

超音波応用加工のための超音波複合振動子の開発 Development of Ultrasonic Complex Vibration Transducer for Ultrasonic Vibration Assisted Manufacturing Technology

○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. However, the conventional method for achieve complex vibration has a number of problems. Accordingly, a new method in the capacity of ultrasonic complex vibration transducer has been developed for its technology. Prototype ultrasonic complex vibration transducer has discrete pieces of piezoceramics and transducer which length is one wave length of each propagating vibration. In this paper, the characteristics of the prototype ultrasonic complex vibration transducer were measured.

1. はじめに

超音波応用加工とは、ドリル等を用いた切削加工、砥石を用いた研削加工、金属同士を接合する接合加工等に於いて、加工中に超音波振動を工具、または加工対象に付与する加工方法である。超音波応用加工は、振動を付与しない加工（慣用加工）と比較して高速化・高精度化等の高度化が望めるものである^[1]。

近年、超音波応用加工の研究において、複数の方向の振動（例えば、縦振動とねじり振動）を組み合わせた超音波複合振動による加工の研究が行われている^[2]。これまで、複合振動を得るための方法として、図 1 に示すような振動子が用いられてきた。同図 (a) は振動変換器を用いる方法、同図 (b) は複数種類の圧電素子を用いた振動子を使用する方法である。しかし、これらの方法は、超音波応用加工で利用するには欠点が存在する。同図 (a) に示した方法は、得られる各振動の周波数が同一となり、各振動の節の位置が異なることから、振動源の固定が困難となる。また、同図 (b) の方法は、各振動で節の位置は一致するが、圧電素子が各振動の節の位置に無いため効率が悪い。

そこで筆者らは、これらの欠点を解消するために、得られる各振動の節が一致し固定が容易で、更に効率の良い、複合振動を得る方法の検討を行っている。

本稿では、複数の圧電素子を用いた振動子の改良として、振動子を伝搬する各振動の 1 波長が、振動子の全長となる方法を用いて、縦振動用とねじり振動用の圧電素子を各振動の節の位置に配置して、縦-ねじり振動する超音波複合振動子を試作し、その特性について検討を行ったので、報告する。

2. 試作した超音波複合振動子

図 2 は、試作した超音波振動子に工具ホーン (A2017

製) を接続した状態の写真である。試作した超音波複合振動子は、縦振動 (A2017 の場合は音速 5150 m/s) の共振周波数を 34 kHz, ねじり振動 (A2017 の場合は音速 3150 m/s) の共振周波数を 20 kHz とし、伝搬する各振動の 1 波長となる長さとして設計した。そして、各振動の節の位置に各圧電素子を配置するようにした。縦振動、及びねじり振動の各圧電素子に電極を設ける

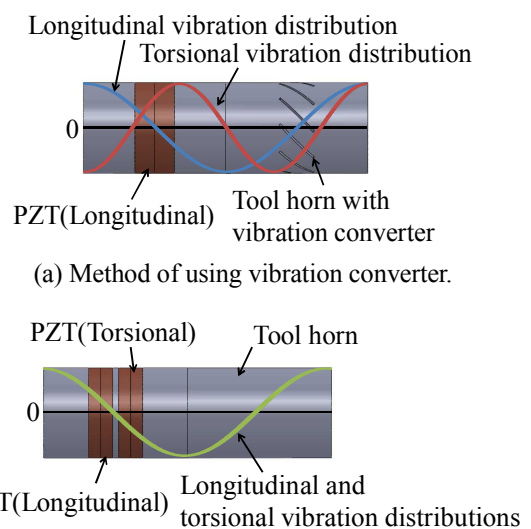


Figure 1. Method of obtaining complex vibration.

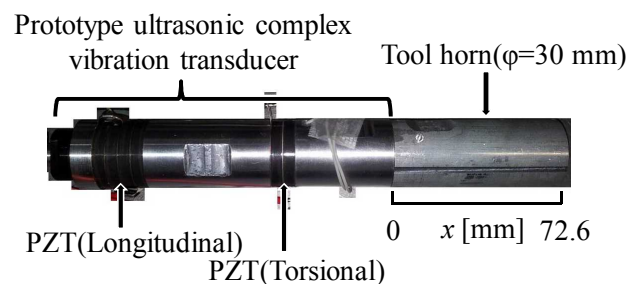


Figure 2. Prototype transducer with tool horn.

1 : 日大理工・教員・電気

ことで、得られる各振動を制御できる構造とした。また、同図に示すように、試作した超音波複合振動子には、長さ 72.6 mm、直径 30 mm の工具ホーンを接続している。測定のため、工具ホーンの長さ方向の距離を x [mm] と定義した。本稿では、これを振動源と呼ぶ。

3. 振動源の周波数に対するコンダクタンス特性

ここでは、振動源の共振周波数を検討するために、各駆動周波数におけるコンダクタンスの測定を行った。測定は、振動源の両圧電素子の端子電圧を 1.0 V として、駆動周波数を 10~40 kHz まで変化させ、振動源のコンダクタンスを求める方法で行った。図 3 は、その測定結果である。図は、縦軸に振動源のコンダクタンス、横軸に駆動周波数をとっている。図より、コンダクタンスは、駆動周波数 33.8 kHz (66 mS) と 20.9 kHz (0.6 mS) で極大で得られることがわかった。これより、設計した 34 kHz、及び 20 kHz 付近で共振周波数があることがわかった。しかし、20.9 kHz のコンダクタンスの値が小さいため、改善が必要である。

4. 工具ホーンの縦-ねじり振動分布

ここでは、振動源の工具ホーン部分の縦-ねじり振動分布の検討を行った。測定は、振動源の両圧電素子に端子電流 50 mA として、駆動周波数を 33.8 kHz、及び 20.9 kHz とした場合の工具ホーン部分の各振動を求める方法で行った。図 4 は、その測定結果である。同図 (a) は駆動周波数が 33.8 kHz、同図 (b) は駆動周波数が 20.9 kHz の結果である。両図とも、縦軸に縦、またはねじり振動振幅、横軸に工具ホーンの長さ方向の距離 x をとっている。同図 (a) より、33.8 kHz で駆動させた場合の両振動分布は、縦振動は 1/2 波長、ねじり振動は 3/4 波長の分布となっている。また、縦振動振幅は、工具ホーン全体を通して、ねじり振動振幅よりも大きく得られていることがわかる。これより、駆動周波数 33.8 kHz では、縦振動が主として得られることがわかった。次に、同図 (b) より、20.9 kHz で駆動させた場合の両振動分布は、ねじり振動は 1/2 波長の分布となっているが、縦振動は殆ど得られていないことがわかった。これより、駆動周波数 20.9 kHz では、ねじり振動が主として得られることがわかった。また、33.8 kHz で駆動させた場合の縦振動分布の節の位置、及び 20.9 kHz で駆動させた場合のねじり振動の節の位置は、ほぼ一致することもわかった。

5. おわりに

本稿では、超音波応用加工のための超音波複合振動子の試作を行い、その特性について検討した。その結果、得られる各振動の節が一致すること明らかにした。

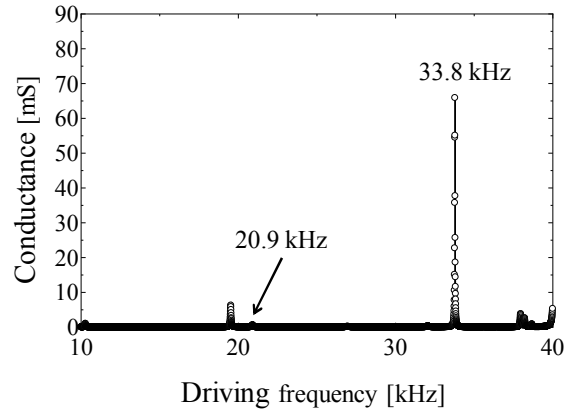
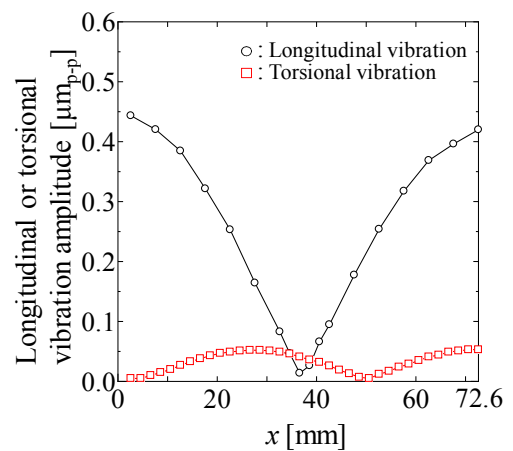
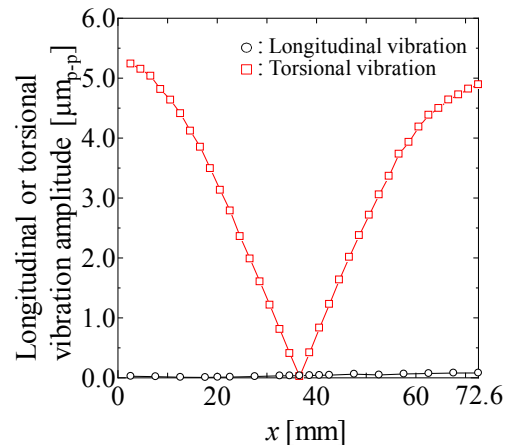


Figure 3. Relationship between driving frequency and conductance.



(a) Driven by 33.8 kHz.



(b) Driven by 20.9 kHz.

Figure 4. Longitudinal-torsional vibration distributions.

今後は、ねじり振動の共振周波数である 20.9 kHz のコンダクタンスの改善を行う。

6. 参考文献

- [1] 例えば、辻野、他 6 名：電子情報通信学会技術研究報告. US, 超音波 102(655), 19-24, 2003-02-14.
- [2] T. Asami and H. Miura : Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 07GE07.