

技術ノート

超音波加工用工具の振動特性

山形重雄*¹⁾ 神田浩一*¹⁾ 加藤光吉*¹⁾ 松田哲*²⁾ 田中信一*³⁾

Vibration characteristics of ultrasonic machining tools

Shigeo YAMAGATA, Koichi KANDA, Kokichi KATO, Satoshi MATUDA and Sinichi TANAKA

1. はじめに

硬質脆性材料に対する穴加工は、超音波加工が有効な手段のひとつである。被加工製品の高付加価値化に伴い、更なる微細化、品質の向上、低コスト化の強い要求があり、振動系設計技術の高度化が求められている。加工に用いる工具は、工具交換が容易で、かつ振動損失の少ない点を考慮して割締め型ホーンと呼ばれる超音波用ホーンに取り付けて使用されている。今回は、超音波加工用ホーンに対する工具挿入長の変化による振動特性について報告する。

2. 実験方法

2.1 有限要素法解析

解析モデルは、図1に示すように円柱形状ホーンの一部に穴、スリットを設け、この穴に工具を挿入して止めネジにより保持する機構を有している。このホーン他端から軸方向に超音波振動を与えたときの解析を行う。工具を挿入する穴の形状は丸穴とした。工具挿入長が変化するときの挙動を検討した。解析には、パソコンで動作する汎用有限要素法プログラム(ANSYS 8.0)を用いた。軸方向をz軸、横振方向としてx軸とy軸変位の合成変位とした。周波数応答解析の境界条件として、ホーン加振側端面の軸方向に1μmp-pの強制変位を与えた。

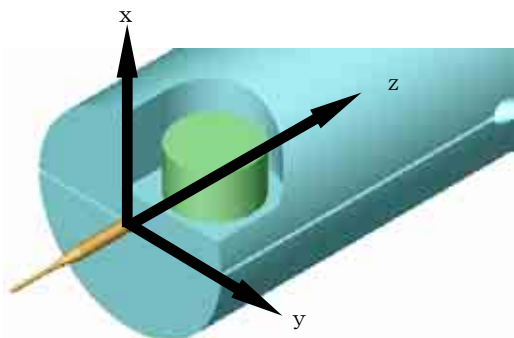


図1 解析モデル形状

2.2 振動測定

有限要素法解析を基に試作した超音波加工用ホーンを図2に示す。超音波加工用ホーンに工具を取り付け、軸方向に振動を印加した。工具の全長は17.5mm、先端径は0.3mmである。工具のホーンに対する挿入長を3.5mm~5.5mmまで0.5mm間隔で変化させたときの工具先端の振動を図3のように、レーザー振動計により測定し、その結果をFFT分析し、共振時(周波数20.69kHz)の変位を測定結果とした。その際に、入力電力も1~6Wと変化させて測定した。ホーン軸方向(z軸方向)の変位を基準として横振れ変位(x軸方向とy軸方向の合成変位)割合を検討した。



図2 超音波加工用ホーンの外形

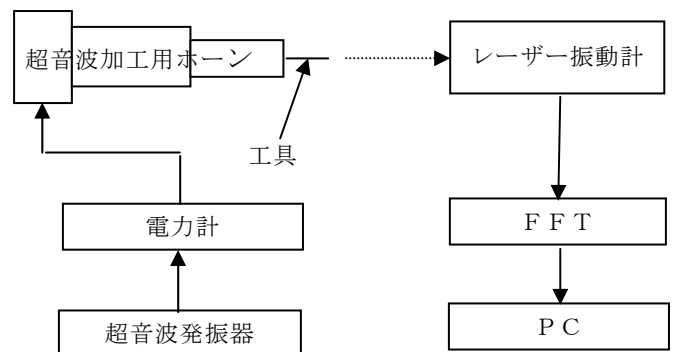


図3 振動測定外略図

*¹⁾ 光音計測技術グループ

*²⁾ 製品科学グループ(現多摩中小企業振興センター)

*²⁾ 日本電子工業株式会社

3. 結果

3.1 有限要素法解析結果

図4のように、工具挿入長 5.0mm を超えた付近から横振れが急激に大きくなり、6mm 付近で共振状態になっており、変化割合が最大になった。一方、工具挿入長 5.0mm 以下では、なだらかに変化割合が小さくなっていき、工具挿入長 3.5mm で最小となった。また、工具挿入長 5.5mm 以上では、変化割合が1を越えており、横振れ振動変位がz軸振動変位より大きくなってなる現象が生じている。図5は、工具挿入長 3.5mm における有限要素法に解析結果の例である。

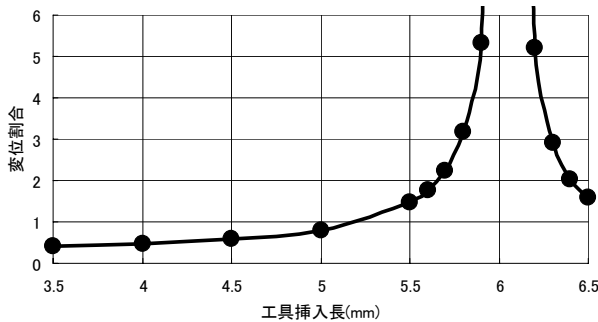


図4 有限要素法による工具挿入長に対する変位割合

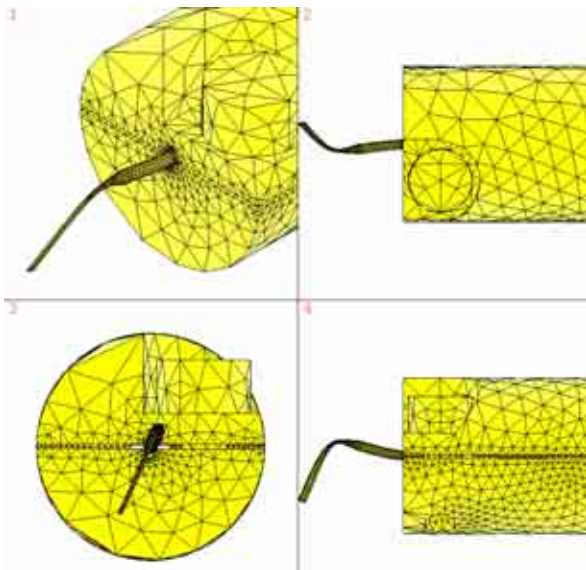


図5 有限要素法による解析結果例
(工具挿入長 3.5mm)

3.2 振動測定結果

工具挿入に対する変位割合を図6に示す。変位割合を見ると工具挿入長 3.5mm で最小になっており、超音波加工性能として最も精度が良いことが分かる。変位割合が最小の工具挿入長 3.5mm と、変位割合が最大になる工具挿入長 5.5mm を比較すると約3倍にもなり、超音波加工用振動系を製作するに当たり、工具挿入長は重要なファクターであることが分かる。一方、図7に示すように、入力電力に対する変位割合を見ると、入力電力の変化による変位割合がほとんど変わらないことが分かる。

有限要素法による解析結果との比較では、変位割合は最大でも 0.21 となり、非常に小さい値となっているが、図8に示すように、挿入長 3.5mm~5.5mm の間では、有限要素法による解析結果と実験結果の変位割合の変化傾向は類似している。

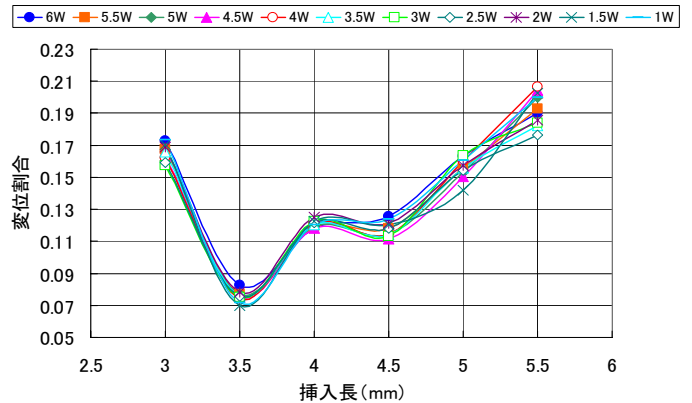


図6 工具挿入長に対する変位割合

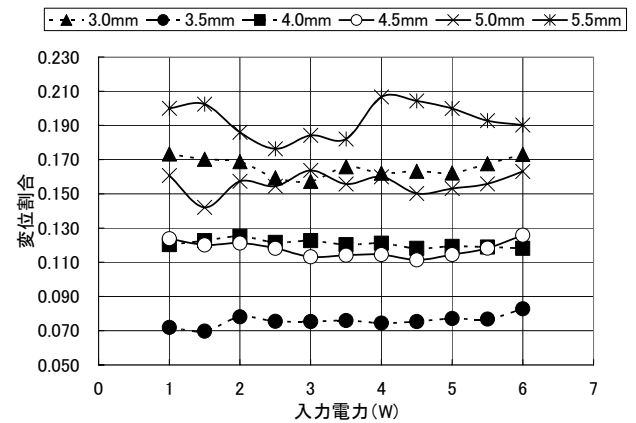


図7 入力電力に対する変位割合

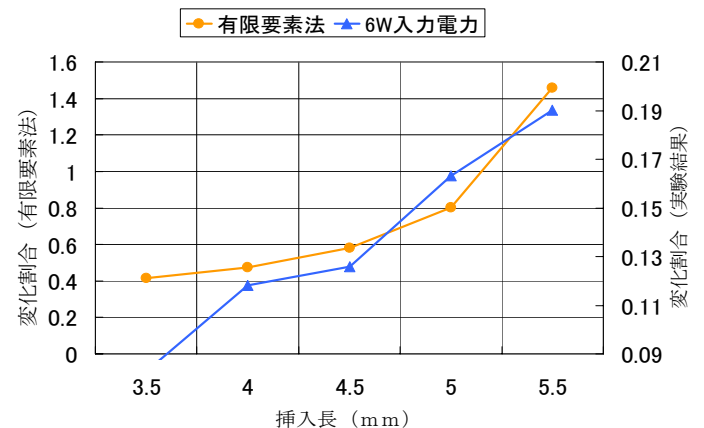


図8 有限要素法解析と実験結果の比較

4. まとめ

超音波加工用振動系の精度は、工具挿入長の影響が大きく作用し、変化割合では約3倍の変化があることがわかった。有限要素法による解析は、変化割合の傾向は実験結果に類似したが、絶対値が乖離してしまい、今後、物性値等も含め更なる検討が必要である。

(原稿受付 平成17年8月5日)