

超音波縦一ねじり振動する角柱ホーンの検討

Study of Ultrasonic Longitudinal-Torsional Vibrating Square Prism Tool Horn

○浅見拓哉¹, 三浦 光¹*Takuya Asami¹, Hikaru Miura¹

Abstract: Ultrasonic complex vibration sources have been applied to ultrasonic vibration assisted manufacturing technology. A new method of ultrasonic complex vibration source has been developed for its technology. Prototype ultrasonic complex vibration source has square prism tool horn with diagonal slits. The diagonal slits of square prism horn are processed into two sides. In this paper, the characteristics of the prototype ultrasonic complex vibration source were measured.

1. はじめに

筆者らは、超音波縦一ねじり振動を用いた加工について研究を行っている[1,2]。加工に用いるための超音波縦一ねじり振動を得るための振動源の 1 つに斜めスリットを用いたものがある。この振動源は、単一の振動子で縦振動とねじり振動を同時に得ることが可能である。しかし、この振動源は、円柱形状ホーンの円周上に等間隔に斜めスリットを設ける必要があり、マシニングセンターを用いない場合は困難である。そこで、筆者らは、作成が容易な振動源として角柱ホーンに斜めスリットを用いたものを提案している。提案している方法は、角柱ホーンに斜めスリットを加工する面が 2 面のみであり、フライス盤のみで加工が可能である。これより、従来の円柱形状ホーンよりも作成が容易となる。本稿は、試作した斜めスリットを用いた角柱ホーンを結合した超音波振動源の振動特性を検討し、縦一ねじり振動が得られるか明らかにする。

2. 超音波振動源

図 1 は、本検討で用いた超音波振動源である。超音波振動源は、40 kHz 用のボルト締めランジュバン型振動子に、直径 25 mm のフランジ付き一様棒、及び図 2 に示すような角柱ホーンを結合したものである。

図 2 は、角柱ホーンの概略である。角柱ホーンは、一辺の長さ 20.5 mm、40 kHz 付近で縦振動の共振が得られるよう長さ 60 mm とした。また、角柱ホーンは、 $x = 30$ mm の位置を中心に、超音波縦一ねじり振動を発生させるための斜めスリットを設けている。なお、斜めスリットは対向する 2 面のみに用いている。斜めスリットの条件は、角度を 45 deg、長さを 8 mm、幅を 3 mm、深さを 7 mm、及び本数を各面 2 本とした。

超音波縦一ねじり振動の発生原理は、次のとおりである。まず、縦振動が斜めスリットを通過することにより縦一たわみ振動が発生する。そして、たわみ振動

の位相が、斜めスリットを用いている 2 面にて反転するため、ずり振動が発生する。ずり振動が全体に伝搬することでねじり振動となり、縦一ねじり振動が発生すると考えている。

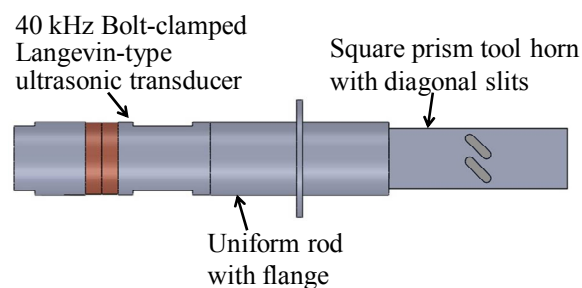


Figure 1. Ultrasonic vibration source.

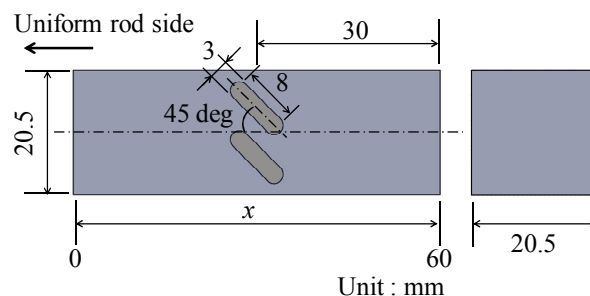


Figure 2. Square prism tool horn with diagonal slits.

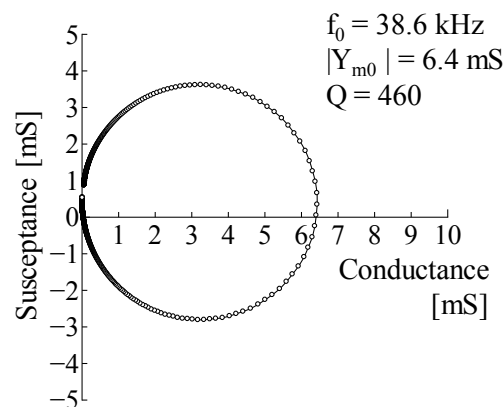


Figure 3. Free admittance loop.

3. アドミタンスループ

超音波振動源の共振特性を明らかにするために、アドミタンスループの測定を行った。測定は、駆動電圧を 1 V_{rms} 、駆動周波数を $40 \pm 2\text{ kHz}$ として行った。図 3 はその結果である。図は横軸にコンダクタンス、縦軸にサセプタンスをとっている。図より、複合振動源は、 38.6 kHz に共振があることがわかった。その際のコンダクタンス、及び Q は、 6.4 mS 、及び 460 であった。また、 38.6 kHz 近傍には他の共振が無いことがわかった。

4. 角柱ホーンの振動分布

超音波振動体が縦一ねじり振動をしているかを明らかにするため、角柱ホーン部分の縦振動分布、及びねじり振動分布の測定を行った。各振動分布の測定は、駆動周波数を 38.6 kHz 、振動子端子電流を $50\text{ mA}_{\text{rms}}$ 一定とし、 $x = 0\sim 60\text{ mm}$ の範囲で行った。なお、縦振動分布の測定は、環状電磁型振動検出器、及びレーザドップラ振動計 ($x = 0, 60\text{ mm}$ のみ測定) を用いた。一方、ねじり振動分布の測定は、レーザドップラ振動計を用いた。

図 4 は縦振動分布の結果である。図は横軸に位置 x 、縦軸に環状電磁型振動検出器の出力電圧、及びレーザドップラ振動計で測定した縦振動片振幅をとっている。図より、 $x = 0, 60\text{ mm}$ の縦振動は、ほぼ同じ振幅となっていることがわかる。また、縦振動は、振動検出器の出力電圧から推測すると、 $x = 0, 60\text{ mm}$ 付近で腹、 $x = 30\text{ mm}$ 付近で節となる $1/2$ 波長の分布となっていることがわかった。これより、縦振動は、角柱ホーンにおいて半波長共振していることがわかった。

次に、図 5 はねじり振動分布の結果である。図は横軸に位置 x 、縦軸にレーザドップラ振動計で測定したねじり振動片振幅、パラメータとして測定を行った角柱ホーンの面をとっている。なお、面 2、面 4 は、斜めスリットを設けている面である。図より、いずれの面においてもねじり振動は、 $x = 20, 60\text{ mm}$ 付近で腹、 $x = 5, 40\text{ mm}$ 付近で節となる $3/4$ 波長の分布となっていることがわかった。ねじり振動の音速は、縦振動と比較して約 $2/3$ である。これからも、ねじり振動分布は、角柱ホーンにおいて $3/4$ 波長の分布となることは明らかである。また、各面のねじり振動は、ほぼ同じ値となっている。これらより、超音波縦一ねじり振動は、角柱ホーンの 2 面に斜めスリットを設けることで得られることがわかった。

5. おわりに

本稿では、超音波縦一ねじり振動を得る方法として、角柱ホーンの 2 面に斜めスリットを設けた方法について提案し、検討を行った。その結果、角柱ホーンにて、縦振動は $1/2$ 波長分布となり、ねじり振動は $2/3$ 波長となった。また、両振動は、角柱ホーン先端部において振幅の腹となっていることがわかった。これより、縦一ねじり振動は、提案方法を用いて得られることを明らかにした。今後は、最適な斜めスリットの条件等を検討する予定である。

参考文献

- [1] T. Asami and H. Miura : Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 07GE07.
- [2] T. Asami and H. Miura : Acoust. Sci. & Tech. **36**, 3 (2015) pp. 232-239.

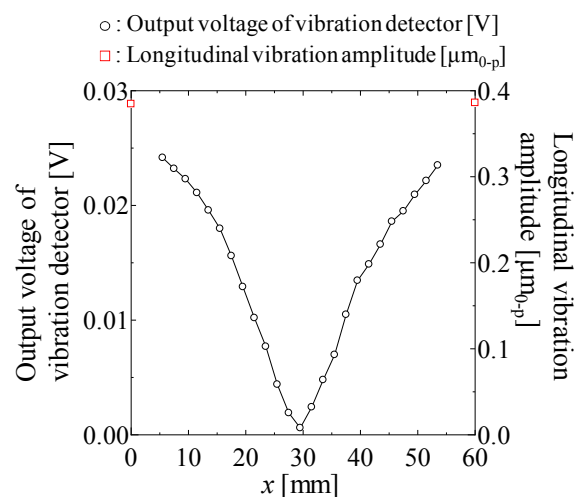


Figure 4. Longitudinal vibration distribution.

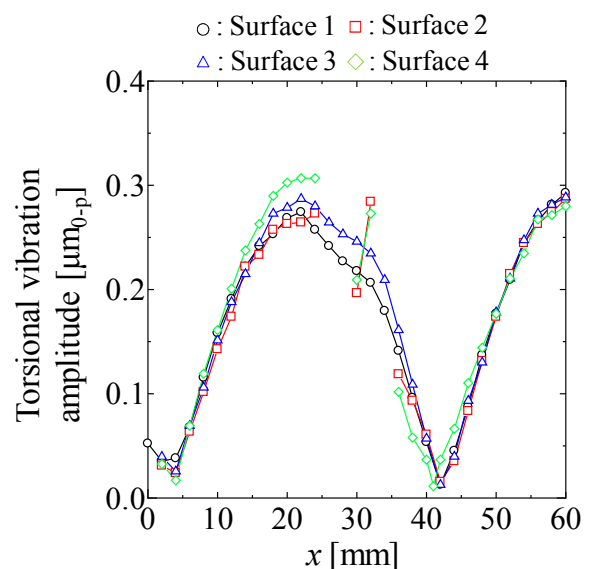


Figure 5. Torsional vibration distributions.