、レーザー光はファイバーによって加工ヘッドへと導光される。加工ヘッドの外観図を Fig. 2 に示す。加工ヘッドはマシニングセンタの主軸ヘッドに取付け可能なシャンクを有している。SPCの本体はまだ完成していないので、本研究ではマシニングセンタ(NVX5080, 森精機(株)製)の主軸ヘッドに加工ヘッドを取付けており、Z軸方向に移動することができる。加工ヘッドへと導光されたレーザー光は、レンズにより集光され、X-Yテーブル上の工作物に照射される。レンズの焦点距離は25 mm、スポット径は50 μm である。レンズは脱着式となっており、レンズを交換することで焦点距離やスポット径を変更できる。加工ヘッドにはCCDカメラとランプが取付けられており、加工面を照らしてPCのモニター上で観察することができる。

装置の主な仕様を Table 1 に示す。本装置の特徴は以下の2点である。

- ・マシニングセンタ上でレーザー加工が可能である
- ・ナノ秒のパルスをファイバーにより導光している

本装置のように、ナノ秒のパルスをファイバーにより導光している例はあまりない。パルス幅の短いレーザー光はピークパワーが高く、ファイバーを傷つけてしまうためである。本装置においては、

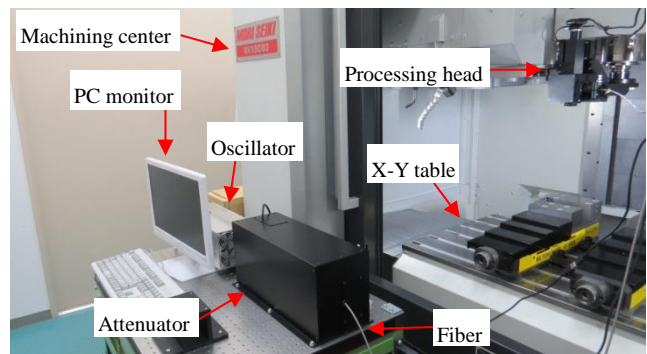


Fig. 1 Photograph of laser processing unit

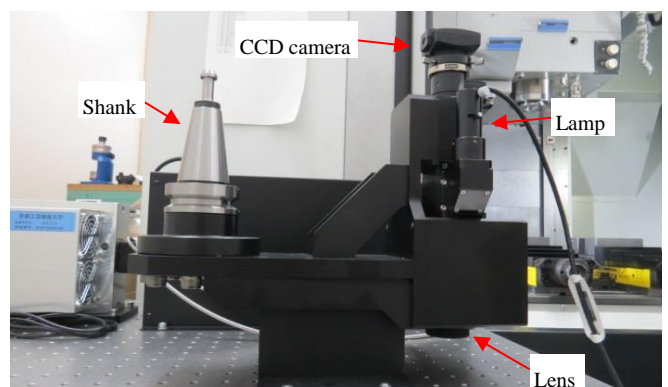


Fig. 2 Photograph of processing head

Table 1 Specifications of laser processing unit

Parameter	Value
Laser medium	Nd : YVO ₄
Wavelength	532 nm
Average power	≥ 8.8 W @ 50 kHz
Pulse frequency	1 Hz - 200 kHz
Pulse duration	< 15 nsec @ 50 kHz
Spot diameter	50 μm

発振器のピークパワーを本来の性能より少し落とすことで導光を可能にしている。レーザー光はNd : YVO₄レーザーの第2高調波を利用したグリーンレーザーである。レーザー加工に用いられるレーザー媒質は主にCO₂, YAG, エキシマの3種類であるが、CO₂とエキシマの波長はガラスに吸収されてしまうため、ファイバーによる導光が困難である⁽¹⁾。よって、本装置ではYAGに良く似た性質を持つNd : YVO₄を採用した。本研究では微細加工用のレーザー発振器を用いたが、別の種類の発振器に交換することで溶接や熱処理など様々な用途に対応することも想定している。

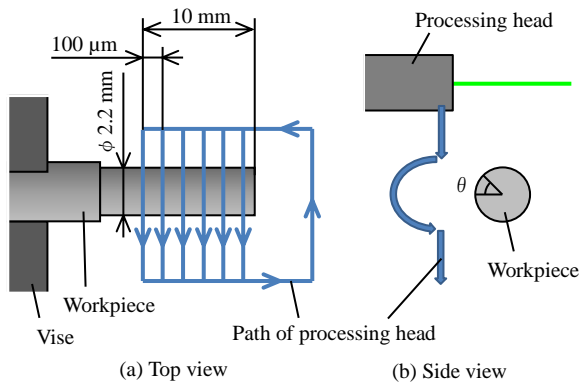


Fig. 3 Method of laser texturing

Table 2 Texturing conditions for titanium rod

Workpiece	Ti-6Al-4V
Laser power [W]	0.11
Pulse frequency [kHz]	1
Spot diameter [μm]	50
Feed speed [mm/sec]	1
Pitch [μm]	100



Fig. 4 Photograph of textured titanium rod

3. チタンへのテクスチャリング

製作した装置により、チタン合金 Ti-6Al-4V へのテクスチャの創成を行った。使用した工作物は直径 2.2 mm の丸棒であり、表面粗さは Ra 1.0 μm 程度である。加工方法を Fig. 3 に示す。外周面に複数の溝を等間隔に加工することで縞状のテクスチャ創成を試みた。加工ヘッドが Fig. 3(b) に示すような軌跡を描くことで、外周面の微細溝形状へのレーザー照射角度の影響を検討した。加工条件は Table 2 のとおりである。

加工後の工作物の外観を Fig. 4 に示す。外周面に縞状に溝が加工されている様子がわかる。Fig. 3(b) に示すように、円柱の頂点からの角度を θ とすると、 $\theta = \pm 80^\circ$ 程度まで溝が加工されていた。溝の大きさは $\theta = 0^\circ$ において幅約 36 μm、深さ約 16 μm であり、 θ が大きくなるほど幅、深さともに小さくなっていった。 θ が大きくなるほどレーザーの照射角度が大きくなるため、レーザーが照射される面積が広くなり、エネルギー密度が低くなることで加工量が減少したと考えられる。

4. PCD へのテクスチャリング

SPC における本装置の主用途である硬質材料への微細加工を想定して、多結晶ダイヤモンド焼結体(PCD)へのテクスチャの創成を行った。使用した工作物は $\square 5$ mm であり、表面粗さは Ra 0.4 μm 程度である。縦横にそれぞれ縞状に溝を加工することで格子状の

Table 3 Texturing conditions for PCD

Workpiece	PCD
Laser power [W]	0.16
Pulse frequency [kHz]	1
Spot diameter [μm]	50
Feed speed [mm/sec]	0.5
Pitch [μm]	100

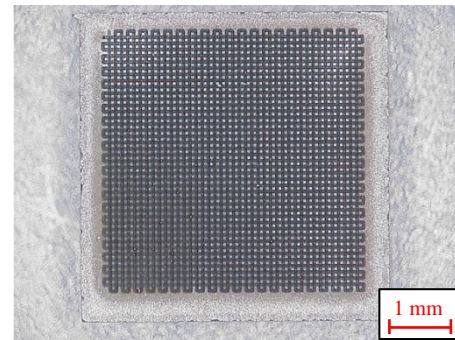


Fig. 5 Photograph of textured PCD

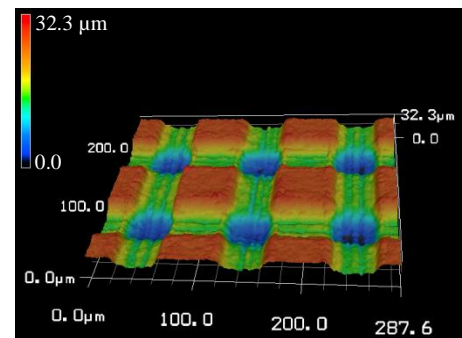


Fig. 6 3D-image of textured PCD

テクスチャ創成を試みた。4.2×4.2 mm の正方形の範囲に加工を行った。加工条件は Table 3 のとおりである。

加工後の工作物の外観と、表面の 3D 画像を Fig. 5, Fig. 6 に示す。格子状に溝が加工されている様子がわかる。溝幅は約 47 μm、溝深さは約 14 μm、溝の交差部、つまりレーザーが 2 回照射された部分の深さは約 26 μm で約 2 倍となっていた。テクスチャの全面にわたってこの形状が維持されており、加工時間は約 11 分であったが、その間レーザーの出力が安定していたことがわかる。

5. 結言

マシニングセンタに搭載可能な加工ヘッドを有したレーザー加工装置を製作した。製作した装置によりチタンの外周面に微細周期溝を、PCD の平面に格子状微細テクスチャを創成することに成功した。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「革新的設計生産技術」の支援のもとに行われました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松浦祐司, 中空光ファイバの基礎, MEDICAL PHOTONICS, No.2, (2010), 11-15.