

〔旋削加工と周辺機器〕

セミドライ用旋削ホルダ(EB-TOOL)の潤滑効果と切りくず排出特性

フジBC技研(株) 伊藤 学 (Manabu Ito)

セミドライ技術開発 〒467-0851 愛知県名古屋市長徳区塩入町3-1 TEL 052-819-5411

1. セミドライ化の背景と旋削における課題

(1) 約50%の切りくず問題を抱える旋削

近年の自動車部品などでは、冷間鍛造後のニアネットシェイプ加工化が進み、仕上げ加工だけで製品とすることが多くなっている¹⁾。加えて、廃液処理の高騰・環境面からクーラント液の削減の動きがあり、「環境にやさしく、生産コストを低減しつつ高付加価値の製品」が求められている。しかし、仕上げ加工は、取り代が少なく、切りくずを折ることが困難な場合が多い。事実、「切りくず処理に問題のある加工は何か」という調査²⁾では、旋削が約50%を占めており、旋削の切りくず処理が多くのユーザーを悩ませている。

(2) 「切りくずを折る」から「切りくずを飛ばす」へ

切りくずを折れやすくする施策として、超高压クーラントの活用があげられる^{3),4)}。しかし、超高压クーラントは、既存設備への投資額は大きく、高压仕様の配管、高い電気容量、油温の上昇、高压で飛ばされた切りくずなどが治具回りなどを傷つけるといった欠点がある。一方、当社が提案するセミドライ加工(図1)は、極少量の切削油剤を圧縮空気に混ぜ加工点に供給する加工法であ

る。既存の供給エア圧およびクーラント配管で実現可能で投資額を抑えることができる。

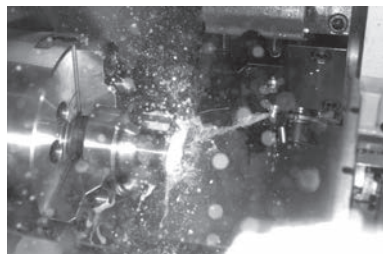
また、高硬度材の旋削加工では、切りくずが延びてワークなどに絡み、切りくずの分断が難しい。こういった背景から、当社では、「仕上げ加工に特化したセミドライ」と「切りくずを一定方向に飛ばし、排出する。」という相乗効果による新たな切りくず処理方法を提案する。

2. セミドライ用旋削ホルダ(EB-TOOL)の効果

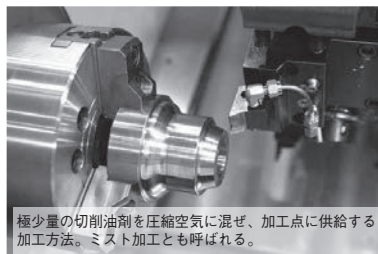
(1) セミドライによる潤滑効果

セミドライは、「工具寿命の延長、面粗度の向上、生産効率の向上(工具交換回数が減るため)、洗浄工程の低減(数mL/hの吐出量のため、油がほとんどワークに付着しない)、切りくず処理の向上」という1次性能だけでないシステム全体の改善が可能である。

加工事例を表1に示す。このような高品位加工をセミドライが実現できるのは、水溶性クーラントに対して、高い潤滑性とスラッジのない油剤の供給、切りくず排出性に優れるためである。特にEB-TOOLを用いた場合、すくい面からは潤滑性の効果、逃げ面からは面粗さの安定性だけで



(a) クーラント加工



(b) MQLセミドライ加工

図1 クーラント加工とMQLセミドライ加工の比較

表1 セミドライ（旋削）の加工事例

被削材	加工内容	塗布方法	油量	目安切削条件	効果
S-45 C	外径仕上げ	EB-TOOL	3~15 mL/h	・回転速度 V_c : 275 m/min ・送り f : 0.2~0.3 mm/rev ・切込み量 a_p : ~1.5 mm	・工具寿命の延長 ・切りくず排出性の向上 ・洗浄工程の低減
	内径仕上げ			・回転速度 V_c : 170 m/min ・送り f : 0.1~0.2 mm/rev ・切込み量 a_p : ~1.0 mm	
SUJ-2 (焼入れ後)	外径仕上げ			・回転速度 V_c : 150 m/min ・送り f : 0.1~0.3 mm/rev ・切込み量 a_p : ~0.2 mm	
	内径仕上げ			・回転速度 V_c : 150 m/min ・送り f : 0.2 mm/rev ・切込み量 a_p : ~0.2 mm	・クーラントレス ・洗浄工程の低減
A 2017	外径荒			・回転速度 V_c : 800 m/min ・送り f : 0.35 mm/rev ・切込み量 a_p : ~2.0 mm	

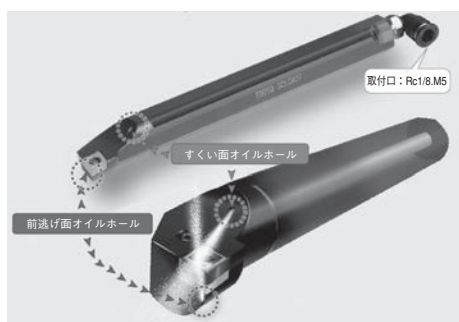


図2 オイルホール付きホルダ(EB-TOOL)の外観

なく、切りくず排出を大幅に向上させることが可能である（図2）。

また、EB-TOOL は、常に最適化された吐出口・径からミストを供給することが可能である。一方、クーラントで使用していたインサートノズル類の吐出口はクーラント用に設計されており、ミスト塗布の吐出口径には適さない場合が多い。また、銅パイプなどでセミドライ用に吐出口を設計した場合よりも、EB-TOOL の方が工具寿命を延長できる事例も多い。以上のことから、旋削のセミドライ化の際には、EB-TOOL も検討いただきたい。

(2) EB-TOOL の切りくず排出が優れる理由

EB-TOOL を用いた内径旋削加工（炭素鋼 S 45

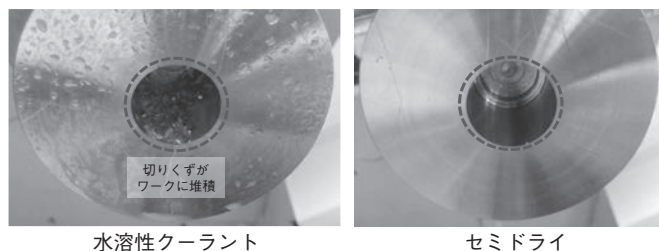


図3 ワーク内に堆積した切りくずの比較（S 45 C 内径旋削）

C) の切りくず排出事例を示す。水溶性クーラントとセミドライの加工後の被削材（図3）、ハイスピードカメラを用いたセミドライの切りくず排出の様子（図4）を示す。図3より、クーラントは被削材内側に切りくずが残るが、セミドライはすべて排出される。これは、空気と水では流体の圧縮性と付着性が異なるためである。セミドライは圧縮空気が大気中に開放される際、体積が急激に膨張し、ワーク内全体を押し出すエアが供給される。

またすくい面、逃げ面からのエアにより、切りくずの排出方向は一定に保たれる（図4）。一方、水溶性クーラントは、非圧縮流体のため圧縮空気のような体積膨張はなく、切りくずを押し出すほどの流量もない。また、水は付着性が高いため切りくずがワークに付着しやすいが、セミドライは切りくずが乾いた状態のため付着性が低く、切りくずは排出される。



図4 内径旋削加工におけるEB-TOOLの切りくず排出の様子（YouTube「セミドライ加工でコスト削減！」参照）

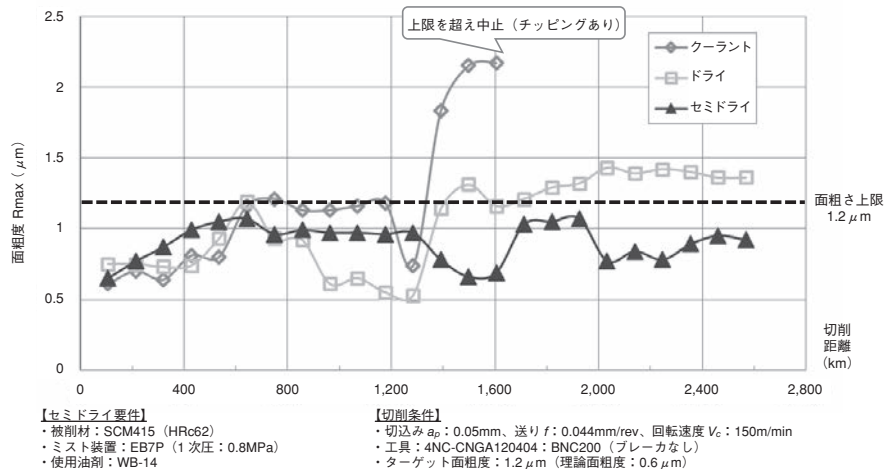


図5 端面旋削加工 (SCM 415) の面粗度 (Rmax) 比較図

3. ハードターニング (高硬度材) のセミドライ化

(1) なぜハードターニングにセミドライか

トランスミッションのギア、CVT、CVJ 関連、シャフトなどに代表される特殊鋼部品は、表面硬化熱処理の後に仕上げ加工が行われる。従来、仕上げ加工に研削加工が多く用いられてきたが、コスト低減を目的に研削を旋削加工に置き換える「ハードターニング」が注目されている。ハードターニングは条件下によっては、表層に 1,000 MPa 程度の高い圧縮残留応力を付与することができ、疲労強度を向上させる可能性がある⁵⁾。

また、ハードターニング後の表層には加工変質層が形成され、表層組織の活用による部品特性向上の可能性も期待されている⁶⁾。安定切削には、被削材硬度の 3 倍以上の工具材が必要といわれており、焼入れ鋼の硬度は 700 Hv 以上である。対する超硬工具は 1,500~2,000 Hv、cBN は 3,000 Hv 程度となり、超硬工具ではハードターニング加工は困難である。cBN を用いた加工では、連続切削は水溶性クーラント、断続切削はドライが通例であった。これは、cBN は高い切削温度に耐えられるのに対し、断続切削においてクーラントを使用すると熱亀裂が発生するためである。また、cBN は 900℃ 以上で水と反応すると加水分解を発生させ⁷⁾、cBN 粒子構造が壊れるため水との相性にも制約がある。cBN 工具を使用する領域は、逃げ面摩耗 V_B 値によらず、面粗度を安定に保てない場合に工具交換が必要となり、高コス

トの一因となっている。これは、cBN 粒径が面粗度に転写されることと cBN の摩耗特性による⁸⁾。cBN は粒子が摩耗する前にバインダ (主にセラミック) が摩耗し、cBN 粒子が脱落することにより全体の摩耗が進行し面粗度も保てなくなる。不水による潤滑効果を持つセミドライは cBN の摩耗特性を補填する優位性が期待できる。また、ハードターニングは切込み量が少なく、切りくずが分断しにくい、切りくず排出が難しいという課題もある。以上のことから当社は、EB-TOOL が持つ「油性ミストによる潤滑性」と「切りくず排出性」によるハードターニングのセミドライ化を提案する。

(2) ハードターニングのセミドライ加工事例 1 面粗度の安定化

連続切削 (端面加工/SCM 415/HRc 62) 時のハードターニングのセミドライ加工事例を図 5 に示す。水溶性クーラントは加工途中でチッピングが発生し、所望の面粗度を保てずテストを中断した。ドライでも加工途中より面粗度を保てなくなったが、セミドライは、安定した面粗度を実現できている。これは、ドライでは切りくずが分断できずに絡みワークや工具を傷つけたことと、セミドライでは切りくずが排出され、油剤による潤滑効果により工具寿命が延長したためと考えられる。

(3) ハードターニングのセミドライ加工事例 2 切りくず排出

外径旋削時 (SUJ 2/HRc 58) のハードターニングのセミドライ加工事例を図 6 に示す。ドラ

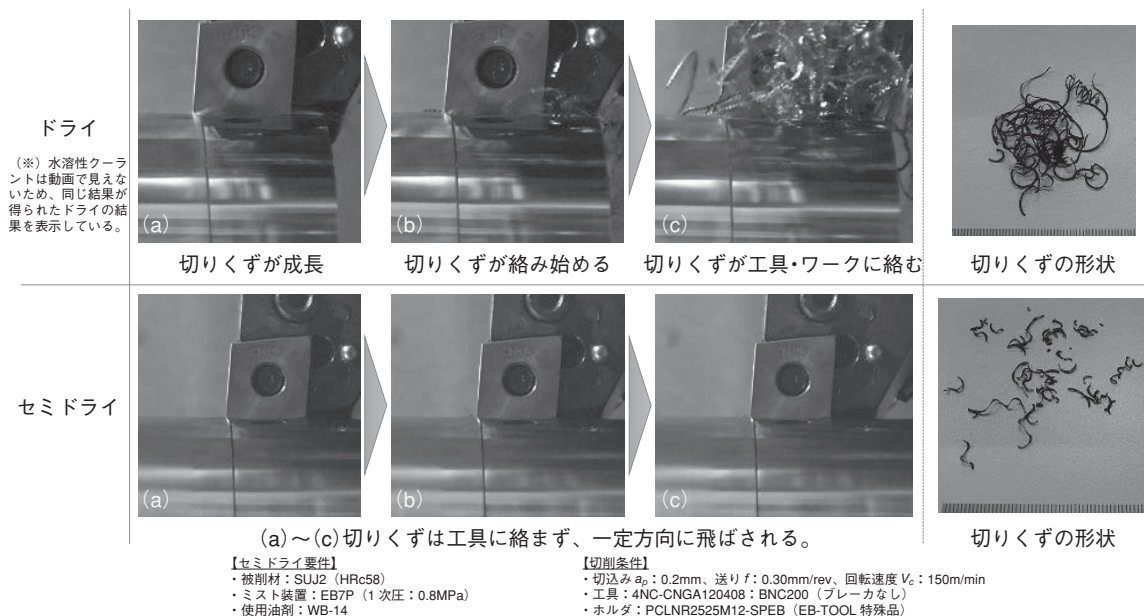


図6 切りくずが絡む様子 (SUJ2 外径旋削)

イ（および水溶性クーラント）では切りくずが成長し続けるが、セミドライは、切りくずがある程度成長した段階で分断される。これは、切りくずがある程度の厚さを有すること、水溶性クーラントに比べセミドライの切りくず温度が上昇し折れやすくなったこと、エアにより一定方向に飛ばされた切りくずが分断される方向に張力が加わった、などの理由が考えられる。また誌面の関係上、図は割愛するが内径旋削加工においても、図3同様にセミドライでは切りくずが被削材に堆積することはなかった。EB-TOOL が切りくず形状の制御と排出性を向上させ、ハードターニングにセミドライが有用であることを示している。

4. 結論

セミドライ EB-TOOL の「高い潤滑性による面粗度の安定化」と「切りくず排出性」が示された。特に高硬度材の加工においては、切りくずをミストエアで一定方向に飛ばすことで、新しい切りくず処理方法を提示した。

5. 今後の課題

セミドライの課題はデファクトスタンダードとなる加工を見つけることである。冷却性に欠けるセミドライが連続加工の旋削に対しても優位性を提示できたのは、工具摩耗という1次性能だけでなく、切りくず排出という新しい付加価値を提示

できたからである。本稿の cBN を用いた加工もさらなる研究が必要で、cBN のバインダ・cBN 粒径・バインダレス cBN など工具種とセミドライの因果関係、EB-TOOL の設計や最適油種を精査する必要がある。

参考文献

- 1) 小坂田宏造「鍛造における精度とニアネットシェイプ化」精密工学会誌 Vol. 58, No. 6 (1992), pp. 943-947.
- 2) 小坂弘道『切削加工の基本知識』（2013）p. 84, 日刊工業新聞社.
- 3) 大森茂敏他「高圧クーラントが旋削加工の切りくず処理に及ぼす影響」明石工業高等専門学校研究紀要 No. 55 (2013)
- 4) 帯川利之他「高圧クーラントを用いた高速切削の動向と最新のトピックス」生産研究 Vol. 67, No. 6 (2015), pp. 607-612
- 5) Y. Matsumoto 他「Surface Integrity Generated by Precision Hard Turning」CIRP Annals, 48 (1999), pp. 59-62
- 6) 梅本実他「鉄鋼材料の表層超強加工による組織と特性変化」鉄と鋼 Vol. 94 No. 12 (2008)
- 7) 横河宗彦, 横川和彦「2 液供給法の開発による BORA-ZON CBN ホイールの研削性能の向上」精密工学会誌 Vol. 53, No 3 (1987), p 467.
- 8) 清晴彦「cBN 複合焼結体の微細化の現状と将来」高圧力の科学と技術 Vol. 13, No. 1 (2003)