

ドライ切削加工における生産性向上に関する研究

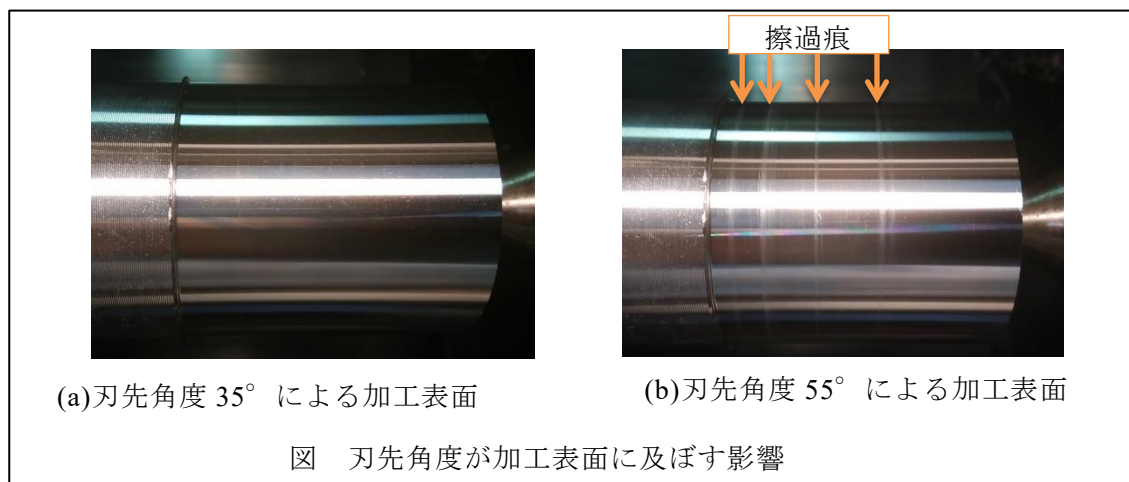
－アルミニウム合金のドライ切削の加工品質向上－

Study on improvement of productivity by dry cutting process － Processing quality improvement on dry cutting of aluminum alloy －

中居 久明、飯田 勇気

切削加工において工具摩耗の抑制や品質の維持のため切削液が使用されている。しかし、加工後に付着した切削液をエアブローで吹き飛ばすため作業環境が汚染されることや、切削液の経費および切削液を循環させるポンプの電気代、廃切削油の処分費などコストがかかるというデメリットもある。切削液を使用しないドライ切削加工技術を県内企業に普及することにより、作業環境の汚染防止やランニングコストの削減など生産性向上が図られ、他県や外国との価格競争力の強化が期待される。

本研究ではドライ切削加工技術の開発を目的とし、本県の企業ニーズに基づいてアルミニウム合金のドライ旋削加工を検討した。これまでの結果、アルミニウム合金は比較的柔らかい材料であるため、切りくず処理が適正に行われないと、加工表面に傷が発生するという問題があった。また、アルミニウム合金 A6061 は切りくず処理に関わらず加工表面に白濁模様が現れることがわかった。今年度はこの白濁模様発生の原因調査を行うとともに、切りくず処理の問題を解決するために、浅切込みとエアブローを用いた加工法を提案し、空圧、エアノズルの位置、切削速度、切込量、送り、工具先端角の影響を調べた。その結果、白濁模様は A6061 の材料に起因するものであることがわかった。また、空圧は 0.3MPa 以上、エアノズルの位置は工具先端から半径 2mm 以内、送りは 0.1mm/rev. 以下、工具先端角は 35° の加工条件で良好な加工表面が得られることがわかった。



1. はじめに

切削加工において工具摩耗の抑制や品質の維持のため切削液が使用されている。しかし、加工後に付着した切削液をエアブローで吹き飛ばすため作業環境が汚染されることや、切削液の経費および切削液を循環させるポンプの電気代、廃切削油の処分費などコストがかかるというデメリットもある。切削液を使用しないドライ切削加工技術を県内企業に普及することにより、作業環境の汚染防止やランニングコストの削減など生産性向上が図られ、他県や外国との価格競争力の強化が期待される。

本研究ではドライ切削加工技術の開発を目的とし、本県の企業ニーズに基づいてアルミニウム合金のドライ旋削加工を検討した。これまでの結果、アルミニウム合金は比較的柔らかい材料であるため、切りくず処理が適正に行われないと、加工表面に傷が発生するという問題があった。また、アルミニウム合金 A6061 は切りくず処理に関わらず加工表面に白濁模様が現れることがわかった。今年度はこの白濁模様発生の原因調査を行うとともに、切りくず処理の問題を解決するために、浅切込みとエアブローを用いた加工法を提案し、空圧、エアノズルの位置、切削速度、切込量、送り、工具先端角の影響を調べたので報告する。

2. 実験方法

2. 1 アルミニウム合金 A6061 の加工表面に現れる白濁模様の原因調査

図 1 に実験装置を示す。NC 旋盤（ヤマザキマザック(株)製 QT-8）にエアノズルをマグネットで固定し、上方から工具と被削材にエアを吹き付けるようにした。被削材はアルミニウム合金 A6061 の T6 処理材とし、図 2 のような外形切削用サンプルを用意した。表 1 に実験条件を示す。空圧はレギュレータにより調整し 0.5MPa とした。切削速度は 200m/min、送り量は 0.1mm/rev、切込深さは 0.02 mm とした。表 2 に切削工具の仕様を示す。切削工具は多結晶ダイヤモンド焼結体工具（タンガロイ

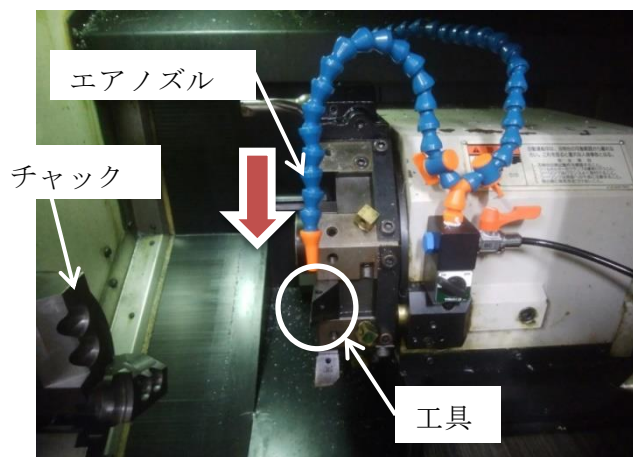


図 1 実験装置

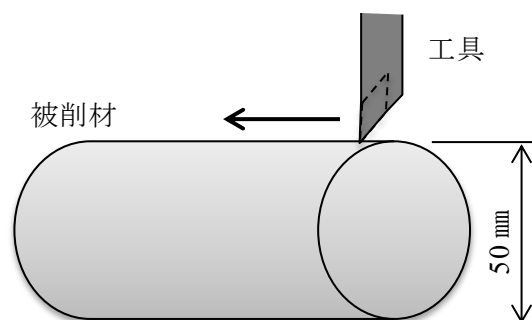


図 2 被削材形状

製 T-DIA DX120) のノーズ半径 0.4 mm、刃先角度 35° のものを使用した。加工表面の観察はデジタルマイクロスコープ(オムロン(株)製 VC3500)と走査電子顕微鏡 FlexSEM1000(日立製作所(株)製)を使用した。

2. 2 浅切込みとエアブローを用いた加工法における加工条件の影響

前述と同様の実験装置、被削材形状、切削工具を使用し、A6061 の最適な加工条件を調査した。表 3 に実験条件を示す。切削速度 V_c 、送り量 f 、切込み量 Ad 、空圧 P について、基本条件を基にそれぞれ実験条件を変化させ実験を行った。エアノズルの位置については、アーム三次元測定機(株)ニコンメトロロジー社製 MCAx35)により NC 旋盤内部をスキャンして、工具とエアノズルの位置

関係を割り出した。加工表面の観察はデジタルマイクロスコープ（オムロン㈱製 VC3500）を使用した。

表 1 実験条件

被削材	A6061 (T6 処理材)
加工方法	連続切削
切削速度 V_c m/min	200
切込深さ A_d mm	0.02
送り f mm/rev	0.1
クーラント	エアブロー
空圧 P MPa	0.5

表 2 切削工具


品名	T-DIA DX120 (タンガロイ製)
材種	多結晶ダイヤモンド焼結体
刃先角度	35°
ノーズ R	0.4 mm
外観	

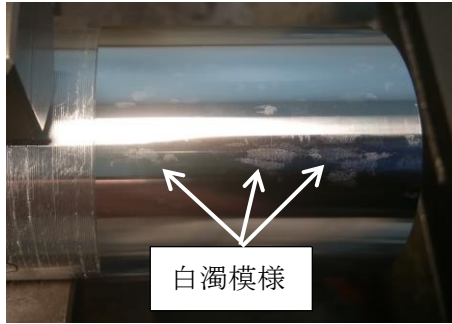
表 3 実験条件

	基本条件	実験条件
被削材	A6061 (T6 処理材)	
加工方法	連続切削	
切込深さ A_d mm	0.02	
クーラント	エアブロー	
切削速度 V_c m/min	200	200~500
送り f mm/rev	0.1	0.1~0.2
空圧 P MPa	0.5	0.25~0.5
刃先角度 °	35	35、55

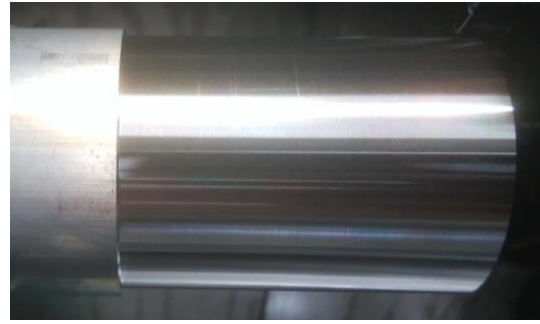
3. 実験結果

3. 1 アルミニウム合金 A6061 の加工表面に現れる白濁模様の原因調査

図 3 に表 1 の条件で外形切削したときの A6061 と A7075 の加工表面を示す。A6061 の加工表面には白濁模様が観察された。同じ条件で 8 回外形切削を行ったが、同じ場所にほぼ同じ形状の白濁模様が観察された。さらに、A6061 の別サンプルを使っても同じ現象が発生した。この現象は A7075 には見られなかった。図 4 に白濁模様の SEM 像を示す。白濁模様は小さな穴のような集合体で形成されていることがわかった。また、図 5(a)のように白濁模様が有るところとないところで材料を切出し、断面を研磨してデジタルマイクロスコープにより観察を行った。その結果、図 5(b)のように加工表面から 0.5 mm ぐらいの深さから黒い点が見られ、深さ 1 mm 付近ではその数が多くなっていることがわかった。図 5(c)の白濁模様の無い良好な面の断面には黒い点はほとんど見られなかった。さらに図 5(b)の赤枠の部分で切出し、SEM 観察 (図 5(d)) を行ったところ、黒い点はポイドであることがわかった。図 5(d)の穴の径は約 5~20 μ m 程度であり、図 4 の穴と大体同じ大きさであることから、加工表面の白濁模様は材料内部のポイドであると考えられる。したがって、白濁模様は A6061 の材料に起因するものであり、加工方法や加工条件により解決できるものではないと考える。



(a)A6061 の加工表面



(b)A7075 の加工表面

図3 A6061 と A7075 の外形切削

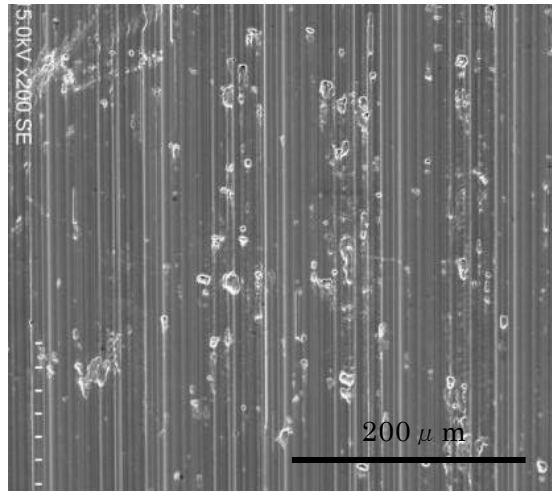
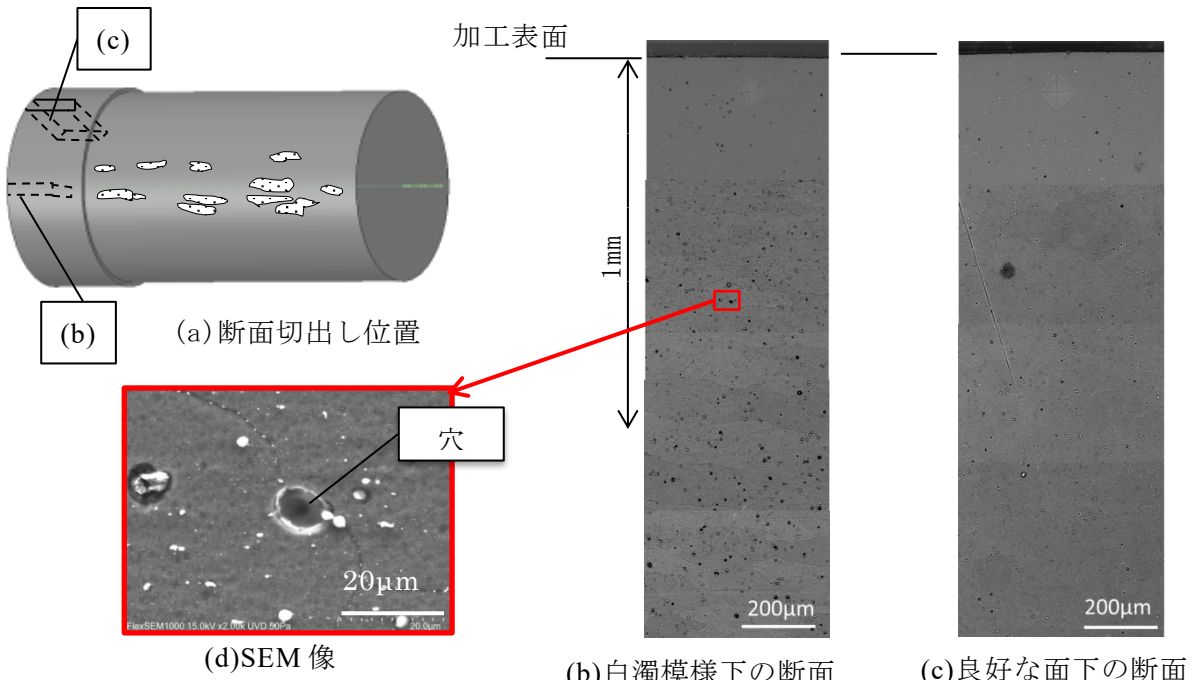


図4 白濁模様の拡大写真 (SEM 像)



(d)SEM 像

(b)白濁模様下の断面

(c)良好な面下の断面

図5 白濁模様の断面観察

3. 2 浅切込みとエアブローを用いた加工法における加工条件の影響

図6に刃先角度 35° と 55° の工具を使用した加工表面を示す。刃先角度 55° の加工表面に擦過痕が発生した。これは切りくずが被削材に絡まったことが原因である。刃先角度が大きくなることでエアブローが下方に通り抜ける範囲が狭くなり、これにより風圧が弱められ切りくずが被削材に絡まったものとする。したがって、刃先角度は 35° が適していると考えられる。

図7に工具送り f が加工表面に及ぼす影響を示す。工具送り $f = 0.2 \text{ mm/rev.}$ において、加工表面に擦過痕が発生した。これは切りくずが分断されず、被削材に巻き付いたためである。また、ここで工具切れ刃は破損していることがわかった。工具送りが大きく、刃先に大きな負荷が働いたためであると考えられる。したがって、工具送りは負荷が小さい 0.1 mm/rev. 以下が適していると考えられる。

図8にエアブローの噴射位置が加工表面に及ぼす影響を示す。図8(a)は旋盤内部のスキャンデータであるが、3D計測ソフトウェア Polyworks によりエアノズルの噴射位置を算出した。図8(b)にエアブローの噴射位置における加工表面の状態を示す。赤線で示す半径約 2 mm の範囲で切りくずが絡まず、擦過痕が発生しないことがわかった。エアブローの噴射位置には適正な範囲が存在し、微調整が必要であると考えられる。

図9にエアブローの空圧が加工表面に及ぼす影響を示す。空圧が 0.3 MPa 以上で切りくずが絡まず加工できることがわかった。

切削速度 V_c を $200 \sim 500 \text{ m/min}$ の範囲で加工実験を行ったが、ここでは加工表面に擦過痕が見られず、特徴的な違いが見られなかった。

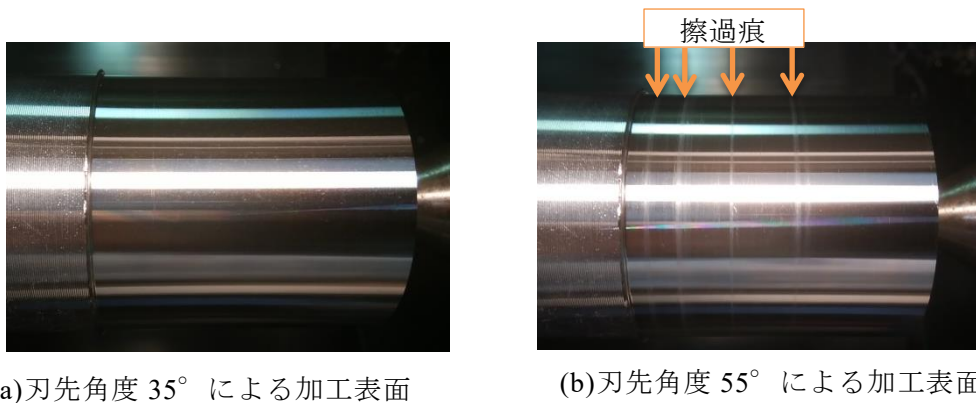


図6 刃先角度が加工表面に及ぼす影響

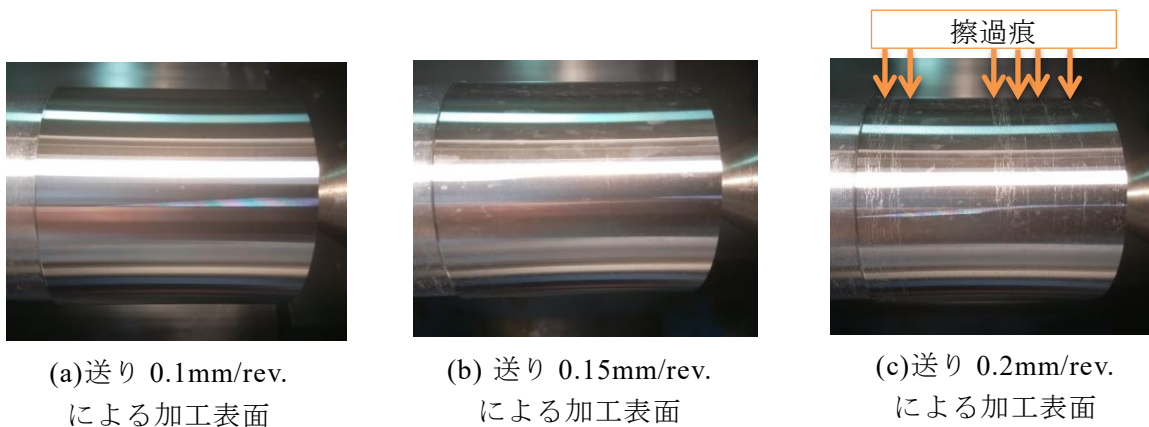
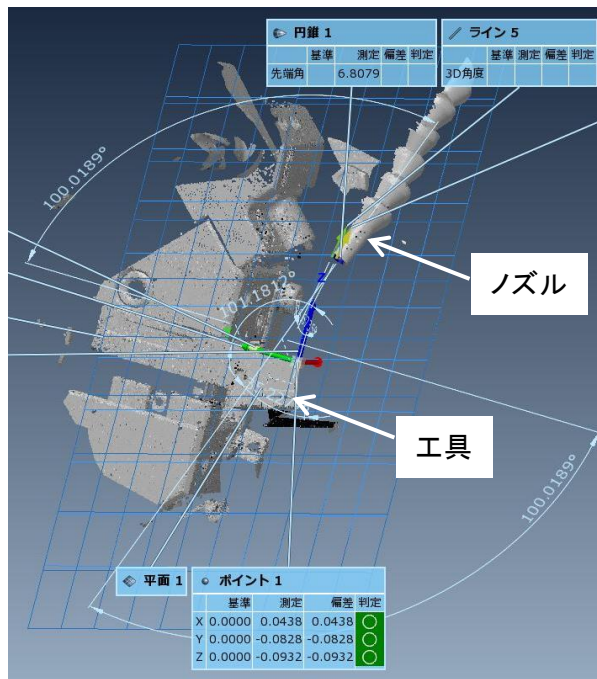
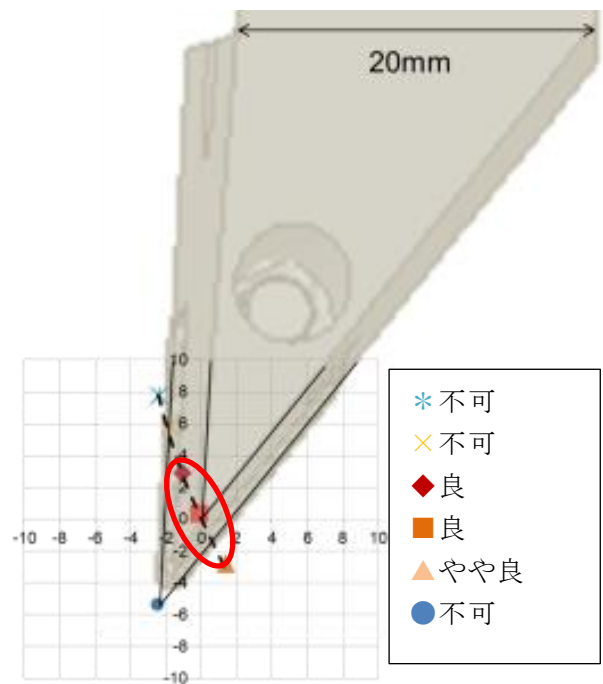


図7 工具送りが加工表面に及ぼす影響

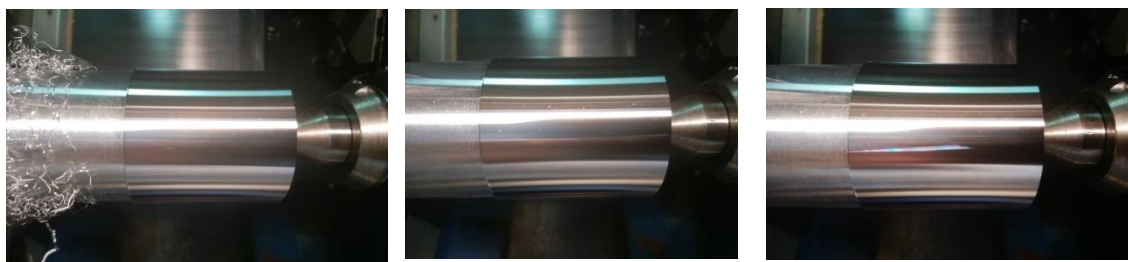


(a) 旋盤内部のスキャンデータ



(b) 圧空噴射位置と加工表面の状態

図 8 圧空噴射位置が加工表面に及ぼす影響



(a) 0.25MPa

(b) 0.30MPa

(c) 0.35MPa

図 9 空圧が加工表面に及ぼす影響

4. まとめ

旋盤によるアルミニウム合金 A6061 のドライ切削において、加工表面に現れる白濁模様の原因調査を行うとともに、切りくず処理の問題を解決するために、浅切込みとエアブローを用いた加工法を提案し、空圧、エアノズルの位置、切削速度、切込量、送り、工具先端角の影響を調べた結果、以下のことがわかった。

(1) 白濁模様は A6061 の材料に起因するものであることがわかった。

(2) 空圧は 0.3MPa 以上、エアノズルの位置は工具先端から半径 2mm 以内、送りは 0.1mm/rev. 以下、工具先端角は 35° の加工条件で良好な加工表面が得られることがわかった。