

大型旋盤における切削液ミスト加工の効果について

(株) 日本製鋼所室蘭製作所 和田侯衛 青野文朗 ○高佐成樹 浮田 貢 宿村孝博

要 旨

本研究では、回収方法が困難であるなど諸処の問題により、切削液の使用が困難であった大型旋盤での旋削加工において、圧縮空気により切削液を噴霧状に供給するミスト発生装置を用いた効率的な切削方法の調査・研究を行った。その結果、少量の切削液でもドライ加工と比較して大きな効果があることを確認でき、加工能率の向上を可能とした。

1. 緒 言

一般的に多くの切削加工において、冷却および潤滑の効果を持つ切削液（水溶性・不水溶性）を使用することで、ドライ加工と比較して工具寿命が著しく延び、かつ切削条件も上がることが知られている。しかし、弊社で稼働している工作機械は非常に大きいため、スブラッシュガード等により切削液の飛散を防ぎ、それを回収して再び供給する機構を備えることは容易でない。また、重切削によって生じた大きな切り屑と共に外部に持ち出される量が多いこと、外部環境からの異物混入が多く切削液の持つ本来の性能を維持できないこと、飛散によって足場が滑り安全上問題であること、などの理由により切削液を常用できるのはごく限られた範囲内であった。

一方で、工具・機械メーカー各社は省エネ・廃棄物レス・環境負荷低減を考慮して、ドライ、セミドライまたは極微量潤滑 (MQL) といった加工方法を支持しており、近年の工具・機械の開発指向もそれらに沿ったものとなっているが、弊社で行われる重切削加工において、切削液の使用は工具寿命の延長や切削条件の向上に効果があると認識されており、可能な限りそれを有効利用したい意向があった。

そこで、従来の切削液供給方法であるノズル噴射方式の加工が困難であった大型工作機械へセミドライ方式を適用することにより、加工能率の向上が可能かどうかを検討した。

2. 切削液供給方法の検討

2-1. 重切削加工における切削液の効果確認

弊社で行われる重切削の加工形態は、旋削加工から転削加工まで多種多様であり、工作機械の種類も多い。様々な加工形態・工作機械について切削液（水溶性・不水溶性）の使用状況をまとめたものを表1に示す。

被削材の材質などにもよるが、転削では常時連続切削となるフライス加工以外、特に孔に関する加工においては切削液を使用する例が多い。これに対して、旋削では溝・ねじ切りなどの加工以外ではあまり用いられていないのが現状である。

本来、旋削のように工具刃先が連続的に加工に供される状態では、切削液の効果が十分に期待できるはずであり、その効果の程度を確認するため、ドライおよび湿式での比較加工を行った。使用機械、被削材および切削条件を表2に示す。

また、限界まで加工を行った結果を、加工後の工具刃先近傍の写真とともに図1に示す。

表1. 加工形態・工作機械による切削液使用状況
(◎: 必須, ○: 場合により, △: ごくまれに, -: なし)

加工形態	大分類	加工内容	水溶性		不水溶性	
			使用可	不可	使用可	比率
加工形態	転削	ドリル	○		◎	
		リーマ	-		◎	
		タップ	-		◎	
		深孔	○		◎	
		フライス	△		△	
加工形態	旋削	外径	△		△	
		内径	△		-	
		溝入れ	-		○	
		ねじ切り	○		-	
工作機械	機種	切削液使用可	不可	使用可比率		
	旋盤	3	31	9%		
	立旋盤	3	12	20%		
	中割り盤	13	0	100%		
	横中割り盤	4	19	17%		
	M/C	5	0	100%		
	研削盤	7	0	100%		
	その他	5	15	25%		
	計	40台	77台	34%		

表2. 使用工作機械、被削材および切削条件

工作機械および被削材		切削条件	
使用機械	大型100ton旋盤	加工径	φ1,034 (mm)
主モータ出力	DC160 (kW)	切削速度	90 (m/min)
使用チップ	SNMM190616/P15	送り量	1.0 (mm/rev)
被削材名称	発電機軸	切込み量	5.0 (mm)
被削材材質	NiCrMoV鋼	切削液	水溶性ソリュブル

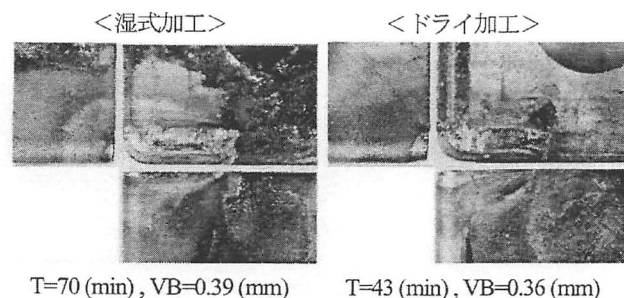


図1. 加工後のチップ損傷状態と結果の比較

ドライ加工では刃先ノーズR部に塑性変形を生じ、ついにはクラックを誘発して43分で加工を終了したのに対し、湿式

加工では70分の連続加工が可能となり、約1.6倍の工具寿命延長となった。このように、弊社で行われるような送り量が比較的高い加工においても、切削液の効果が極めて大きいことが改めて明白となった。

2-2. 大型旋盤における切削液供給方法の確立

一般的な工作機械の切削液供給方法はクーラントポンプを利用した強制ノズル噴射方式であり、吐出圧が高いためその設置場所には制約が少ない。これに対して、弊社の所有する大型旋盤は元来そのような切削液供給装置を具備しておらず、また対象とする加工製品には幅130mm・深さ400mm程度の狭くて深い溝が多数あるため、溝内部でも刃先にピンポイントで切削液を供給でき、かつ容易に後付け可能な供給装置を考案しなければならない。

そこで、圧縮空気の吸引効果（サイフォン）によって切削液を吸い上げ、気水混合状態として切削点に供給する「微量ミスト方式」を採用した。この方式だと、各大型旋盤に敷設されている設備を流用でき、また少ない切削液でも圧縮空気の圧力のみで確実に刃先に供給することが出来る。

このようにして、適用する大型旋盤の加工スタイルに合致させたミスト装置を考案した。その概略を図2に示す。

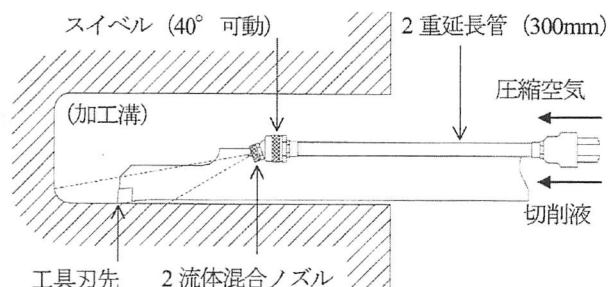


図2. 大型旋盤における切削液ミスト発生装置の概略

本方式の採用により、切削液回収機構のない大型旋盤においても、ピンポイントで無駄なく切削液を供給することが可能となった。なお、切削液の供給量は最大毎分60ml程度であり、切削液のほとんどは切削熱により気化され、液体としてわずかに残存したものは定期的に行われている廃棄油分（摺動油など）処理と一緒に処分される。

3. ミスト加工の効果検証

製作した切削液ミスト供給装置は非常に簡略的なものであり、その吐出量は圧縮空気および切削液の経路に設けられたバルブによって容易に調整できるが、有効に作用する切削液の混合比率は明確となっていない。また、ミスト加工による切削条件向上の可否もあわせて確認するため、切削速度と送り量を従来の加工条件の120%に設定し、圧縮空気圧を最大量に固定して切削液流量を変動させた比較試験を行った。

使用機械、被削材および切削条件を表3に、ミスト吐出量を表4にそれぞれ示す。また、加工後に測定したチップの各摩耗量比較を図3に、加工終了間際のチップ測温結果および加工面の面粗度測定結果を図4にそれぞれ示す。

表3. 使用工作機械、被削材および切削条件

工作機械および被削材		切削条件	
使用機械	大型100ton旋盤	切削距離 (mm)	400
主モータ出力	DC200(kW)	切削速度 (m/min)	100 120
使用チップ	CNMM190612/P25	送り量 (mm/rev)	0.45 0.54
被削材名称	発電機軸	切込み量 (mm)	4.0
被削材材質	NiCrMoV鋼	水溶性切削液	ソリュブル

表4. ミスト吐出量（切削液混合比率）

切削条件	1				2			
空気圧 (MPa)	-	-	-	-	0.46	0.46	0.46	0.46
切削液 (ml/min)	-	-	30	40	50	60	60	60

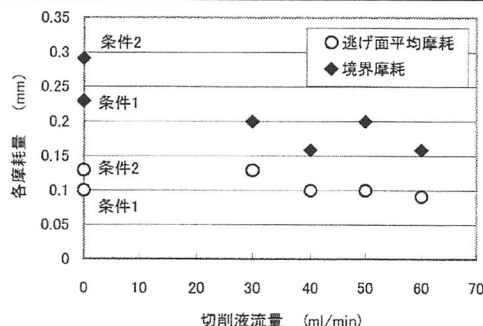


図3. 切削液流量による各摩耗量の比較

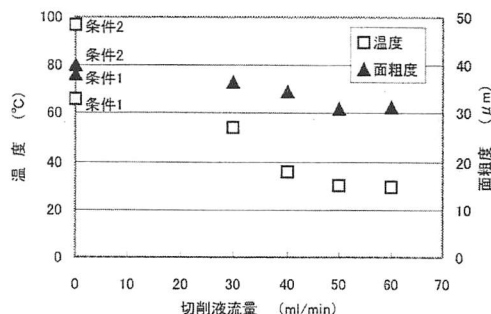


図4. 切削液流量による各測定量の比較

これから、切削条件を増加させてもミストを使用することで従来と同等以上の結果を得ることが出来た。また、効果的なミストの吐出量には上限があると考えられ、本加工における最適な吐出量は毎分40ml前後といえる。なお、摩耗量低減による工具寿命延長や切削条件の更なる向上が期待できるのみならず、加工面粗度などの品質向上にも効果があった。

4. 結言

切削液の使用が困難であった大型旋盤での旋削加工において、ミスト供給装置を用いることで以下の結論を得た。

- (1). 切削液回収装置を具備しない大型旋盤において、簡易的なミスト供給装置を採用することにより、切削液を効果的に利用することが可能となった。
- (2). ミストの最適吐出量を把握することで、無駄なく加工に供することが出来た。
- (3). ミストの活用により、工具寿命の延長や切削条件の向上が可能となり、更なる高品質が確保できた。