

5 軸マシニングセンタによるスパイラル溝の加工

保住 弥紹

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 機械工学センター

1. 概要

加速器に使用するコリメータは非常に多くの熱が発生する為、効率の良い冷却が求められる。

本件では、冷却効率を重視したコリメータ冷却部品のスパイラル2条溝を、CAMを使用せずに工具先端制御の利点を生かした加工プログラムによって製作した事例を報告する。

2. 加工内容に関して

本件はコリメータ用冷却部品の製作依頼において、スパイラル溝を5軸マシニングセンタによって加工した物で、溝形状は円筒上部2カ所から水路入り口と出口が2条溝として有り、下部で合流する事で1本の水路となっている。

一般的には5軸CAMを使用して同時4軸加工する形状であるが、本件では溝形状の寸法調整を簡便にする事を目標としてCAMを使わず手組みによって工具先端制御のNCプログラムを制作した。

3. コリメータ用冷却部品の形状

材質は無酸素銅で、完成形状のサイズは直径125mm、長さ150mmである。5軸マシニングセンタによる加工範囲はスパイラル溝のみで、溝部は円柱側面に対して幅10mm、深さ5mmの矩形溝、溝間隔は15mmで、上記のとおり2条溝が下部で合流する形状になっている(図1)。

溝の切削にはφ6mmのエンドミルを使用した。

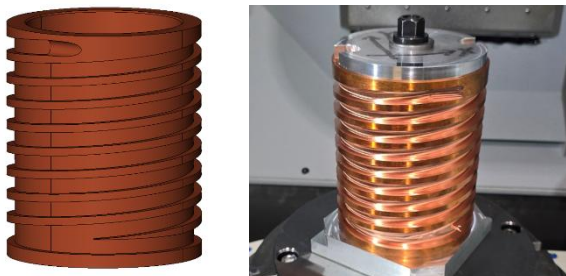


図1 完成形状 (左: CAD 右: 完成品)

4. 作成したNCプログラムについて

一般的な工具先端制御のプログラムはCAMで作成する事から、移動量1mm未満の微小ブロックで構

成されるが、今回の形状は単純なスパイラル経路であるため、円弧補間で再現可能であった。

CAMでNCプログラムを作成した場合、実加工において溝幅調整が必要になった際には、CAM側で再演算とデータ出力が必要であるが、CAD形状よりも多く削り込む補正を行いたい場合には演算エラーが発生し易い傾向にある。それに対し、本形状における円弧補間でのプログラムの場合は、円筒軸方向(Z)の座標値で溝幅を、円弧補間の半径もしくは工具長の設定値によって溝深さを調節可能であり、実加工における溝幅調整が簡便になる。以下に実際の加工で使用したNCプログラムの一部を、図2に動作経路を示す。

```
X-60. Z141.  
G01 Y57.5  
X-3.  
G90 G02 Z111. I3. J-57.5 G91 C-360.  
G90 G02 Z81. I3. J-57.5 G91 C-360.  
G90 G02 Z51. I3. J-57.5 G91 C-360.  
G90 G02 Z21. I3. J-57.5 G91 C-360.  
G90 G02 X57.5 Y3. Z13.5 I3. J-57.5 G91 C-90.  
G90 G02 X-57.5 Y-3. I-57.5 J-3. G91 C-180.  
G90 G02 X57.5 Y3. I57.5 J3. G91 C-180.  
G90 G01 Y-35.
```

本NCプログラムにおいて最も重要な点は、1行の指令内にG90とG91が混在している事で、これにより溝1周分の工具軸円筒法線方向同時4軸加工が出来る。ただし、2条溝の合流部分では円弧補間の始点と終点が一致している影響からか、軸移動動作が無いとみなされ機械が停止してしまった。これを回避する為に、合流部分では円弧を半周に分けた。

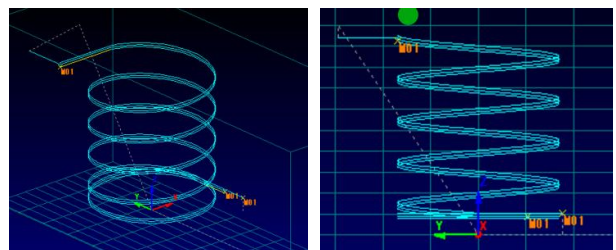


図2 NCプログラムの動作経路

5. 加工結果

冷却部品の実加工では、「溝中央の荒加工」「側面とエッジの加工(左右)」のスパイラル動作3本によって溝を切削し、2条溝分は座標系を180度回転して流用する事で、最終的に50行程度の簡素なプログラムで製作できた。図3に実加工時の様子を図4にスパイラル溝の加工途中の様子を示す。メインとなるスパイラル動作も、先に挙げた10行程度のプログラム座標値を変更した3種類の為、必要となる座標値の計算とCADによる計算値の確認が主な作業であった。

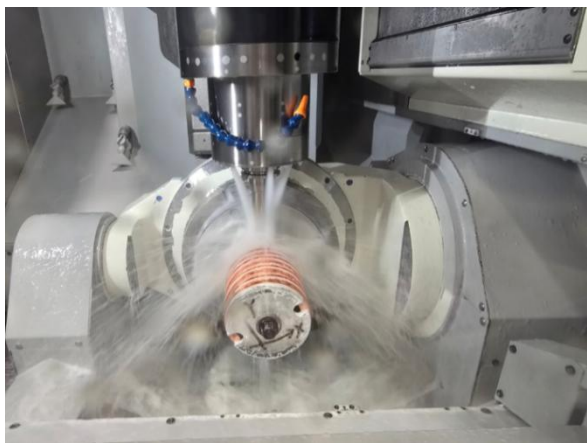


図3 実加工時の様子

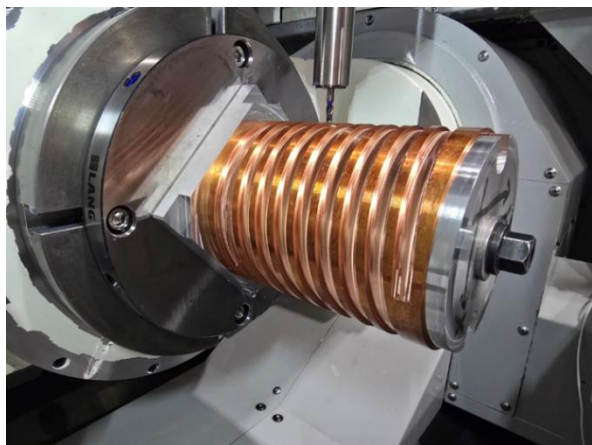


図4 加工途中のスパイラル溝

溝形状は一度の加工で問題無く仕上がったため、作業着手段階で想定していた寸法調整加工等は行っていない。CAMでプログラムを作成する場合に必要なであったCAD作業として、溝入り口での接線方向補助要素、円筒溝加工時の工具ベクトルを制御する補助要素、溝の合流部分での仮想経路に必要な補助要素等、多軸加工で必要となる多くの補助要素作成作業が考えられることから、結果として本件での作

業工数を大きく削減できた。

また、プログラムの動作確認時においてもCAMによる微小ブロックでの動作では無く円弧補間を使用している事から、1行の指令で溝1周分機械が動作する事を把握している為、干渉有無の確認や工具動作経路の確認が非常に楽で、効率良く実加工に入る事ができた。

6. まとめ

本加工事例では、工具先端点制御の利点を十分に発揮した加工を行うことができた。特に同時4軸円弧補間によるスパイラル動作は、類似形状の加工においても数値を数カ所書き換えるだけで流用可能である事から、目標としていた寸法調整の簡便さは十分に達成できている。さらには、寸法値をカスタムマクロの変数にする事で数値変更箇所を減らす事が可能であり、作業工数・作業時間の大幅な削減が見込める。

G90(アブソリュート指令)とG91(インクレメンタル指令)の併用指令はあまり一般的では無いが、20年程前の制御装置マニュアルにも使用可能であることが明記されており、今回の形状に限らず幅広く有用な機能である。

今回判明した注意点としては、工具先端点制御を使用中の同時4軸円弧補間では始点と終点が一致している場合に機械が停止してしまう不具合があり、これは制御装置に使用しているFANUC側の装置版数や機種依存性があり得ることから、加工前の動作確認を十分に行う必要があることが分かった。

また、将来的にカスタムマクロを含んだプログラムにする場合、20年以上前の古い制御装置(工具先端点制御の使用時にCPU処理をRISCに切り替える必要がある制御装置)においては、工具先端点制御中のマクロプログラム使用に制限が有るため、工具先端点制御を有する全ての機械で動作できる訳では無いことに留意する必要がある。