

非対称形状表面によるマイクロパーツの対称振動輸送 第7報:フェムト秒レーザ加工表面の最適化に関する検証

札幌市立大学 ○三谷 篤史
立命館大学 平井 慎一

Microparts feeding by an asymmetric surface using symmetric vibration 7th Report - Study for optimization of microfabricated surfaces by femtosecond laser process

○Atsushi MITANI, Sapporo City Univ.
Shinichi HIRAI, Ritsumeikan Univ.

Abstract: We assessed the characteristics of two other profile surfaces obtained by modulating the irradiation angle of femtosecond laser beams. To evaluate asymmetry of these surfaces, we analysed microphotographs taken by the AFM, then compared the incline of both sides of each convexity. We conducted feeding experiments of 0402-type capacitors (size: $0.4 \times 0.2 \times 0.2$ mm, weight: 0.1 mg) using these surfaces with the same experimental conditions. Relationship between driving frequency and feeding velocity of each surface was then represented experimentally. In addition, the optimal surface was assessed by comparing the experimental results of each surface.

1 はじめに

筆者らは、数十から数百マイクロサイズのマイクロパーツの輸送機構として、非対称形状表面を有するマイクロパーツフィーダを提案している [1]。この機構は、振動式フィーダの表面に非対称な形状の微小加工を施し、マイクロパーツとフィーダの接触条件を正負方向で変化させることで、対称な平面振動による一方向輸送を実現している。前報 [2] においては、ステンレス製の薄板 (シムテープ) 表面に、フェムト秒レーザ照射で自己組織的に誘起されるサブマイクロピッチの微細な周期溝を、入射角を設けたうえでダブルパルス形成する手法 [3] の適用について検討した。本報では、短軸のフェムト秒レーザ加工において、レーザの照射角度を変えることによって得られた2種類について、それらの輸送特性およびそれらの最適性を検証する。ここでは、原子間力顕微鏡 (AFM) により得られたフィーダ表面の顕微鏡写真を解析することにより、表面の非対称性を検証する。次に、0402型セラミックコンデンサ (サイズ: $0.4 \times 0.2 \times 0.2$ mm, 質量: 0.1 mg) の輸送実験を行い、駆動周波数と輸送速度の関係を明らかにする。特に、同一の条件下で行った実験を比較することにより、フィーダ表面の最適性を検証する。

Table 1 Profile parameters of microfabricated surfaces

| surface | pitch μm | depth μm | incline, deg | | assym- metry, % |
|---------|------------------------|------------------------|--------------|-------|--------------------|
| | | | left | right | |
| A | 0.92 | 0.17 | 0.43 | -1.91 | 32 |
| B | 1.34 | 0.35 | 0.46 | -0.60 | 44 |
| C | 2.05 | 0.38 | 0.29 | -0.69 | 27 |

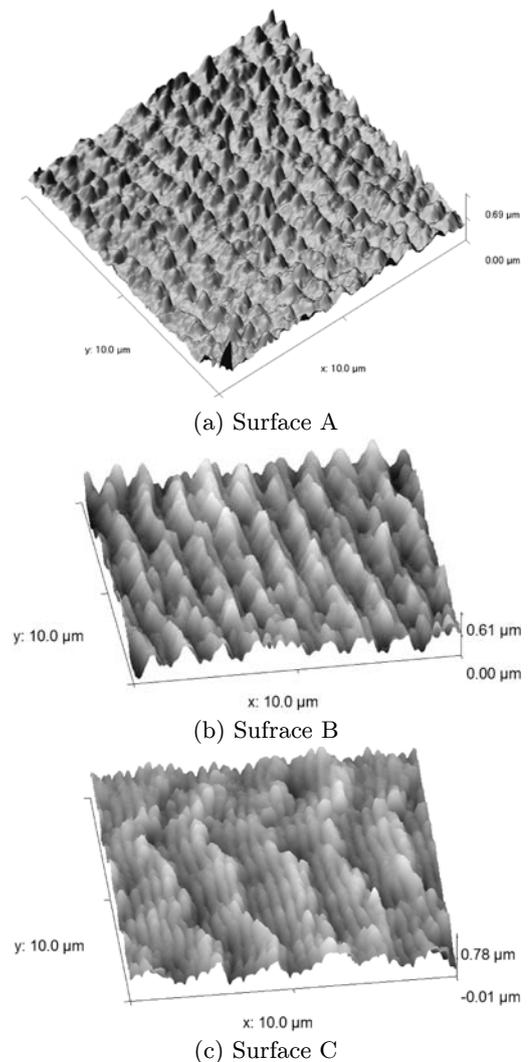


Fig. 1 Microphotograph of microfabricated surface by the AFM

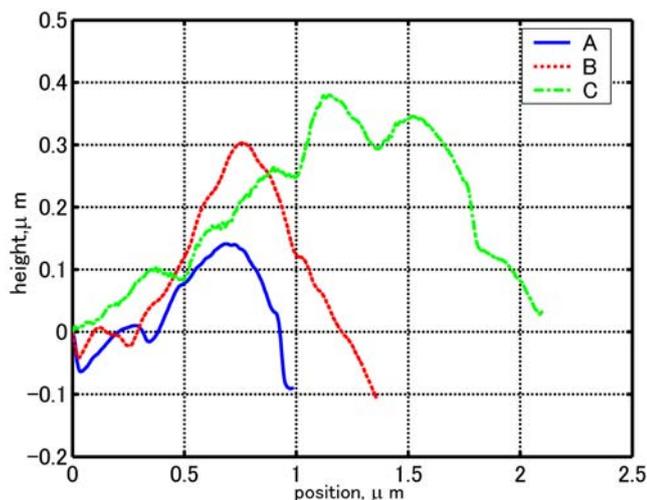


Fig. 2 Convexity section of each microfabricated surface

2 フェムト秒レーザ加工による非対称形状表面

ここでは、前報 [2] で用いたダブルパルス加工表面と、レーザの照射角度を変えた 2 種類のフィーダ表面を用いた。フィーダ表面の材料は、長さ 33 mm、幅 10 mm、厚さ 0.5 mm のステンレスである。それぞれの表面を原子間力顕微鏡 (AFM) にて撮影した結果を図 1(a), (b), (c) に示す。なお、それぞれの表面を **A**, **B**, **C** と名付けた。これらの画像を、SPM 画像解析ソフトウェア **Gwyddion** を用いて解析することにより、各表面における任意の凸部の断面形状を解析することができる (図 2)。これらの解析結果から得られた表面形状データを、表 1 に示す。なお、凸部の溝深さは、左斜面の最小値と極大値の差とした。また、断面形状データの終点は極小値とし、始点から終点までの距離をピッチとした。それぞれの表面に生成された凸部において、任意の 8 個を計測し、それらの平均値を解析結果とした。凸部の非対称性は、その極大値の位置を duty 比で表した。この場合、duty 比が 50% の時に対称となり、50% から遠いほど非対称性があらわれていることを示している。

3 輸送実験

フェムト秒レーザ加工により得られた非対称表面を用いて、0402 型セラミックコンデンサの輸送実験を行った。実験時における温度および湿度は、それぞれ 23 °C および 60 % であった。実験装置、フィーダ表面およびコンデンサは、実験環境下で一日以上放置した後にそれぞれの実験を行った。フィーダの駆動条件は、周波数を $f = 100.0, 100.5, \dots, 115.0$ Hz, 振幅を $A = 0.5$ mm とした。実験は 10 個のセラミックコンデンサを用いて 2

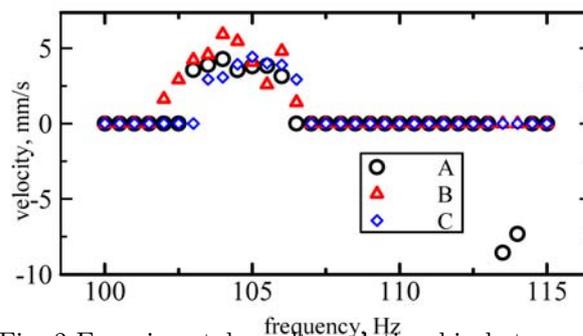


Fig. 3 Experimental results: relationship between driving frequency and feeding velocity

回行い、そのときの輸送速度の平均値を実験結果とした。輸送速度を計測するために、30 fps のデジタルカメラを用いた。セラミックコンデンサがフィーダ表面上を移動している間のフレーム数を計上することにより、輸送にかかった時間を計算した。実験結果を図 3 に示す。すべての表面において輸送を実現したのは、周波数が $f = 102$ から 106 Hz の時であり、表面 B において 5.9 mm/s の輸送速度となった。これは 1 分間あたり 888 個の供給量である。したがって、104 Hz 付近の駆動周波数においては表面 B が最適なフィーダ表面である。また、 $f = 113.5$ および 114 Hz において表面 A を用いた場合、輸送方向が反転し、それぞれ 8.6 および 7.3 mm/s、すなわち 1285 個/分および 1098 個/分の供給量を実現した。これらの結果より、表面 A においては、駆動周波数を 104 Hz, 108 Hz, 114 Hz に設定すれば、パーツはそれぞれ正方向運動、停止、負方向運動となる。これは、駆動周波数に応じてパーツの運動を制御できることを意味している。

4 おわりに

本報では、フェムト秒ダブルパルス加工による非対称表面を用いて振動輸送を行った。今後は、パーツサイズによる輸送特性の違いについて検証する。本研究は、科学研究費補助金・若手 (B) (課題番号:20760150) および財団法人メカトロニクス技術高度化財団 (EMTAF) の補助を受けている。

参考文献

- [1] 三谷 篤史, 菅野 直人, 平井 慎一: のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 71, No. 704, pp. 1169-1176, 2005.
- [2] 三谷 篤史, 吉村 俊厚, 平井 慎一: のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送 第6報 フェムト秒レーザ加工表面を用いた微小パーツの輸送に関する検討, 計測自動学会システムインテグレーション部門講演会 SI2007(広島), CD-ROM, 2007.
- [3] 二宮 孝文, 沢田 博司, 川原 公介, 黒澤 宏: フェムト秒ダブルパルスレーザ照射による表面周期構造の形成, 精密工学会誌, Vol. 71, No. 7, pp. 921-925, 2005.