

## 404 超音波援用レーザー切断加工 —切断面粗さの検討—

## Laser Cutting Assisted by Ultrasonic Vibration

## — Investigation of Machined Surface Roughness —

正 久米原 宏之 (群馬大) 正 須田 博 (群馬大) ○小林 敬太 (群馬大・院)

Hiroyuki KUMEHARA, Hiroshi SUDA, Keita KOBAYASHI, Gunma University

Tenjin-cho, 1-5-1, Kiryu, Gunma, 376-8515, Japan.

## 1. 緒言

レーザー加工において、加工能率と加工精度の向上を目的とした多くの検討がなされている。そこで、以前開発したレーザー加工系の非加工物を超音波加振しながら加工する複合加工法 (ULM) をパルスおよび CW 発振の CO<sub>2</sub> レーザによる切断加工に適用した。本研究では、各加工因子の中で特に超音波振動全振幅が加工特性の表面粗さに及ぼす影響に注目して検討を行う。前報<sup>1)</sup>では、加振条件と材料除去能率の視点から加工能率について注目し、本報では加振条件による切断面粗さ生成について超音波の有無による比較を行い、ULM の有効性と実用化への指針を確立するために基礎研究を行った。

## 2. 実験装置および方法

超音波発振器およびレーザー発振器を組み合わせる実験装置の概略図を図. 1 に示す。超音波共振周波数は約 17 kHz であり、ホーン先端に取り付けられた試料での超音波振動の振幅は、約 10~70 μm の範囲である。ホーンおよび振動子を固定するために支持接触部での振動損失をなるべく少なくするように細い針金を用いて変位節部で支持し、加工系の光軸に垂直な方向で設置した。また、超音波振動方向と切断方向は同一方向とした。

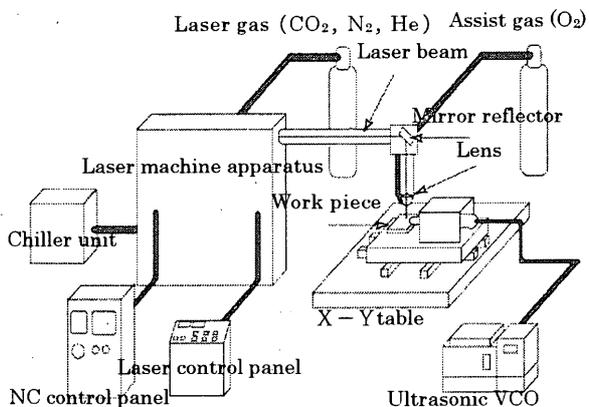


Fig. 1 Experiment equipment outline figure

## 3. 実験条件

レーザー切断加工における超音波の効果を検討する上での加工条件設定に際しては下記の諸因子の組合せを用いた。

切断加工実験でのレーザー発振は連続発振 (CW) ならびにパルス発振にて行う。また、連続発振平均出力、パルス周波数、パルスデューティ比、板厚を一定とし、超音波振動の振幅と組み合わせて超音波加振の場合と非加振の場合の両条件についてレーザー加工実験を行う。

アシストガスは酸素を用い、ガス圧は 48 kPa とする。実験試料としてステンレス鋼 (SUS 430) を用いて、試料寸法が長さ 35 mm、幅 25 mm、厚さ 1.6 mm のものを使用した。実験条件を表. 1 に示す。

Table. 1 Experiment conditions

Output power (W)	250
Type of emission	Pulse
Frequency of pulse (Hz)	100
Duty ratio (%)	70
Ultrasonic amplitude (μm)	0~60
Cutting speed (mm/s)	1.6

## 4. 実験結果

各超音波加振条件における切断面の CCD 像をそれぞれ図. 2 に示す。切断面の表面粗さ測定位置の概略図を図. 3 に示す。さらに図. 4 に示すように試料表面から深さ方向に 100 μm 間隔で粗さ測定をする。図. 5 は加工面の 3 次

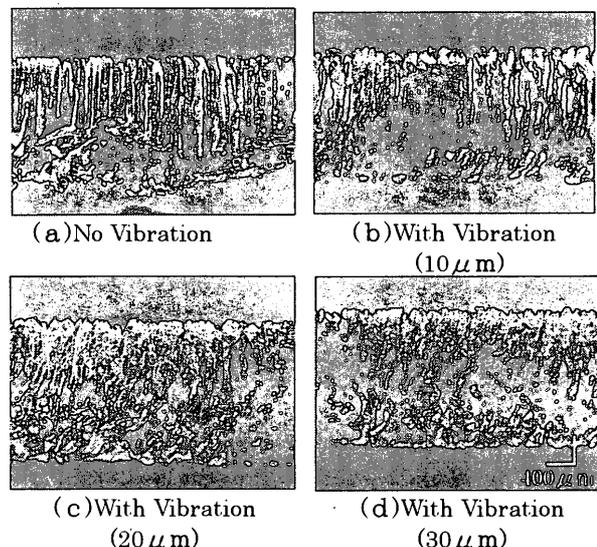


Fig. 2 CCD image of machined surface (250W 100Hz 70%)

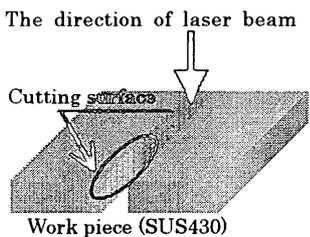


Fig.3 Model of measurement position

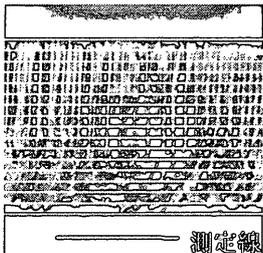


Fig.4 Position for measurement of surface roughness

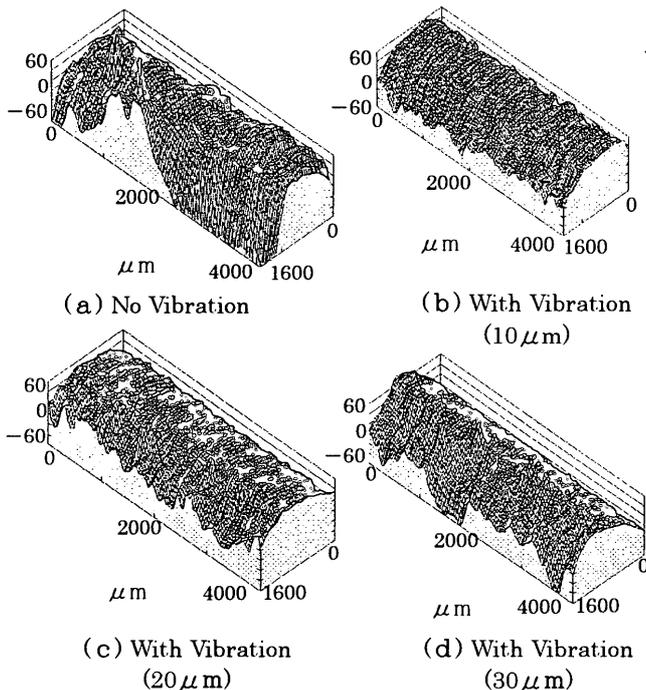


Fig.5 3D roughness of machined surface

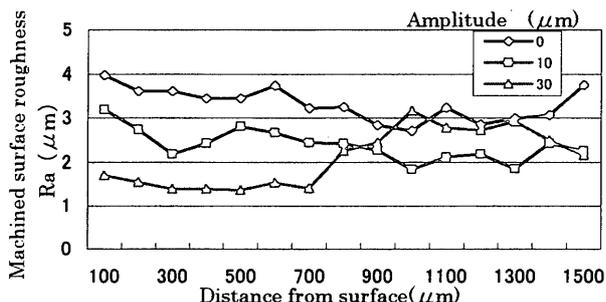


Fig.6 Distance from surface v.s. surface roughness

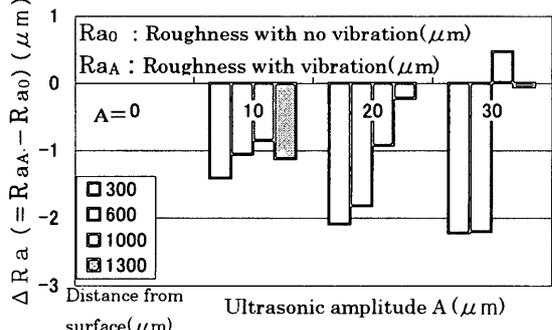


Fig.7 Effect of amplitude on surface roughness

元粗さを示す。図.6に各加振条件での加工表面からの距離と算術平均粗さ Ra の関係を示す。超音波非加振時と加振時との Ra の差を図.7に示す。

5. 考察

図.2の CCD 像より観察されるように加工物の切断面の表面状態を見ると、超音波非加振時に明瞭に存在していたドラグラインが、振幅  $10 \mu\text{m}$  では消え始め、 $20 \mu\text{m}$  および  $30 \mu\text{m}$  においては初期のドラグラインは、表面の凹凸模様が確認できず、不規則になっていることがわかる。これは、超音波加振をすることによってレーザー照射域が試料表面で変動し、レーザーによる除去過程に加え、振動による溶融から除去過程までの機構が変化したので加工表面の様子が変化しと考えられる。また、切断面下部のドロスの減少は振幅が増加するにつれて減少する傾向が認められる。これは超音波振動による溶融物の除去促進作用が機能したためと考えられる。

また、図.6の加工表面からの距離と算術粗さとの関係より、超音波非加振時と加振時を比較すると、加振により全体的に算術平均粗さが減少し、振幅が増すとその傾向が顕著である。これは超音波加振をすることにより、レーザー照射域は振幅に依存して変動したためと、溶融物の飛散除去機構が変化したことによると考えられる。よって、非加振時に現れたドラグラインがこの変動により消滅したことから加振による粗さ減少する効果が作用したものと考えられる。

また加振時と非加振時の算術平均粗さの差、すなわち表面精度向上の効果を示した図.7より、加工表面に近いほうが振幅の増加とともに粗さが減少し、試料下部では粗さが増加している傾向が見られる。まず加工表面側の粗さ減少については、前述の様に超音波加振をすることによってドラグラインが減少し切断面が滑らかになったと考えられる。また試料下部における粗さの増大においては、ドロスが加振によって除去されるものの加振振幅に依存したレーザー照射域の増大によって加工領域が下方になるほどエネルギー密度が低下し、図.5(d)に見られるように大規模な除去状態が見られることから外周部の酸素と反応しセルフパニングを伴った加工機構によるものと考えられる。また、加振により加工機構の変化が粗さに影響を与えることから発振条件に対する加振条件設定の選択が重要な因子であることが分かった。

6. 結言

パルスレーザー切断加工に ULM を適用した場合の切断面粗さに及ぼす超音波振動の影響を検討したところ、超音波加振条件により表面粗さ生成機構に変化が生ずることがわかった。超音波非加振条件で顕著に認められたドラグラインが加振により減少し、それに伴って表面粗さが低下したことから、加振による加工機構に依存した表面粗さ特性が異なることが認められた。また加振振幅条件の設定が加工精度に大きく影響し、重要な因子であることも確認できた。

参考文献

1) 久米原宏之ほか 2 名 2000 年度精密工学会春季大会講演論文集(2000) 325