

精密機械加工における環境に優しい冷却システムの開発

工業材料科 科 長 瀧内直祐

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、ステンレス鋼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。そこで、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することを目的として、平成22年度のTiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）を使用したステンレス鋼（SUS304）のエンドミル切削加工実験に引き続き、炭素鋼（S45C）のエンドミル切削加工実験を行った。切削油剤、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。また、被削材の種類（炭素鋼（S45C）、ステンレス鋼（SUS304））の違いによる検討も行った。

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。

瀧内らは、難削材料の切削加工性の向上を目的として、高クロム鋳鉄、Cr-Ni耐熱合金（45%Cr30%Ni合金）、インコネル、チタン合金、ステンレス鋼等における切削加工性について報告^{[1]~[13]}を行った。

平成22年度のTiAlNコーテッド超硬エンドミル工具を使用したステンレス鋼（SUS304）のエンドミル切削加工実験に引き続き、平成23年度は同工具を用いて炭素鋼（S45C）のエンドミル切削加工実験を行い、切削油剤、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。また、被削材の種類（炭素鋼（S45C）、ステンレス鋼（SUS304））の違いによる検討も行った。

2. 実験方法

実験は基本的に前報^[13]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、炭素鋼（S45C）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（φ

8mm、4枚刃、ねじれ角30°、A社製）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100m/min
- ・送り速度0.03mm / 刃
- ・軸方向切り込み量 10mm
- ・半径方向切り込み量 0.5mm
- ・工具突き出し長27mm
- ・切削加工方法（側面切削、ダウンカット）

切削油剤、ミストの方法でエンドミル切削加工実験を行い、ミスト（切削油）はブルーベ切削油（LB-1）、切削油剤は日石三菱ユニソルブルEM-H（20倍希釈）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（X30）（ニコン製（MM-11B））を用いて、所定加工パス毎の切り刃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は、加工面の両端より20mm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。

なお、エンドミル工具の刃先における逃げ面摩耗幅が100 μ m以上、または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. 結果と考察

3.1 切削油剤、ミストを用いた時の工具刃先の逃げ面摩耗幅、表面粗さとの関係

図1は、切削油剤、ミストを用いた時の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○印はミスト、△印は切削油剤を用いた時の結果である。切削油剤、ミストを使用した場合のいずれも、切削距

離2mにおいて、逃げ面摩耗幅が約80 μm であった。

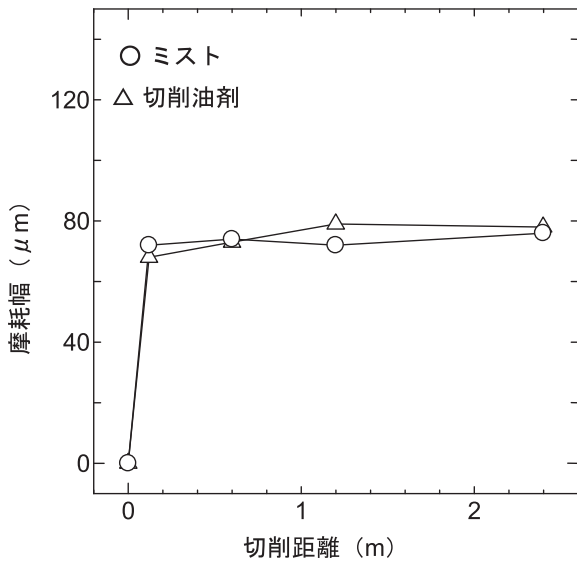
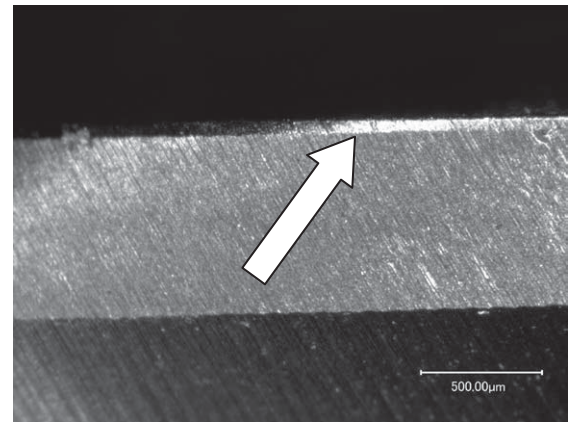


図1 摩耗幅と切削距離との関係

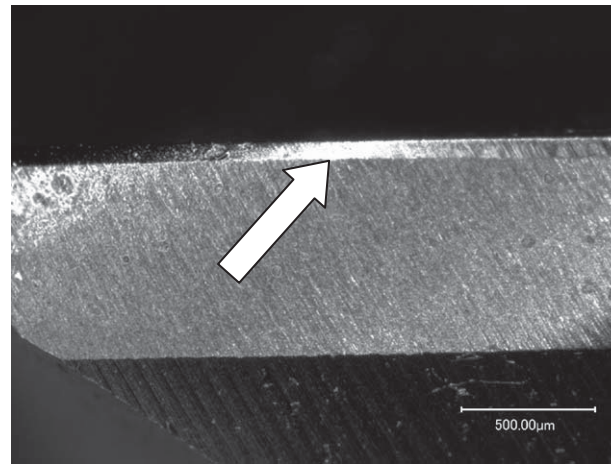
図2は、切削距離2mにおけるエンドミル工具の刃先の摩耗を示す。切削油剤、ミストのいずれにおいても、工具刃先の剥離、チッピングが観察されなかった。

図3は、切削油剤、ミストを用いた時の表面粗さ(R_y)と切削距離との関係を示す。図中の表面粗さ(R_y)の値はY方向(工具の軸方向)の表面粗さ(R_y)の値を示し、○印はミスト、△印は切削油剤の結果である。

前報^[13]と同様に、Y方向(工具の軸方向)の表面粗さ(R_y)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(R_y)に比べて、高い値を示した。表面粗さ(R_y)は、ミストを使用した場合、約1 μm であり、切削油剤を使用した場合、表面粗さ(R_y)は約2 μm であった。



(a) 切削油剤



(b) ミスト

図2 切削油剤、ミストにおけるエンドミル工具刃先の摩耗

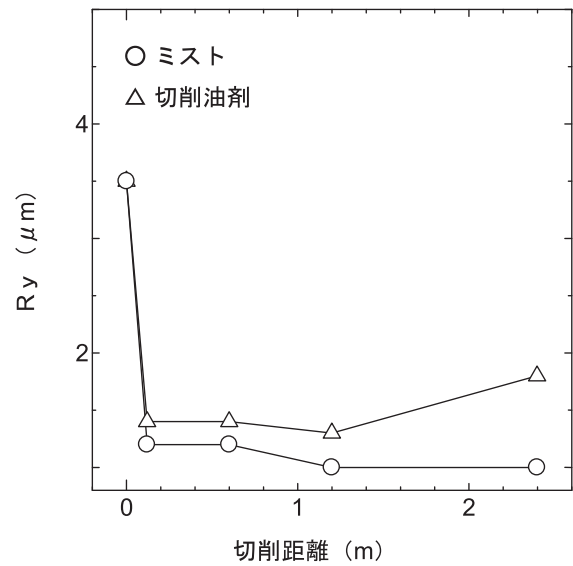


図3 表面粗さ (R_y) と切削距離との関係

3.2 切削油剤を用いた時の炭素鋼、ステンレス鋼における工具刃先の逃げ面摩耗幅、表面粗さとの関係

図4は、切削油剤を用いた時の炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304)におけるエンドミル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△印は炭素鋼(S45C)の結果、▲印はステンレス鋼(SUS304)の結果である。切削油剤を使用した場合、切削距離2mにおいて、炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304)の逃げ面摩耗幅は、約80 μ mであった。

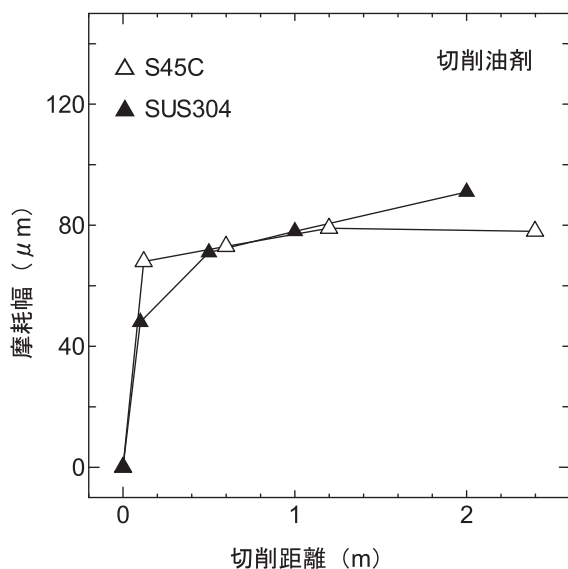


図4 摩耗幅と切削距離との関係

図5は、切削油剤を用いた時の炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304)における表面粗さ(Ry)と切削距離との関係を示す。図中の△印はS45Cの結果、▲印はSUS304の結果である。

なお、表面粗さ(Ry)は、前述の結果と同様に、Y方向(工具の軸方向)の表面粗さ(Ry)の値を示す。切削油剤を使用した場合、切削距離2mにおいて、炭素鋼(S45C)の表面粗さ(Ry)は約2 μ mに対して、ステンレス鋼(SUS304)の表面粗さ(Ry)は約3.5 μ mとなった。炭素鋼(S45C)は、良好な表面粗さの結果となった。

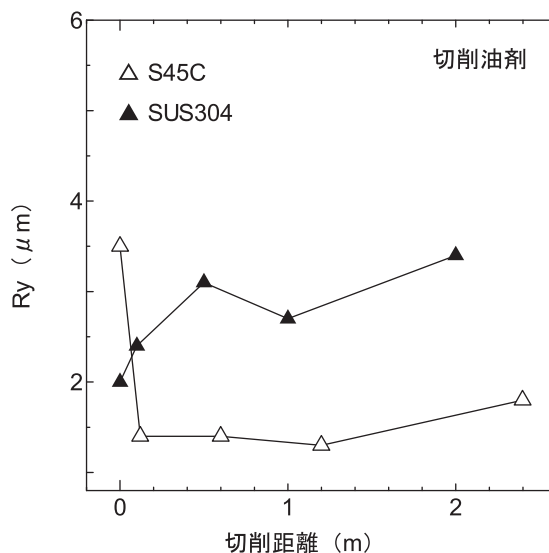


図5 表面粗さ(Ry)と切削距離との関係

3.3 ミストを用いた時の炭素鋼、ステンレス鋼における工具刃先の逃げ面摩耗幅、表面粗さとの関係

図6は、ミストを用いて炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304)を切削加工した時のエンドミル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○印は炭素鋼(S45C)の結果、●印はステンレス鋼(SUS304)の結果である。

ステンレス鋼(SUS304)では切削距離0.5mで工具表面のコーティング膜の剥離が発生し、工具摩耗が著しく大きい結果となったが、炭素鋼(S45C)は工具表面の剥離等が発生しなかった。

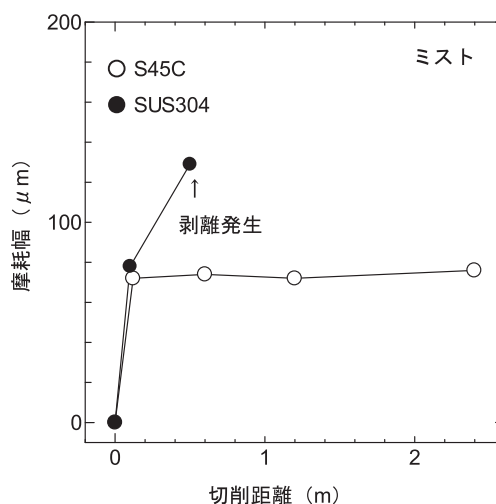


図6 摩耗幅と切削距離との関係

図7は、ミストを用いた時の炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304)における表面粗さ(Ry)と切削距離との関係を示す。図中の○印は炭素鋼(S45C)の結果、●印はステンレス鋼(SUS304)の結果である。

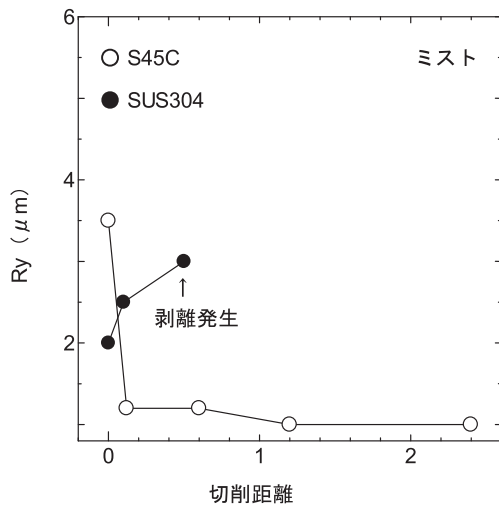


図7 表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

なお、表面粗さ(Ry)は、前述の結果と同様に、Y方向(工具の軸方向)の表面粗さ(Ry)の値を示す。

ミストを使用した場合、切削距離2mにおいて、ステンレス鋼(SUS304)の表面粗さ(Ry)は約3μm(切削距離0.5m)に対して、炭素鋼(S45C)の表面粗さ(Ry)は約1μmであり、良好な表面粗さの結果が得られた。

4. 結言

TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具(A社製)の炭素鋼(S45C)のエンドミル切削加工実験を行い、切削油剤、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。また、被削材の種類(炭素鋼(S45C)、ステンレス鋼(SUS304))の違いによる検討も行った。その結果は、以下のとおりである。

(1)炭素鋼(S45C)において、切削油剤とミストを比較した結果、工具刃先の逃げ面摩耗幅は、約80μmであり、同程度であった。ミストを使用した場合、切削油剤に比べて表面粗さ(Ry)がやや良好な結果が得られた。

(2)切削油剤を使用した場合、炭素鋼(S45C)の結果はステンレス鋼(SUS304)の結果に比べて、表面粗さ(Ry)がやや良好な結果が得られた。ミストを使用した場合、炭素鋼(S45C)の結果はステンレス鋼(SUS304)の結果に比べて、工具摩耗、表面粗さ(Ry)がやや良好な結果が得られた。ステンレス鋼(SUS304)において、ミストを使用した場合に工具表面のコーティング膜が剥離した。

参考文献

- [1] 瀧内直祐：長崎県工業技術センター研究報告23(1995)134
- [2] 瀧内直祐：長崎県工業技術センター研究報告24(1996)108
- [3] 松永一隆、瀧内直祐：長崎県工業技術センター研究報告27(1999)30
- [4] 瀧内直祐、松永一隆：長崎県工業技術センター研究報告30(2001)51
- [5] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告31(2002)54
- [6] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告32(2003)53
- [7] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告34(2004)51
- [8] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告35(2005)43
- [9] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告36(2006)41
- [10] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告37(2007)38
- [11] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告38(2008)28
- [12] 瀧内直祐、太田泰平：長崎県工業技術センター研究報告39(2009)37
- [13] 瀧内直祐：長崎県工業技術センター研究報告40(2010)37