マシニングセンターのモデル加工技術

函館工業高等専門学校
機械工学科　教授
山田　誠

マシニングセンター（MC）は金型産業などモノづくり現場において、加工機の中心的な位置づけとなっている。この中で新たな付加価値として、ユーザーのニーズに応えた多様な製品形状に対するさらなる高品質・高速加工が要求されている。特にこれからのモノづくりでは、従来行われていた一方向からの加工だけでは実現ができない、複雑形状に対する高品質・高速加工がキーワードとなっている。この加工を実現できる加工方法として、3次元デジタイザーを用いた5軸制御MCによる形状加工技術について述べる。

はじめに

一方向からだけでは加工することができない、複数の工具姿勢を必要とするような複雑形状の造形は、光造形法などの積層造形法技術分野では急速に進歩してきている。従来の除去加工では困難な加工も、比較的容易にできるようになってきている。しかし、除去加工の積層造形法に対するメリットとしては、①金属、木材、樹脂などの材料に関わらない造形加工②高品質加工③高速加工―などが可能であることが挙げられる。この複雑形状の高品質・高速加工のためには、これまで高精度な製品づくりを支えてきた3軸制御MC加工で培ってきた加工ノウハウを生かし、さらに複雑な形状に対応する5軸制御加工技術が必要である。この加工ノウハウとは、現場の機械に合わせた回転数、送り速度、材料に合わせた切削速度などの加工条件、ワークへのアプローチ、逃げの取り方など加工方法、工具・ツーリングの選択などである。

この5軸制御加工技術は工具姿勢を制御することにより、次の利点がある。①一方向からでは加工できない複雑な形状の加工が可能②工具の特徴を生かした高能率な加工を実現できる③加工性の良い工具姿勢を選択することにより高品質な加工を実現できる―など。この複数の工具姿勢を必要とする形状の加工方法には、5軸制御MCによる3＋2軸制御加工法、あるいは、同時5軸制御加工法を必要とする。ここでは、多様な製品形状に対応できる5軸制御MCにおける形状加工について述べる。特に非接触3次元計測による形状データに基づいた5軸制御工作機械による再現加工を題材として、回転2軸を用いて割り出し、3軸並進運動により切削加工を行う「3＋2軸制御加工」について解説し、5軸制御加工の動向ならびに今後の課題について述べる。

5軸制御工作機械による加工制御方法

5軸制御加工においては、次の利点が存在する。

①複雑な形状の加工

2次元図面で表現が困難な形状、一方向からだけでは加工できない形状を持つ製品の加工が可能である。例えば、航空機のタービンブレードや、ポンプのインペラなどに対して、工具干渉を回避しながら加工することができる。

②高能率加工

1回の段取りで多面加工することができるため、精度良く高能率に製品を仕上げることができる。また、工具の持つ特徴量（線・面）を生かした加工によって単位時間当たりの除去量を多くすることにより、加工時間を短縮することが可能となる。

③高品質加工

ボールエンドミルを用いた加工において、加工面に対する工具姿勢を制御することができる。そのため加工性の良い工具姿勢を選択することが可能であり、意図した加工面性状を得ることが可能である。

この5軸制御工作機械を用いた加工は、その加工方法を大別して、回転軸と並進軸とを同時に運動させる同時5軸制御加工と、回転軸をある角度に固定し（割り出し）、並進軸により3軸制御加工を行う3＋2軸制御加工の2通りの加工方法がある。自由曲面を加工する場合、要求形状に対する適切さでは、同時5軸制御加工は自由度が高くさまざまな形状に対して対応が可能である。しかしながら、加工動作が複雑になり数値制御（NC）プログラム作成や検証が難しくプログラム作成に長時間を要する。したがってソフトウエア環境を整備することや、創成される加工面を認識することが困難という現状がある。一方、3＋2軸制御加工では5軸制御加工が持つ自由度をある程度維持できるため、複雑な形状にも対応できる。また、加工する際の姿勢（割り出し角）が決定すれば、既に技術が確立されている3軸制御用のCAMを利用することが可能である。そのため、ソフトウエア環境を容易に整備でき、その加工面も3軸制御加工で扱ってきた技術により想定することが可能である。

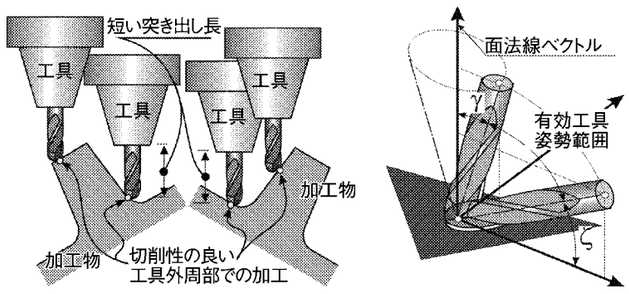
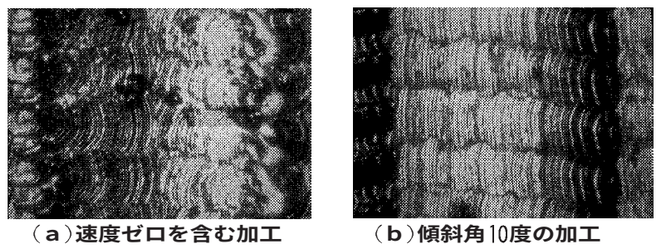


図１　３＋２軸制御加工およびボールエンドミルの有効姿勢



（ａ）速度ゼロを含む加工　（ｂ）傾斜角10度の加工

図２　ボールエンドミルでの加工面