

難削性非鉄材料の高効率切削加工技術の開発

工業材料科 科 長 瀧内直祐
工業材料科 主任研究員 福田洋平
食品・環境科 主任研究員 三木伸一

長崎県内の金属加工業では、環境問題等を考慮して、切削油剤を使用しない冷却方法に関する要求が高まっている。材料の高機能化、多様化等により、チタン合金 (Ti-6Al-4V) 等の難削材料に関する切削加工技術の確立が望まれている。しかし、チタン合金 (Ti-6Al-4V) の切削加工の問題点として、チタン合金 (Ti-6Al-4V) は熱伝導率が小さく、切削熱が発熱部の切れ刃と工具すくい面に集中し、局部的に切削温度を上昇させ、異常な工具摩耗が発生しやすい。そこで、環境問題等を考慮した冷却方法を検討することを目的として、平成 30 年度はチタン合金 (Ti-6Al-4V) における TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具の界面活性剤水溶液ミストを用いたエンドミル切削加工実験を行った。切削油剤、油ミスト、発泡剤水溶液ミストを用いた時の工具の摩耗状況、加工面 (表面) 粗さについて、比較検討を行った。

1. 緒言

長崎県内には、金属加工業の中小企業が多数存在しており、工作機械、切削工具等の進歩により、切削加工技術の高度化が進んでいる。しかし、金属系難削材料は、切削加工に長い時間を要し、工具寿命が短い等、非効率的な加工作業となっている。また、切削油剤の使用による作業環境の悪化、塩素系油剤の焼却時に発生するダイオキシンが問題になっているため、切削油剤の使用量を減らす要望が益々強くなっているのが現状である。そこで、本研究は、環境問題等を考慮して、切削油剤を使用しない冷却方法を検討し、切削工具の劣化防止及び適切な加工面粗さを得ることを目的とする。

筆者らは、難削材料の切削加工性の向上を目的として、ステンレス鋼における切削加工性について報告¹⁾を行った。

平成 30 年度はチタン合金 (Ti-6Al-4V) における TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具の界面活性剤水溶液ミストを用いたエンドミル切削加工実験を行い、切削油剤、油ミスト、発泡剤水溶液ミストを用いた時の工具の摩耗状況、加工面 (表面) 粗さについて、比較検討を行った。

2. 実験方法

実験は基本的に前報²⁾と同様とした。実験装置は、汎用フライス盤 (牧野フライス製 KVJP55) を用いた。被削材は、チタン合金 (Ti-6Al-4V) を使用した。エ

ンドミル切削工具は、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具 ($\phi 8$, 4 枚刃) を使用した。エンドミル切削加工条件は以下のとおりである。

- ・切削速度 60 m/min、100 m/min
- ・送り速度 0.03 mm / 刃
- ・軸方向切り込み量 10 mm
- ・半径方向切り込み量 0.5 mm
- ・工具突き出し長 27 mm
- ・切削加工方法 (側面切削、ダウンカット)

界面活性剤水溶液ミスト、発泡剤水溶液ミスト、油ミスト、切削油剤を用いてエンドミル切削加工実験を行った。界面活性剤水溶液ミストにおける水溶液は、界面活性剤 5g/蒸留水 500 cm³ (pH 9.0) である。発泡剤水溶液ミストにおける水溶液は、発泡剤 2g/蒸留水 500 cm³ (pH 9.0) である。界面活性剤水溶液ミスト、発泡剤水溶液ミストの装置はスプレーガン (明治機械製作所製) を使用し、噴射量は 50 mL/min である。

切削油剤は、JX 日鉱日石エネルギー製ユニソルブル EM-H (20 倍希釈) を使用し、油ミストはブルーベ植物性切削油 LB-1 を使用した。

切削工具の摩耗 (最大の逃げ面摩耗幅、チップング幅等) については、工具顕微鏡 (30 倍) (ニコン製 MM-11B) を用いて、所定加工パスごとの工具刃先における最大の逃げ面摩耗幅等を測定した。さらに、加工面における表面粗さ (Rz) は、加工面の両端より 20 mm の所を、それぞれ A 部、B 部とし、その中心部の切削工具の進行方向を X 方向、切削工具の軸方向

を Y 方向として、超精密表面形状粗さ測定機（アメテック製 PGI1200）を用いて測定した。実験前のチタン合金（Ti-6Al-4V）の表面粗さ（Rz）は、 $2\ \mu\text{m}$ であった。

なお、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具の刃先における逃げ面摩耗幅が $100\ \mu\text{m}$ 以上になるか、工具刃先が欠損した場合、エンドミル切削加工実験を終了した。

3. 実験結果

3.1 界面活性剤水溶液ミストを用いた時のチタン合金（Ti-6Al-4V）における切削加工実験（切削速度 $60\ \text{m/min}$ ）

図1は、切削速度 $60\ \text{m/min}$ の切削加工実験における工具刃先の逃げ面摩耗幅と切削距離との関係を示す。

図中の▼印は水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミスト、▲印は水溶液 B（発泡剤水溶液）ミスト、■印は油ミスト、●印は切削油剤の結果である。水溶液 A ミストの元となる水溶液は、蒸留水に界面活性剤、水溶液 B ミストの元となる水溶液は、発泡剤を添加した溶液である。

水溶液 B（発泡剤水溶液）ミスト、切削油剤は、著しく逃げ面摩耗幅が増大し、水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミスト、油ミストは逃げ面摩耗幅が抑制された結果となった。

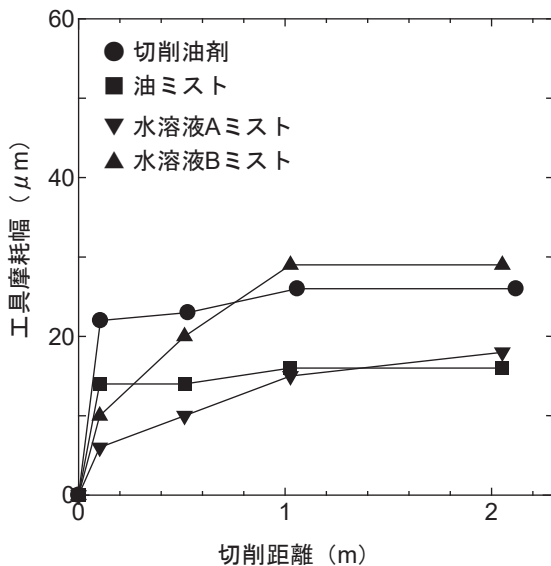


図1 切削距離と摩耗幅との関係

図2は、切削速度 $60\ \text{m/min}$ の切削加工実験における表面粗さ（Rz）と切削距離との関係を示す。

図中の▼印は水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミスト、▲印は水溶液 B（発泡剤水溶液）ミスト、■印は油ミスト、●印は切削油剤の結果である。図中の表面粗さ

（Rz）の値は、Y 方向（工具の軸方向）の表面粗さ（Rz）の値を示す。なお、Y 方向（工具の軸方向）の表面粗さ（Rz）は、工具軌跡の影響のため、X 方向（工具の進行方向）の表面粗さ（Rz）に比べて、高い値を示した。

表面粗さ（Rz）は、油ミストを使用した場合、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であり、水溶液 A（界面活性剤水溶液）は水溶液 B（発泡剤水溶液）ミスト、切削油剤と同様に良好な表面粗さ（Rz）となった。

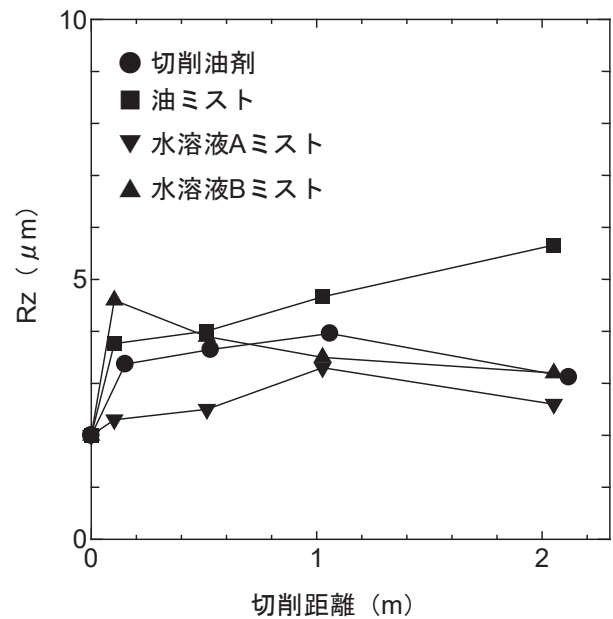


図2 切削距離と表面粗さ（Rz）との関係

3.2 界面活性剤水溶液ミストを用いた時のチタン合金（Ti-6Al-4V）における切削加工実験（切削速度 $100\ \text{m/min}$ ）

図3は、切削速度 $100\ \text{m/min}$ の切削加工実験における工具刃先の逃げ面摩耗幅と切削距離との関係を示す。

図中の▽印は水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミスト、△印は水溶液 B（発泡剤水溶液）ミスト、□印は油ミスト、○印は切削油剤の結果である。水溶液 A ミストの元となる水溶液は、蒸留水に界面活性剤、水溶液 B ミストの元となる水溶液は、発泡剤を添加した溶液である。

切削距離 $2\ \text{m}$ における逃げ面摩耗幅は、水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミストを使用した場合に $20\ \mu\text{m}$ であった。水溶液 A（界面活性剤水溶液）ミストは切削油剤、水溶液 B（発泡剤水溶液）ミストと同様に良好な結果となった。油ミストは切削距離が $0.5\ \text{m}$ の場合、工具摩耗幅が $100\ \mu\text{m}$ 以上となり、切削加工実験を終了した。

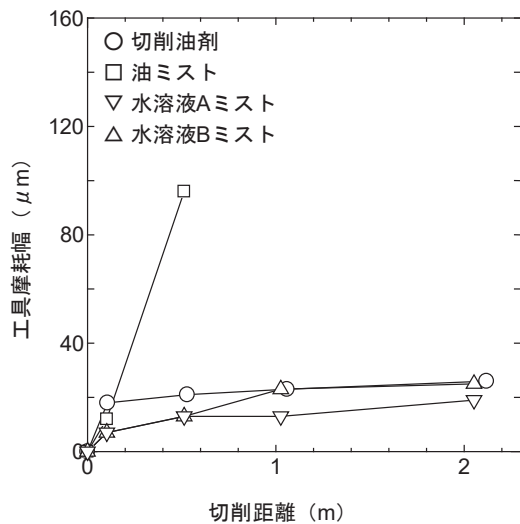


図3 切削距離と摩耗幅との関係

図4は、切削速度 100 m/min の切削加工実験における表面粗さ (Rz) と切削距離との関係を示す。図中の▽印は水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミスト、△印は水溶液 B (発泡剤水溶液) ミスト、□印は油ミスト、○印は切削油剤の結果である。

なお、表面粗さ (Rz) は、前述の結果と同様に Y 方向 (工具の軸方向) の表面粗さ (Rz) の値を示す。表面粗さ (Rz) は、油ミストを使用した場合、8 μm 以上であり、水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミスト、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミスト、切削油剤を使用した場合は 3 μm であった。水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミストは切削油剤、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストと同様に良好な表面粗さ (Rz) となった。

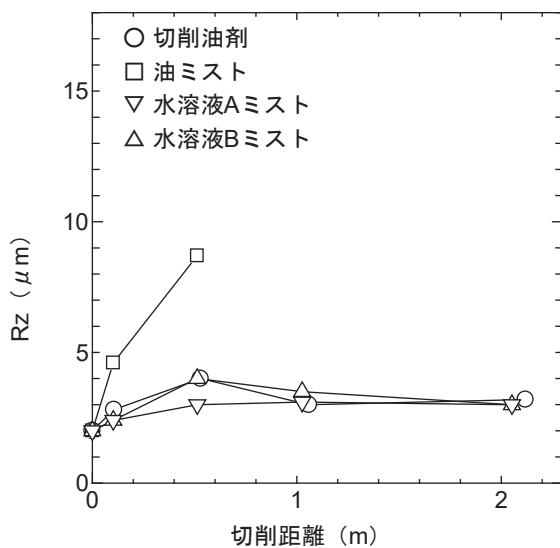


図4 切削距離と表面粗さ (Rz) との関係

3.3 切削速度 60 m/min、切削速度 100 m/min における界面活性剤水溶液ミストを用いた時のチタン合金 (Ti-6Al-4V) における切削加工実験

図5は、水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミストを用いた時のエンドミル工具における工具刃先の逃げ面摩耗幅と切削距離との関係を示す。図中の▼印は切削速度 60 m/min の結果、▽印は切削速度 100 m/min の結果である。比較のために、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの結果も示す。水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの結果において、▲印は切削速度 60 m/min の結果、△印は切削速度 100 m/min の結果である。

切削距離 2 m における水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミストの逃げ面摩耗幅は、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの逃げ面摩耗幅に比べて、工具摩耗幅が小さい結果となった。

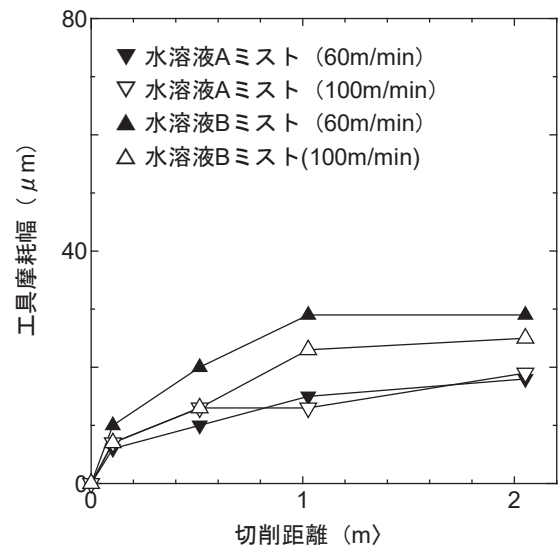


図5 切削距離と摩耗幅との関係

図6は、水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミストを用いた時のエンドミル工具における表面粗さ (Rz) と切削距離との関係を示す。図中の▼印は切削速度 60 m/min の結果、▽印は切削速度 100 m/min の結果である。比較のために、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの結果も示す。水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの結果において、▲印は切削速度 60 m/min の結果、△印は切削速度 100 m/min の結果である。

なお、表面粗さ (Rz) は、前述の結果と同様に Y 方向 (工具の軸方向) の表面粗さ (Rz) の値を示す。切削距離 2 m において、水溶液 A (界面活性剤水溶液) ミスト、水溶液 B (発泡剤水溶液) ミストの結果において、切削速度 60 m/min 及び 100 m/min の表面粗さ (Rz) は 3 μm であった。

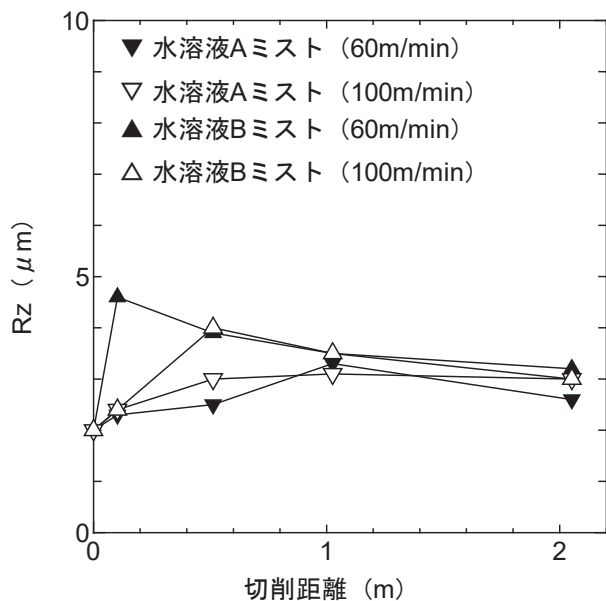


図6 切削距離と表面粗さ (Rz) との関係

4. 結 言

チタン合金 (Ti-6Al-4V) における水溶液 (界面活性剤を添加した水溶液) ミストを用いた時のエンドミル切削加工実験を行い、切削油剤、油ミスト、発泡剤水溶液ミストを用いた時の工具の摩耗状況、加工面 (表面) 粗さについて、比較検討を行った。

その結果は、以下のとおりである。

- (1) 切削速度 60m/min の場合、界面活性剤水溶液ミストは、工具摩耗幅、表面粗さ (最大高さ Rz) が良好な結果が得られた。
- (2) 切削速度 100m/min の場合、界面活性剤水溶液ミストは、工具摩耗幅、表面粗さ (最大高さ Rz) が良好な結果が得られた。
- (3) 界面活性剤水溶液ミストを使用した場合、切削速度 60m/min、切削速度 100m/min の切削加工実験は工具摩耗幅が小さく、表面粗さ (最大高さ Rz) において良好な結果が得られた。

参考文献

- [1] 瀧内直祐, 福田洋平, 三木伸一: 新規冷却法による高精細加工技術の開発, 長崎県工業技術センター研究報告, No.43, pp.32-35(2014).
- [2] 瀧内直祐, 福田洋平, 三木伸一: 新規冷却法による高精細加工技術の開発, 長崎県工業技術センター研究報告, No.44, pp.35-38(2015).