

# 超音波による工具接触圧力分布測定法に関する研究

神奈川県立 工学部 機械工学科

助教 水野敏広

(平成 17 年度奨励研究助成 AF-2005030)

キーワード：超音波，工具接触圧力分布，反射特性

## 1. 緒言

塑性加工では，被加工材・工具間の接触圧力を測定する方法として，従来測圧ピン法や感圧紙などが用いられている．これらの方法は，測定のために何らかの形で接触面の状態および性質を変化させてしまうので，本来目的とする接触圧力を測定できないとは言えない．

工作機械案内面や機械構造物の結合部の接触圧力の測定では，非破壊検査など工業的に広く利用されている超音波を応用することが考えられ，実用上の成果が挙げられている<sup>1),2)</sup>．プラスチック成形加工においても，金型内の圧力測定に超音波の利用が試みられている<sup>3)</sup>．

塑性加工において，材料と工具が本来の接触状態を保持したまま接触圧力を測定できる方法として，筆者は，超音波に着目し，円柱据込み加工を例に実験，検討した結果，平均接触圧力を測定できることを明らかにした<sup>4)</sup>．材料と工具の接触境界面に超音波が垂直入射すると，一部は反射され，一部は材料側へ透過する．この時，接触圧力の大きさに依存して反射特性が変化する．接触圧力は接触圧力と反射特性の相関関係により測定される．

本研究では，圧力分布が理論的，実験的に明らかになっている円柱据込みに本測定法を適用し，接触面上での反射特性を測定した．その結果，測定の信頼度について問題が残ったが，分布測定に適用できる可能性のあることが明らかになった．

## 2. 圧力分布測定法

超音波測定においては，市販の超音波探傷器を用いる．超音波は工具外側から入射され，接触面で反射した波は工具内を伝搬し，工具外側で受信される．図 1 に測定方法の概要を示す．入射および反射波の受信は探傷器に接続された探触子で行われ，工具外側表面に設置する．探傷器では，波の強さを表す音圧を測定している．接触圧力と反射波音圧の関係は次式<sup>4)</sup>で表される． $E$  を反射特性値とする．

$$E = 1 - P_r / P_{r0} = aQ \quad \dots(1)$$

ここで， $a$  は材料，潤滑条件など加工条件によって定まる正の係数で，較正試験により定まる． $Q$  は接触圧力， $P_{r0}$  は  $Q=0$  のときの反射波音圧， $P_r$  は圧力が  $Q$  のときの反射波音圧である．反射特性値  $E$  を測定することにより接触圧力を知ることが出来る．圧力測定は探触子の探触面に相応した接触面の平均的な接触圧力が測定される．

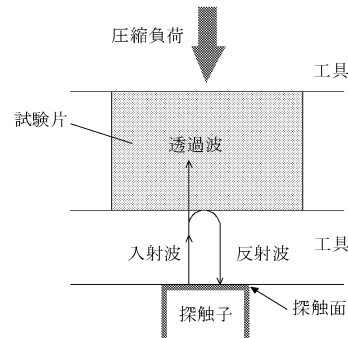


図 1 測定方法の概要

## 3. 実験装置および実験方法

### 3.1 実験装置

図 2 に実験に使用した工具装置の概要を示す．前章で示したように，圧力の分布を測定するためには，探触子を複数設置しなければならない．本測定では，工具中心から半径方向に 3 カ所設置した．使用した探触子は周波数 10MHz で，探触面が直径 10mm の円柱形状をしている．探触子が一定の押付け力で安

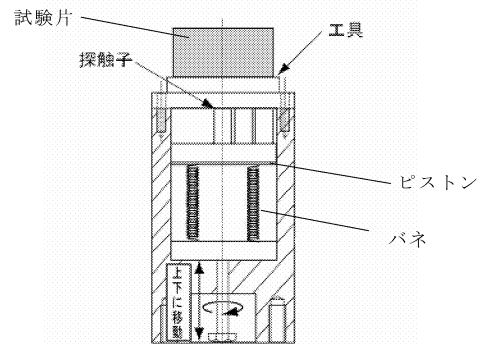


図 2 実験工具

定して工具外面に設置できるように、バネとピストンを用いた。押付け力は1つ当たり20Nとした。

工具は外径=100mm, 高さ=20mm, 材質はSKD11, 工具面はラップ仕上げとし, 表面粗さは $0.2\mu\text{mRz}$ である。超音波の測定には, 市販のデジタル超音波探傷器を使用した。

### 3.2 実験方法

実験材料は純アルミ A1070 を用い, 外径 60mm に旋盤加工した。また, 摩擦丘による圧力分布の違いを比較するために高さ直径比  $h_0/d_0$  を 0.5 と 1.0 とした。試験片端面の表面あらさが均一になるように平面研削を行った後, 焼きなましを行った。

潤滑条件は, 無潤滑と冷間鍛造用潤滑油による潤滑とした。圧縮負荷には 500kN の万能試験機を用いた。加工速度は約  $0.5\text{mm}/\text{min}$  と小さくした。圧縮負荷が 20kN 増加するごとに, 圧縮を続けている状態で 3 カ所の反射特性値を測定した。

### 4. 実験結果

それぞれの条件の実験で得られた反射特性値を図 3 から 6 に示す。縦軸に E, 横軸は試験片初期断面積で除した平均接触圧力である。E は工具中心から半径方向に  $E_1, E_2, E_3$  で表した。すべての実験で中心の特性値より半径方向の特性値が大きくなった。式 (1) より, 圧力が大きくなれば特性値も大きくなる。この実験では, 係数  $a$  はすべて圧縮条件の場

合で同じであると考えらるべきであり, 従来の測定結果<sup>5)</sup>から考えると,  $E_1$  が大きくならなければならない。特に  $h_0/d_0$  が 0.5 の場合は, 摩擦丘により中心部で圧力は大きくなるのは周知である。この原因については, 工具の弾性変形, 試験片の端面不整などが考えられる。これについては, 精査しなければならない。 $h_0/d_0$  の 0.5 と 1.0 の比較では, 0.5 は中心部での圧力が大きくなっていることが伺える。

### 5. 結言

円柱据込みに超音波による圧力分布測定法を適用し, 接触面での反射特性を測定し, 信頼度については課題が残ったが, 圧力分布測定に適用可能なことが明らかになった。

### 謝辞

本研究を遂行するに当たり, (財)天田金属加工機械技術振興財団から研究助成をいただき, 関係各位に厚く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 益子正巳, 伊東 誼: 機論, 34-257(1968), 191.
- 2) 伊東 誼, 益子正巳: 機論, 36-284(1970), 649.
- 3) 西脇信彦, 今野政昭, 崔 愛玲, 堀 三計: 成形加工, 5-11(1993), 779.
- 4) 水野敏広: 研究概要報告書(17), 165.
- 5) 高橋壯治: 塑性と加工, 6-52(1965), 271.

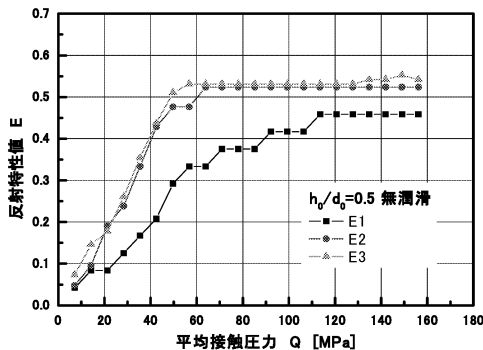


図 3 反射特性曲線(0.5 無潤滑)

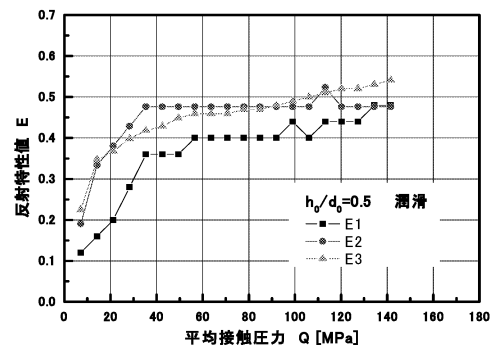


図 5 反射特性曲線(0.5 潤滑)

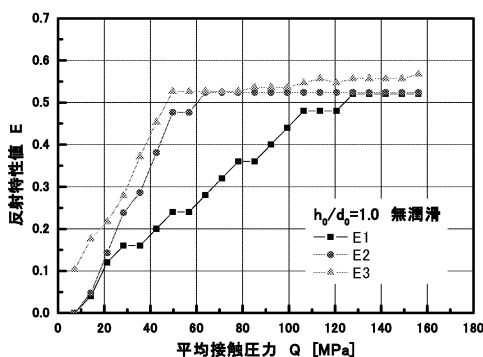


図 4 反射特性曲線(1.0 無潤滑)

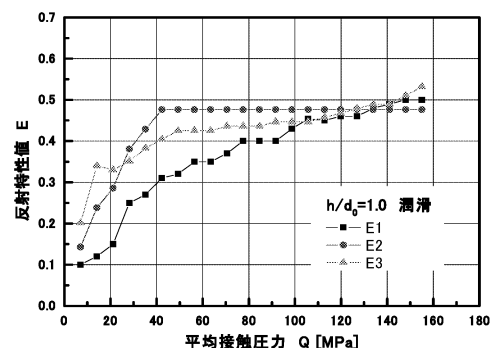


図 6 反射特性曲線(1.0 潤滑)