

微小油滴直噴潤滑システムを用いたニアドライ切削加工

Near Dry Machining with the Direct Oil Shot Lubrication System

80817982 山下基樹 (Motoki Yamashita)

Supervisor : 青山藤詞郎 (Tojiro Aoyama)

1. 結 論

現在、地球規模で環境問題に関心が集まっている。切削加工においても切削油の消費量を削減する取り組みが進み、切削油の消費量を抑えるニアドライ加工法に注目が集まっている。現在、切削油剤を微細なミストにして圧縮空気とともに加工点に供給することで切削油の消費量を大きく削減した MQL 加工法が実用化されているが[1]、MQL 加工法では供給されたオイルミストの一部が雰囲気中に浮遊するため、作業環境の悪化や作業者の体内への吸引による健康への悪影響が懸念されている。本研究ではその問題を解決するために、潤滑油を無駄なく加工点に供給することのできる微小油滴直噴潤滑システムを考案し、エンドミル加工へ適用した。また、高速度カメラを用いて供給された油滴の挙動を観察することで切削油供給条件の改善を試みた。

2. 微小油滴直噴潤滑システム

開発した微小油滴直噴潤滑システム (Fig.1) は、加工点に対し極微量の油滴をノズルから連続的に吐出することで加工点の潤滑を行うシステムである。また、ノズルからの油滴の供給のみでは不十分である、冷却効果や切り屑排出効果を補うために圧縮空気も同時に供給することが可能である。ノズルから突出する切削油の量を機械的に調節することはできないが、Fig.1 中に示すステンレス管の径と長さを変化させる事により、ノズルから突出される 1 滴当たりの切削油の量を変化させることが可能である。また、油滴の突出間隔は PC により制御可能でありノズルから突出される切削油量の調節と合わせて微小油滴直噴潤滑システム全体の切削油消費量を調節することが可能である。今回の研究では、切削油消費量が 5ml/hr になるように調節し実験を行った。以下、微小油滴直噴潤滑法を DOS 法 (Direct Oil Shot Lubrication)、圧縮空気を併用する潤滑法を DOS + AIR 法と呼ぶ。

3. オイルミスト浮遊量の測定

それぞれの潤滑法における作業雰囲気中のオイルミスト浮遊量を測定した。オイルミスト測定には KANOMAX 製の RESPIRABLE AEROSOL MASS MONITOR (PIEZOBALANCE MODEL3511)を使用し、マシニングセンタの扉付近のオイルミスト量を測定した。

4. 高速度カメラを用いた油滴の挙動観察

微小油滴直噴潤滑システムにおいて、工具に対して供給された切削油の挙動を観察するために、高速度カメラを用いて、工

具に供給された油滴の観察を行った。油剤供給条件の検討を行った。

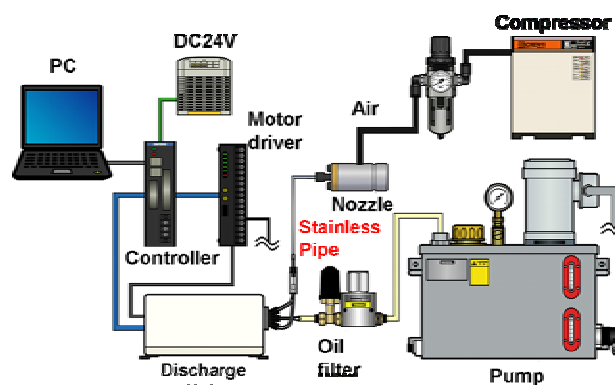


Fig.1 Direct Oil Shot Lubrication System

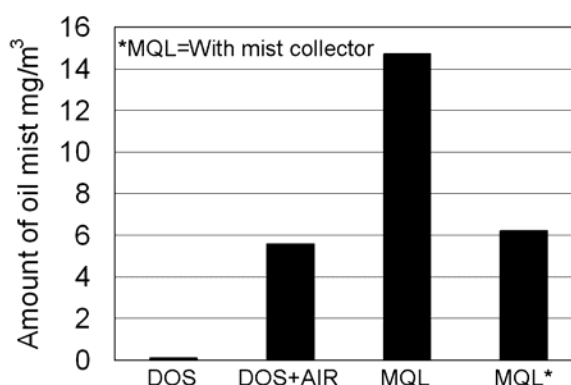


Fig.2 Measurement of floating oil mist

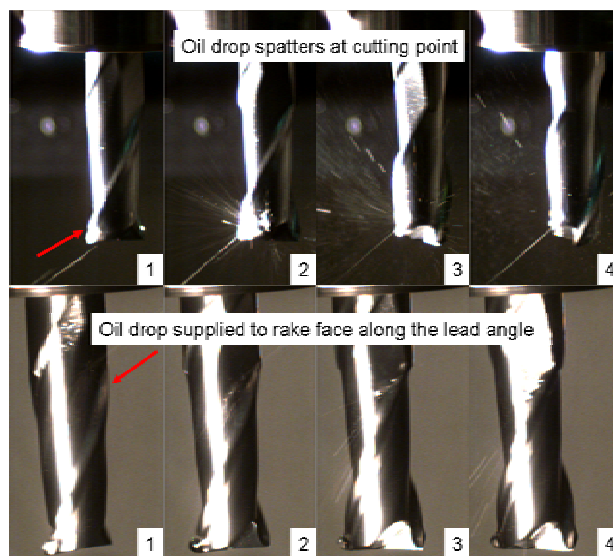


Fig.3 Behavior of an oil drop at cutting point at cutting edge
(Observation by high speed camera)

5. エンドミル加工実験

微小油滴直噴潤滑システムの潤滑効果を検証するためにエンドミル加工実験を行った。DRY 法, MQL 法, DOS 法, DOS+AIR 法の各潤滑法において切削実験を行い, 工具磨耗幅, 工作物仕上げ面粗さにより潤滑効果を評価した。被削材にはステンレス合金 (SUS304), 工具には 2 枚刃の超硬スクエアエンドミル ($\phi 10\text{mm}$) を採用した。Table.1 に切削条件を示す。

6. 実験結果

6.1 オイルミスト浮遊量

各潤滑法におけるオイルミスト浮遊量の測定結果を Fig.2 に示す。DOS 法は圧縮空気を併用した場合でも, ミストコレクタを使用した MQL 法以下のオイルミスト浮遊量に抑えられており環境に優しい潤滑法であると言える。

6.2 高速度カメラ撮影結果

DOS 法により供給された油滴の挙動高速度カメラにより撮影した写真を Fig.3 に示す。上の写真は工具に対して水平方向から切削油を供給した時の挙動であり, 下の写真は工具のすくい面に対して切削油を供給した時の挙動である。工具のすくい面に沿うように切削油を供給した条件では工具に対して水平方向から切削油を供給した供給法と比較して, 油滴の飛散が抑えられ, 実際の加工においては切削油剤が有効に作用すると考えられる。

6.3 工具磨耗評価

切削実験後の工具の写真を Fig.4, 工具磨耗幅と切削距離の関係を Fig.5 に示す。DOS 法のみでも DRY 法と比較して大きな潤滑効果を示しているが, DOS + AIR 法においては MQL とほぼ同等の潤滑効果を示している。

6.4 工作物仕上げ面粗さ評価

加工後の工作物仕上げ面粗さを測定した結果を Fig.6 に示す。切削距離により違いはあるものの, DOS+AIR が全体的に良好な仕上げ面粗さを保っており良好な潤滑効果が得られていたと考えられる。

7. 結言

本研究において開発した微小油滴直噴潤滑システムをエンドミルの切削工程に適用し, 潤滑効果を検証した。また, 高速度カメラを用いて供給された油滴の挙動を観察し, 油剤供給条件の検討を行った。以下に結言を示す。

- (1). 微小油滴直噴潤滑システムをエンドミル加工に適用した結果, オイルミスト浮遊量を MQL 法と比較して飛躍的に削減することに成功した。
- (2). 高速度カメラを用いて供給された油滴の挙動を観察した結果, 切削油剤を工具すくい面に対して供給することで油剤が効率的に作用することが分かった。
- (3). 工具逃げ面磨耗幅を測定した結果, DOS 法のみでもかなりの潤滑効果を発揮した。また, DOS + AIR 法において MQL とほぼ同等の潤滑効果を達成することができた。
- (4). 仕上げ面粗さの測定結果より, DOS 法において MQL と同等の良好な潤滑が行われていることが示された。

参考文献

[1] ZHAO W, High speed milling of Ti6Al4V Alloy with Minimal Quantity Lubrication, Key Engineering Material, Vol329 (2006) pp663-668

Table.1 Cutting condition

Work piece	Stainless steel SUS 304	
Tool used	Carbide Square Endmill $\phi 10\text{mm}$	
Spindle speed	4777min^{-1}	
Cutter feed	0.05mm/tooth	
Depth of cut	Axial 6mm	Radial 0.5mm
Type of machining	Down cut	

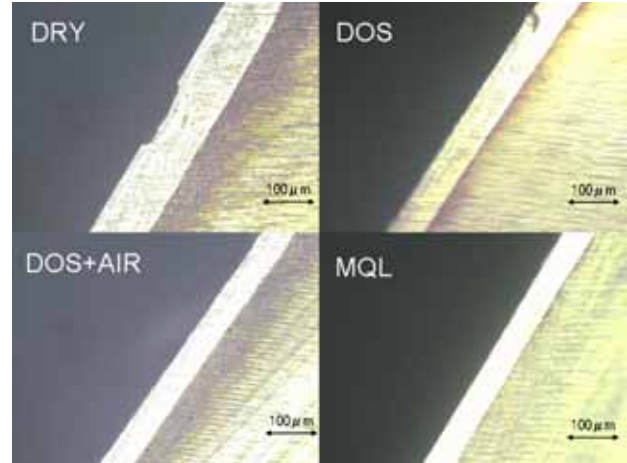


Fig.4 Photograph of tool flank wear

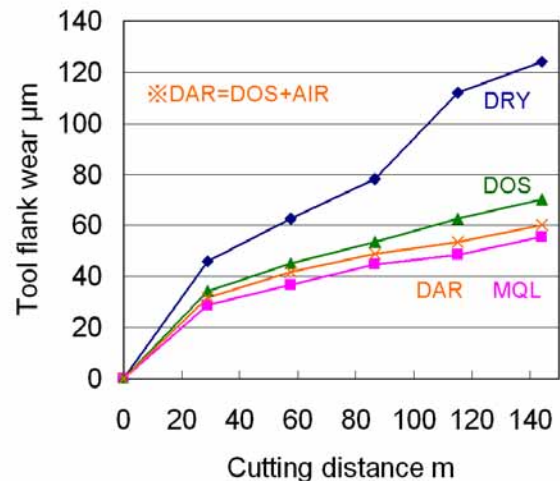


Fig.5 Tool flank wear in various lubrication technique

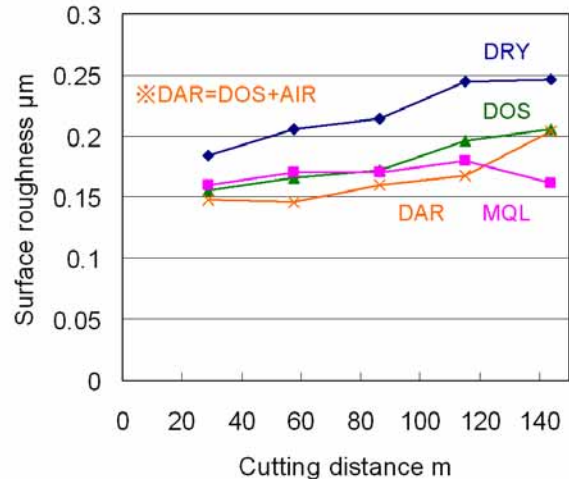


Fig.6 Surface roughness (Ra) in various lubrication technique