

327 超音波振動切削に生じる異常現象について

Strange phenomena in Ultrasonic Vibration Cutting system

○ 学 大根田 浩久 (宇都宮大院) 正 軽部 周 (宇都宮大 SVBL)
 正 早乙女 辰男 (株式会社パイロット) 正 佐藤 啓仁 (宇都宮大)
 山谷 圭介 (日立設備エンジニアリング (株))

Hirohisa ONEDA, Utsunomiya University, 7-1-2, Yoto, Utsunomiya-shi, Tochigi

Shu KARUBE, Utsunomiya University SVBL, Tatsuo SOUTOME, PILOT CORPORATION

Keijin SATO, Utsunomiya University, Keisuke YAMAYA, HISEC

This paper studies strange phenomena in ultrasonic vibration cutting system. The ultrasonic vibration cutting can make more precise surface than conventional cutting, because it reduces the cutting force and suppresses cutting temperature. However, the ultrasonic vibration cutting has the difficulty of keeping the worked surface at a constant roughness. We think that one of the causes of this problem is occurrence of strange phenomena. This research confirms the occurrence of strange phenomena in this system by experiments when the tool amplitude varied, and characterizes the strange phenomena by FFT analysis.

Key Words: Ultrasonic Vibration Cutting, Strange phenomena

1. 結 言

限部らの考案した超音波振動切削は、工具に対して超音波領域の微小振幅を与え、パルス状の切削力を作用させ切削を行う加工法である⁽¹⁾。本加工法は、工具を固定した慣用切削に比べ切削抵抗を低減させ、加工熱の発生を抑えることを可能にする。しかし、超音波振動切削は一般に加工条件の選定が難しく、一様な加工面が得られない場合や真円度が悪化する場合がある。

本研究の目的は、超音波振動切削の真円度を悪化させる原因を調査し、これを回避する指標を得ることである。まず、炭素鋼・クロムモリブデン鋼・ステンレス鋼・アルミニウム合金の4種類について、超音波振動切削加工を行い、各材料における工具振幅と工作物挙動の関係について調べる。これにより、加工面に悪影響を与える現象を確認する。更に、この異常現象を特定する指標を得る。

2. 実験装置と実験方法

2.1 超音波振動切削装置 図1に、本研究で用いた超音波振動切削装置の概念図を示す。超音波発振器からの励振信号を受け、電圧振動子は振動数 $f = 20\text{kHz}$ で縦振動する。この振動振幅を縦振動ホーンにより拡大し、ホーン下部の振動工具シャンク尾部をネジ締結することにより、振動エネルギーを曲げ工具シャンクに伝達する。振動工具シャンクは、上下に設置した1組のコの字型工具押え金具により工具ホルダに固定される。このとき振動工具シャンクの振動を妨げないように、工具押え金具をシャンクに生じる振動モード節部に設置する。以上の機構により、工具刃先が振動数 $f = 20\text{kHz}$ 、工具振幅 a で振動する。

本研究では、この工具振幅 a を変化させた場合の工作

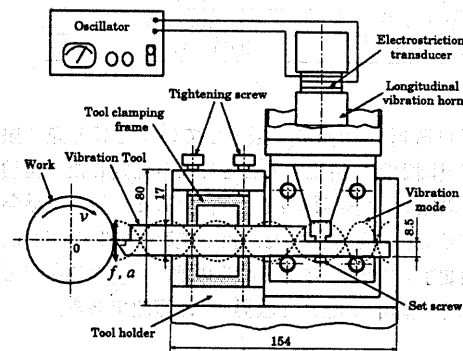


Fig. 1 Vibration cutting system

物挙動の変化について考察した。

2.2 工作物振動変位測定 図2に、本研究で用いた工作物の振動変位測定に関する概念図を示す。図2の発振器 (Oscillator) は図1で工具を励振させている発振器と同一のものである。この発振器から 20kHz の周波数信号を図1の振動子に与え、工具を上下に振動させる。超音波振動切削中における工作物水平方向の振動変位を渦電流センサより測定する。渦電流センサから得られた工作物変位信号をADコンバータにより離散化するため、発振器から出力した 20kHz の正弦波を波形変換部でTTL信号に変換し、トリガ信号として用いる。この操作により工具振動数 $f = 20\text{kHz}$ と同期した工作物の変位データ列 $\{x_i\} (i=1, 2, \dots, n)$ を得る。

2.3 実験方法及び実験条件 本研究では、炭素鋼 (S45C)、クロムモリブデン鋼 (SCM435)、ステンレス鋼 (SUS304)、アルミニウム合金 (A2017) について、工具振幅 a を変化させた場合における工作物挙動について調べ

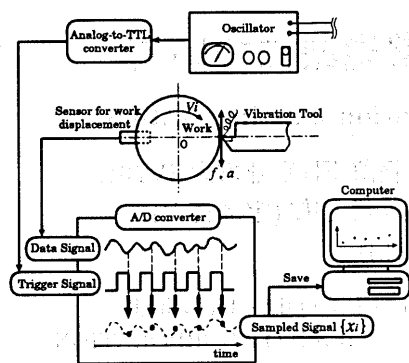


Fig. 2 Measurement system for work displacement

Table 1 Experimental conditions

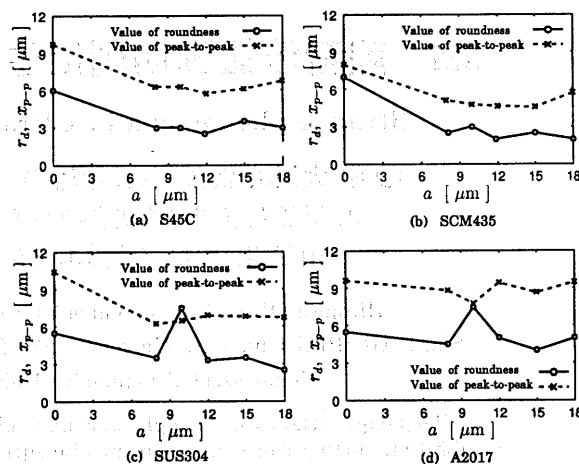
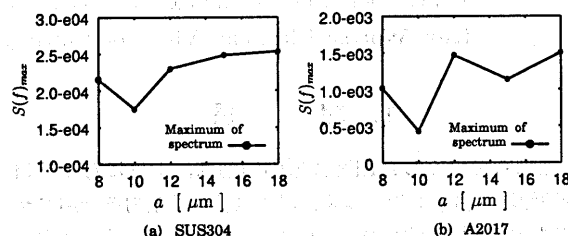
工具振幅 a	0, 8, 10, 12, 15, 18 μm
工作物材質	S45C, SCM435, SUS304, A2017
工作物外径	40 mm
工具刃先材質	超微粒合金 MF10
工具振動数 f	20 kHz
主軸回転数 n	460 rpm
送り速度 s	0.051 mm/rev
切込み深さ h	0.05 mm

る。この工具振幅 a の値は、振動している工具刃先の振動振幅を工具顕微鏡で目視することにより測定した。実験に用いた a の値は、6種類(表1参照)である。他の実験条件については表1に示す。また、表1の実験条件において、超音波振動切削の効果⁽¹⁾が得られるのは、 $a \geq 7.7\mu\text{m}$ (工具と工作物が規則的に離れる限界値)の範囲である。

3. 実験結果

3・1 工作物挙動 図3に工具振幅 a に対する工作物変位データ2万点からの Peak-to-Peak 値 x_{p-p} 、及び、加工後の工作物真円度 r_d の変化を示す。 $a=0$ のときは慣用切削状態であり、 $a=8, 10, 12, 15, 18\mu\text{m}$ のとき超音波振動切削状態である。S45C(図3(a))、SCM435(図3(b))の場合、超音波切削状態において、 r_d 、 x_{p-p} 共にほぼ一定の範囲で推移している。SUS304(図3(c))、A2017(図3(d))の超音波振動切削状態において、 x_{p-p} の値はほぼ一定の範囲で推移しているが、 $a=10\mu\text{m}$ で、 r_d の値が急激に増加し、真円度が慣用切削より同等、或いは悪化していることがわかる。

3・2 異常現象の特徴抽出 SUS304(図3(c))、A2017(図3(d))について、工作物変位データ2万点からパワースペクトルの最大値 $S(f)_{max}$ を算出し、異常現象の特徴抽出を行った。図4に超音波振動切削時の工具振幅 a に対するパワースペクトルの最大値 $S(f)_{max}$ を示す。図4より、異常現象発生時の $a=10\mu\text{m}$ における $S(f)_{max}$ の値が、異常現象が発生していない点($a=8, 12, 15, 18\mu\text{m}$)に比べ小さいことがわかる。これは、異常現象発生時では系の固有振動数以外の振動成分が多く発生し、その影響で固有

Fig. 3 Measured value of roundness r_d and peak-to-peak value of displacement x_{p-p} Fig. 4 Maximum Peak value of power spectrum $S(f)_{max}$

振動数近傍の振動成分のパワーが減少するものと考えられる。

4. 結 言

超音波振動切削において、工具振幅を8~18 μm の範囲で変化させた時の工作物変位を調べ、以下のことがわかった。

- 被削材の材質により、工作物変位の Peak-to-Peak 値には、ほとんど変化がないが、工作物真円度の値が悪化する場合がある。他の悪化していない真円度の平均値に対して、SUS304では約4.3 μm 、A2017では約2.9 μm 、真円度の値が増加した。
- パワースペクトルによる解析より、真円度の値が悪化する場合において、スペクトル強度の最大値 $S(f)_{max}$ が減少する。その値は真円度が悪化していない場合の $S(f)_{max}$ の平均値に対して、SUS304では約74%、A2017では約34%である。

以上より、工作物挙動のパワースペクトル最大値を指標とすることで、異常現象の発生が特定できる可能性があることを示した。

文 献

- 限部, 精密加工 振動切削 -基礎と応用-, 実教出版, 1979.