Chatter Suppression in Turning Operation Using Piezoelectric Device

学 ○前田 峰尚 (京大院) 正 松原 厚 (京大院) 山路 伊和夫 (京大院)
Minetaka MAEDA, Kyoto University, Kyoto daigaku-katsura, Nishikyo-ku, Kyoto
Atsushi MATSUBARA, Kyoto University, Iwao YAMAJI, Kyoto University

1 緒 言

切削加工において、びびり振動と呼ばれる工具・被削材間の振動が加工面性状の悪化や工具の損傷に繋がるため古くから問題となっている。特に中ぐり加工では工具の剛性が低いためびびり振動が発生しやすく、対策が求められている。びびり振動の主な原因は再生効果と呼ばれる現象であり、その抑制にはコンプライアンス実部の負のピークを低減することが重要となる⁽¹⁾。

一方、圧電素子を用いた振動制御が省スペース化に有利な点から注目され、研究が進められている。圧電素子を用いた制振として、LR 回路を接続して圧電素子のキャパシタンスと共振させることで振動を低減させる手法がある⁽²⁾。また、加速度信号増幅回路を用いて制振性能を高める手法も提案されている⁽³⁾。これは能動的な制振手法と比べ安定性の面で優れた手法である。

そこで本研究では、中ぐりバイトに圧電素子を組み込み、LR 回路との電気的な共振を利用した制御を行うことでびびり振動を抑制する手法を提案する。コンプライアンス実部のピークを低減する最適制御が可能であることをシミュレーションおよび実験によって確かめ、さらに加工実験によってびびり振動抑制の効果を検証する。

2 コンプライアンス実部の制御

実験に用いる工具の模式図を図 1 に示す。中ぐりバイトに圧電素子を組み込み、LR 直列回路および加速度信号を用いることにより電気的な吸振器として働かせることができる。

この工具を用いた加工においてびびり振動の発生に寄与するのは、主分力に対する切り込み方向の変位の伝達関数 G_{xz} であることが事前の実験により確認された。そこで回路の値を調整し、 G_{xz} の実部の負のピークを低減する制御を行った。実験結果を図 2 に示す。実部において負のピークが低減されていることがわかる。提案手法を用いることでコンプライアンスの最適制御が可能であることが確かめられた。

Fig. 1 Schematic view of a boring bar using a piezoelectric device, sensor voltage amplifier and a series LR circuit.

Fig. 2 Experimental results of compliance control.

3 加工実験

実験は振動測定が行いやすいことから外面旋削加工を行った。被削材には S45C を用いた。制御を加えない場合と制御を加えた場合について、送り量を 0.2mm/rev, 切り込み量を 0.1mm, 主軸回転数を 270rpm, 切削速度を 500mm/sec として同一切削条件での加工を行い、加工中の工具先端の変位を測定した。図 3, 4 に測定された切り込み方向の変位およびそのパワースペクトルを示す。制御を加えない場合には振幅 10 μ m 以上の激しい振動が生じており、パワースペクトルの 398.5Hz 付近に鋭いピークが確認される。これに対し制御を加えた場合には、振動変位は 1/3 程度となり、パワースペクトルの 398.5Hz 付近のピークが小さくなっている。以上の実験結果から、提案手法の有効性が確認された。

(a) Measured displacement (b) Power spectrum
Fig. 3 Experimental results without control.

(a) Measured displacement (b) Power spectrum
Fig. 4 Experimental results with control.

4 結 言

中ぐり工具に圧電素子を組み込み、LR 回路と加速度信号を用いた制振手法によってコンプライアンス実部のピークを低減してびびり振動を抑制する手法を提案し、実験によって振動抑制効果が得られることを確認した。

参考文献

- (1) Y. Altintas, and M. Weck, "Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding", *Annals of the CIRP*, 53/2 (2004), pp. 619-642.
- (2) N. W. Hagood, and A. VonFlotow, "Damping of Structural Vibrations with Piezoelectric Materials and Passive Electrical Networks", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 146, No. 2 (1991), pp. 243-268.
- (3) 山田啓介, 松久寛, 宇津野秀夫, "圧電素子を用いた受動制振のセンサ電圧増幅による性能向上", *Proceedings of Design and Dynamics Conference 2008*, CD-ROM, No. 220 (2008), pp. 8-14.