

### 3. 精密切削加工における工具および被削材の 微視的評価技術

材料技術科

機械電子技術科

松江エンジニアリング(株)

○高橋志郎

松村一弘

坂井昭二、吉野順一、横田伸行、  
松本剛、宇都宮俊

#### 1. はじめに

近年、自動車部品をはじめ各種部品の寸法精度への要求が厳しくなるとともに、その形状も複雑になり金型自体にもより厳しい寸法精度が求められるようになってきている。一般に、金型は、SKD や SKS などの合金工具鋼が用いられるが、これらの合金は高硬度な上に粘り強く、超硬合金刃物を用いても、欠けが生じるあるいは折損が起こるなど切削加工が難しい材料である。これらの金型材や金型製作用電極に用いる銅合金などの難削材における超精密エンドミル加工の途中段階で刃物を交換することは、新旧刃物の寸法・取付位置などに誤差を生じさせるため、切削工程の途中で工具を交換することができない。従って、刃物の工具寿命に関する知見を高めることは、加工コスト低減に直結する。本研究では、加工コスト低減を最終目的とした実験を行い、そのうちの被削材加工精度と工具刃先の経時劣化の因果関係に関する微視的評価の検討結果について報告する。

#### 2. エンドミルによる超精密切削加工

金型の寸法精度や形状の複雑化に関する要求の高まりについては前述の通りであるが、本研究では、実際の一例である、約 4mm 幅の溝の内面を曲面に切削する場合を想定した検討を行った。

通常切削に用いるエンドミルの長さ(L)/刃の直径(D)の比率は 4~6 程度であるが、想定した溝のような切削には L/D が 10 以上となる工具が必要である。本研究では、地域企業が実際に用いている市販の L=30mm、D=2.6mm、L/D=約 11.5 である 2 枚刃のボールポイントエンドミルを用いた。

切削条件は、工具メーカー推奨の切削速度 15,000rpm、送り速度 1,300mm/min、切込み量 0.05mm(50 $\mu$ m)、深さ方向送り量 0.5mm とした。被削材は、金型材として多用される熱間金型用ダイス鋼 (SKD61) とし階段状の試験片を作製し、エンドミルによる仕上げ切削に供した。なお、エンドミルによる仕上げ切削の前に、実際の加工手順と同様の放電加工による粗仕上げを行った。

切削時間(切削距離)の変化に伴う被削材寸法精度およびエンドミル刃の形状等の変化を測定し、寸法精度の許容域および工具の寿命について検討した。被削材の仕上げ精度は、加工機に取り付けたスタイラスおよび当センター所有の表面粗さ測定器を用いて測定した。また、工具先端の損耗状況の確認は、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて行った。

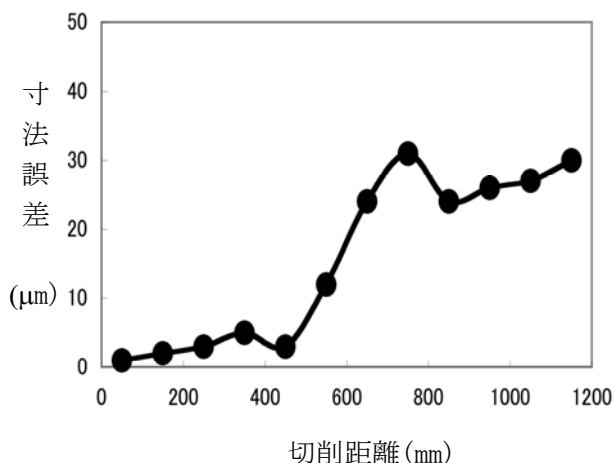


図1 スタイラスによる寸法測定結果

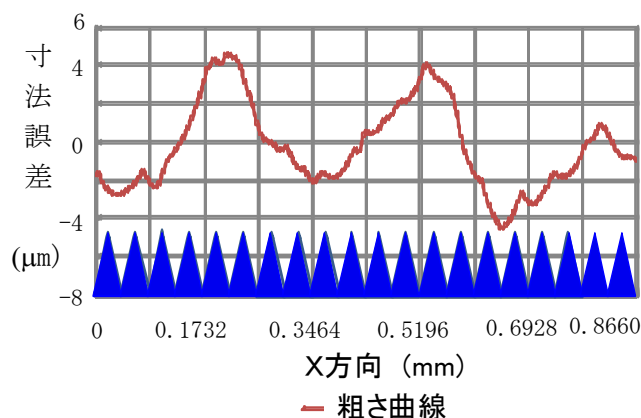


図2 表面粗さ測定結果

### 3. 工具及び被削材の微視的評価結果

はじめに、切削時間（切削距離）の変化に伴う被削材寸法精度の変化をマクロ的に測定するために、切削加工後、加工機械に取り付けたスタイラスによる寸法測定を行った。その結果を図1に示す。切削開始から約450mmの段階から寸法誤差が大きく拡大し、工具の劣化を示している。次に、これをより詳細に測定するために表面粗さ測定を行った。図2に、表面粗さ測定結果の一部を示す。なお、図中の▲印は、切削条件による理論粗さのパターンを示している。最大理論粗さは、約 $2.5\mu\text{m}$ であるが、測定結果では最大約 $9\mu\text{m}$ と理論値に対し著しく精度が劣っている。加工機械の回転誤差である周期的な粗さの変動は認められず、切削による寸法精度誤差であることがわかる。

工具評価の第1段階として、工具断面のSEM観察及びEDS元素マッピングを行い、エンドミルの構造を調査した。図3に工具の断面写真、図4に元素マッピング像を示す。図3及び図4より、母材は超合金、コーティング材はTi(Al)/Nを用いた難削材用高耐摩耗タイプのエンドミルであることがわかる。また、コーティング材の厚さは極めて均一で、 $1.5\mu\text{m}$ 程度であった。

工具評価の第2段階として、使用前後の工具のSEM観察を行った結果を図5に示す。切削時間約4時間後の工具刃先は、数 $\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ 程度のチッピングを起こしていることがわかる。また、被削材に接触する部分の刃先のほとんどでコーティングが剥離し、母材がむき出しになっている。これらは、使用前には認められなかった欠損であり、切削中に発生し、被削材寸法精度劣化の大きな要因の一つになっている。

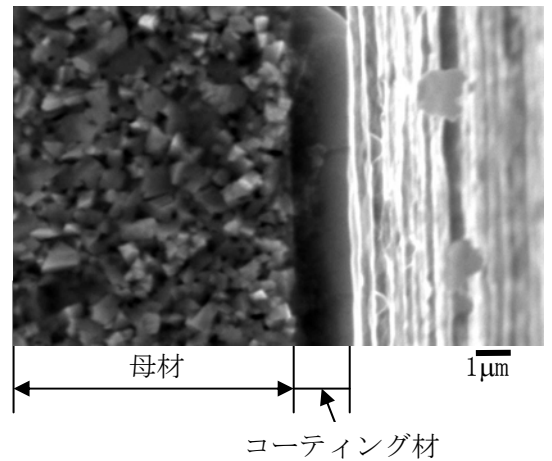


図3 工具断面のSEM写真

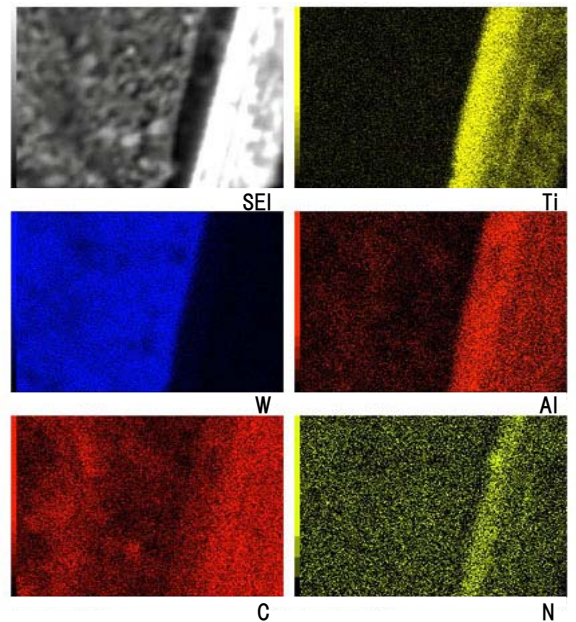
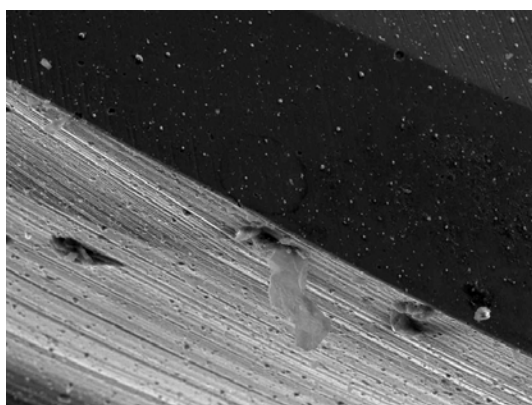
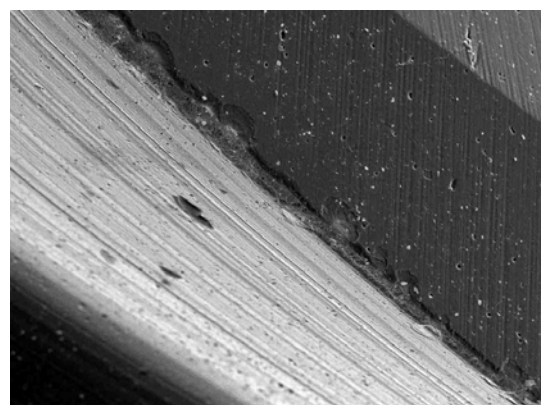


図4 工具断面のEDS元素マッピング像



(a) 使用前



(b) 4時間使用後

図5 使用前後の工具刃先のSEM写真

### 4. まとめ

本研究により、難削材であるSKD61の加工において、工具刃先のチッピングが被削材寸法精度の大きな劣化要因となっていることがわかった。また、当センター保有機器を用いることにより、切削に関する解析を行うことが可能であり、この結果をもとに地域企業、工具メーカーの連携が図られ、歩留まりや、工具コスト、作業的・時間的な加工コスト低減がなされてきている。