



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



# 圧入加工における超音波振動による押し込み力軽減 効果の実験的検討

—電動アクチュエータを用いた超音波圧入加工（1）—

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本音響学会 公開日: 2012-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 菅原, 啓之, 青柳, 学, 高野, 剛浩, 田村, 英樹 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1687">http://hdl.handle.net/10258/1687</a>

## 圧入加工における超音波振動による押し込み力軽減効果の実験的検討 電動アクチュエータを用いた超音波圧入加工（１）

その他（別言語等）のタイトル	The experimental examination of the pressing force reduction effect by the ultrasonic vibration in forced insertion processing Ultrasonically forced insertion device with an electric actuator (1)-
著者	菅原 啓之, 青柳 学, 高野 剛浩, 田村 英樹
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2009年秋季
ページ	1185-1186
発行年	2009-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1687">http://hdl.handle.net/10258/1687</a>

# 圧入加工における超音波振動による押し込み力軽減効果の実験的検討 電動アクチュエータを用いた超音波圧入加工 (1) \*

菅原啓之, 青柳学 (室蘭工大), 高野剛浩 (東北工大), 田村英樹 (山形大)

## 1 はじめに

近年、加工分野において、はめ合いのクリアランス精度が高まり、はめ合い加工で大きな力の伝達が可能となっている。はめ合い加工は組み立てに要する部品数を少なくすることが可能であり、また、加工工程が少なくなるため、製造現場で使用されている。しかし、クリアランス精度の向上によって、部品同士の接触による摩擦力の増大による「こじれ」や「カジリ」などの塑性変形が問題になっており摩擦力の軽減策が必要とされている。超音波振動の摩擦力軽減効果を応用した押し込み加工は既知の技術であるが現場で仕様に合わせて開発されているため、文献としてはあまり多くない<sup>[1] [2] [3]</sup>。このことから、本研究の目的は、超音波振動による摩擦力軽減効果を利用した圧入装置を試作し、超音波振動の効果を定量的に評価することである。

## 2 振動系とアクチュエータ



Fig.1 Forced insertion system.

本研究で使用する振動系とアクチュエータを Fig.1 に示す。

アクチュエータ:パルスモータ及びボールねじ駆動、最大押し付け荷重 800N を用いて圧入荷重の付加。

ロードセル(定格容量 2kN): 押し付け力の測定。

ボルト締めランジュバン型振動子(BLT)(共振周波数 28kHz、最大許容電力 450W)を使用して超音波振動を励振する。また、BLT にコニカルホーンを取り付け速度変成を行っている。

外径 12mm + 公差の金属棒を孔径 12.000~12.011mm の金属プレートに圧入する。

## 3 BLT 駆動回路

BLT は共振周波数付近で駆動することで大きな出力が得られるが、圧入動作時には BLT

に負荷が加わり共振周波数および振動振幅に変動が生じるため、超音波振動の定量的評価が困難になる。常に適切な振動を加えるために Fig.2 に示すような BLT 駆動回路を作製し、圧入加工試験を行った。

BLT 駆動回路は PLL 回路を用いた共振周波数追尾回路と電圧制御増幅器を用いた振動振幅調整回路から構成されている。

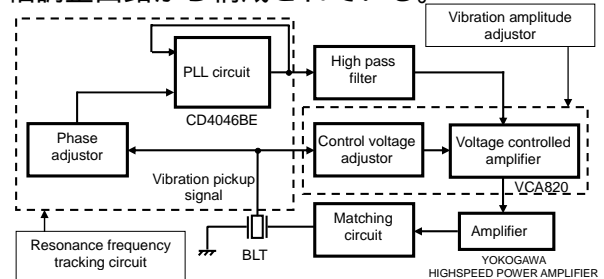


Fig.2 BLT drive circuit.

## 4 圧入試験

JIS で規定されているはめ合い等級:『打込』、『軽圧入』、『圧入』、『強圧入』の 4 種類の等級について外径 12mm の金属棒と孔径 12mm の金属プレートのサンプルを用いて圧入試験を行った。圧入サンプルには公差のばらつきがあるため、各はめ合い等級に対し複数回測定を行い、その平均で圧入完了に要する力を評価した。

振動速度調整回路からの出力(最大 10V<sub>p-p</sub>)を増幅器で増幅し、BLT に入力して超音波振動を発生させる。

Fig.3 に実験で用いる圧入サンプルを示す。この圧入サンプルを用いて定振動振幅試験と定押圧力試験の 2 つを行った。

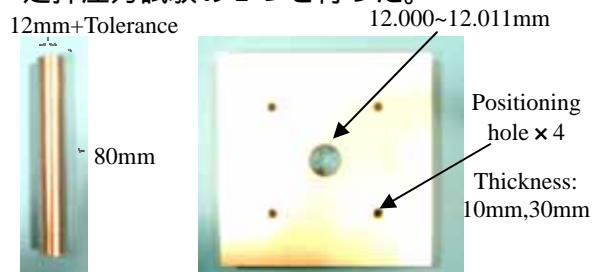


Fig.3 The appearance of processing materials. (Left: Metal rod, Right: Metal plate)

\*The experimental examination of the pressing force reduction effect by the ultrasonic vibration in forced insertion processing, -Ultrasonically forced insertion device with an electric actuator (1)- by SUGAWARA, Hiroyuki, AOYAGI, Manabu (Muroran Institute of Technology), TAKANO, Takehiro (Tohoku Institute of Technology), TAMURA, Hideki (Yamagata University)

## 5 圧入試験結果

### 5.1 定振幅試験結果

各はめあい等級について厚さ 10mm の金属プレートを用いて行った圧入試験の結果を Table1 に示す。ここでは一定振幅(674.04mm/s)の超音波振動を加えた状態でそれぞれのはめあい等級に対してどの程度の押し込み力を加えれば完全に圧入することが可能かを測定する。ここで圧入力はアクチュエータからの押し込み力を次第に大きくしていき、金属棒と金属プレート間の摩擦力が静止摩擦状態から動摩擦状態に移行し、圧入完了したときの押し込み力を圧入力としている。

アクチュエータで力を加え、その力が静止摩擦以上になると金属棒が金属プレートに圧入され始める。このときの軸と穴との間の摩擦状態は動摩擦状態に移行する。しかし、圧入されると金属棒と金属プレートの接触面積が増えるため摩擦力が増大し、押し込むことが困難になり再び静止摩擦状態に移行する。

Table1 Result of a press-in test.

Quality of insert	Without ultrasonic vibration		With ultrasonic vibration	
	Force [N]	Transition [mm]	Force [N]	Transition [mm]
Driving	339.90	10.00	132.62	10.00
Light pressing	800	4.64	410.86	10.00
pressing	800	4.46	800	6.65
Strong pressing	800	3.59	800	4.51

### 5.2 定押圧力試験結果

アクチュエータからの押し込み力を一定に保ち、超音波振動を変化させて超音波振動による摩擦力軽減効果を検証した。Fig.4 にはめあい等級『打込(Driving)』についての試験結果を示す。

Fig.4 より振動振幅を大きくすることに伴いより深く圧入できることが確認できた。『打込』以外のはめあい等級においても同様の結果が得られた。

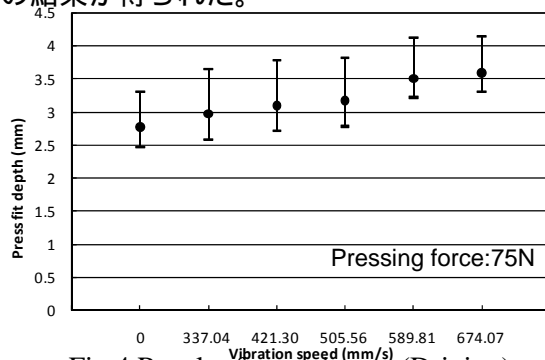


Fig.4 Result of press-in test (Driving).

## 6 振動速度測定

圧入試験において完全に圧入できなかった圧入サンプルについて圧入サンプルの振動しているのかを明確するため、金属棒先端と金属プレートの縁の振動速度をレーザードップラー振動計を用いて測定した結果を Fig.5 に示す。同図より、金属棒先端には超音波振動は伝わっているが、同時に金属プレート全体も振動していることがわかる。

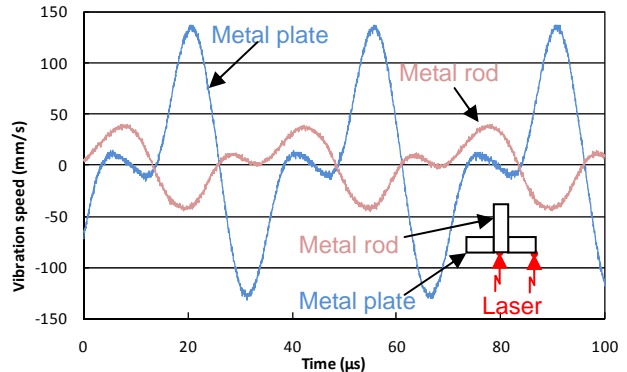


Fig.5 Vibration speeds of rod and plate.

## 7 おわりに

超音波振動の摩擦力軽減作用が確認できた。しかし、はめ合い等級『圧入』、『強圧入』に関しては最大の押し込み力(800N)を加えても圧入完了することができなかった。この原因の一つに軸と穴との間の摩擦状態が静止摩擦状態だと金属棒と金属プレートが一体となって振動していることが考えられる。

一度動摩擦状態から静止摩擦状態に移行したサンプルは棒とプレートが一体となって振動しており、軸と穴との間に超音波振動の差が小さいことがわかった。この状況では超音波振動の摩擦力軽減効果が十分に得られないと考えられるため、金属プレートに振動を伝えずに金属棒のみを振動させる工夫が必要である。

### 参考文献

- [1] 深津英治, "超音波振動を応用した圧入機の開発", YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW, <http://www.yamaha-motor.co.jp/profile/craftsmanship/technical/publish/no33/pdf/print/gr-02.pdf#search='深津英治 圧入機'> Chapter4, (2002).
- [2] 辻野, 原口, 櫻井, 上岡, 杉本, "超音波振動を用いた金属棒の押し込み加工について", 音響講論集 pp1199-1200 (2007).
- [3] 辻野, 上岡, 原口, 櫻井, 杉本, "超音波振動を用いた金属棒の押し込み加工について - 超音波振動を用いた金属棒の押し込み固定加工について -", 音響講論集 pp1271-1272 (2008).