セミドライ用旋削ホルダ（EB-TOOL®）が実現する切りくず排出の革新
――セミドライ用旋削ホルダの効果――

伊藤　学*

1. はじめに

本稿では、旋削加工における切りくず処理の問題、および被削材の変化に伴う切削要件の多用化に着目し、MQLセミドライ用旋削ホルダ（EB-TOOL）がもたらす切りくず排出性に焦点を当てた。炭素鋼（S-45C）および高硬度材（SUJ2）の旋削加工を例に、EB-TOOLの優位性について述べる。また、今後のセミドライ加工[注1)]における展望を述べる。

2. なぜ旋削加工の切りくずか

2.1　旋削の切りくず

「切りくず処理に問題のある加工は何か」という調査データによると、旋削が約50%であり、次いでドリル加工が約25%である（**図1**）[1]。旋削における切りくず処理に問題を抱えるユーザが極めて多いことが分かる。

2.2　切りくずの形を支配する要因[2]

そもそも切りくず処理とは、「切りくずを折ること」、「排出すること」をコントロールする一連の動作であるが、処理という一言に凝縮されている。

「切りくずを折る」ことは、次の3要因「厚さ」、「脆さ（材料）」、「形」で決定される。切りくずの「厚さ」は、切り取り厚さ（送り）に依存する。送りの変更は仕上げ面粗さ・切削能率に影響を与えるため、ある程度の制約はあるが、切り込みはノーズRの2/3、送りはノーズRの1/2以上が一般的とされている[3]。また、切りくずの「脆さ」は被削材の性質そのものであり、製品材料（「脆さ」）の変更は容易ではない。

切りくずの「形」は適当な障害物（ブレーカなど）によって変えることが可能である。切りくずの形は、厚さ方向の回転（上向きカール）、幅方向の回転（横向きカール）、流出方向（流出角）によって決まる。しかし、切りくずの形は、次のような要因によっても変化する。(1)切りくずに加わる外力の変化、(2)工具への潤滑状態の変化、(3)工具損傷に伴う刃先形状の変化、(4)被削材の不均質や切削部形状の不均一、(5)工具および工作物の振動など。以上から、多彩に変化する切りくずの「形」を制御することが重要であることが分かる。

2.3　材料変化に伴う切りくず問題の多様化

近年の自動車部品では、プレス後のニアネットシェイプ加工化（最終形状直前の部品を加工すること）が進み、仕上げ加工だけで製品とすることも多くなってきている[4]。そのような仕上げ加工は、取り代が少なく、切りくずの幅が狭く・厚さが薄くなるため、切りくずを折ることが困難な場合がある。また、航空業界などでは難削材の加工も増え、材料変化に伴う切りくず処理の問題も多様化している。

切りくずを折れやすくする施策として、クーラントなどの切削油剤の供給が挙げられる。特

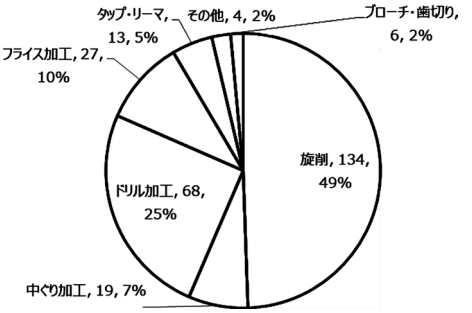


図1　切りくず処理問題のある加工方法の調査（総数：271件）

*ITO, Manabu／フジBC技研㈱　セミドライチーム

注1）極少量の切削油剤を圧縮空気に混ぜ、加工点に的確に供給する加工方法。

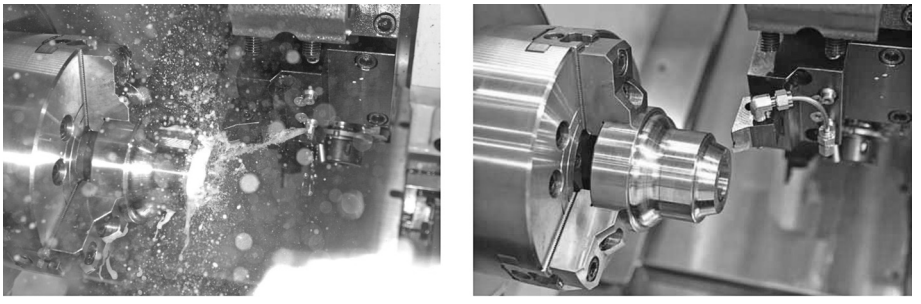
に最近では、超高圧クーラント（HPC）による切りくずの分断が効果を発揮している[5] [6]。しかし、超高圧クーラントは、既存設備への投資額は大きく、高圧仕様の配管、高い電気容量、場合によっては油温の上昇を招いたり、高圧で飛ばされた切りくず等が治具回り等を傷つけたり、といった欠点もある。

一方、当社が提案するセミドライ加工（**図 2**）は、既存クーラント配管を利用することで実現できる。そのため、投資額は超高圧クーラントに比べると低い。切りくずの分断という点では、セミドライ加工は超高圧クーラントに劣るが、被削材が多用化している現在、適材適所に合わせた加工方法が求められる。超高圧クーラントが求められる領域、通常圧のクーラント領域、セミドライが必要な領域それぞれがあると、筆者は考える。特に、高硬度材の旋削加工では、切りくずが伸びてワーク等に絡み、切りくずの分断が難しい。

当社では、セミドライ加工のエアの力を有効活用し、「切りくずを折り、排出。」という概念から、「切りくずを一定方向に飛ばし、排出」という概念を「切りくず処理」に加える必要があると考える。それを証明すべく、本稿では「切りくず排出」という点に着目し、セミドライEB-TOOLの有用性を示す。

3. セミドライ用旋削ホルダ（EB-TOOL®）について

EB-TOOLは、セミドライ専用ホルダであり、ホルダのすくい面および逃げ面にオイルホール（油穴）を有する（**図 3**）。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なく、切りくず排出性も向上させる（**図 4**）。また、常に最適な位置からミスト塗布を行うことができる。当社では、外径ISO、ボーリングバー、溝入れなど約200種のEB-TOOLを常時在庫している。また、EB-TOOL特殊設計や他社製のホルダに追加工を施したEB-TOOLも提供している。



(a) クーラント加工　　(b) MQLセミドライ加工

図 2　セミドライの比較

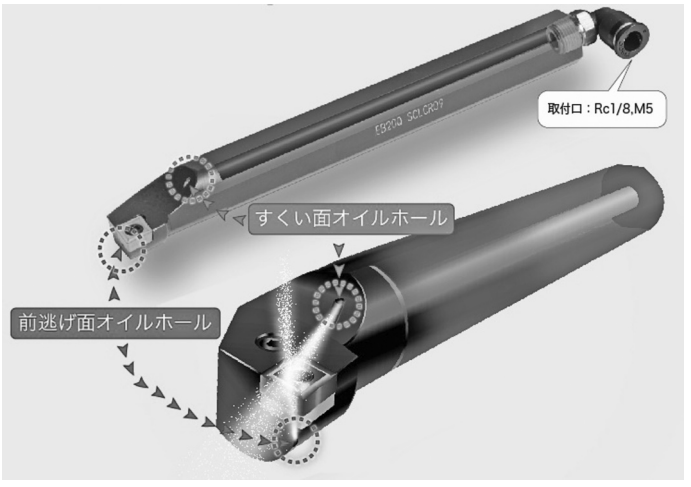


図 3　オイルホール付きホルダ（EB-TOOL®）の外観図

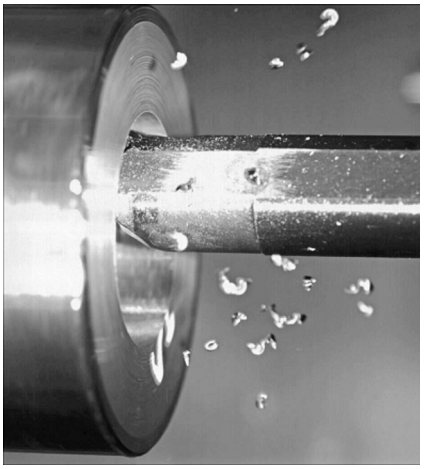


図 4　内径旋削加工におけるEB-TOOLの切りくず排出の様子（YouTube「セミドライ加工でコスト削減！」参照）

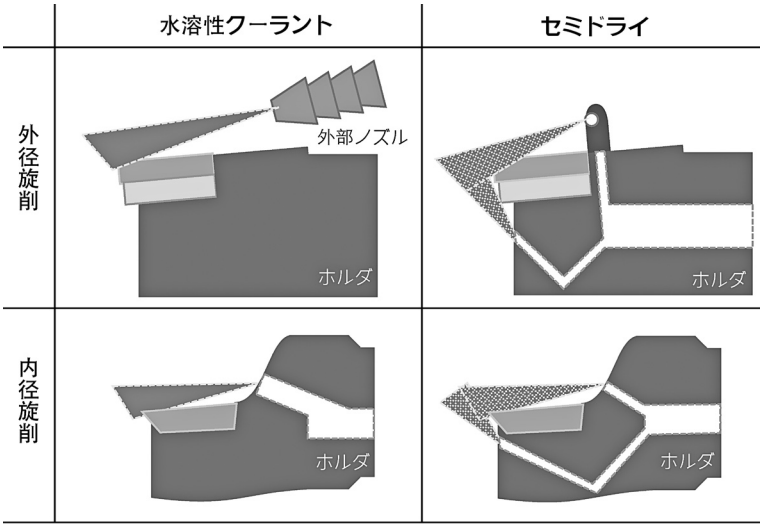


図 5　油剤の塗布方法の比較

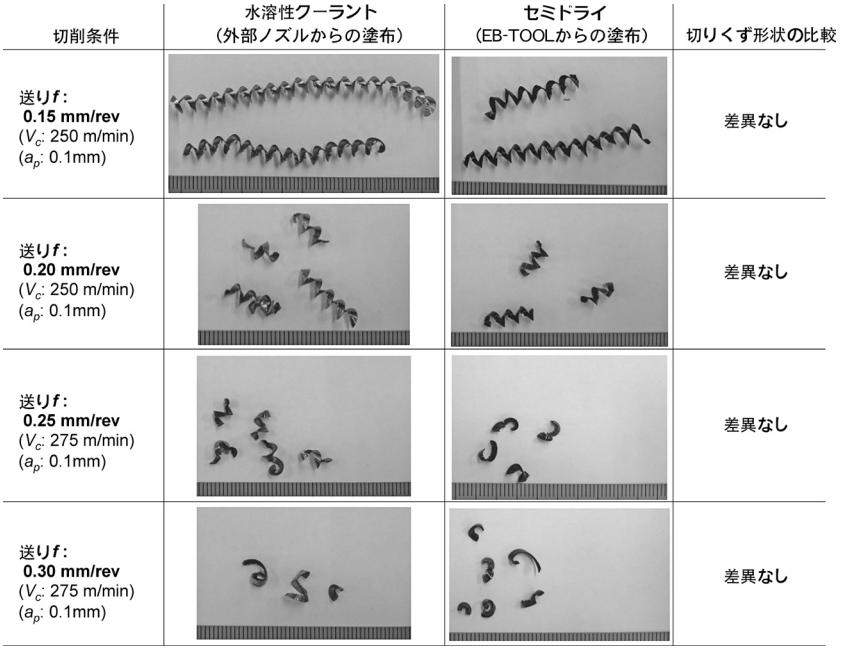


図 6　切りくず形状の比較（S45C外径旋削）
［インサート：CNMG120408N-LU AC810P（ブレーカ有）／ホルダ：PCLNR2525M12-EB］

4. 炭素鋼（S45C）の切りくず形状・排出について

4.1　テスト要件

炭素鋼（S45C）の旋削加工にて、セミドライとクーラントでの切りくず処理の評価を行った。［評価基準：(1)切りくずの形の差異、(2)切りくずの排出性］。なお、セミドライでは、ミスト供給装置：EB7Pタイプ（１次圧：0.8MPa)、油剤：WB-14を用いた。テスト結果を**図 6 〜図 8** に示す。

4.2　テスト結果の考察

図６および図７より、内径および外径旋削では、油剤供給方法による(1)切りくずの形の差異は見られなかった。これは、ブレーカによる切りくず分断が正常に働いたと考えられる。一方、図８より、(2)切りくずの排出性に関して、クー

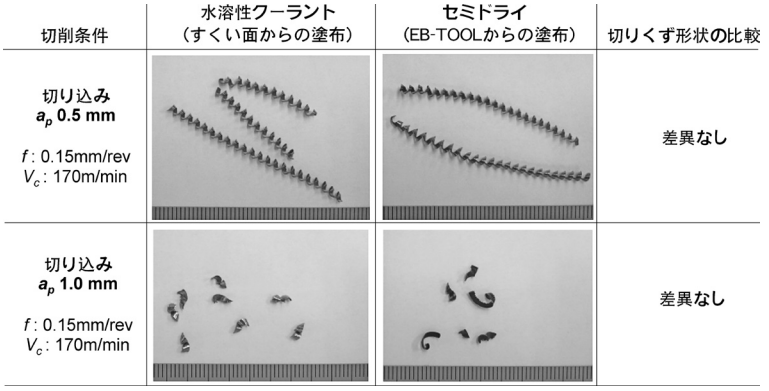


図7　切りくず形状の比較（S45C内径旋削）
［インサート：TPMT110308N-LB AC820P（ブレーカ有）／ホルダ：EB16M STUPR11］

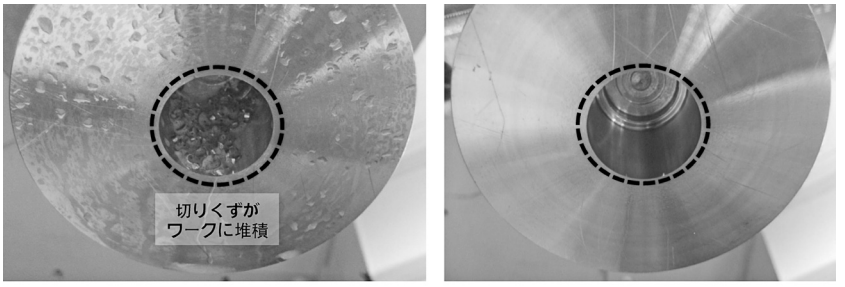


図8　ワーク内に堆積した切りくずの比較（S45C内径旋削）

ラントは被削材内側に切りくずが残ったが、セミドライではすべて排出された。これは、いくつか原因が挙げられるが、空気と水では流体の圧縮性と付着性が異なるためと考えられる。具体的には、セミドライでは、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。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無く、ワーク内径によっては、ワーク内全体を押し出すほどの流量も無い。加えて、水は付着性が高いため切りくずがワークに付着した、といった理由も考えられる。

以上から、炭素鋼（S45C）の内径旋削では、セミドライ用EB-TOOLがクーラントよりも切りくずの排出に優れることが実証された。

5. 高硬度材（SUJ-2）の切りくず形状・排出について

5.1　なぜハードターニングにセミドライか

焼き入れ後の高硬度鋼（HRC50～65）の加工は、ハードターニングとも呼ばれ、研削を旋削に置き換えることが可能な技術として注目を集めている。ハードターニングでは、刃先が高温に耐えうる材料が必要となり、cBNは高温下での高い強度を有するため本加工に適している[7]。

ハードターニングにおける切削油の塗布は、連続切削は水溶性クーラント、断続切削はドライが通例だとされていた。これは、cBNが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。同様に、連続加工における水溶性クーラントの使用も問題がある。cBNは900℃以上になると水と反応し加水分解（$BN+3H_2O \rightarrow H_3BNO_3+NH_2$）を発生させる[8]。また、セミドライに比べると水溶性クーラントは潤滑性に劣り、摩耗を抑制出来ないことが弊社テストでも判明している[9]。

ドライ、クーラントいずれの場合も、切りくずが分断しにくく、切りくず排出が難しいという課題もある。弊社では、セミドライ加工が持つ「切りくず排出性」と「油性ミスト」という点に着目し、EB-TOOLによる切りくず排出効果を検証した。

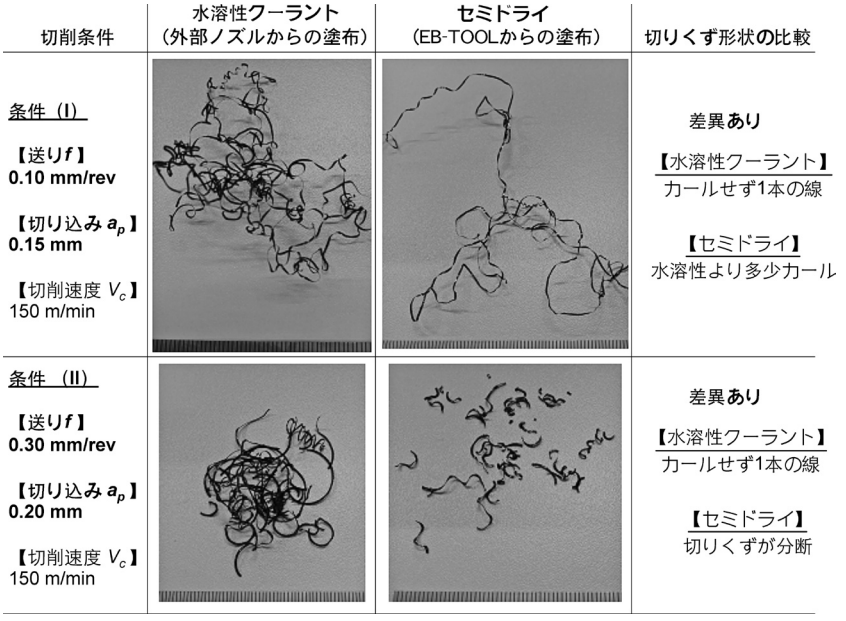


図 9　切りくず形状の比較（SUJ-2外径旋削）
［インサート：4NC-CNGA120408：BNC200（ブレーカ無）／ホルダ：PCLNR2525M12-SPEB（EB-TOOL特殊品）］

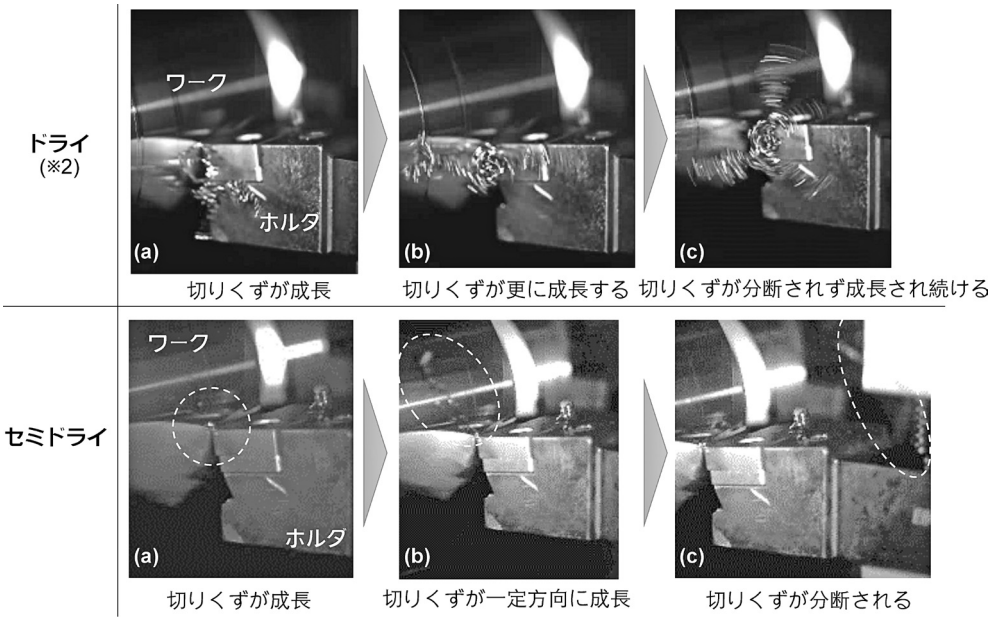


図10　切りくず分断と生成の様子（SUJ-2外径旋削）
(※2)水溶性クーラントは動画で見えないため、同じ結果が得られたドライの結果を表示している。

5.2　テスト要件

高硬度鋼（SUJ-2）の旋削加工にて、セミドライとクーラントでの切りくず処理の評価を行った。評価基準及び油剤の塗布方法、セミドライの仕様は炭素鋼（S45C）のテスト時と同一である。外径旋削は**図 9 〜図11**、内径旋削は**図12**、**図13**に、テスト結果を示す。

5.3　テスト結果の考察

外径旋削の(1)切りくずの形は、図 9 切削条件(II)の際に大きな違いが見られた。水溶性クーラントでは切りくずが分断されないのに対し、セミドライでは切りくずが分断された。これは、(a)切

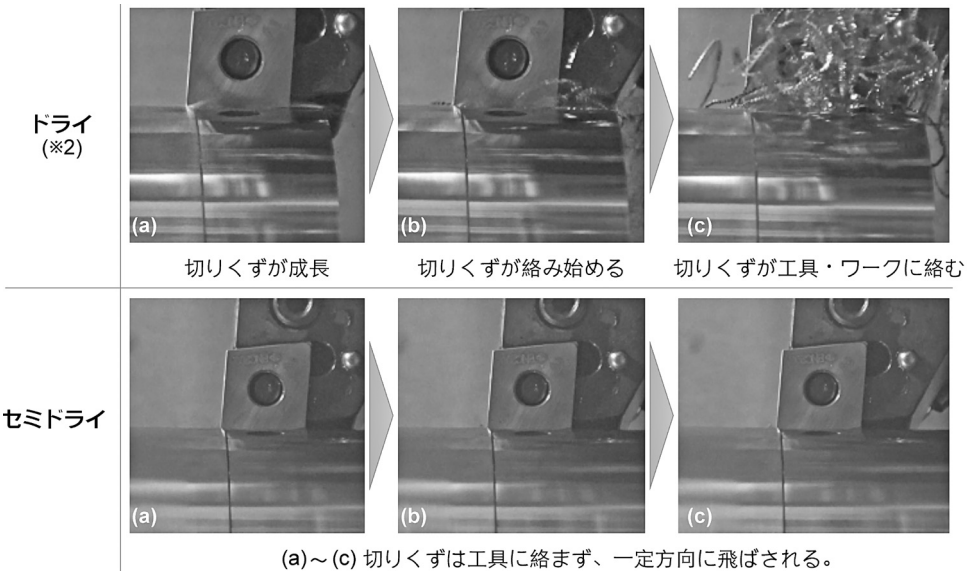


図11　切りくずが絡む様子（SUJ-2外径旋削）
(※2)水溶性クーラントは動画で見えないため、同じ結果が得られたドライの結果を表示している。

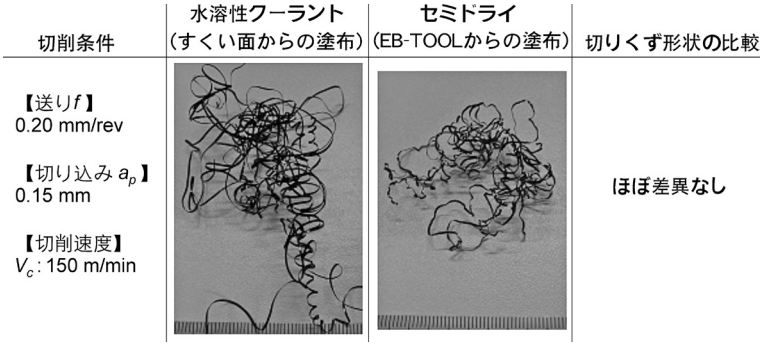


図12　切りくず形状の比較（SUJ-2内径旋削）
［インサート：3NC-TPGW110308：BNC200（ブレーカ無）／ホルダ：CEB16RSTUPR11］

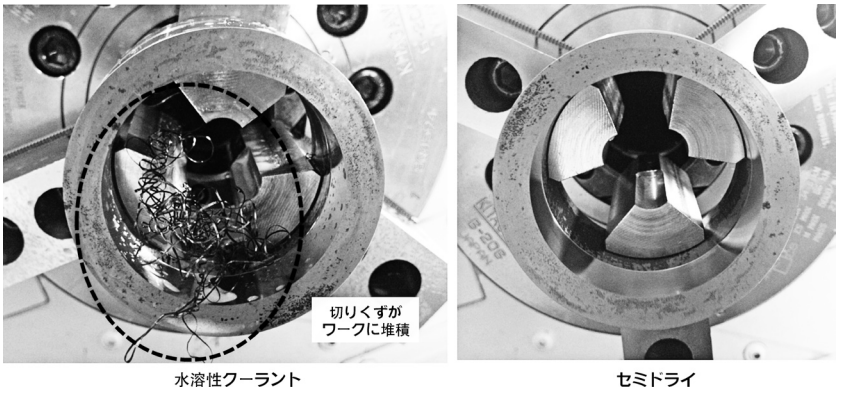


図13　ワーク内に堆積した切りくずの比較（SUJ-2内径旋削）

りくずがある程度の厚さを有すること、(b)水溶性クーラントに比べセミドライの切りくずの温度が上昇し折れやすくなったこと、(c)切りくずがエアにより一定方向に飛ばされ、切りくずを分断する方向に張力が加わったこと、などが考えられる。

そこで、セミドライによる切りくずの流出方

向の制御および分断の効果をハイスピードカメラにて確認した（図10）。図10より、セミドライ以外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やすくなることが分かった。以上から、EB-TOOLによるエアの流出方向の制御が切りくず形状に影響を与えていることが分かる。(2)切りくずの排出(図11）では、クーラントは切りくずがワーク等に絡んだが、セミドライはワーク等に切りくずが絡むことは無かった。

内径旋削では、図12より(1)切りくずの形に大きな差異はなかった。(2)切りくずの排出に関しては、図13より、クーラントは被削材内側に切りくずが堆積するのに対し、セミドライではすべての切りくずが排出された。これは、S45Cの時と同様、セミドライEB-TOOLによる排出効果に所以すると考えられる。

6. 結論

炭素鋼（S45C）の内径旋削加工および高硬度材（SUJ-2）の内径および外径旋削、それぞれに対して「セミドライ用EB-TOOL」の「切りくず排出性」の有用性が示された。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、切りくず自体が工具・ワーク等に絡まない加工を実現できた。

7. 今後の課題

EB-TOOLがすべての加工で切りくず排出に有用であると言える訳では無い。材料に応じた最適な加工領域があるが、それを示す指針もない。故に、セミドライがどの程度の加工領域を実現できるのか、という指針を設けていく必要がある。

セミドライの加工領域を広げていくには、自身の更なる進化が必要である。油剤側面のアプローチ、最適なEB-TOOLの再設計、ミスト装置の再開発等が急務である。

当社は、切りくず排出に関する更なるデータを揃えMECT2017（2017年10月開催）に出展する予定である。また、当社内の加工設備では、常時テスト加工および見学を受け付けている。セミドライによる切りくず排出を、MECTブースまたは当社にて是非実感していただきたい。

参考文献

[1] 小坂弘道（2013）『切削加工の基本知識』p.84、日刊工業新聞社.
[2] 新井実（1990）『切りくず処理の基礎と応用』P.49、 日刊工業新聞社.
[3] SANDVIK home pageチップのノーズRと切込みhttp://www.sandvik.coromant.com/ja-jp/knowledge/boring/how-to-achieve-good-hole-quality/selection-of-inserts/insert-nose-radius-and-depth-of-cut/pages/default.aspx
[4] 小坂田宏造（1992）「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、pp.943-947.
[5] 大森茂敏 他（2013）「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
[6] 帯川利之 他（2015）「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、pp.607-612
[7] 横山明宜（2015）『元素から見た鉄鋼材料と切削の基礎知識』p.167、日刊工業新聞社.
[8] 横河宗彦、横川和彦（1987）「２液供給法の開発によるBORAZON CBNホイールの研削性能の向上」精密工学会誌Vol.53、No.3、p467.
[9] 後藤篤也（2016）「ハードターニングにおけるセミドライ加工の有効性」潤滑経済 16 3月号 pp.24-27.