

セラミックスの高精度切削加工技術(第2報) ベクトル磁気特性計測用Hコイル巻枠の加工

水江宏^{*}・大塚裕俊^{*}・重光和夫^{*}・相原茂^{**}
^{*}機械・金属担当・^{**}西日本電線株式会社

Precision Cutting Technology of Ceramics - Cutting for H-Coil Bobbin of Local Two-Dimensional Vector Magnetic Sensor -

Hiroshi MIZUE^{*}・Hiroto OHTSUKA^{*}・Kazuo SHIGEMITSU^{*}・Shigeru AIHARA^{**}
^{*}Mechanical and Metallurgical Engineering Gr. ^{**}NISHI NIPPON ELECTRIC WIRE & CABLE CO.LTD.

要 旨

前報で明らかとなった入隅部の削り残し量を抑制できる加工条件を利用し、Hコイル巻枠の高精度6面加工を行うために、精密マシニングセンター内に簡易機上計測システムを構築した。本システムを使用し、段取り替えに伴う誤差などを機上で計測・修正加工を行い、高精度な4mmタイプと2mmタイプのHコイル巻枠を試作できた。

1. はじめに

Hコイル巻枠の入隅部の形状が、コイルの巻乱れの主要原因と考えられるので、入隅部の形状精度向上を目的に切削加工実験を行ってきた。前報では、1個のHコイルを1本のエンドミルで仕上げるワーク除去量から、工具寿命を想定した場合、入隅部の削り残し幅は、7.5 μ mまで抑制でき、単純溝加工における加工精度はほぼ目標値に達した。したがって本年度は、前報の加工条件を活用して直方体の6面加工によりHコイル巻枠を試作する。

6面加工を行うには、複数回(通常6回)のワーク着脱が必要であるので、ワーク取り付け誤差を1次加工後に行う修正加工により補正する。顕微鏡観察ユニットを加工機主軸ヘッドに取り付けた簡易機上計測システムを構築することで、測定のためにワークを着脱することなく、加工機上で精度確認と修正加工を繰り返すことができる。

2. 実験方法

加工機には安田工業(株)製の精密立型高速マシニングセンターYMC325を使用した(Fig.1)。機上計測用の顕微鏡はシグマ光機(株)製同軸照明付観察ユニット、オリンパス(株)製20倍対物レンズを使用した(Fig.2)。被削材には(株)フェローテックセラミックス製ホトベールを使用した。被削材の機械的特性は前報のとおりである。ホトベールは電気絶縁性、断熱性に優れ、半導体や液晶製造部品に使用される緻密なセラミックス材料であり、超硬工具を使用することで切削加工ができる特性を持つ。

工具は市販の超硬合金製スクエアエンドミルを使用

し、6面の加工を工具1本で行った。工具突き出し量は、コレットナット端面から約15mmとした。

前報では、セラミックス加工粉が加工機の摺動面を痛めないように浸漬加工としたが、今回はワークの着脱効率を考慮し乾式として、加工粉が機上に飛散しないように、加工中は掃除機を使用して吸引した。

初めに固定ジグ(Fig.3)を用いて、ワークを立てて固定しA-1からA-4面を単溝加工し、その後ワークを寝かせてB-1とB-2面をクロス溝形状に加工した(Fig.4)。

切削は、前報で最適となった条件(切削速度:5.0m/min, 1刃あたり送り3 μ m)で行った。

2.1 4mmタイプHコイル巻枠の加工実験方法

工具は、日進工具(株)製MSES230P、直径3.0mm、2枚刃、コーティング無(別注品)を使用した。



Fig.1 使用加工機 YMC325

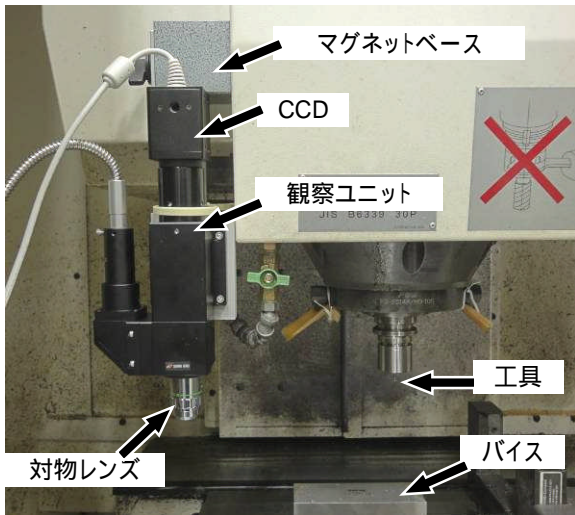


Fig.2 機上計測機器



Fig.3 ワーク固定ジグ

Z 切込み量は、前報では工具先端の寿命試験の目的から 10 または 20 μm であったが、本報の加工では、Z 切込みは各溝を 1 パスで加工し、設定値は設計図面により A 面は 100 μm 、B 面は 100, 200, 300, 400 μm とした。

6 面毎に、1 パス加工後、機上に設置した顕微鏡で精度を確認し誤差が大きい場合のみ、X または Y 方向の誤差量に対して 70%の修正加工を行った。100%の修正としなかったのは、工作機械の繰り返し誤差などにより、切込み(過修正)が生じないように考慮したためである。

2.2 2mm タイプ H コイル巻棒の加工実験方法

2mm タイプの加工では、日進工具(株)製 MSE230P、直径 1.0mm、2 枚刃、コーティング有(標準品)を使用した。

A 面加工での Z 切込みは、各溝を 1 パスで加工した。B 面加工では、溝深さから 5 μm 残した Z 切込み量で製品中央まで加工し、Z 切込み量を最終溝深さに設定し逆サイドから 1 本溝を仕上げる行程とした。これは 4mm タイプの加工で問題となった溝出口部のカケ(後述)を防止するためである。各溝深さは、設計図面により A 面は 200 μm 、B 面は 250, 400, 450, 600 μm である。

A 面の単溝加工では、4mm タイプと同様の手順で、1 パス加工後、機上計測システムで精度を確認し誤差が大きい場合のみ、70%の修正加工を行った。

B 面のクロス溝加工では、あらかじめ A 面の単溝加工

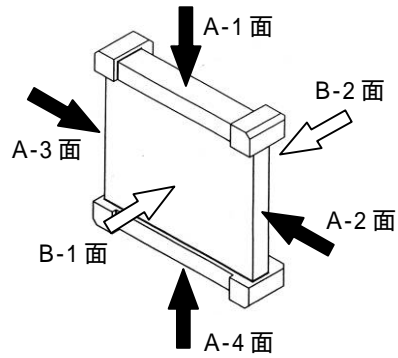


Fig.4 H コイル巻棒加工面

のエッジ形状を機上計測システムで精度計測を行い、計測座標値をオリジナル NC プログラムに入力することで、1 度の加工で高精度加工が行えるようにした。

3. 実験結果

3.1 4mm タイプ H コイル巻棒の加工実験結果

A 面加工では、簡易機上計測システムで観察した結果、5 μm 程度の着脱誤差が生じていたが修正加工は行わず、拡大加工のみとした。

また、B 面加工では、機上顕微鏡での評価の結果 A 面加工による溝と B 面加工での溝が一致していない部分が認められたため、修正加工を行った。

Fig.5, 6 に修正加工による寸法誤差の抑制効果を示す。Fig.5(a)では A 面加工時の溝と B 面加工の溝の段差が約 27 μm 認められる。これに対して修正後の段差が約 8 μm (=27 \times 0.3)になるように修正加工を行ったところ、実際の段差は約 10 μm となった(Fig.5(b))。

また、Fig.6(a)では A 面加工時の溝と B 面加工の溝の段差が約 19 μm 認められる。これに対して修正後の段差が約 6 μm (=19 \times 0.3)になるように修正加工を行ったところ、段差は約 8 μm となった(Fig.6(b))。

どちらの場合も、修正目標値と実測値の差は約 2 μm であり、本手法により、ワーク着脱誤差などを十分に補正できることが分かった。

試作した H コイル巻棒を Fig.7 に示す。巻棒エッジ部に比較的大きめのカケが確認できる。工具が溝から出てくる時に溝底部に発生している。これは、前報の加工条件より Z 方向切込みを大幅に大きくしているためであると考えられる。

加工後の工具刃先の摩耗状態を Fig.8 に示す。工具刃先摩耗量は半径方向 8~9 μm であった。前報により工具刃先形状が加工後のワーク形状に転写され一致することが確かめられているので、ワークの入隅部の削り残し量は、8~9 μm 程度と推察できる。

3.2 2mm タイプ H コイル巻棒の加工実験結果

試作品を Fig.9 に示す。A 面加工では、4mm タイプと同様、機上計測システムで観察した結果、精度良好であったので修正加工は行わず、拡大加工のみとした。また、B 面加工では、機上計測システムによる A 面の溝エッジの計測とオリジナル NC プログラムの使用により、1 工程で高能率・高精度な加工ができた。

また、工具バスの工夫により、顕微鏡で確認してもほかケの無い加工ができた(Fig.10)。

加工後の工具刃先の摩耗状態を Fig.11 に示す。工具刃先摩耗量は半径方向 8~9 μm であり、4mm タイプと同等に良好な結果であった。

4. まとめ

簡易機上計測システムを工作機械の主軸ヘッドにマグネット装着し、簡単な計測と修正加工を行うことで、ワーク着脱による誤差などをほぼ修正値どおりに抑制することがわかった。

4mm タイプ H コイル巻棒(工具径 3.0)および 2mm タイプ(工具径 1.0)の 6 面加工においても、入隅部の削り残し量はともに約 8~9 μm であり、前報の単溝加工の場合(7.5 μm)と同等であることが確認できた。

NC プログラムの工夫により能率良く高精度加工が可能となった。また、溝底部のカケを大幅に抑制することができた。

本研究は、大分県地域結集研究開発プログラムの一部として、西日本電線株式会社と共同で行ったものである。

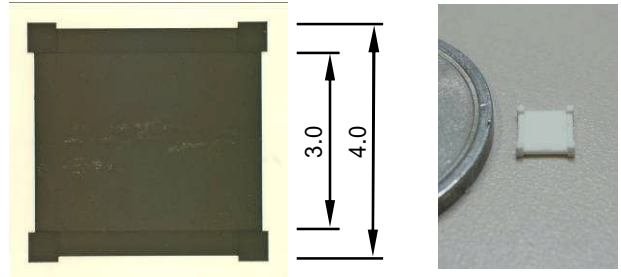
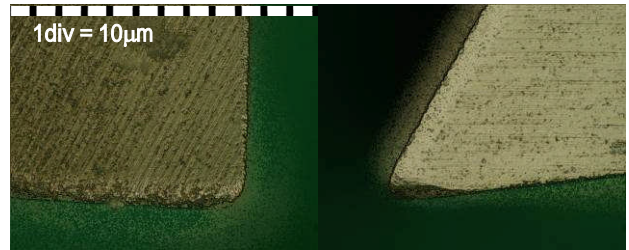


Fig.7 H コイル巻棒 4mm タイプ試作品
(顕微鏡視野の都合上、左図は上下で写真合成しています)



(a) すくい面 (b) 外周逃げ面
Fig.8 工具刃先の摩耗状態(4mm タイプ加工後)

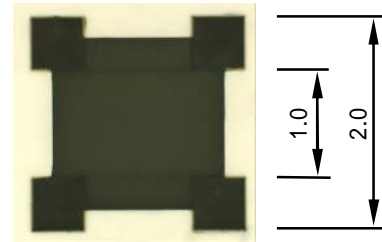
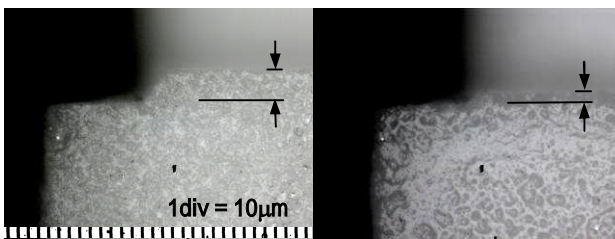


Fig.9 H コイル巻棒 2mm タイプ試作品



(a) 1パス加工後(修正前) (b) 修正加工後
Fig.5 修正加工形状

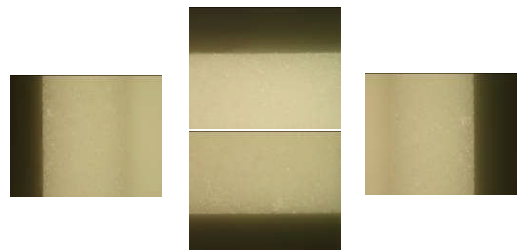
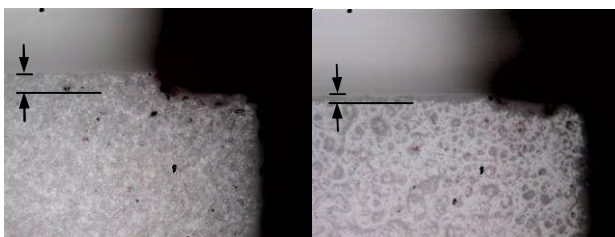
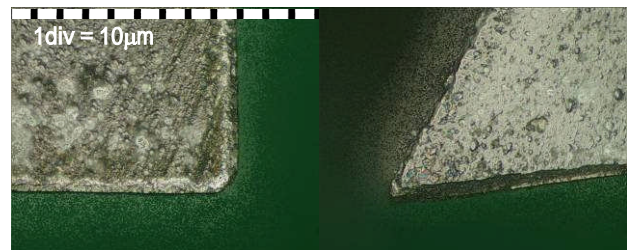


Fig.10 H コイル巻棒 2mm タイプ溝底のエッジ



(a) 1パス加工後(修正前) (b) 修正加工後
Fig.6 修正加工形状



(a) すくい面 (b) 外周逃げ面
Fig.11 工具刃先の摩耗状態(2mm タイプ加工後)