FMS におけるインライン計測*

村瀬 征三**

On-line Measurement for Flexible Manufacturing System / Seizo MURASE

Key words: on-line measurement, flexible manufacturing system, flexible measurement, pre-check, post process gauging, inprocess gauge, retooling time, wheel-hub, feedback compensation

1. インライン計測の流れ

製品の多様化、商品寿命の短期化といった市場の流れに対応する生産設備の手段として、FMS が積極的に導入されるようになった。加工機のフレキシブル化、自動化については、小中量、大量生産のいかにかわらず、あらゆる分野で進展が図られ、実用的なものに育成されてきたが、加工品質の維持、監視など、計測にかかわる部分の問題が取り残されている例も多い。FA、無人化を志向する加工ラインでは、製造工程ごとに目標とする加工品質が確保される必要があり、このためのインライン計測の役割は大きい。インライン計測は研削盤とトランスファマシンに、早くから使用されてきたが、最近では旋盤、マシニングセンタからセンタリングマシンに至るまで、幅広い加工機に用いられるようになった。計測の内容も加工中、加工直後の寸法測定のみでなく、位置決め、心出し、工具刃先などのプリチェック、直角度、同心度、その他の形状精度の計測も行われるようになり、さらには粗さ、割れ、焼け、巣残りなど、表面品質の工程内自動計測にまで進められている。また、それら計測から得られる工程能力の情報のネットワーク化によって、集中管理システムを構築するアプローチも盛んである。

インライン計測は精密測定とは本質的に異なり、加工現場での環境下で、信頼性の高い、高精度かつ高効率な測定が必要であり、切粉、切削液、温度変動、機械振動などの影響を十分回避できる機能、性能が求められる。高度な計測システムを導入しても、計測機器

の信頼性不足のために、加工ラインの生産効率を、むしろ低下させてしまうことも起こり得るので注意を要する。インライン計測機器は生産設備の重要な部分としてラインに統合され、加工機の精度、安定性、能率、稼働率などの向上に寄与できるものでなくてはならない。

2. インライン計測のフレキシブル化

加工機のフレキシブル化の進展に比べ、インライン計測のそれは、特に高精度を求められる分野で、相当遅れていたと言わざるを得ないが、FMS ニーズの高まりとともに、難しい問題を解決した新しい商品が実用化されるようになった。フレキシブルの度合は、次のように大別される。① 手動の段取変更を単純化して段取時間の短縮、省熟練をねらったもの。② 類似ワークの混合生産に対応して、自動的に測定寸法の変更ができるもの。③ NC のプログラミングのみで広範囲かつ高効率な測定を可能とするアブソリュートタイプのインライン計測機器。

製品の生産形態に適した柔軟度のものが、それぞれに開発されている。この内から特に先進的な技術を採り入れたものについて以下紹介する。

3. フレキシブルポストプロセス測定ステーション

旋盤など、複数の工具を用いる加工、あるいは複数の加工ステーションを有する複合機械においては、各加工寸法の精度維持、監視のために加工ワーク全数を多点測定する必要性が高い。多種類のワークを対象に容易に多点測定を行わせる方法として、新しいコンセ

* 原稿受付 昭和63年2月2日

** マーボス(株) (東京都大田区南馬込5-34-1)

図1 インラインのフレキシブル計測システム

プトに基づくポストプロセス測定ステーションが開発されている（図1）。絶対値測定方式を採用してフレキシブル化したものであるが、そのフレキシブルの度合は、三次元測定機のような広範囲をねらったものではなく、その加工ラインで対象となる、もしくは将来対象となり得るワークの寸法範囲に絞っている。ねらいは高精度加工に対応できる測定精度の信頼性、インライン全数測定に見合った測定のスピード、および耐環境性である。このフレキシブル測定機は軸心に対称なワーク、すなわちリング状ワークや、シャフト類の直径および長手寸法のポストプロセス測定を基本として、旋削あるいは研削加工ラインに統合して使用することを目的とする。

図2にブレイキドラム、ディスク、ハブ、航空機用大型ベアリング等に使用されるパーチカルタイプの全体構成図を示す。この測定機には図3で示すように、軸心に対称に動作する二つの測定ヘッドが取り付けられている。この測定ヘッドには2方向、すなわちZ軸（高さ方向）、X軸（径方向）に検知できるLVDTトランスデューサが内蔵されており、それぞれのスライドに取り付けられている光学式リニアエンコーダの基準値からの変位量を数値で読みとることができる。この一対の測定ヘッドに取り付けられる二つの測定子は、ワークのセンタを軸として、対称な位置に、同時に押し当てられるので、ワークの位置決め精度が不正確であっても、安定した測定精度が得られる。測定ヘッドの分解能は $0.2\mu\text{m}$ 、リニアエンコーダのそれは $0.5\mu\text{m}$ のものが使用されており、トータルな測定精度は以下が一般工場の環境で保証されている。

A：Z軸スライド、B：Z軸送り用モータ、C：X軸スライド、D：X軸送り用モータ、E：測定ヘッド、F：自動ゼロセット装置、G：ワークサポート装置（ロータリインデックス機能付き）、H：マシンベース、I：電気キャビネット、L：電源（单相）

図2 リング状ワーク用測定機全体図（大型ワーク用）

図3 リング状ワーク用の基本構造（パーチカルタイプ）

$$U95 = \left[2 + \frac{L(\text{mm})}{250} \right] \mu\text{m} \quad (L \text{ は測定長さ})$$

こうした高度な絶対値測定精度を維持するために、特別な温度補償のシステムが取り入れられている。それは測定機の最終調整段階に、機械自身と測定ワーク両方の環境温度変動に伴う伸縮の特性を、コンピュータを使って記憶させ、工場での使用時には、その室温の変動勾配を検知して、必要な補正値を見出し、その量を自動的にオフセットさせる。この方法によってワークと機械は常に同一温度下で測定したように保たれる。図4はホイールハブの測定例で、4か所の内径シート面と両内径のショルダ間距離の計5か所を連続

図4 ホールハブの測定例

図5 シャフト用の基本構造（水平型タイプ）

測定している。

図5は水平型タイプの場合の基本構造である。原理的にはパッチカルタイプと同一で、シャフト用にアレンジされたものである。Y軸上にワーク中心を置き、この軸に直角に、水平にX軸が設けられ、X軸上に二つの測定ヘッドが相向かって取り付けられる。X軸でシャフトの外径寸法を、Y軸で長手寸法の測定を行う。又、必要に応じてワークの回転、インデックス用のC軸を付加し、スプラインなどの外径測定、あるいは同心度の測定に使用する。各軸はステッピングモータによって駆動され、CNCで制御される。CNCには測定演算処理機能が統合されており、対話式の容易なプログラミングで、複雑な測定サイ

図6 ギアシャフトの測定例

クルを組み込むことができる。この制御システムには、駆動、測定、表示、補正信号出力のほか、CIMに対応した測定データの転送、あるいはホストコンピュータからのプログラムローディングにまで展開できる各種インタフェースの付加が考慮されている。図6はギアシャフトの測定例で、CNC旋盤に接続して、外径4か所、長手5か所の9測定をポストプロセス計測したものである。この例では幅の狭い接触子を使用して、スナップ溝の肩から基準端面までの距離も測定して、溝入れバイトの位置補正も組み入れている。これらの測定ステーションは、各加工工程ごとに取り付けて、不良品を生まない加工システムにすることが望ましいが、複数の加工工程に兼用して接続し、それぞれの加工機に別々に補正フィードバックさせる利用の仕方もある。

4. マシニングセンタ用ポストプロセス測定プラグ

マシニングセンタ上での計測は、心出し、取代チェック、工具刃先測定、加工後の寸法測定など、タッチセンサを用いる方法が広く一般化されるようになった。この方法は三次元測定機と同様に極めてフレキシビリティが高く、複雑な加工を行うマシニングセンタの特性によく適合する。しかし難点は測定の精度で、特に

図7 マシニングセンタ上の内径測定

図8 測定プラグの送受信システム

図9 信号の受信可能領域

ファインボーリング後の内径測定(図7)など、1~2 μm の精度を要するものには不向きであった。この問題の解決法として電子トランスデューサを内蔵する測定プラグを、主軸スピンドルに挿入して測定する方法が考え出された。測定プラグは個々の測定径に専用となる必要数を、あらかじめATC内に他の工具とともに収めておき、これを取り出して使用することにより、フレキシビリティを確保する。測定プラグにはアナログ量を赤外線方式でワイヤレストランスミッションするための発振器が内蔵されており、機械の固定部に設けられた受信器にその測定値を送信する(図8)。受信器は測定アンプリファイアにつなげられ、ここで適切な信号に置き換えて加工機の制御部へ工具補正、良否判定などの出力を送る。なお、この受信器およびアンプリファイアユニットは一般測定用のタッチプローブ信号を共通して処理することができる。又、この赤外線送受信システムは最長3mまでの距離に動作することができる。従って受信器を図9のように、機械上部の離れた位置に設置すれば、発信器側の位置決めを行わずに、広範囲な領域に交信させることが可能である。ファインボーリングなどの精密切削加工がFMS化に伴って、マシニングセンタへ移行する傾向にあり、こうした新しい計測補正のシステムが増加してくるこ

図10 計測データのネットワークシステム

とになろう。

5. 測定データのネットワークシステム

各加工プロセスでのインライン計測データを基に、より高度な加工プロセスの制御と品質の管理が行われようとしている。加工ライン全体をコンピュータで統合し、集中管理を志向する方法では、各プロセスでの加工品質の情報をコンピュータに転送することが基本となる。図10は加工ライン内に散在する計測ステーションをバスラインで連結して、ホストコンピュータあるいはローカルコンピュータとネットワーク化した例である。種々レベルの計測機器すべてに結ぶことができるように、各種インタフェースが考慮されており、又、他の機器への接続を可能とするインタフェースポートも設けられている。信号の伝達には電話回線が使用でき、その通信可能な距離は約2kmである。製造システムのCIM化に伴い、計測データのマネジメントシステムの高度化への期待は大きい。

6. おわりに

FMSに対応したインライン計測機器として、新しい技術の一端を紹介したが、特に絶対値による高精度測定がインラインで実現するようになってきたことは極めて大きな意義がある。今後はこうしたフレキシビリティの高い計測システムが、種々加工機および幅広いアプリケーションに展開されていくことは間違いのないであろう。計測のフレキシブル化も加工機のそれにやっと近づいたというところであるが、経済性という点ではまだまだ課題が大きい。