



# セミドライ加工の環境整備

## 現場で発生している課題の解決に向けて

フジBC技研 井上 勤

ツールエンジニア 2014年11月号より転載

### ■序論

今夏、各地で発生した異常気象による甚大な災害は記憶に新しい。諸説あるものの、一部の異常気象は、人間の生活様式の変化や、地球温暖化などの気候変動の進行によって、発生確率が大きく引き上げられたとされている。

また、閣議決定され経産省が発表したエネルギー基本方針には、ゼロエミッションや自主エネルギーの比率が具体的な数値目標として掲げられ、エネルギーを安定的に確保すると共に、徹底した省エネルギー社会の実現を目指すことが明記されている。

ここでは、一見相反する環境保全と省エネルギーを実現しながら、高い生産性を両立させられるツールとして、金属加工のセミドライ化における、装置の設置環境の整備と保全面からの課題と対応策について記述する。

この背景は、大量に油剤を使用していたウェット加工の時代から、セミドライ化の過渡期を経験された作業者の交代が進み、着任時にはセミドライ化されていた担当者として課題対処法を議論する場合に、基本事項を再確認しなければならないことの増加に起因する。

### ■セミドライ加工とは

生分解性に優れ、安全な植物をベースとして精製された脂肪酸、合成エステルを主成分とした、高潤滑性油剤を加工点に極少量、適確に塗布して切削を行う加工方法で、“MQL加工”(Minimum Quantity Lubrication)、“NDM”(Near Dry Machining) また、一般的にミスト加工とも呼ばれている。近年では、地球規模の環境負荷低減や、生産工場の作業環境改善と、生産性の向上を目的とした、切削油使用量削減の取り組みの総称になっている。

当社は、生産工場におけるセミドライ化を推進する為の装置、油剤、工具、関連する周辺機器とそれらの導入経験を提供している。「環境に優しく生産性も高く」をテーマとした取り組みは、2010年に愛知県環境賞銅賞を受賞し、その有意性を高く評価して頂いた。販売実績は間もなく4万台を数え、環境に配慮した低炭素社会の実現と、更に汎用性を高められるように活動を続けている。

### ■導入事例と優位性

装置を用いた現在のセミドライ加工の形態は、米国における宇宙・航空機産業の発展に伴い、無数とも思える穴あけ加工と難削性素材の高効率加工を目指し、ボーイングのエンジニアが試行の上確立された微量で行う切削油剤供給技術と加工方法で、現在でも航空機業界では“Boelube”として現在も存在している。そのボーイングから独立し発展させたシステムが、当社のセミドライ装置と加工方法である。

セミドライ加工はアルミサッシの切断、金型などの微細・精密加工と、クランクシャフトの斜油穴加工に代表される深穴高効率加工などで、デファクトスタンダードとしての立ち位置を築いてきた。

工作機械に搭載され活用されるセミドライ装置と、その用法は生産財であり、導入目的や求められる効果は様々であるが、表1のようにたとえられる。

表1「環境に優しく生産性も高く」セミドライ加工の優位性(例)

環境側面	
環境負荷低減	廃油・廃液の削減
	高圧クーラントポンプを使用しないエネルギー
	廃棄物削減
工場周辺環境改善	土壌汚染など、工場環境負荷の低減
	向上臭気の削減
	ISO14001 取得や環境宣言
作業環境改善	切削油使用量大幅削減
	切削液の無腐敗臭
	床汚れや転落転倒事故防止
	飛散・浮遊ミスト削減
高い生産性 総合的なコスト削減	洗浄工程削減による揮発性有機化合物(VOC)削減
	直接的生産性
直接的生産性	切削工具寿命向上と工具費削減
	加工能率向上によるサイクルタイム短縮
	加工精度と品位向上
洗浄工程削減	洗浄・乾燥工程レスによるエネルギー削減
	再溶解のための端材・切りくず乾燥工程削減
	素材リサイクル率向上と回転時間短縮
	歩留向上 低温熱処理による製品シミの低減
油剤管理不要	油剤購入費削減
	常に新油供給によるコンタミ削減
	切削油剤の性能維持と管理の容易化
機械・治具段取性向上	切削油飛散レスによる清掃時間とコストの削減
	段取り時間短縮・工数削減
	機械立上(定温度)時間短縮と消費エネルギー削減
	治具・テーブル面の清掃時間削減
	機械メンテナンス性向上と寿命延長
設備の小型化	製品拭き取り作業工数削減
	高効率加工・ウェット加工タンクレス
作業者の確保	臭気・手荒れの心配不要による着任性向上・女性の登用
火災の危険性	高い引火点と極めて少ない絶対使用量

## ■課題と対応策

セミドライ加工は、前表に示したさまざまな優位性と可能性を有している。しかし、全ての加工を可能にしている訳ではなく、ウェット加工同様に課題があり、高い精度で優位性を継続的に実現するために、導入時の適切な措置とメンテナンスが必要になる。

### (1) 給油装置の選択と塗布方法

セミドライ加工は、ウェット加工同様に、外部給油と内部給油の二種に大別される。

圧縮空気によりミスト化した切削油剤を加工点へ塗布する事は同じであるが、図1に示すようにミストの生成方法と塗布方法が異なる。極少量の油剤で加工を行うので、塗布位置や方法を確立することがきわめて重要となる。

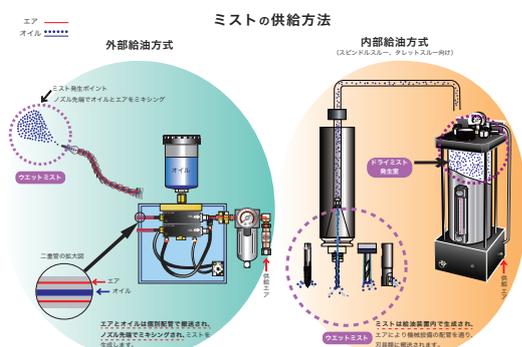


図1 給油装置と塗布方法の違い

外部給油装置は、塗布ノズルを有しており、このノズル近傍でミストを発生させて加工点へ供給する。汎用性が高く、既設機械へ容易に設置することができるのでフライス盤や切断機などの単能機に多く用いられている。

切りくずによってノズルが曲げられたり、切削点が大きく変化する場合は、ノズル位置を再調整する必要があるため、当社では位置決め解決策として、例えば写真1のように用途に応じたブロックノズルを標準化しているので活用して頂きたい。

また、図1と機構の異なる外部給油装置で、専用ノズルと組み合わせるBK給油装置は、汎用装置よりも更に吐出量の少ない1mL/hでも、連続して安定供給することができる(写真2)。機械的および音波による微少な振動もなく、高硬度、難削化の進む微細、精密金型の直彫りや超精密加工においてきわめて高い評価と優位性を得ている。



写真1 ブロックノズル



写真2 BK給油装置

内部給油では、“工具の油穴やノズルに相当するツーリング”（以下ツーリング）より加工点へミストを供給する。機械は軸心給油や漏れのない刃物台構造を必要とするが、ツーリングが塗布ノズルを兼任するので自動工具交換に適応する。

“装置内部で生成されるミスト”（以下ドライミスト）は、1~4 μmの微細径でモノには付着しない特性を有していて、搬送性がきわめて高く、工作機内の構造物を通り抜けることができる。しかし、ドライミストのままでは加工点に潤滑性を供給することができない。ツーリング前後の圧力差により生じるエネルギーでミストの相互衝突を起こし、増径化させることで切削時に有効なウェットミストにする。

このウェットミストの粒径を約10 μm以上と解説しているが、加工現場でミスト粒径を管理する事はできないので、ユーザーが数値管理できる装置の設定を目安として表2のように定めている。実際には後述するミスト搬送経路の構成や状態により圧力損失が生じるので現場が優先されるが、課題対処時の確認や点検用数値として活用いただきたい。

表2 セミドライ内部給油装置基本的な設定

No	項目	数値	内容
①	圧力差	≥0.2MPa	ドライミストの生成に必要な装置への圧縮空気供給圧力と、装置内圧の圧力差を0.2MPa以上維持する。
②	装置内圧	≥0.2MPa	ドライミストから、切削に有効なミストへ状態を変化させるために、装置内圧を0.2MPa以上維持する。
③	供給圧	≥0.4MPa	①②双方の条件を満たすために、装置への供給圧を0.4MPa以上とする。
④	断面積	~3mm <sup>2</sup> (最大5mm <sup>2</sup> )	ノズルの役割をするツーリングの吐出口、または経路最少絞り部の断面積を目安に3mm <sup>2</sup> 程度として最大で5mm <sup>2</sup> とする。

### (2) 内部給油のミスト搬送経路

外部給油法では、油剤とエアは個別に装置からノズルへ供給されるので問題にならないが、内部給油法で、より高い効率でドライミストを搬送するためには、工作機内のミスト搬送経路の口径や構造も重要な要素となる。経路内で液滴化してしまうと、即時性を失い加工点まで有効に搬送され難くなるからである。

ネガティブに捉えられがちだが、基本的には汎用のクーラントの配管を流用しながら、図2に示すように留意するとよい。文言にすると、可能な限り大きな口径で、配管径と曲りなどの形状に急激な変化がなく、緩やかにミストを搬送できるように考慮するとよい。

ウェット加工やエアブローと経路を共有する場合の制御バルブは、有効断面積が大きく単純な構造であるボールバルブを推奨する。自動駆動タイプを採用しMコードと連動させることで自動化にも対応できる。しかし、実際には各経路共にチェックバルブを用いて制御される機械も多く、この構造でもドライミストは搬送可能だが、即時性と搬送効率は低下する。この場合でも有効断面積は大きく単純な構造で、クラッキング圧力をでき

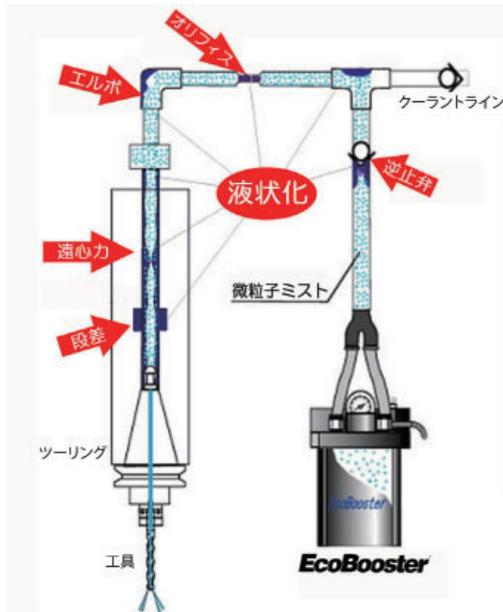


図2 内部給油搬送回路の留意点

る限り小さい10KPa(0.01Mpa)以下のバルブを推奨する。

幸いにこれまで大きな事故には至っていないが、経路に混入する異物などにより、チェックバルブが機能不全となり、高圧クーラントが逆流する事故が発生している。汎用のエア機器で構成されているセミドライ装置やエア回路は破損してしまうので、事故防止の観点より適切な措置を講じる必要がある。

これらの内容は機械設計項目で主に機械設計者への情報となる。また、前項表2に記載した装置の設定は、自動開閉機構を持つ回転継手の動作にも影響する。当社では、主な継手メーカーと情報を共有しているので詳細は問い合わせを頂きたい。

### (3) ツーリングの最適化

切削加工を高効率に行うには、ツーリングの最適化は必須である。

一例として、旋削加工のセミドライ化には、当社の開発製品であるミストホール付旋削用バイト「EB-TOOL」を推奨する(写真3)。インサートのすくいと逃げの両面からミストの供給ができるEB-TOOLの最大の優位性は、塗布位置が変化することなく確実に加工点へミストが供給できる事である。図3に、溝入れ加工で比較テストを行ない、EB-TOOLの優位を示した結果を示す。

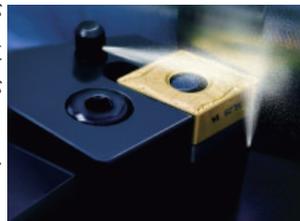


写真3 EB-TOOL

当社では、ISOチップホルダを中心に標準化をはかり、汎用性の高い型式は常時在庫している。しかし、工具型式認定などでホルダの型式変更ができない場合には、セミドライ化の裾野拡張のために、既存工具に追加工を行なう事も可能である。計画段階には問い合わせをいた

だきたい。また、EB-TOOLはセミドライ加工だけでなく、ウェット加工でも効果を発揮するので、今後さらに活用範囲が広まると考えている。

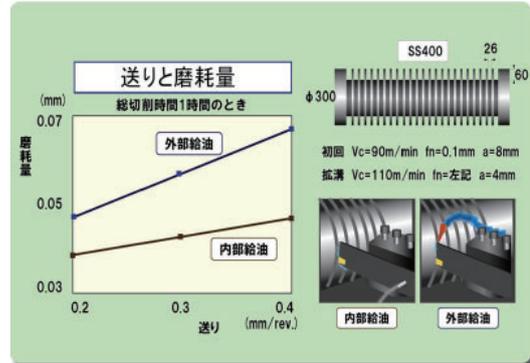


図3 EB-TOOLの効果

### (4) セミドライ油剤

切削油剤には、潤滑・冷却・洗浄の効果が求められ、基本的な切削性能のほかに、作業環境負荷低減や使用後の廃棄に関わる安全性も求められる。

セミドライ加工では、主に潤滑効果を最大限に引き出して加工を行なうが、使用量がきわめて少ないので長期保存性なども求められる。とくに装置内部を循環する内部給油装置用油剤には、高い耐酸化性能などの二次的性能が求められることから、適切な保管場所と、給油の際は専用の漏斗を用いるなど、異物や他油が混入しない長期保存策と管理も必要になる。次項の圧縮空気の管理項にトラブル事例を記す。

当社は、機能と性能を満たす純正油剤の使用を強く推奨する。外部給油ではLB-1、LB-10、内部給油にはLB-10、LB-7を基本油剤としてラインアップしている。LB-1とLB-7は、それぞれの給油方式で幅広く活用でき、LB-10は、低温熱処理によるシミを防止すると共に、低粘度特性による切りくず付着防止効果もあり、微細な切りくずの微細精密加工に効果を発揮する。

### (5) 圧縮空気の管理

セミドライ装置は、圧縮空気を駆動源としている。また、圧縮空気はミストの搬送、および加工点への塗布を行うための媒体としても用いられる。

装置に供給される圧縮空気の質と量(圧力)は、ほかの設備同様に機能の維持に重要で、トラブルが報告された現場を実際に調査すると、圧縮空気起因した症例が多く、一般的なエア機器の要求水準に満たない例も少なくない。圧縮空気は、主に個体粒子数、水分と油分を不純物として浄化され、セミドライ装置に限らず、汎用設備で使用されるエア機器は、個体粒子数=2、水分=6、油分=3のJISで定められる各等級程度の要求を受けている。

わかりやすく浄化機器名を並べると、[コンプレッサー → アフタークーラー(およびタンク) → メ

## セミドライ加工の環境整備

---

インフィルタ → 冷凍式ドライヤ]を経て各設備に供給され、設備入口では再度フィルタとミストフィルタを経て機器へ供給される。条件を曖昧にしたままなので専門家からは苦言をいただきそうだが、切削担当者にわかりやすく簡便に記した。

しかし、これらの清浄化機器も正しくメンテナンスされていることが肝要である。エレメントから不純物がオーバーフローしたり、長期交換されず破損している機器を散見する。清浄度の低下は、エア機器の機能と寿命を著しく低下させる。さらに、配管の洗い油やコンプレッサ油に使用されている添加剤は、切削油剤と反応して凝縮、固化するなどして機器を稼働できなくしてしまう。

もう一点、意外に多い現場でのトラブルは圧力・流量の不足である。配管長さや機器による圧力損失を考慮しないと、稼働時に圧力が低下する。供給圧力は当該装置や、機器の稼働時に目視確認することが必要である。この圧力の低下は流量の低下を意味する。

また、昇圧のため増圧装置を用いることがあるが、エア駆動の増圧装置は、最大供給圧力を2倍にするが、流量は約1/2に減少するので誤解の無いように活用頂きたい。状況に応じて市販されている電動式の増圧装置も選択できる。

以上の様な要求は、セミドライ加工に限定された内容ではなく、工作機械の機能を正常に保つ上でも必要となる要件である。また設置するだけでなく維持管理の徹底を重ねて願います。

### ■まとめ

金属加工工場におけるセミドライ化は際立つ大きな変化である。課題が生じたときに、真因は別にあっても消去法でセミドライ化が進まなくなることも少なくない。ここでは、実際の現場で発生している課題に即した内容を、セミドライ化の環境整備として述べた。セミドライ加工が生産財として有効に機能するように周知され、継続的でさらなる発展的な取り組みとなるように活用して頂ければ幸いである。