

## 複合振動による超音波加工の検討 —加工痕の観察—

### Study of Ultrasonic Machining by Complex Vibration - Observation of Machining Marks -

○浅見拓哉<sup>1</sup>, 三浦 光<sup>1</sup>  
\*Takuya Asami<sup>1</sup>, Hikaru Miura<sup>1</sup>

Abstract: We have developed a new ultrasonic machining method using ultrasonic complex vibration. Mechanism of ultrasonic machining by complex vibration has not been clarified. In this paper, we study observation of surface machining marks of soda-lime glass by ultrasonic complex vibration machining as a basic study of understanding mechanism. As a result, the following points were clarified. Firstly, area of removed glass is increased in complex vibration. Secondly, the machining marks by complex vibration source is not punctuate but linear.

#### 1. はじめに

光学部品、機械部品等に用いられるガラス、セラミックス等の脆性材料に対して 3 次元の加工を行なう方法の 1 つに超音波振動と遊離砥粒（砥粒と液体の混合物）を用いた超音波加工がある。これまで、超音波加工に用いられてきた超音波振動は縦振動のみであった。筆者らは、これまで検討されていなかった振動に着目し、縦振動に対してねじり振動を加えた複合振動による超音波加工の検討を行い、加工時間の短縮、加工精度の向上を明らかにしている<sup>[1]</sup>。しかし、複合振動による超音波加工の加工原理については、未だに明らかにされていない。

本稿では、複合振動による加工原理解明の初期検討として、縦振動と複合振動を用いたソーダライムガラスの表面を加工した場合に生じる加工痕の観察を行った。

#### 2. 超音波振動源と工具ホーン

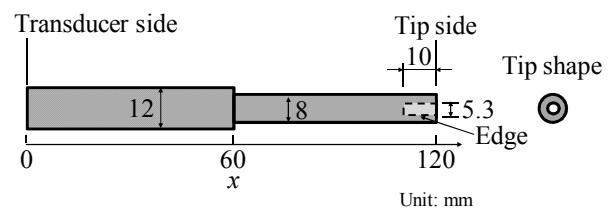
本検討で用いた超音波振動源は、20 kHz 用のボルト締めランジュバン型振動子に、直径 56 mm のフランジ付き一様棒、エキスポネンシャルホーン、及び Fig. 1 に示すような工具ホーンを結合したものを使用した。

Fig. 1 は、工具ホーンの概略である。同図(a)の縦振動する工具ホーンは、単純な直径変化を伴う形状のホーンとした。以後、この工具ホーンを結合した超音波振動源を縦振動源とする。一方、同図(b)の複合振動する工具ホーンは、複合振動を発生させるための斜めスリットを用いた形状のホーンとした。以後、この工具ホーンを結合した超音波振動源を複合振動源とする。なお、両工具ホーン先端部は、外径 8.0 mm、内径 5.3 mm の同心円形状とした。

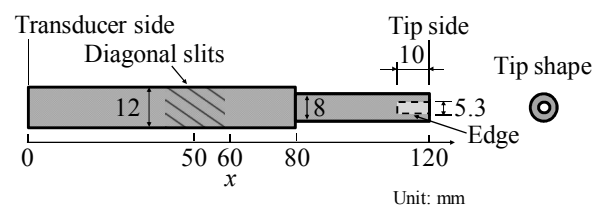
#### 3. 工具ホーン先端の振動軌跡

各振動源の工具ホーン先端部の振動を検討するため、工具ホーン先端部の振動軌跡の検討を行った。検討は、各振動源の駆動信号を共振周波数(縦振動源：20.1 kHz, 複合振動源：20.5 kHz)として、先端部の縦振動、及びねじり振動を 2 台のレーザー Doppler 振動計で測定し、振動軌跡を求めた。

Fig. 2 はその結果である。図は横軸に縦振動、縦軸にねじり振動をとっている。なお、横軸、縦軸は各工具ホーンの縦振動の最大値で規格化している。図より、まず縦振動源の工具ホーン先端部の振動軌跡は、ほぼ縦振動の直線の軌跡となっている。次に、複合振動源の工具ホーン先端部の振動軌跡は、縦振動源と同様に直線の振動軌跡になっていることがわかった。しかし、複合振動源の場合は、縦振動と同



(a) Longitudinal vibration tool horn



(b) Complex vibration tool horn.

Fig. 1 Complex ultrasonic vibration source.

1 : 日大理工・教員・電気

時に 2.3 倍のねじり振動が得られることわかった。

#### 4. ソーダライムガラスの加工痕の観察

両振動源を用いてソーダライムガラスの表面を加工した場合の加工痕の観察を行った。加工はガラス表面に砥粒(カーボランダム, 平均粒径  $20 \mu\text{m}$ )を散布し, ホーン先端をガラス表面に最適加工圧(縦振動源: 1.75 MPa, 複合振動源: 1.00 MPa)で押し付け, 各振動源の共振周波数を駆動信号として 600 cycle 入力して行った。なお, 加工時の各振動源のホーン先端部の縦振動は  $10 \mu\text{m}_{\text{p-p}}$  で, 複合振動源の場合は, ねじり振動が  $23 \mu\text{m}_{\text{p-p}}$  得られている。

Fig. 3 は観察写真の例である。同図(a)は縦振動源, 同図(b)は複合振動源を用いて加工したガラス表面の加工痕である。なお, 図中に描いた同心円は, ホーン先端部の外径と内径を示している。図より, 加工痕は, 縦振動源と比較して複合振動源のほうが広い面積となっていることがわかる。

また, Fig. 4 及び Fig. 5 は Fig. 3 における各部の加工痕である。各図において(a)は Fig. 3 における上部, (b)は右部の結果である。これより, 縦振動源による加工痕は, 点状が多いことがわかる。一方, 複合振動源による加工痕は, 線状が多いことがわかる。これは振動軌跡の結果から, 点状の加工痕は, 縦振動が加工対象に対して垂直に作用し, 加工対象を破砕しているためと考えられる。一方, 線状の加工痕は, 複合振動が垂

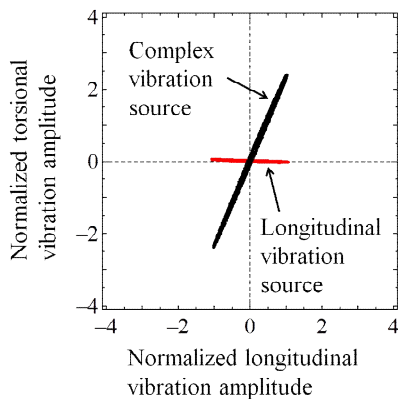


Fig. 2 Vibration loci at the tip of the tool horn.

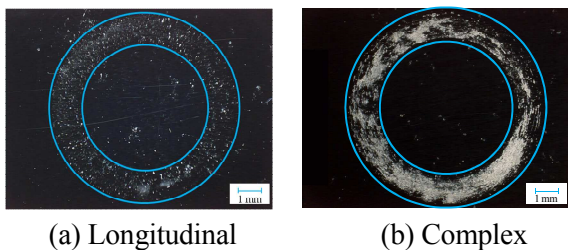


Fig. 3 Machining marks on surface of soda-lime glass.

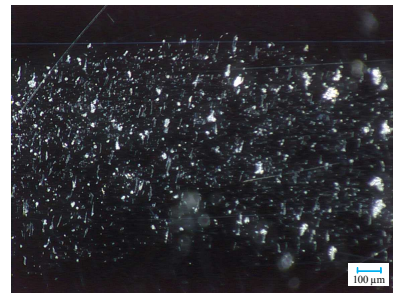
直方向とホーンの角度方向の 2 方向が作用するため, 加工対象を削り取り, 線状となったと考えられる。

#### 5. おわりに

本稿では, 複合振動による超音波加工を用いたガラス表面の加工痕の検討を行った。これにより, 縦振動と複合振動で加工痕が異なることを明らかにした。

#### 参考文献

- [1] T. Asami and H. Miura : Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 07GE07.

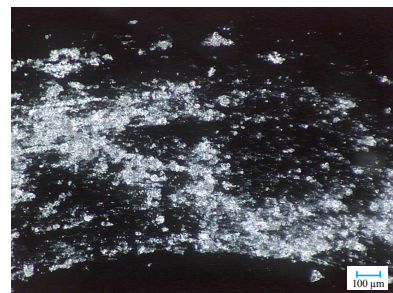


(a) Top part.



(b) Right part.

Fig. 4 Machining marks on surface by longitudinal.



(a) Top part.



(b) Right part.

Fig. 5 Machining marks on surface by complex.