

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た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、ステンレス鋼の切削加工の問題点として、工具刃先への凝着、ステンレス鋼の表面における加工硬化等が生じやすく、工具刃先の欠損、加工面の粗さ等の問題がある。そこで、環境問題等を考慮した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、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（A社製）とステンレス鋼の切削油剤およびミストを用いたステンレス鋼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。さらに、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（B社製）と上記のTiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（A社製）の切削油剤およびミストの違いについて比較検討を行った。その結果について報告する。

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た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、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]~[12]}を行った。

TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（A社製）とステンレス鋼の切削油剤およびミストを用いたステンレス鋼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。さらに、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（B社製）と上記のTiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（A社製）の切削油剤およびミストの違いについて比較検討を行った。その結果について報告する。

2. 実験方法

実験装置は、前報^[12]と同様に汎用フライス盤（牧

野フライス製 KVJP55）を用いた。被削材は、ステンレス鋼(SUS304)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）、TiAlN コーテッド超硬エンドミル工具（φ 8mm、4枚刃、ねじれ角 43°、B社製）を使用した。ステンレス鋼の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、前報^[12]と同様に、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、前報^[12]と同様に、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、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 μm 以上、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 (Ry) と切削距離との関係

図1は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具(A社製)の切削油剤、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、△印は切削油剤の結果である。ミストを使用した場合、切削距離 0.5mでチッピング(工具刃先の微少な欠け)が発生した。切削油剤を使用した場合、切削距離2mにおいて、逃げ面摩耗幅が、約90 μm であった。

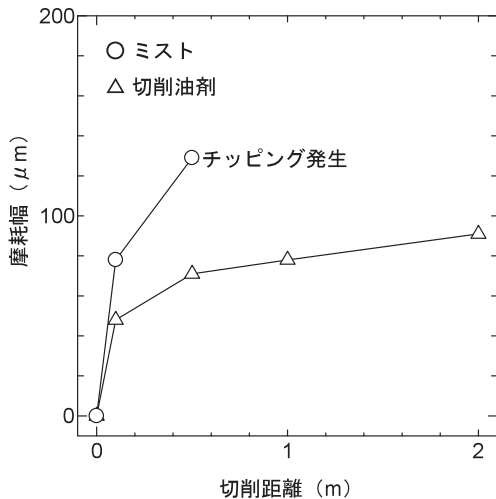


図1 摩耗幅と切削距離との関係

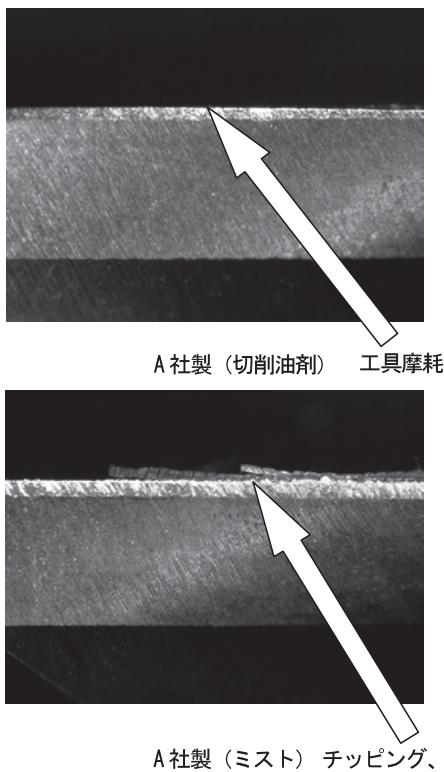


図2 TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具 (A社製)の切削油剤、ミストにおける工具刃先の摩耗

図2は、切削距離 2m、切削速度 100m/minにおいて、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具 (A社製)の切削油剤、ミストを用いた時の工具刃先の摩耗を示す。図より、ミストによる結果は、切削油剤の結果に比べて、工具摩耗が激しく、チッピング、剥離が生じた結果となった。

3.2 切削油剤、ミストを用いた時の表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

図3は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具 (A社製)の切削油剤、ミストを用いた時の表面粗さ (Ry) と切削距離との関係を示す。図中の○印はミスト、△印は切削油剤の結果である。

前報^[12]と同様に、表面粗さ (Ry) の値において、前述のY方向 (工具の軸方向) の表面粗さ (Ry) 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 (Ry) に比べて、約2 μm 程度の高い値となった。図中の表面粗さ (Ry) の値は、Y方向 (工具の軸方向) の表面粗さ (Ry) の値を示す。図より、表面粗さ (Ry) は、ミストを使用した場合、切削距離が0.5mまでは、約3 μm 程度であった。切削油剤を使用した場合、表面粗さ (Ry) は、約3.5 μm 程度であった。

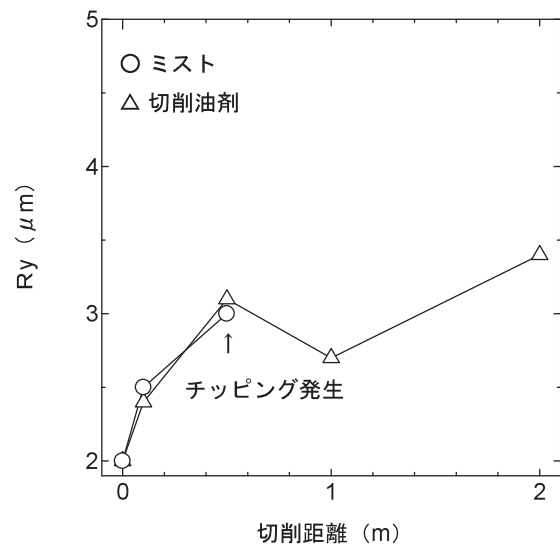


図3 表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

3. 3 切削油剤を用いた時の工具刃先の逃げ面摩耗幅、表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

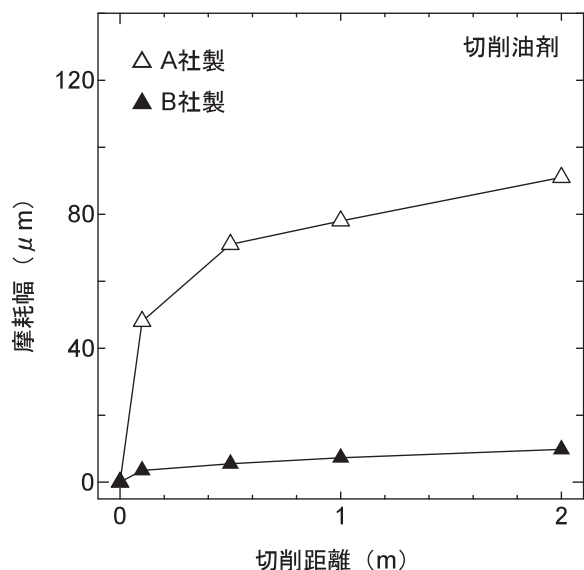


図4 摩耗幅と切削距離との関係

図4は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製及びB社製）の切削油剤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A社製、▲印はB社製の結果である。切削油剤を使用した場合、切削距離2mにおいて、B社製の逃げ面摩耗幅が約10 μ mに対して、A社製の逃げ面摩耗幅は約90 μ mとなり、工具摩耗が激しい結果となった。

図5は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製及びB社製）の切削油剤を用いた時の表面粗さ (Ry) と切削距離との関係を示す。図中の△印はA社製、▲印はB社製の結果である。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、B社製の表面粗さ (Ry) は約10 μ mに対して、A社製の表面粗さ (Ry) は約3 μ mとなり、良好な表面粗さの結果となった。

3. 4 ミストを用いた時の工具刃先の逃げ面摩耗幅、表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

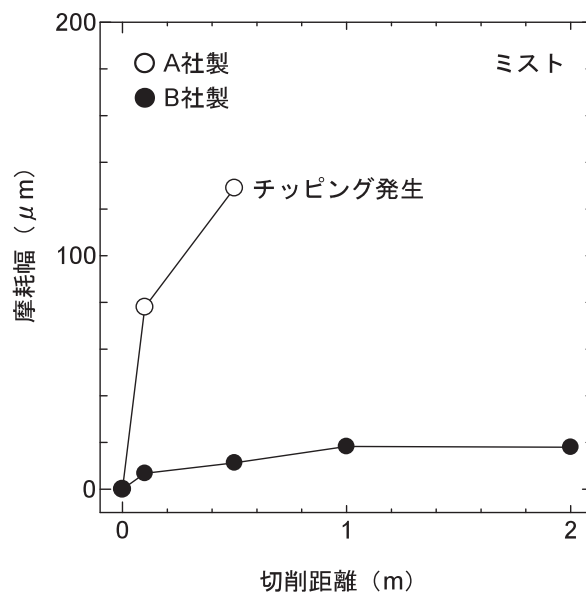


図6 摩耗幅と切削距離との関係

図6は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製及びB社製）の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A社製、●印はB社製の結果である。図より、ミストを使用した場合、切削距離2mにおいて、B社製の逃げ面摩耗幅が約20 μ mに対して、A社製の逃げ面摩耗幅は切削距離が0.5mでチッピング等が発生し、工具摩耗が著しく大きい結果となった。

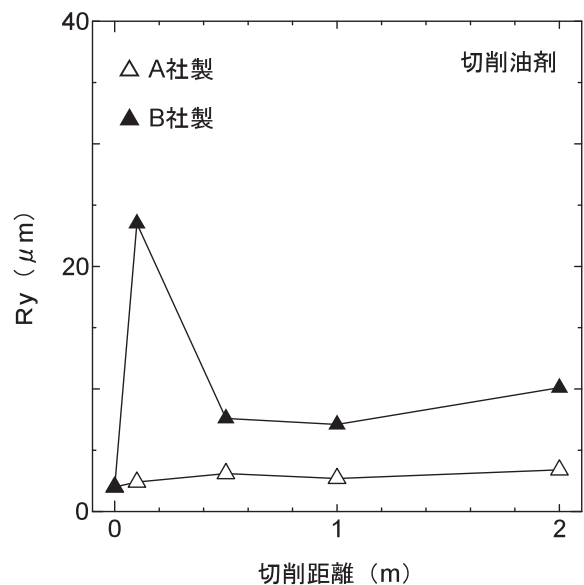


図5 表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

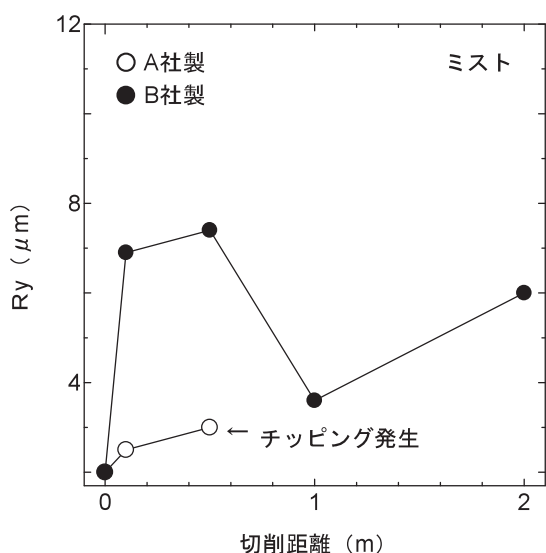


図7 表面粗さ (Ry) と切削距離との関係

図7は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製及びB社製）のミストを用いた時の表面粗さ（Ry）と切削距離との関係を示す。図中の○印はA社製、●印はB社製の結果である。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。ミストを使用した場合、切削距離2mにおいて、B社製の表面粗さ（Ry）は約6μmであった。切削距離0.5mの場合、A社製の表面粗さ（Ry）は約3μmに対して、B社製の表面粗さ（Ry）は約7μmとなった。

4. 結言

TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）とステンレス鋼の切削油剤およびミストを用いたステンレス鋼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。さらに、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（B社製）と上記のTiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）の切削油剤およびミストの違い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) TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）において、切削油剤とミストを比較した場合、切削油剤を使用した場合、良好な結果が得られた。
- (2) 切削油剤を使用した場合、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）の工具は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（B社製）に比べて工具摩耗が大きいが、表面粗さ（Ry）は、TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（B社製）に比べてやや良好で、約3μ

mであった。TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（A社製）の工具において、ミストを使用すれば、切削距離0.5mで著しいチップング、剥離が生じ、ミストを使用したTiAlNコーテッド超硬エンドミル工具（B社製）の工具摩耗に比べて、工具摩耗が激しい結果となった。

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