

中村 一隆*

コンピュータ数値制御による金属切削の自動化により、飛躍的に生産効率が向上したことに伴い、切削工具の摩耗、チッピング、折損の自動検出が必要となった。これらの検出がなされなければ、不良品を量産することになり、修正加工や廃棄など追加コストが発生するだけでなく、製品の品質を低下させることになる。これらのことから、切削工具位置の自動検出、自動補正、および折損検知は重要である。

1. ツールセッタ

CNCマシニングセンタに対しては「ツールセッタ」というデバイスがある。接触式やレーザ式など検知方法にバリエーションはあるが、通常は定位置に固定され、工具の方が近づいて接触する。接触位置の座標をコントローラにフィードバックすることにより、切削工具のプリセットが可能となる。このため、従来の試し削り、計測、計算、入力という工程を繰り返す必要がなく、ツールセットの熟練が不要となり、セットミスによって機械を損傷させる心配がなくなる。

また、ツールセッタは繰返し精度が $1\mu\text{m}$ 程度と高精度であるため、摩耗や折損、機械の温度変形も検出することができる。工具交換時に切削工具をツールセッタに接触させ、ワークに対する工具の送り量を補正する（※補正はCNC上のマクロプログラムで行なう）。補正量が大きい場合は、チッピングや折損と見なし、アラームを発動させて加工を止めるなどの制御が一般的である。

1.1 接触式接点形のメリット

当社では、CNC旋盤用に世界初のツールセッタを開発した当初から接触式に特化してきた。初めて開発したツールセッタから約25年が経ち、レーザ式など高度な技術を駆使したツールセッタも開発されている今日においても、接触式が支持されているのには理由がある。

接触式接点形には下記のメリットがある。

- ① ワークとセンサ接触子（コンタクト）の接触が、内蔵タッチセンサの固定接点と可動接点の挙動と機械的に1：1の対応で出力されるので、 $1\mu\text{m}$ の繰返し精度が得られる。
- ② アンプがないので電源電圧、温度や照度などの外部環境によるドリフトがなく、低価格である。

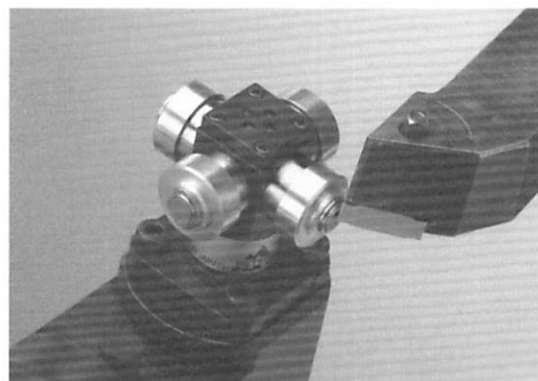


図1 CNC旋盤用刃先センサ

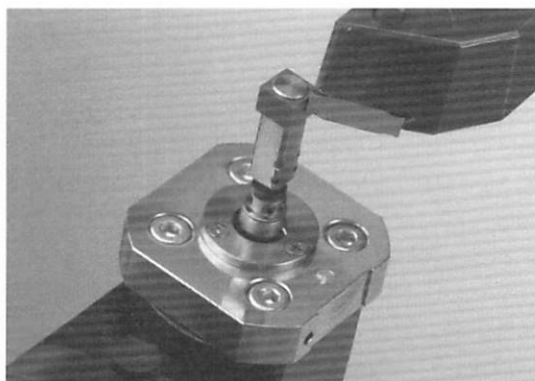


図2 1信号タイプのCNC旋盤用刃先センサ

*NAKAMURA, Kazutaka / (株)メトロロール マーケティング部



図3 CNC旋盤用刃先センサ(角形)



図4 CNC旋盤用刃先センサ(丸形)

- ③ コンタクト接触部の切屑、クーラントなどによる誤信号はきわめて少ない。
- ④ 接点部の定格は低電圧、低電流 (DC24V, 20mA Max)。接点材質に金系合金を使用しているため接点精度寿命が長い (300万回)。
- 対して、非接触式 (レーザ式) では、工具を回転させたまま計測できるという長所があるが、短所として温度や照度によるドリフトがあり、切屑、クーラントやミストの影響を受けて誤動作することがあることや、照射部が汚れると計測が安定しないことなどが挙げられる。

1.2 CNC旋盤用刃先センサ

図1は旋盤用の一例である。通常、アームの先に取り付けて、使用時にチャックの前に定置する。旋削の外径、内径、前、後面用のバイトに合わせて4個のセンサが取り付けられている。4方向の信号を取り出せば、方向判別も可能である。小さいサイコロ状コンタクトを揺動フィンガの先端に設けた1信号タイプもある (図2)。

1.3 CNCマシニングセンタ用工具長セッタ

図3 (角形) および図4 (丸形) は大・中型マシニングセンタ用である。ドリルのほか、カットなどにも用いられるようコンタクト径は $\phi 20 \sim \phi 80$ くらいまで必要で、ストロークも10mm以上が標準、ストローク中央付近でオーバトラベル警報信号の設けられているものが標準化されている。精度が良いので (繰返し精度 $1\mu\text{m}$)、最近では、金型加工用には機械の熱変形の補正用にも必須とされるようになっている。

特徴として下記がある。

- ① クーラント、切屑などがかかる悪条件下で

- も耐久性が良い防塵防水構造。
- ② コンタクト面は直動ベアリングで直進するので、コンタクトが揺動するスイングタイプ (他社製) に比べて次のような利点がある。
- (1) 基準面に対し、正確な平行直角度を保持して、直動する。
 - (2) 刃先とのすべりや傾きが生じないため、小径工具使用時の折損の心配が少なく、コンタクト面や刃先の摩耗が少ない。
 - (3) コンタクト面を大きくできるので、大径エンドミル、カットにも使える。
 - (4) 剛性が高く、スイング式のようなフィンガ折損が起こらない。
- ③ アンプ不要の接点式なので、温度ドリフトがなく高精度で低価格。
- ④ オーバトラベル警報信号付き。

1.4 カバー自動開閉式ツールセッタ

図5はカバー自動開閉式である。接触式ツール

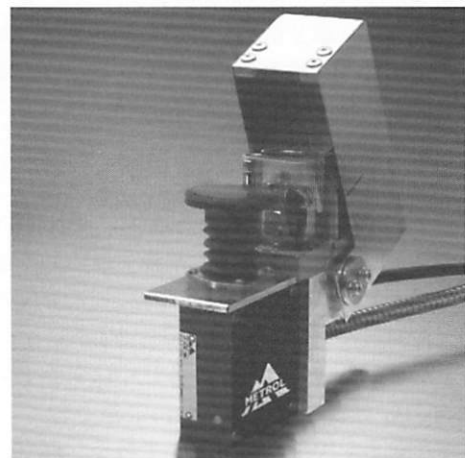


図5 カバー自動開閉式ツールセッタ

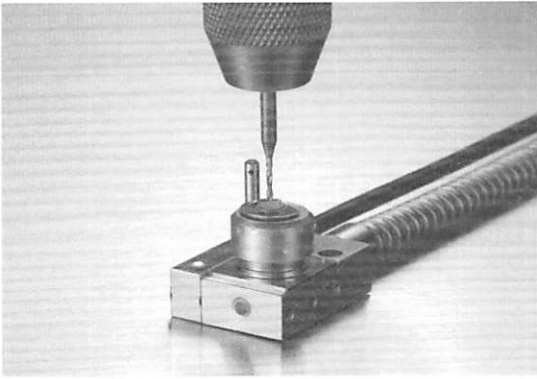


図6 小型ツールセット

セットは切削工具に近い位置に設置されるため、クーラントと切屑に対する耐久性は重要なポイントとなる。特殊ゴムブーツでシールして防水性を確保し、さらにゴムブーツを切屑から守るために金属製のカバーで覆う。それに加えて、切屑の堆積を避けるためのエアブローを完備し、周到的な保護構造を有している。しかし、さらにツールセット全体を覆い、測定時に自動開閉する大型カバーを要するケースで採用される。

1.5 小型ツールセット

図6は小型ツールセットである。小型のマシニングセンタやタッピングマシン、トランスファマシン向けにはストローク5mm以内の平形または円筒形高精度タッチセンサが使用される場合が多い。悪環境に強く低価格なので、工具折損検知用として標準装備されているケースも多くある。

接触式は切削工具がじかに接触するため、時として工具のオーバランによる破損事故が発生する。その対策として、CNCマシニングセンタ用ツールセットには、第2信号としてオーバトラベル警報信号が内蔵されており、作動すると機械を緊急停止させる仕組みになっている。

2. ニードル回転式工具折検知センサ

CNC制御の汎用機は多様な加工に優れている特徴があるが、単品を大量に生産する場合はむしろ専用機が多く使われている。特にここでは穴あけ加工、タッピングを主に行なう専用機について述べる。これらの機械は単一もしくは少数種類の部品加工をするために専用に設計されており、加工ポイントや加工方向が単一であるため、切削工具の動きは単純で汎用機にあるような複雑な動

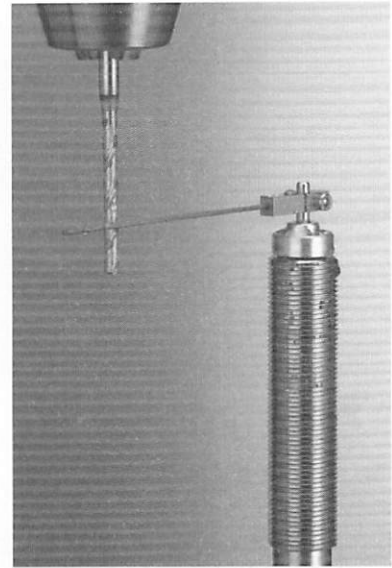


図7 回転型のニードルによる工具折損検知

きはできない。その代わりに、多点の穴あけ加工に対しては、多軸スピンドルで一度に加工を終えてしまうなどの効率追求されている。加工の無人化が進んでおり、工具折損の自動検出は重要である。しかし、汎用機のように工具が離れた位置にある検知器に近づいていくことはできない。また、加工頻度も機械などによるが、10秒/サイクルといった比較的高頻度の装置が多い。さらに、加工対象物の自動ローディング、アンローディングを伴う装置も多く、ツールセットなどのデバイスの設置スペースを確保することが困難である。よって、刃具が逃げて次の加工対象物がフィードされる間に工具側面より接触し、折損検知を行なうデバイスが使用される。

2.1 検知方法と特徴

「工具折損検知センサ」の代表的な検知方法は回転型のニードルによるもので(図7)、このニードルがスイングして工具側面に接触する。接触せずにニードルが通過すると工具が折損しているとみなし、アラームを発動させるというものである。

このとき、円柱型のセンサ本体はスピンドルと並列に取り付けられ、切削加工中も常に刃具に近い位置にあるため、切削剤や切屑が降りかかる過酷な環境に晒されることになる。

接触式はスピンドルの近くに位置し、直接的に折損検知をできるので誤検知のリスクが少ないが、それゆえ切削剤や切屑による故障の不安が高まる。

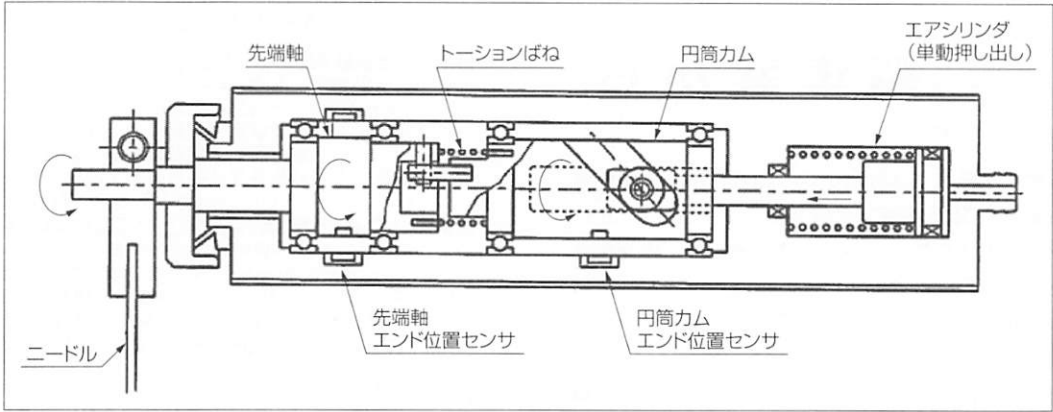


図8 円筒部の構造断面図

安定検出できる上で求められる性能は「悪環境化にあっても故障しない耐久性」である。この耐久性を得るために当社では、これまでニードルの駆動に使用されてきた切削剤に弱いモータを使わない新法式、つまりメカ駆動式（エア駆動式）を開発した。また、検知信号発信部は切削剤に強い無接点センサを用いた。折損検知部とニードル駆動機構を分離することにより、駆動系からは電気的要素をいっさい排除し、万が一の切削剤侵入に対しても高い耐久性を発揮するようになっている。

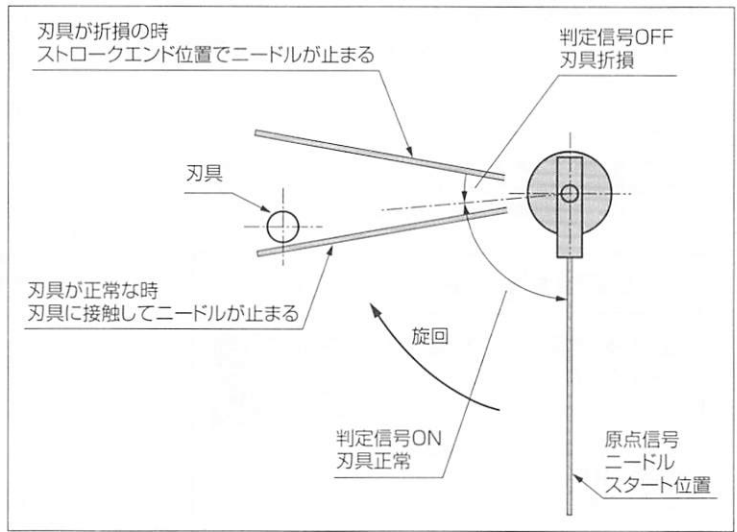


図9 作動図

2.2 駆動構造と出力

- ① 駆動はすべて機械式で、図8は円筒部の構造断面図で円筒カムとエアシリンダで駆動する。また、図9は作動図を示す。
- ② 円筒カムの回転をトーションばねの付勢で先端軸に伝える。
- ③ 先端軸に取り付けられたニードルが工具に当たると、円筒カムはエンドまで回動するが、先端軸は工具に当たって止まる。
- ④ 工具が折損してニードルに当たらなかった場合、先端軸は円筒カムに追従してエンド位置まで回転する。
- ⑤ 円筒カムと先端軸にはそれぞれに対し、エンドに達したことを確認するセンサが設けられている。
- ⑥ 円筒カムのエンド位置センサが作動したと

きの先端軸エンド位置センサの信号を確認することで、工具の正常/折損を判断する。

以上、当社のツールセット、工具折損検知センサシリーズ全般を紹介した。誌面の関係で不十分などところもあったかと思うが、ご理解いただけたかと思う。今後も加工・制御技術の発展とともにさらに高生産性に対する重要性が高まっていくものと思われる。それに応じて、切削工具の摩耗、チッピング、折損の自動検出は現在よりもさらに多くの機械で必要とされることだろう。現在、市場には各社各様の形式があるが、大きく分ければ接触式と非接触式に分かれていると言える。それぞれに長所・短所もあり、選択に迷われることがあると思うが、本稿がその際にお役に立てれば幸いです。