

セラミックスの高精度切削加工技術(第3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*・橋口智和*・相原茂**
*機械・金属担当・**西日本電線株式会社

Precision Cutting Technology of the Ceramics (The 3rd) —Cutting for a H-Coil Bobbin of Local Two-Dimensional Vector Magnetic Sensor—

Hiroshi MIZUE*・Hirotooshi OHTSUKA*・Kazuo SHIGEMITSU*
Tomokazu HASHIGUTI*・Shigeru AIHARA**

*Mechanical and Metallurgical Engineering Gr.・**NISHI NIPPON ELECTRIC WIRE & CABLE CO.LTD.

要 旨

前報までは、市販の超硬合金エンドミル工具を用いてホトベールに対する溝加工実験、Hコイル巻枠加工実験を行った。本報では、市販のダイヤモンドコーテッド超硬合金エンドミル、ワイヤー放電加工機で製作したPCD(焼結ダイヤモンド)エンドミルを用いてジルコニアに対する溝加工実験を行った。その結果、いずれも工具寿命などで問題が生じ、工具1本あたり H コイル巻枠1個分の加工除去量に達しなかった。

1. はじめに

高能率な電磁力応用機器の開発にあたって、鉄心などの正確な磁気特性の計測が不可欠であり、磁束密度や磁界の強さなどの面分布を計測するために、微小コイルなどを用いる方法が提案されている。本テーマでは、磁界の強さを測定する H コイルの巻枠の精密加工に取り組む。

巻枠の溝底入隅部の形状が、コイルの巻乱れの主な原因と考えられるので、入隅部の形状精度の向上を目的に切削加工実験を行ってきた。前報までは、1個のHコイル巻枠を1本のエンドミルで仕上げるワーク除去量、工具寿命と入隅部の削り残し幅の関係を明らかにし、ホトベール製の 2mm タイプ H コイル巻枠を試作・巻線まで行った。加工精度は良好であったが、ホトベールは切削性が良い半面、強度が劣り巻線作業でのトラブルの原因となっていた。

したがって本年度は、巻枠材質(被削材)をより高強度なジルコニアに変更するための加工実験を行った。ジルコニアは、ファインセラミックスの中でも難削材といわれる窒化ケイ素よりも曲げ強さが大きい材料であり、ダイヤモンド系の工具を使用するほかない。

2. ダイヤモンドコーテッド超硬合金工具

超硬合金の母材にダイヤモンドをコーティングしたエンドミルであり、銅やアルミなどの精密切削用に多くの品種が市販されている。この種の工具は、ダイヤモンドの低摩擦係数などの特性を利用して非鉄金属の鏡面仕上げ加工などに用いられるもので、本来ファインセラミックスなどの高硬度・高脆材料

を切削する目的の工具ではない。

しかしながら、昨今のダイヤモンドコーティング技術の進歩により、短い切削距離であればファインセラミックスの加工も可能であるとの情報を得たので、低価格な市販工具がどの程度耐えうるのか確認することにした。

2.1 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。机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。被削材には東ソー(株)ジルコニア YTZ (粉砕ボール用材料、曲げ強度: 1200MPa, 硬度 HV10: 1250, 弾性率: 210GPa)を使用した。工具は日進工具(株)製ダイヤモンドコーティングエンドミル DCSE235(直径 1.0)を使用した。切削条件を Table 1 に示す。

切削形態は、1パスあたりの長さが 1.5mm の溝切削とし、加工液は使用せず乾式として、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。

Table 1 Slotting condition

Slotting condition No	No.1	No.2	No.3
Rotation (min ⁻¹)	6000	5000	5000
Feed rate (mm/min)	150	30	15
Depth of cut Z(mm)	0.1	0.1	0.05

2.2 実験結果

切削条件 1, 2 では、溝切削開始直後に刃元部から折損し、加工不能となった。より加工抵抗を減らした切削条件 3 では、溝長さ 3.0mm (2 パス目) 程度までは比較的良好であったが、溝長さ 4.5mm (3 パス目) では、かなりチッピング摩耗が進行し、溝長さ 6mm (4 パス目) では、加工不能となった (Fig.1, 2 参照)。

条件 3 における溝長さ 6mm での除去体積は、 0.3mm^3 であり、H コイル巻棒 1 個加工時に必要な除去体積 (3.22mm^3) の 9% に相当する。本テーマは、溝底の入隅部の微小な削り残しを最小に抑えることが目的であり、市販のダイヤモンドコーテッド超硬合金工具の使用は、耐摩耗性の観点から現実的でないと考えられる。

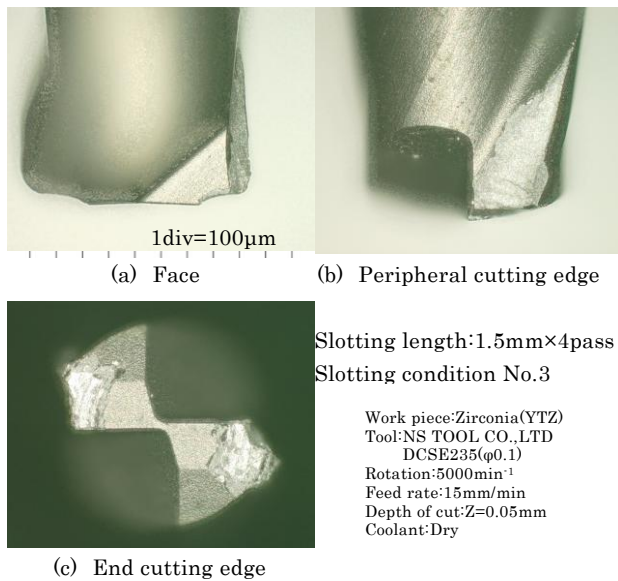


Fig.1 Tool condition after slotting

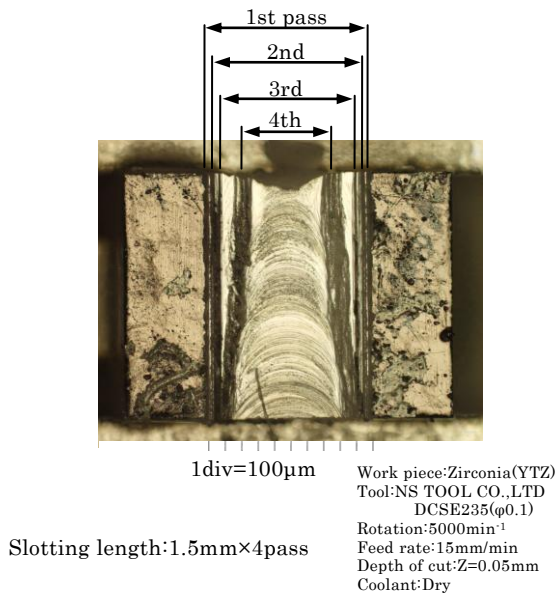


Fig.2 Work condition of slotting

3. PCD (焼結ダイヤモンド) 工具

PCD は、単結晶ダイヤモンドほどの硬度を有していないが、ダイヤモンドの次に硬いとされる cBN の 2 倍以上の硬度を有している。また、特定の結晶面に起因するへき壊性が無く、バインダーの導電性により放電加工が可能であり、しかも安価である。

そこで、ワイヤー放電加工機を使用して、鋭利な刃先を有する 1 刃 (Fig.3 参照)、2 刃のエンドミルを製作し、ジルコニアに対する溝加工実験を行った。

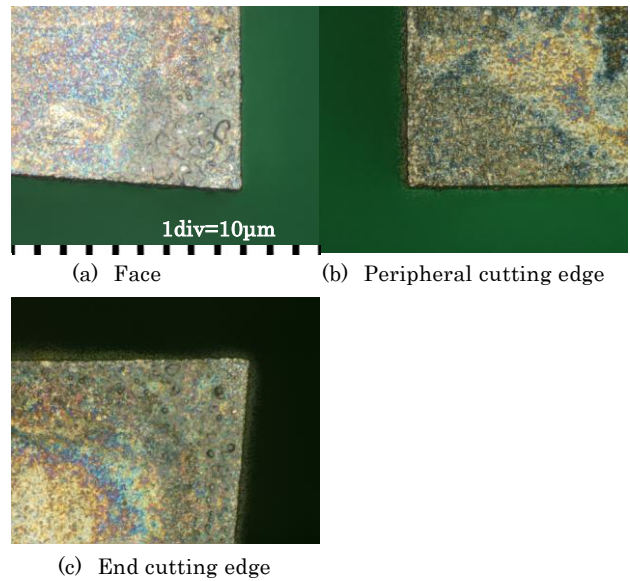


Fig.3 1 flute PCD endmill

3.1 実験方法

使用機器は 2.1 項と同様である。切削形態は、1 パスあたりの長さが 15mm の溝切削とし、加工液は使用せず乾式とした。切削条件を Table 2 に示す。

Table 2 Fig.Slotting condition

Slotting condition No	No.4	No.5	No.6
Number of flute	1	1	2
Rotation (min ⁻¹)	5000	5000	5000
Feed rate (mm/min)	7.5	7.5	7.5
Depth of cut Z(mm)	0.05	0.1	0.1

3.2 実験結果

1 刃条件 4, 5 では、1 パス (溝長さ 15mm) 後刃先の多くのチッピングを確認し加工を中止した (Fig.4 参照)。また、2 刃条件 6 においても 1 パス加工後チッピングを確認し加工を

中止した(Fig.5 参照). なお 2 刃条件 6 における, 溝長さ 15mm での除去体積は, 1.5mm³であり, H コイル巻棒 1 個加工時に必要な除去体積(3.22mm³)の 47%に相当する.

また, 加工後の工具観察により, 第 2 逃げ面およびその後ろに続く逃げし面が, 被削材と干渉している痕跡が認められた. また, 2 刃条件 6 では被削材のカケが少なく良好な結果が得られた(Fig.6 参照).

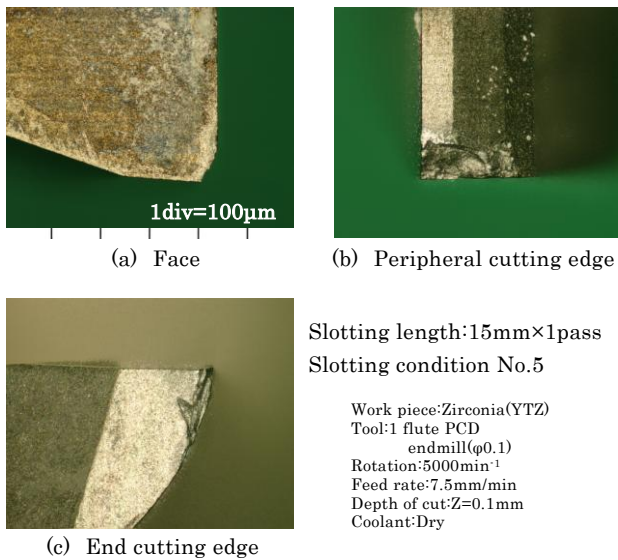


Fig.4 Tool condition after slotting

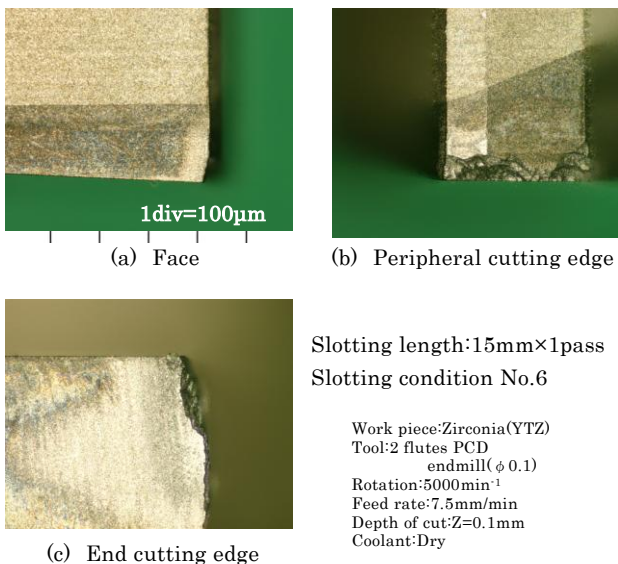


Fig.5 Tool condition after slotting

4. まとめ

ジルコニアに対する溝切削加工において, 市販のダイヤモンドコーテッド超硬合金エンドミルを使用すると, H コイル 1 個を加工するために必要な除去体積に対して, 10%以下寿命となった. 言い換えると, H コイル巻棒 1 個加工するために,

荒加工に 10 数本, 仕上げ加工に数本のエンドミルが必要である.

また, ワイヤ放電加工機を使用して製作した PCD エンドミルを使用すると, 希望する除去体積の 50%以下の寿命となった. この場合必要エンドミル本数は, 市販のエンドミルに比べてチップングが小さいことを考慮すると, 荒加工に 3 本, 仕上げ加工に 2, 3 本必要であると考えられる.

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.

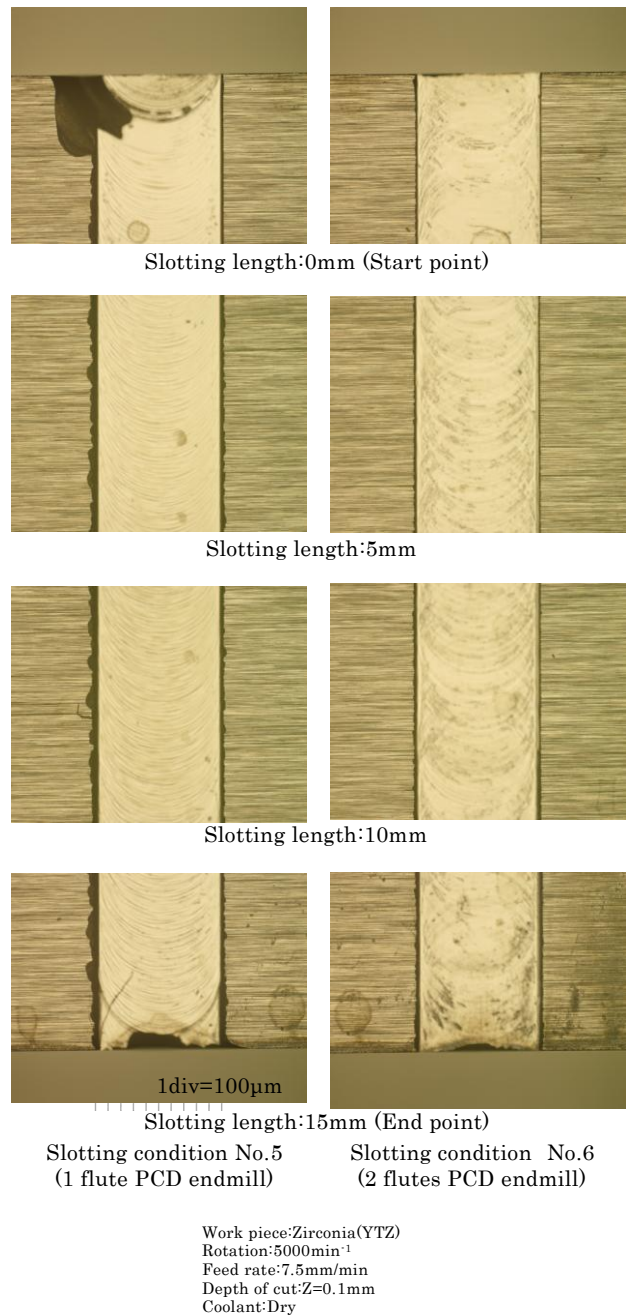


Fig.6 Work condition of slotting