S164013

**仕上げ加工支援システムにおける
手先剛性推定に基づく研削抵抗制御**前刀 大輝^{*1}, 川谷 龍勢^{*2}, 加藤 典彦^{*3}, 矢野 賢一^{*3}, 佐々木 利春^{*4}, 安藤 幸二^{*4}**Grinding force control based on hand stiffness estimation in finishing process support system**Daiki Sakito and Ryusei Kawatani and Kato Norihiko and
Ken'ichi Yano^{*} and Sasaki Toshiharu and Ando Kouji^{*} Mie Univ. Dept. of Mechanical Engineering
Kurimamachiya-cho 1577, Tsu City, Mie, 514-8507 Japan

In high-variety low-volume manufacturing, parts are typically processed by handwork in order to minimize production cost and lead time. However, when a precise finishing process is required, handwork has problems of processing error and insufficient processing accuracy. To address these problems, we propose grinding force control based on hand stiffness estimation as the finishing process support system.

Key Words : Machining support, Fixture robot, Grinding Force control, Force control, Hand stiffness

1. 結 言

今日、金属部品の加工の多くは自動化により行われているが、多品種少量金属部品の仕上げ加工は、現在でも作業者の手作業で行われている。しかしながら、手作業による加工では工具回転による研削抵抗によって、作業者の手先がぶれてしまうことによる加工精度の低下が問題となっている。従来の仕上げ加工支援システム⁽¹⁾では工具回転方向と送り方向が同一方向の加工を対象としていたため、加工理論のみに基づいた制御法で、研削抵抗の手先への影響を考慮していない。そのために、スリットや溝加工のような工具回転方向と送り方向が直交する加工では高精度な加工を支援することが困難であった。

そこで本研究では、送り方向と工具回転方向が直交する加工を対象とし、力制御中の押しつけ力と手先位置から推定した作業者の手先剛性に基づき研削抵抗を制御することで加工精度の向上を図ることを目的とする。

2. 実験装置

本研究では加工支援ロボットとして図1に示すパラレルリンク機構の治具型ロボットを製作した。手先には押しつけ力を計測するための力覚センサと被加工物を固定するためのチャック機構が取り付けられている。

3. 手先剛性推定に基づく研削抵抗制御

手先剛性推定には適応デジタルフィルタを用いた確率勾配アルゴリズムを用いる⁽²⁾。力制御中のロボットから得られる手先位置を入力、力覚センサから得られる押しつけ力を目標値として確率近似法を用いて式(1)のように逐次手先剛性の伝達関数を推定する。

$$\hat{w}(t) = \hat{w}(t-1) + k(t)z(t)\{d(t) - z^t(t)\hat{w}(t-1)\} \quad (1)$$

^{*1} 学生員, 岐阜大学大学院工学研究科人間情報システム専攻 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

^{*2} 非会員 ^{*3} 正員, 三重大学工学研究科機械工学専攻 (〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577)

^{*4} ㈱岩田製作所 (〒501-3264 岐阜県関市池尻 923-1)

E-mail: yanolab@robot.mie-u.ac.jp

ここで、 $\hat{w}$ は伝達関数の係数ベクトル、 k は係数、 z は入力と出力を並べたベクトルである。
研削抵抗制御には式 (2) に示す加工理論式を用いる⁽³⁾。

$$v_t = \frac{\dot{V} \cdot S \cdot G}{F_t} \quad (2)$$

式 (2) から研削抵抗と手先剛性推定値の関係を、定数 α を用いた式 (3) とすることで最終的に式 (4) とし、手先剛性推定値に応じて工具回転数を変化させることにより研削抵抗を制御する。

$$F_t = \alpha \hat{K} \quad (3)$$

$$v_t = \frac{L \cdot S \cdot G \cdot E}{\alpha \hat{K} (b_c / b_d)} \quad (4)$$

ここで、 v_t は工具回転数、 SGE は比研削エネルギー、 F_t は研削抵抗、 L は研削関与長さ、 b_c は現在の加工面幅、 b_d は目標力での加工面幅である。

4. 加工実験

手先剛性推定に基づく研削抵抗制御を行った実験結果を図 2 に示す。図 2 より加工中の押しつけ力から手先剛性値が推定されている。そして、その推定値に基づき工具回転数を制御することにより手先剛性値が小さくなっているところでは何も制御を行わない場合と比較して研削抵抗が抑制できていることが分かる。これにより、手先剛性値が小さくなった場合でも研削抵抗による影響を抑制できるため、加工精度の低下を抑えることができる。

Figure1 Machining support robot

Figure2 Experimental result of grinding force control

5. 結 言

本研究では、加工中の作業者の手先剛性を推定し、その推定値に応じた研削抵抗制御システムを提案した。そして、本提案手法を用いることで加工中の手先に与える研削抵抗の影響を抑制できた。

文 献

- (1) 矢野賢一ら，工具回転摩擦力の影響を考慮した加工支援システムの制御，日本機械学会論文集 C 編，第 76 巻，第 767 号，1780 頁～1787 頁，2010
- (2) 高萩隆嗣，カルマンフィルタと適応信号処理，コロナ社，2005
- (3) 中山一雄，上原邦雄，機械加工，朝倉書店，1989