

研究ノート

Ti-Al 系金属間化合物のエンドミル加工における切削油の影響

児玉英也*1、河田圭一*1、菅野祐介*1、斉藤昭雄*1、島津達哉*1、水野優*2

Effect of Cutting Fluid on End Milling of Titanium Aluminide Intermetallic Compounds

Hideya KODAMA*1, Keiichi KAWATA*1, Yusuke KANNO*1,
Akio SAITO*1, Tatsuya SHIMADZU*1 and Yuu MIZUNO*2

Industrial Research Center*1*2

エンドミル工具を用いて Ti-Al 系金属間化合物の底面仕上げ加工を行い、切削油が工具寿命に及ぼす影響について検討した。その結果、切削速度 100m/min の条件では、凝着が要因と推察される工具損耗が確認され、冷却性に優れる水溶性切削油より潤滑性に優れる合成エステル油を用いた方が、工具寿命は大幅に長くなることがわかった。

1. はじめに

Ti-Al 系金属間化合物は TiAl 相(γ 層)を母相として数%の Ti₃Al 相(α_2 相)が共存するラメラ組織がベースの材料で、比強度(強度/比重)や高温強度に優れている。そのため、航空機のジェットエンジン低圧タービンブレードや自動車用ターボチャージャーのタービンホイールなどへの適用が進められている¹⁾。一方で切削加工では熱伝導率が低く切削熱が上昇しやすい、切りくず形態がせん断型で切削抵抗の変動が大きい、工具材料との親和性が高く、切りくずが切れ刃に溶着しやすいという特徴から難削材として知られている。また、切りとり厚さの大きい条件では脆性モード切削となり、形状や仕上げ面精度、工具寿命が悪化するため、低切削速度、低送りで切削することが必要で、切削能率や工具寿命の改善が課題となっている。そこで本研究ではエンドミル加工試験を行い、切削油が工具寿命に及ぼす影響を確認した。

2. 実験方法

加工試験の様子を図 1 に示す。加工機は立形マシンングセンタ(MU-400VA、オークマ(株)製)を使用し、インサートタイプのラジラスエンドミル工具で被削材の上面をダウンカットで切削した。加工条件を表 1 に示す。工具は Cr 系 PVD コーティングとノンコート超硬合金を用いた。切削油はエマルジョンタイプの水溶性切削油(希釈濃度 10%)と合成エステル油を使用した。給油方法は加工現場での使用を想定し、水溶性切削油は工作機械付属の給油装置、合成エステルは MQL(Minimum Quantity Lubrication)加工装置により外部給油とした。

加工除去量の増加に伴う工具損耗の変化はマイクロSCOPEや電子顕微鏡で観察した。本試験は仕上げ加工を想定しており、工具逃げ面最大摩耗幅が 0.1mm を超えた時点で工具寿命と判断し、試験を中止した。



図 1 加工試験の様子

表 1 加工条件

被削材	Ti-Al 系金属間化合物
工具	形状: ϕ 20mm-R0.35 刃数: 1 材種: Cr 系 PVD コート(母材: 超硬合金) 超硬合金(K 種)
切削速度	50、100、200m/min
送り量	0.02mm/tooth
切込み量	軸方向: 0.5mm 径方向: 5mm
切削油	水溶性切削油 吐出量 15L/min 合成エステル油 吐出量 30mL/h

3. 実験結果及び考察

図 2 に加工除去量に対する工具逃げ面最大摩耗幅の推移を示す。コーティング工具(PVD)による水溶性切削油を用いた加工では、切削速度 50m/min(V50)で 4.5cm³、切削速度 100m/min(V100)で 0.9cm³ 切削して寿命となった。合成エステル油を用いた加工では、切削速度

100m/min で 18cm³、切削速度 200m/min(V200)で 0.45cm³ 切削して寿命となった。超硬合金工具(WC)による切削速度 100m/min の加工では、水溶性切削油を用いた加工で 0.9cm³、合成エステル油を用いた加工で 14.4cm³ 切削して寿命となった。

コーティング工具の結果から、水溶性切削油の切削速度 50m/min と合成エステル油の切削速度 100m/min の結果を比較すると、合成エステル油を用いた加工は、切削速度 2 倍であっても、工具寿命が約 4 倍長くなることがわかった。一方で、切削速度 200m/min の条件で工具寿命が短くなったのは、切削点およびその近傍の温度が上昇したことで、油剤の気化が促進されたためと考えられる。

コーティング工具と超硬合金工具の結果を比較すると、水溶性切削油を用いた加工では、工具寿命の差はほとんどなく、合成エステル油を用いた加工では、コーティング工具の方が 1.3 倍程度長くなったものの、大きな差みられなかった。図 3 に切削速度 100m/min、合成エステル油の条件で 0.9cm³ 切削後のコーティング工具の画像を示す。すくい面から逃げ面にかけてコーティングがはく離し、母材の超硬合金が露出している様子が確認された。このことから、切削初期にコーティングがはく離し、超硬合金工具の切削とほぼ同じ状態となり、コーティングによる工具寿命の延長効果が得られなかったと考えられる。

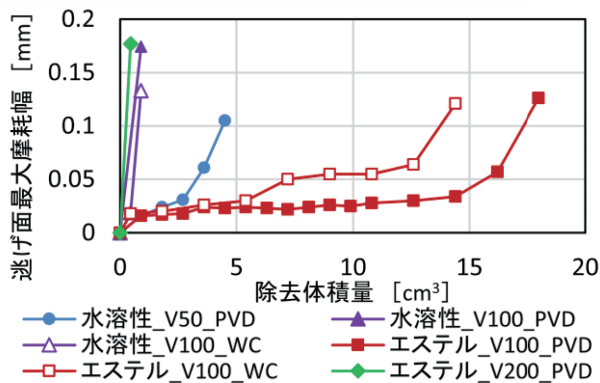


図 2 加工除去量に対する逃げ面最大摩耗幅の推移



図 3 0.9cm³切削後のコーティング工具

図 4 に超硬合金工具を用いて切削速度 100m/min で切削した場合の工具損耗の画像を示す。水溶性切削油による加工では 0.9cm³ 切削した時点ですくい面と逃げ面が大きく損耗した。合成エステル油による加工では、水溶

性切削油と比較して工具損耗の進行は緩やかで、5.4cm³ 加工後、逃げ面にチッピングが確認され、これを起点として工具損耗が進行している様子が確認された。

図 5 に工具逃げ面の SEM 画像を示す。水溶性切削油で 0.9cm³ 加工した後の工具は損耗部に凝着物が堆積しており、凝着物が脱落したことによる工具損耗の様子が確認された。合成エステル油で 9cm³ 加工した後の工具は、チッピング部や切れ刃損耗部と逃げ面の境界付近に凝着物が堆積していた。これらのことから、工具への被削材の凝着が工具損耗に影響している可能性があり、水溶性切削油よりも潤滑性の高い合成エステル油は、工具と凝着物の界面に作用し、凝着物の離脱による工具損耗を軽微にするため、工具寿命が延長したと推察される。

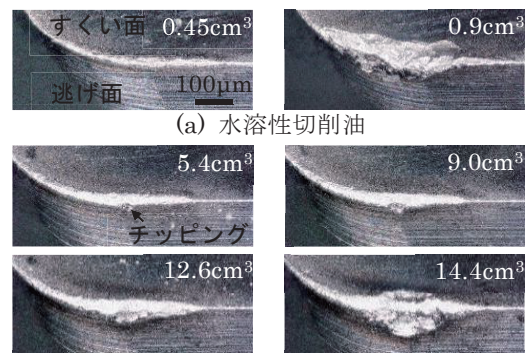


図 4 超硬合金工具(100m/min)の工具損耗

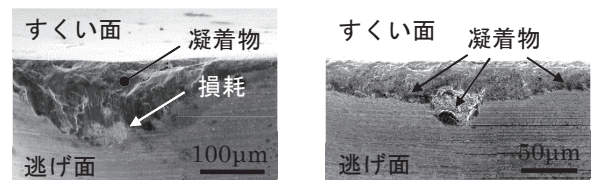


図 5 工具逃げ面の SEM 画像

4. 結び

水溶性切削油と合成エステル油を用いて Ti-Al 系金属間化合物のエンドミル加工試験を行った結果、切削速度 100m/min の条件で合成エステル油を用いると、工具寿命は大幅に長くなることがわかった。今後は工具損耗の過程を詳細に観察し、切削油により工具寿命に差が生じる要因を調査する予定である。

付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期」で行った研究の一部である。

文献

- 1) 小柳禎彦: 大同特殊鋼技報, 88(2), 77-84(2017)