

工具診断技術に関する研究

開発研究部 比嘉 真嗣、棚原 靖、
國吉 和男

1. 緒言

いかに品質に優れた製品を低コストに安定的に市場に出すかということは、生産システムに課せられた共通の課題である。このためには、生産に関わる種々のプロセスが常に所望の状態に維持されているかどうかを監視する必要がある、且つ、重要である。ところで昨今の高速加工においては、加工状態の監視が難しく、加工終了後でしか製品の良不良を判断できていないのが現状である。

ところで、当工業技術センターでは平成9年度より地域コンソーシアム事業である「地域工芸品のリバースエンジニアリングシステムの開発」を実施しており、その中で加工における工具損耗チェックの重要性が指摘されてきた。そこで同事業の共同研究機関である機械技術研究所にて開発されたインプロセス技術を高速加工に応用、活用すべくインタープロセスにて工具を診断する技術を応用開発した。

フライス加工の診断には、加工プロセスを始めとしてハードやソフト系工作機械システム、および周辺環境などを対象にして多くのモニタリング項目が挙げられる。今回は、金型の高速加工をねらいとしているため診断項目として工具損耗、摩耗に的を絞り計測することとした。

ところで、モニタリング技術は、用いたセンサが診断する対象項目を直接検出できるかどうかによって、直接法と間接法の二種類に分けられる。

直接法とは、求めたい加工プロセスの対象や量をセンサで直接求める手法で、さらにS/N比の高い情報を得るために何らかの信号処理が行われることもある。

一方、間接法とは、求めたい対象に付随して起こる別の物理現象あるいは物理量をセンサで検出し、この信号に何らかの処理を行うことにより、求めたい対象の情報を検出する手法である。間接法は信号処理を行うための機能が必要となるため、検出感度や信頼性の面で十分でなかったり、場合によってはシステムが複雑化するなどの問題がある。したがってモニタリングは、一般的に直接法で行うことが望ましい。しかし、機械加工では作業環境上の問題から直接法で診断できないことが一般的である。以上の観点から今回は、レーザ変位計を用いた直接法での、フライス工具形状をインタープロセスで診断する技術を開発したので報告する。

2. 装置概要および計測方法、計測手順

加工中、フライス工具は高速で回転し、さらに加工点付近には切屑や切削油剤などが飛散するので、直接的に工具損耗を検知することは大変困難と考えられる。そのためインプロセスで診断を行おうとすると、一般的に間接モニタリングによる診断に頼らざるを得ない。また、直接の工具観察は加工形状の影響も受け完全には観察できない。しかし、センシングの基本は観察対象を直接検出することである。そこで間接測定で異常をキャッチ把握し、一旦、加工を中断停止し、

工具を測定ステージに待避移動させ、簡便なレーザ変位計を用いて自動で工具の形状を直接法で観察できるようにシステム設計をした。そうすることで定量的に工具形状が測定できるようになったほか、3次元グラフィックで工具形状を可視化表示できるようにしたため、工具を静止させて目視診断するのと同様に簡単に診断することができるようになった。

また、今回は、観察対象工具をボールエンドミルとしたので、これまでのシステムを改良しレーザ照射角度を45度にすることで工具先端を直接計測できるようにした。

(1) 測定システムの概要

図1に今回開発したレーザ変位計をベースにしたモニタリングシステムの構成を示す。装置は大別して、マシニングセンタのベッドの端に設置した1個のレーザ変位計、同コントローラ、測定ステージのサーボモータコントローラおよびパソコンから構成される。レーザ変位計は工具損耗モニタリング用として使用し、位置微調整台Z軸ステージ上に固定した。

レーザからの出力はレーザコントローラに入力されて処理され、測定値はA/D変換されてパソコン内で必要な処理を行う。また測定装置は切削中は切屑や切削油剤を避けるため、測定時以外は開閉窓を閉じてセンサーを保護するようにした。音響センサー等により工具損耗をチェックする必要が生じたときはレーザの測定位置まで工具を移動させ、一定速度にて工具を回転させ開閉窓を開け、エアで飛散ゴミ等を吹き飛ばし工具を清浄な状態にして計測測定できるようにした。

レーザセンサには市販のレーザ変位計（半導体レーザを用いて対象物からの反射光を光位置検出素子(PSD)で検出して、三角測量の原理でセンサと対象物間の距離を測定する）を用いた。また同時に反射光の輝度も活用するようにした。レーザスポット径は $45 \times 20 \mu\text{m}$ 、最大距離分解能 $0.5 \mu\text{m}$ 、最大測定周波数50kHzである。

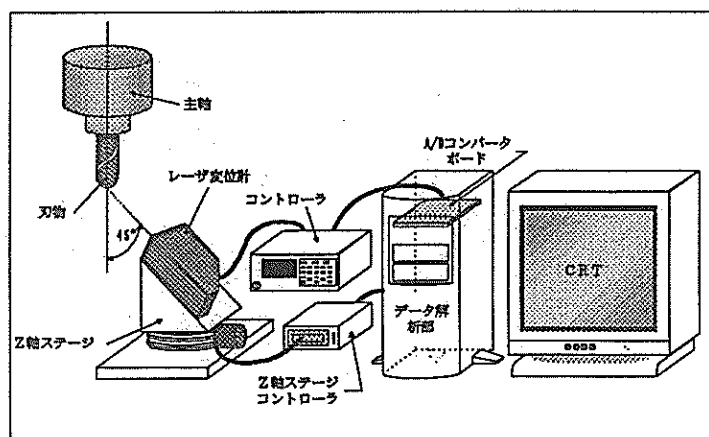


図1 インタープロセス工具形状モニタリングシステム

(2) ハイブリッド測定法による工具形状の検出

レーザ変位計のもつ変位測定機能により、回転している工具一断面外周にレーザを当てれば距離が計測でき、このように求めた距離データを円筒座標系に変換することによって、工具一断面外周の形状を求めることができる。さらにレーザ変位計を工具軸方向に移動するか、または工具を下降させることで、別断面の形状を同様に求めて全ての測定した断面形状を重ね合わせれば、

測定工具の3次元形状を作り出すことが可能となる。この3次元形状をディスプレイ上で観察すれば工具損耗を容易に検出することができる。

しかし、工具半径方向の距離情報からはチッピングのような形状的にマクロな情報は読みとれても、逃げ面摩耗幅などの半径方向変位がわずかなものは距離分解能が不足すると思われた。しかし、摩耗を生じている切れ刃の輝度測定信号からは、摩耗部分の輝度が他の部位より大きな値をもつため変位測定と輝度測定を併用することで（ハイブリッド測定法）形状的に大きな欠損から微小な逃げ面摩耗幅まで同時に求めることが可能となった。

(3) 工具損耗測定の手順

加工診断システムの工具損耗を求めるためのパソコン内の処理手順は以下の通りである。

- ① 工具1回転毎にレーザ変位計からの出力信号をスライスする。（パソコンソフト内で工具回転数をセットすることで同期を得る）
- ② 1回転分にスライスされた信号からある決められた時間間隔毎の値のみを取り出す。
つまり、形状的に観察している工具外周上特定位置のレーザセンサからの出力値を求める。
- ③ ①と②をある決められた回数繰り返す。（今回は工具300回転で設定）、それぞれの工具円周上特定位置における測定値のヒストグラムを求める。
- ④ それぞれのヒストグラムから最大頻度分布を示す測定値を選び出し、その値を極座標上に連続的にプロットすることによって測定対象位置における工具の断面形状や輝度分布を作り出す。
- ⑤ レーザ変位計の計測位置を工具軸方向に移動または工具を下降させ、①から④までを繰り返す。
- ⑥ すべての求められた断面形状を用いて工具形状に対応した3次元形状グラフィックスを作成表示する。

3. 計測結果

図2は、①から⑥までの手順を行うことによって求めた2枚刃ボールエンドミル端部の形状測定データの3次元グラフィックス表示である。工具回転数300rpmで測定を行った。断面形状は0.5mm間隔ごとに20レイヤーで測定して工具形状を作成しており、表示はスムージング操作を行っ

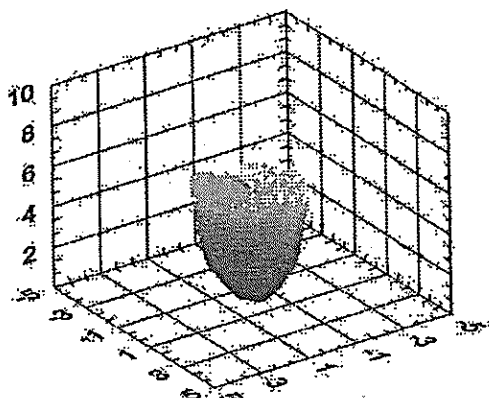


図2 2枚刃エンドミルの3Dイメージ

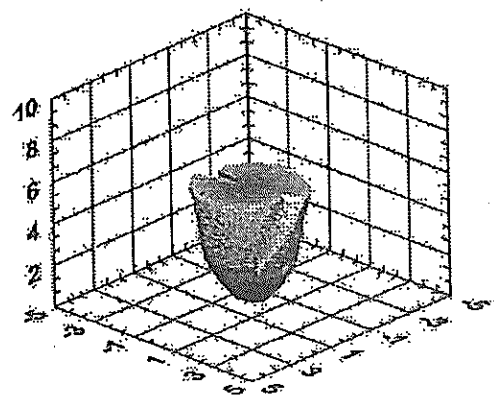


図3 3Dイメージ（ハイブリット表示）

た後のものを示す。図より、先端の工具形状が明瞭に観察される。なお、この場合の3次元形状を作り出すために必要な実測定時間は約20秒であった。

ところでこの図では逃げ面摩耗が生じていることは観察できない。そこでハイブリッド法により、この形状に輝度出力値をグレースケールで重ねて表示した結果を図3に示す。白い部分ほど輝度が高い。両図を比較すれば明らかなように、切れ刃に沿って白い帯状の部分が観察され、摩耗が生じていることが容易に確認された。

4. 結 言

金型加工を高精度に効率よく加工するためには、インプロセスで加工プロセス状態に関する種々の情報が検知できる高度なセンシング技術の開発が不可欠である。また、センシング技術開発の基本は、対象を直接検出することであるが、機械加工においては作業環境の条件等により直接観察することが困難なことが多い。そこで今回は機械技術研究所の開発した工具診断装置を改良し、センシング法の観点から直接法と間接法をうまく使い分けて、何らかの異常信号をキャッチすると加工を一時中断して直接に工具を測定する直接法でもって、すなわち、インプロセスではなくインタープロセスでの高速フライス加工の工具診断装置を開発した。

同装置を利用し、工具をホルダーに装着したままで観察計測することができるようになった。今後、同システムを強化改良し加工機と加工診断装置との制御データの通信も可能にすることでより高精度な工具診断システムの開発が行えると考えている。

参考文献

- 1) 森和男 インプロセス加工モニタリング技術 機械技術研究所報告

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。