

カセンサ内蔵 旋盤型微細穴加工機の開発

株式会社 ダイヤ精機製作所
代表取締役社長 小口敏孝

(株)ダイヤ精機製作所 開発部次長	武井 持
(株)ダイヤ精機製作所 取締役品質保証担当	武田 吉清
(株)ダイヤ精機製作所 開発部主任研究員	村木 治一
(株)ダイヤ精機製作所 開発部副主任	武藤 哲夫
(株)ダイヤ精機製作所 開発部	中山 司郎
長野県精密工業試験場 加工部長	池田 博通
長野県精密工業試験場 加工部	小口 京吾
長野県精密工業試験場 加工部	河部 繁

はじめに

ものづくり中小企業にとって、熟練技能者の技術の伝承が課題の一つとなっている。熟練技能者が長年培った微妙な感覚が加工の重要な要素であり、当社においても熟練技能者でしかできない作業がいくつかある。その一つとして微細穴加工があり、特に0.1mm以下の深穴は加工の需要が増えており、技能者の不足が問題となりつつある。

開発のねらい

前述のような背景から、熟練の技能者の感覚を機械に置き換え「誰でも簡単に微細深穴加工ができる加工機」をコンセプトとして、この微細穴加工機は開発された。実際に、技能者が行っている加工を観察し、基本的なシステム構想を決めた。

自社製品であるコレットチャックでは、小物をチャックするためには、中心部に深い微細穴が必要になる。このため本装置は、加工物と刃物が回転する旋盤型とした。最小加工径は、現

在市販されている最小のドリル径に対応することとし、現在はφ0.03mmまで対応できている。また、加工径の20倍以上の深い穴が加工できることを目標とし、現在、φ0.3mmでは、約170倍の50mm貫通穴が加工できている。また、工具の破損を防止するために、熟練技能者の感覚を機械に置き換え、リアルタイムに工具にかかる力を検出することのできるセンサを開発した。軸受けは振れ精度、振動防止の点から専用の空気静圧軸受けを開発し全回転軸に採用した。「誰でも使いやすく」するために、加工条件を簡単に保存、読出しができること、加工の状況が画面に拡大表示されること、またセンサで検出した値を画面にリアルタイムにグラフ表示することなど、コンセプトに基づいたユーザインタフェースの設計を行った。

装置の概要

図1に装置全体を示す。左側に加工物をセットする主軸、右側にドリルをセットするドリル軸がある。両軸が回転する旋盤型である。



図1 外観写真

1. 加工力検出センサ

工具にかかる力を検出する専用のセンサの開発を行った。髪の毛よりも細い0.1mm以下の微細なドリルは、ちょっとした力が加わっただけで破損する。しかし、ドリルにかかる力を、その限界以下に抑えれば基本的には破損は防げる。深穴の加工におけるドリル破損の原因の多くが、切屑がドリルに絡み、限界以上に力が加わることにある。本装置は、スラスト方向の力と回転方向のトルクをリアルタイムで検出し、あらかじめ設定した値以上であれば、加工を中断しドリルを引き抜く。そのとき、ミスト状の切削液を勢いよく吹付けて切屑を飛ばし、再び残りの加工を開始する。この動作をステップバック動作といい、加工時の速度、ドリルを引き抜くときの速度など、細かな動作の設定ができるようになっている。この結果、難削材をはじめとする多種多様な材料に今まで以上の微細な深穴が加工できるようになった。

2. 機械の構成と高精度化

回転軸の高精度化のために、主軸とドリル軸はDCブラシレスモータを組み込んだ空気静圧軸受け構造にした。主軸の構造を図2に、ドリル

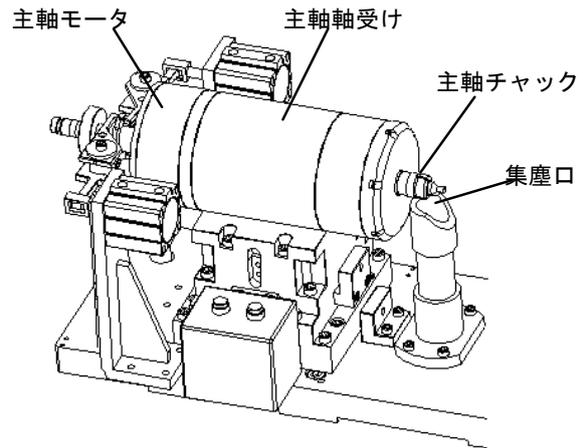


図2 主軸構造

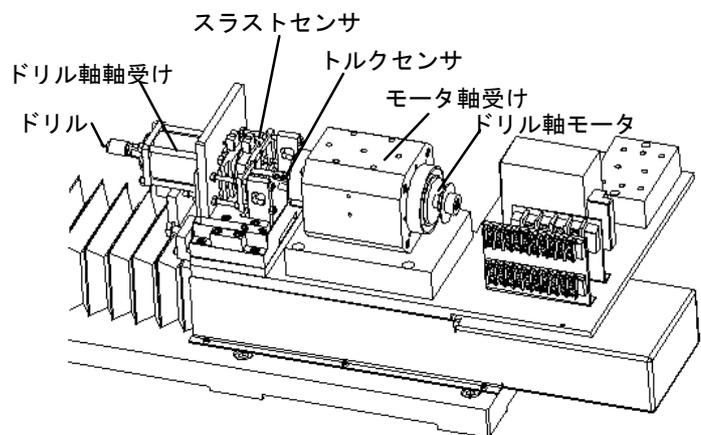


図3 ドリル軸構造



図4 コレットチャック

ル軸の構造を図3に示す。この両軸は被削物の材種に適した回転の組み合わせで加工することができ、特に、工作物とドリルの双方を回転させて加工することにより求心性が高まり真直性の良い加工が可能である。また、特徴的な加工法として、両軸を同一方向に回転させ、ドリル軸を相対的に速く回してやることにより、両軸回転による求心性を得ながら超低速加工ができる。これは、特に難削材加工において威力を発揮する。

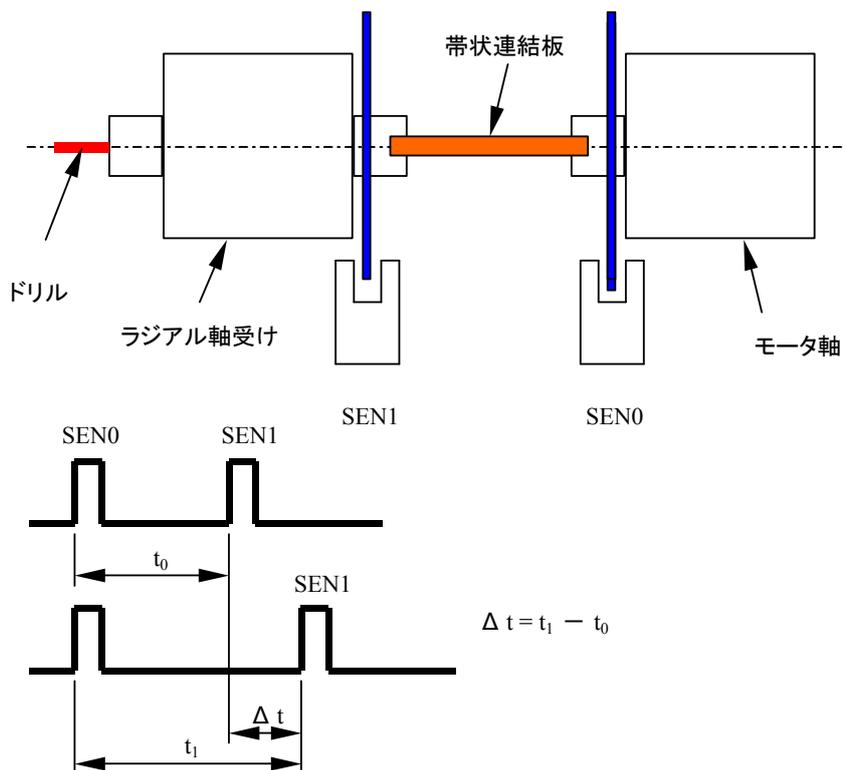


図5 トルクセンサの原理

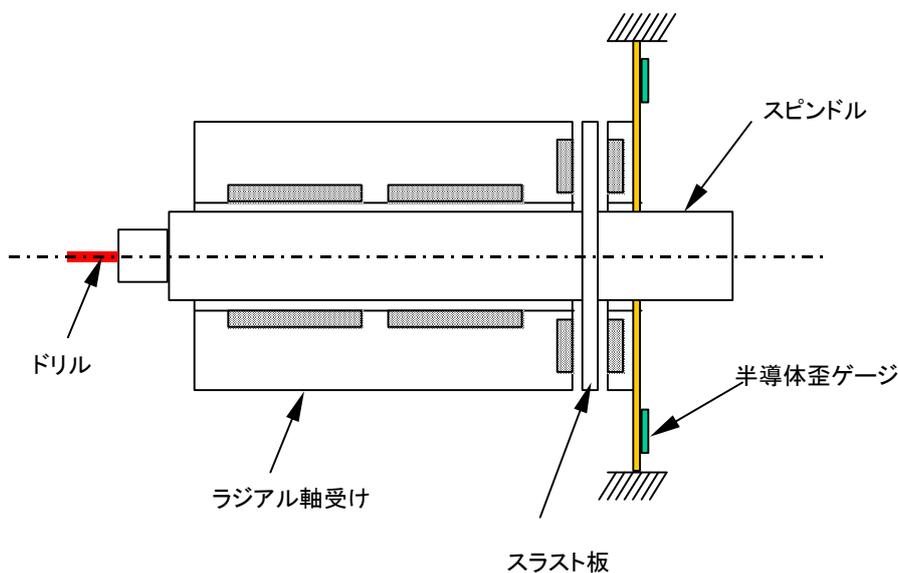


図6 スラストセンサの原理

加工機の高精度化に併せて、加工物やドリルを高精度に把持する専用コレットチャック（図4）も開発した。胴部分のばねを長方形断面にして向心性や着脱時の再現性を高めている。

技術上の特徴

ドリルにかかる微小な力を検出するために、トルクとスラストという2方向の力を同時に検出できるセンサを開発した。まず、トルクセンサの原理を図5に示す。

トルクの検知は、トルクの代替物理量としてトルクを受けた軸のねじれ変位を測定している。ドリルにかかるトルクは極微小であるため、モータ軸とドリル軸を薄板（带状連結板）で連結してねじれやすくしている。また、極微小なトルクを带状連結板に忠実に伝動するためにはドリル軸の軸受けを非接触にする必要があることからラジアル軸受け及びスラスト軸受け共に空気静圧軸受けにしている。ねじれ変位の測定は、モータ軸とドリル軸に各々設置したフォトインタラプタとスリット板の組み合わせによる非接触光信号検出方式としている。スリット板がフォトインタラプタを過ぎると信号が発生する。図5中、加工を開始してドリルにトルクがかかると連結板がねじれた分だけSEN1の信号が遅れて信号間隔が t_0 から t_1 と変化するため、その差分 $t_1 - t_0 = \Delta t$ がトルクの大きさとして認識される。

スラストの検知は、ドリルスピンドルに設けたスラスト板を受ける形に空気静圧スラスト軸

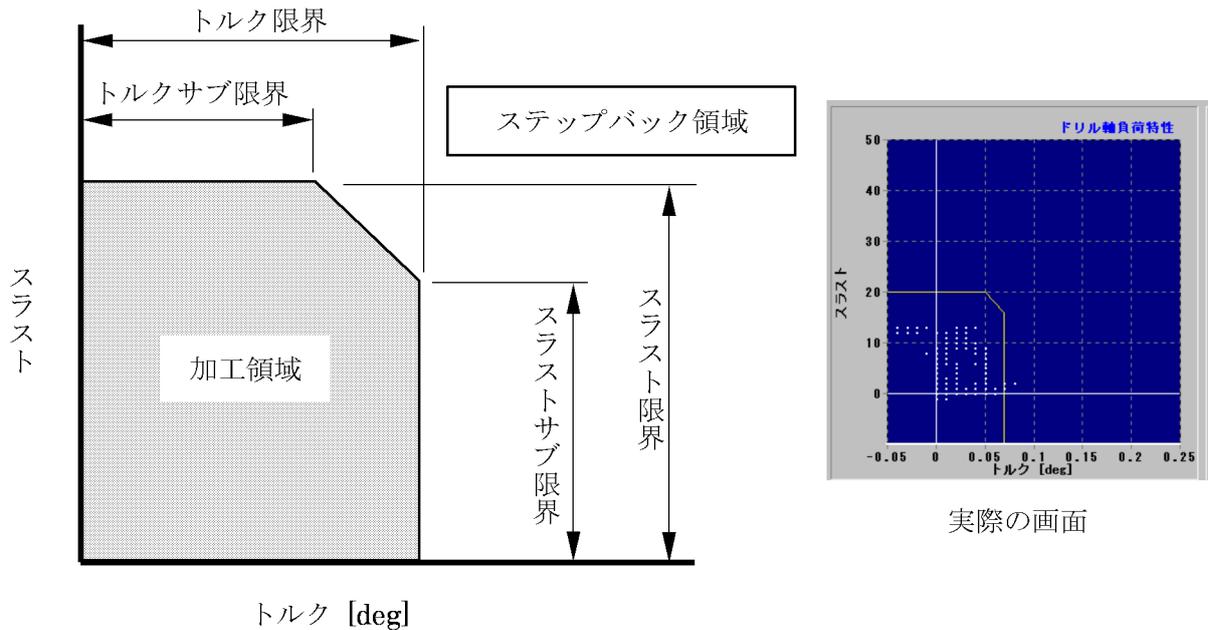


図7 ドリル折損危険判断方法

受けを構成する梁を設置し、その梁の付け根に半導体歪みゲージを貼付して、スラストを受けたときの梁の歪みを測定している。これがスラストとして認識される。(図6)

次に、検知されたトルクとスラストの信号によるドリル折損危険判断は、図7による方法で行っている。トルクを横軸、スラストを縦軸に配したグラフで、加工中の負荷は図中の加工領域にプロットされる。加工異常が発生してトルクやスラストが増大すると加工領域外にプロットされる。この時にはドリル折損の危険ありと判断して、即座に加工を中断してドリルを引き戻す(ステップバック)。

そして、ドリルに付着している切屑を排除するために、ミストブローを行う。これは環境への配慮として、切削油を大幅に削減できるセミドライ加工と同時に切屑も排除する両効果を狙っている。この後、再びドリルを送り込んで加工を再開する制御を行う。

実用上の効果

ドリルにかかる負荷を検知できる機能は、この加工機を様々な用途に発展させている。チタン合金、コバルト、耐熱合金等の難削材の穴明

けでドリル折損を回避しながら加工することは勿論のこと、それらの最適加工条件を探索する切削試験装置としての利用、ドリル加工後に穴内面のラッピング加工に利用、工具メーカーがドリルを開発する時の性能評価装置として利用するなど、様々な用途に展開可能である。また、実際に使われている分野は、医療機器(心臓ペースメーカー部品:チタン材料への穴あけ加工等)、光・空気・液体などのノズル、微細ドリル開発におけるテスト加工機、その他様々で、微細深穴加工の需要は増加の一途を辿っている。

工業所有権の状況

本開発に関連して出願された特許は2件である。

むすび

今後も、このカセンサの組み込んだ旋盤型微細穴加工機をベースに、特に微細な切削加工についての応用範囲をさらに広げていきたい。