

研究ノート

ダイヤモンドコーティング工具を用いたチタン合金の MQL 加工

見玉英也*1、河田圭一*1、水野和康*1、斉藤昭雄*1、脇祐介*1、水野優*1

MQL Cutting of Titanium Alloy Using a Diamond Coated Tool

Hideya KODAMA*1, Keiichi KAWATA*1, Kazuyasu MIZUNO*1,
Akio SAITOU*1, Yuusuke WAKI*1 and Yuu MIZUNO*1

Industrial Research Center*1

ダイヤモンドコーティング工具でチタン合金を MQL(Minimal Quantity Lubrication: 極微量潤滑油給油)加工して、工具の損耗を観察した。その結果、水溶性切削油による湿式加工より、合成エステル油による MQL 加工の方が、コーティングのはく離するまでの切削距離は長くなることがわかった。はく離前の工具は、すくい面のコーティングに損傷が確認され、この損傷がコーティングのはく離に影響している可能性が示唆された。

1. はじめに

チタン合金は比強度が高く耐食性や耐熱性に優れる材料であることから、航空機部品、医療機器や生体用部品等、幅広い分野で使用されており、とりわけ航空機部品においては需要が増加している。一方でチタン合金は、熱伝導率が低く切削点の温度が上昇しやすい、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などの特徴から、難削材として知られており、工具寿命は短く、加工能率が低いことから、切削加工技術の向上が求められている¹⁾。筆者らはこれまでにダイヤモンドコーティング工具によるチタン合金の切削加工について研究を行ってきた²⁾³⁾。その結果、ダイヤモンドコーティング工具を用いることで切削能率が向上できる可能性を示してきたが、加工中にコーティングが突発的にはく離する現象が発生するため、その原因解明と抑制が課題となっていた。そこで本研究では、水溶性切削油による湿式加工と合成エステル油による MQL 加工を行い、加工条件によるはく離発生の違いやコーティングの損傷について検討した。

2. 実験方法

2.1 加工条件

切削実験の様子を図 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、ダイヤモンドコーティングエンドミルで被削材をダウンカットにより側面切削した。加工条件を表 1 に示す。切削油剤はソリュブルタイプの水溶性切削油と合成エステル油

を使用した。水溶性切削油は工作機械付属の給油装置、合成エステル油は MQL 給油装置(Model FK、フジ BC 技研(株)製)により外部給油した。マイクロスコープで工具を観察し、コーティングのはく離を確認した時点で実験を中止した。なお、切削距離は 1 刃が被削材を擦過する距離とした。

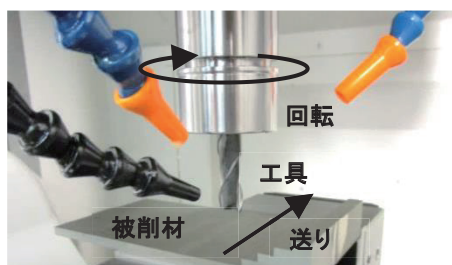


図 1 切削実験の様子

表 1 加工条件

被削材	チタン合金 Ti-6Al-4V
工具	形状: ϕ 12mm スクエアエンドミル すくい角: 13° ねじれ角: 35° 材種: ダイヤモンドコーティング(超硬母材) 膜厚: 約 10 μ m
切削速度	150m/min(湿式加工、MQL 加工) 180m/min(MQL 加工)
送り量	0.1mm/tooth
切込み量	軸方向: 5mm 径方向: 0.5mm
給油方法と油剤	湿式: 水溶性切削油(吐出量 11L/min、 希釈濃度 7%) MQL: 合成エステル油(吐出量 30mL/h)

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室

2.2 工具の損傷状態の観察

切削速度 150m/min で切削距離 900m まで MQL 加工した工具を、チタン合金用腐食液(フッ酸 10mL、硝酸 5mL、蒸留水 100mL)に 1 時間浸漬して、凝着物の除去を行った。マイクロSCOPE とレーザー顕微鏡で工具の損傷状態を観察した。

3. 実験結果及び考察

3.1 加工条件によるはく離発生の違い

切削速度 150m/min で MQL 加工を行い、コーティングがはく離した工具の写真を図 2 に示す。工具先端ですくい面から逃げ面にかけてコーティングがはく離しており、他の条件でも同様の傾向がみられた。はく離を確認したときの切削距離の結果を図 3 に示す。湿式加工は、切削速度 150m/min で切削距離 50m 加工後にコーティングのはく離を確認した。前報³⁾の切削速度 100m/min の条件と比較して、切削距離が減少した。MQL 加工は、切削速度 150m/min で切削距離 931m 加工後にはく離を確認し、湿式加工と比較すると切削距離は大幅に増加した。切削速度 180m/min では、切削距離 403m 加工後にはく離を確認した。はく離するまでの間、各条件とも工具逃げ面の摩耗幅は 25 μ m 程度で有意な差はなく、逃げ面の摩耗とはく離の相関は確認されなかった。



図 2 コーティングがはく離した工具の写真

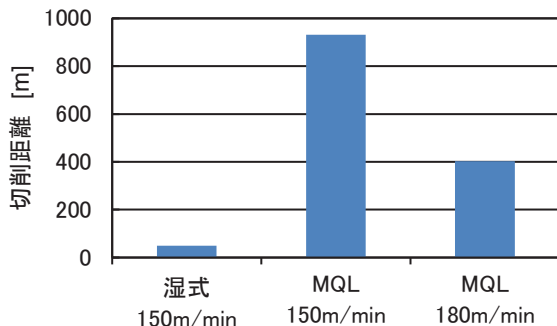
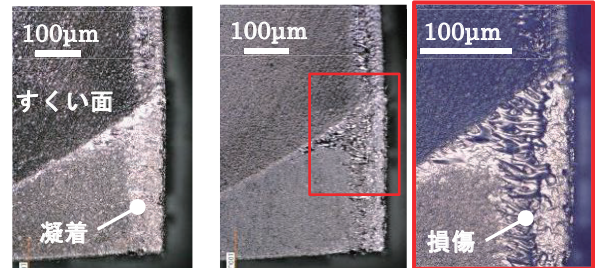


図 3 はく離を確認したときの切削距離

3.2 コーティングの損傷

切削速度 150m/min で切削距離 900m まで MQL 加工した、はく離前の工具の写真を図 4(a)に示す。工具先端のすくい面に被削材の凝着が広範囲に確認された。この工具を腐食液に浸漬した後の写真を図 4(b)に示す。逃げ

面よりもすくい面側のコーティングの損傷が大きく、損傷は切れ刃稜線から約 50 μ m 離れた位置で発生していた。損傷部の深さを測定した結果、最大深さは約 6 μ m で母材までは到達していなかった。



(a) 凝着除去前 (b) 凝着除去後

図 4 はく離前の工具の写真

図 4(b)のコーティングの損傷はすくい面の摩耗と思われる。すくい面の摩耗は、切りくずとの摩擦発熱で高温になるほど進行しやすく、摩耗の進行により工具刃先の強度は低くなるため、切れ刃稜の欠落が発生する。コーティングがはく離したときの切削距離は、逃げ面の摩耗幅と相関が認められないことや、給油方法や切削速度により違いが生じていることから、すくい面の摩耗がはく離に影響していると推察される。

今後は切削距離に対するすくい面の損傷状態を詳細に観察する予定である。

4. 結び

ダイヤモンドコーティング工具でチタン合金を加工した結果、水溶性切削油による湿式加工より合成エステル油による MQL 加工の方が、コーティングがはく離するまでの切削距離は長くなった。工具観察の結果、はく離前の工具はすくい面のコーティングが損傷していることがわかった。

付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクト」(モノづくりを支える先進材料・加工技術開発プロジェクト)で行った研究の一部である。

文献

- 1) 長谷川良栄: 精密工学会誌, **75**(8), 953(2009)
- 2) 児玉英也, 河田圭一, 水野和康, 石川和昌, 斉藤昭雄, 島津達哉: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **6**, 24(2017)
- 3) 児玉英也, 河田圭一, 水野和康, 斉藤昭雄, 脇祐介, 水野優: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **7**, 26(2018)