

日本機械学会 第 13 回生産加工・ 工作機械部門講演会に参加して

松田 亮太郎

Ryotaro MATSUDA

機械システム工学専攻修士課程 2年

1. はじめに

2019年10月4日、熊本大学で上記の講演会に参加し、「レーザ応用加工」のセッション内にて「短パルスレーザを用いたファインセラミックス部品の表面テクスチャリング—微細ディンプル形成に関する基礎的検討—」という題目で発表を行った。

2. 研究内容

2.1 緒言

カーエレクトロニクスやエネルギー分野の部品製造において、直径数 μm の固体粒が液中に混在している固液混相流を微小な隙間内で流動させる工程がある。より高性能な製品開発のためには、固体粒の崩壊や隙間を構成している部品の摩耗によるコンタミネーションの発生を抑制する必要がある。そこで、当該部品表面にテクスチャリングを行うことで固液混相流の流動性を改善し、部品材質をゴムや金属から高耐食性・高強度を有するセラミックスに置き換えることが検討されている。ここで、表面テクスチャリングを行う工法として、微細な加工かつ材料の強度によらない加工が可能なレーザをテクスチャリングツールとして用いることにしたが、液体を対象とした流体潤滑性向上を目的としたレーザ表面テクスチャリング (Laser Surface Texturing: 以後 LST と称す) に関する研究報告は数多くみられるものの、固液混相流の流動特性向上効果に関する研究は見当たらない。

そこで、本研究では LST を施したセラミックス部品の固液混相流の流動特性向上効果とそのメカニズムを明らかにすることを目的としている。その基礎的検討として、アルミナセラミックスを対象に短

パルスレーザを用いた微細ディンプル形状加工を行うことにした。レーザ照射条件が、ディンプル形成確率および形状・寸法に及ぼす影響を明らかにし、微細ディンプルパターンへの加工を試みた。

2.2 実験方法

パルス幅 100 ns の短パルスファイバレーザ (波長: 1064 nm, シングルモード, ビームスポット径: 約 50 μm) を用い、アルミナセラミックス平面にレーザ照射した。表 1 にレーザ照射条件を示す。レーザの焦点位置は工作物表面で固定し、平均出力, パルス幅, パルス周波数について, 使用したレーザ発振器の設定可能な条件範囲で幅広く設定した。各レーザ照射条件でレーザを点照射 (10 点) し, デジタルマイクロスコープを用いてディンプル形成有無の確認を行った。そして, レーザ照射部周辺の顕微鏡観察と表面粗さ/輪郭形状測定機による穴断面形状および寸法の評価を行った。なお, 各レーザ照射条件で形成されたディンプルの径の平均値および深さの平均値を, その条件におけるディンプル径 H_{dia} (μm) およびディンプル深さ H_{dep} (μm) とした。

表 1 レーザ照射条件

平均出力 P_{ave} (W)	9~16
パルス幅 T_d (ns)	10~100
パルス周波数 f (kHz)	40~200
照射時間 t (s)	5

2.3 実験結果および考察

2.3.1 照射条件がディンプル形成に及ぼす影響

図 1 は, 平均出力を変化させた場合の穴径と穴深さ, そしてアスペクト比 $A_s (= H_{\text{dep}}/H_{\text{dia}})$ を示す。平均出力が高くなると, 穴径と穴深さがともに大きくなる傾向が見られる。その変化率は穴深さの方が大きい。高平均出力化に伴ってアスペクト比が高くなることもわかる。本実験の条件範囲では, 穴径は 20 μm 程度から 40 μm 程度, 穴深さは 3 μm 程

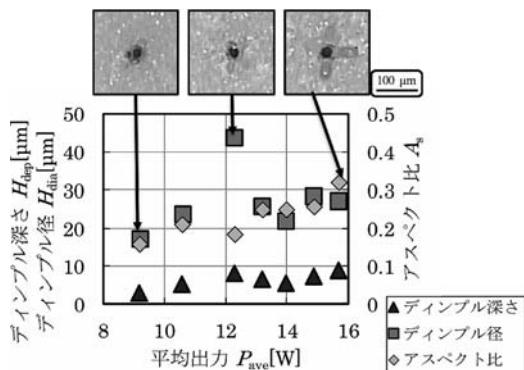


図1 平均出力がディンプル形状/寸法へ及ぼす影響

度から $10\ \mu\text{m}$ 程度、アスペクト比は 0.15 程度から 0.3 程度であった。図2は、各レーザー照射条件でのパルスエネルギー E_{pls} (μJ) を算出し、ディンプル形成確率（照射点数10に対するディンプル形成点数の百分率）について整理したものである。パルスエネルギーが $100\ \mu\text{J}$ 以下ではディンプルは形成されないが、パルスエネルギーの上昇に伴って形成確率も上昇、 $250\ \mu\text{J}$ 程度以上で 100% になる。したがって、少なくともパルスエネルギーが $250\ \mu\text{J}$ 程度以上となるレーザー照射条件設定が必要であるといえる。

2.3.2 ディンプルパターンの形成

形成確率 100% を満たす条件として、平均出力 $16\ \text{W}$ 、パルス幅 $100\ \text{ns}$ 、パルス周波数 $50\ \text{kHz}$ と設定し、 10 個 \times 10 個の格子状ディンプルパターン（ディンプルピッチ $100\ \mu\text{m}$ ）の加工を試みた。図3に示すように、パターンが形成することが確認できたが、ディンプル周辺に熔融再凝固物の残存が見られる。本熔融再凝固物は、流体流動時のコンタミネーションの要因になりうることから、その抑制ないし後工程での除去が必要と考えられる。

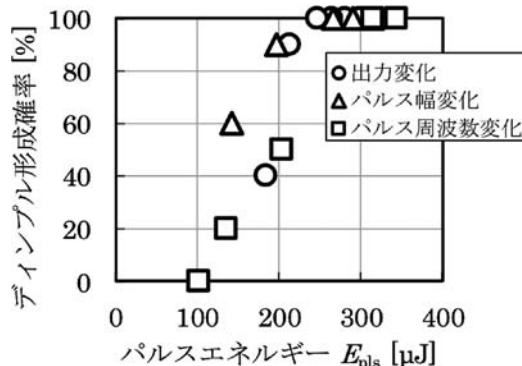


図2 パルスエネルギーが形成確率へ及ぼす影響

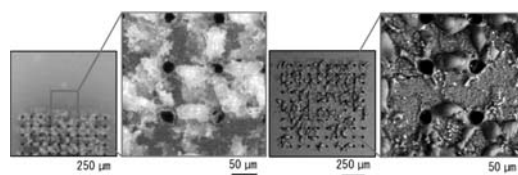


図3 ディンプルパターンの外観観察結果
(左：光学顕微鏡，右：電子顕微鏡による観察)

2.4 結言

100% のディンプル形成確率を実現するためには、少なくともパルスエネルギーが $250\ \mu\text{J}$ 程度以上となるレーザー照射条件設定が必要であることが明らかになった。本知見をもとに 10 個 \times 10 個の格子状ディンプルパターンの加工ができた。

3. まとめ

本学会発表を通じて、レーザー加工に関わる研究をされている先生方前で発表を行い、数々のご意見を頂くことができた。学生である自分にはない疑問点などをご指摘いただくことで、自身の今後の研究の課題を知ることができた。また、他のレーザーに関する研究発表を聞く機会となり、異なるレーザーでの加工などを知ることができた。