

ドライ切削加工による生産性向上に関する研究

－SCM435 のドライ穴あけ加工における送り速度が工具摩耗に及ぼす影響－
Study on improvement of productivity by dry cutting process.
－ Effect of the feed rate to the tool wear in dry drilling of SCM435 －

中居久明、吉田光弘*、澤武一**

(*株式会社永木精機六ヶ所村工場、**芝浦工業大学)

機械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、切削液代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は、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。

これまでドライ切削加工技術の開発を目的とし、企業ニーズに基づいて切削および穴あけ加工を検討してきた¹⁾。また、刃先交換式ドリルによるクロモリブデン鋼（SCM435）のドライ穴あけ加工の検討を行い、一方向から半分加工した後、向きを変えて反対方向から貫通させる分割加工と、穴が貫通する手前で送り速度を小さくすることで工具摩耗を抑えられることを見出した²⁾。本報では前述の分割加工と貫通手前で送り速度を小さくする方法を組み合わせたときの工具摩耗と工具温度の変化を調べたので、その結果を報告する。その結果、加工深さが 9mm の場合、貫通手前で送り速度を小さくしても工具の最高温度の低下が認められず、分割加工と貫通手前で送り速度を小さくする方法を組み合わせても、工具摩耗量を低減できないことが明らかとなった。また、加工深さが 18mm、27mm、36mm の場合、送り速度を変更する位置で工具の最高温度の極小点が存在し、工具の最高温度とすくい面摩耗は同様な傾向を示す結果を得た。

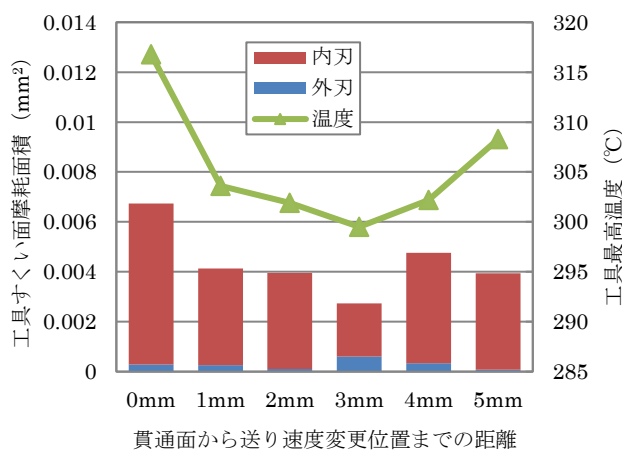


図 送り変更位置と工具摩耗の関係



(a) 送り変更位置 0mm の工具摩耗



(b) 送り変更位置 3mm の工具摩耗

図 送り変更位置による工具摩耗

1. はじめに

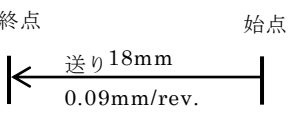
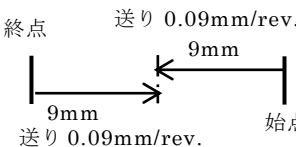
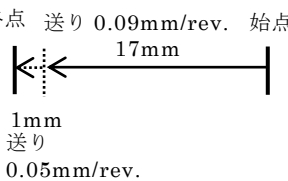
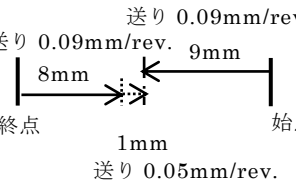
一般に機械加工において工具摩耗の抑制や品質の維持のため切削液が使用されている。しかし、加工後に付着した切削液をエアブローで吹き飛ばすため、作業環境が汚染されること、切削液の費用や切削液を循環させるポンプの電気代、更には廃切削油の処分費などコストがかかるというデメリットもある。切削液を使用しないドライ切削加工技術を県内企業に普及することにより、作業環境の汚染防止やランニングコストの削減など生産性向上が図られ、他県や外国との価格競争力の強化が期待される。

本研究ではドライ切削加工技術の開発を目的とし、企業ニーズに基づいて切削および穴あけ加工を検討する¹⁾。これまで刃先交換式ドリルによるクロムモリブデン鋼（SCM435）のドライ穴あけ加工の検討を行い、一方向から半分加工した後、向きを変えて反対方向から貫通させる分割加工と、穴が貫通する手前で送り速度を小さくすることで工具摩耗を抑制できることを見出した²⁾。本報では前述の分割加工と貫通手前で送り速度を小さくする方法を組み合わせたときの工具摩耗と工具温度の変化について報告する。

2. 実験方法

切削加工にはヤマザキマザック㈱製 NC 旋盤 QT-8 を使用した。被削材は SCM435 鋼で直径 32mm、加工長さを 18mm とした。穴あけ工具は中心刃と外刃で構成される直径 17mm の刃先交換式ドリルとし、交換刃物は TiN、AlN の積層コーティングが施されているものを使用した。刃先交換式ドリルは心もみが不要で加工工程を省略でき、刃先の再研磨が不要という特徴がある。表 1 に示すとおり加工方法は、(a) 送り 0.09mm/rev. で貫通させる加工法（通常加工という）、(b) 被削材を送り 0.09mm/rev. で一方向から 9mm 加工した後、向きを変えて反対方向から貫通させる加工法（分割加工という）、(c) 貫通手前 1mm の位置から送りを 0.09mm/rev. から 0.05mm/rev. に小さくする加工法（送り変更という）、(d) (b) 分割加工と同様に一方向から加工した後、向きを変えて反対方向から加工し、貫通手前 1mm の位置から送りを 0.09mm/rev. から 0.05mm/rev. に小さくする加工法（分割+送り変更という）の 4 種類とした。切削速度は全て 155m/min とし、穴あけ加工の間隔を 43 秒として 20 穴まで加工を行った。工具の温度上昇の傾向を調べるため、ドリルのオイルホールに熱電対を通し、交換刃物（外刃）の裏面に取り付け、データロガーで温度データを収集した。その時の 1 個の穴あけをするまでの最も高かった温度を最高温度と定義する。工具摩耗評価は、輪郭形状測定機(株)ミットヨ製 CV-4500H4 で加工前と 20 穴加工後の交換刃物断面形状を図 1 (i) に示す 9 箇所測定し、図 1 (ii) のように摩耗面積の比較を行った。

表 1 穴あけ加工方法

(a) 通常加工	(b) 分割加工
	
(c) 送り変更	(d) 分割+送り変更
	

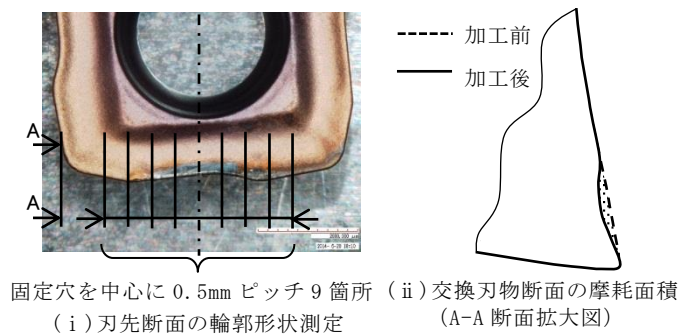
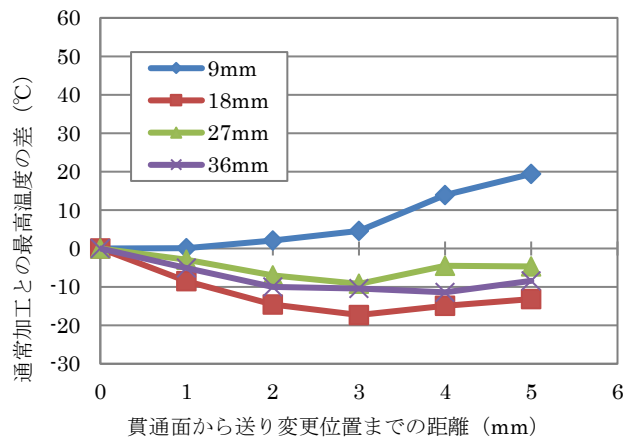
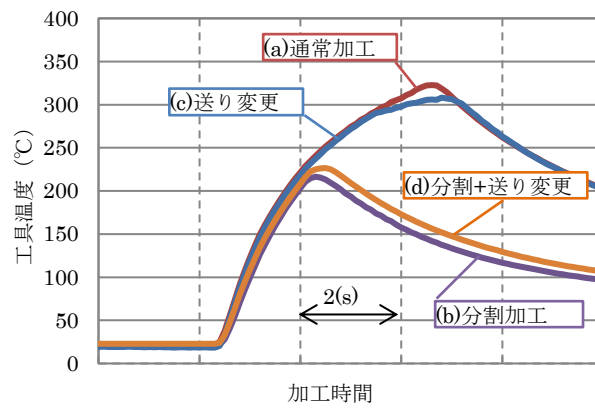
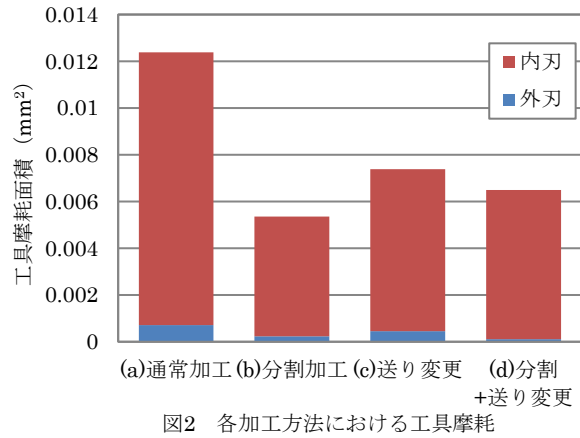


図1 輪郭形状測定機による工具摩耗評価方法

3. 結果

図2に各加工方法における工具摩耗面積を示す。(a)通常加工は、内刃が 0.0117mm^2 、外刃が 0.0007mm^2 、(b)分割加工は、内刃が 0.0051mm^2 、外刃が 0.0002mm^2 、(c)送り変更は、内刃が 0.0069mm^2 、外刃が 0.0005mm^2 、(d)分割+送り変更は、内刃が 0.0064mm^2 、外刃が 0.0001mm^2 であった。(d)分割+送り変更は(b)分割加工と(c)送り変更を組合せて工具摩耗を減少させることを狙ったものであったが、(b)分割加工より工具摩耗が大きかった。図3に交換刃物裏面に取り付けた熱電対により測定した工具温度の変化を示す。(b)分割加工と(d)分割+送り変更については、向きを変えて反対方向から加工したときの工具温度変化を示す。最高温度は(a)通常加工は 323°C 、(b)分割加工は 216°C 、(c)送り変更は 308°C 、(d)分割+送り変更は 226°C であった。前報で述べたとおり、(c)送り変更は送りが小さくなることで工具への負荷が小さくなるため、温度上昇が緩やかになった。高温領域においては室温との温度差により冷却効果が生じ(a)通常加工より最高温度が低くなったと考えられる。(d)分割+送り変更でも(c)送り変更と同様な効果を期待していたが、(b)分割加工より最高温度が高くなり、その結果、工具摩耗も大きくなったものとする。

ここで、(b)分割加工より(d)分割+送り変更の方が工具の最高温度が高くなった原因を解明するために、加工深さと送り変更位置が及ぼす工具の最高温度への影響を調べた。加工深さを9mm、18mm、27mm、36mmとし、穴の貫通位置から送り変更位置の距離を0mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、18mmとした。切削速度を 155mm/min 、送り変更位置で送り速度を 0.09mm/rev. から 0.05mm/rev. に小さくした。図4に加工深さと送り変更位置が及ぼす工具の最高温度への影響を示す。送りを変更せず加工を行ったときのそれぞれの最高温度を基準として、その温度差で表した。加工深さ9mmは送り変更位置が貫通面から離れていくと共に最高温度は高くなる傾向がある。加工深さが小さい場合、穴が貫通する手前で送り速度を小さくしても工具の最高温度を低くすることができず、工具摩耗を抑制する効果が期待できない。一方、加工深さ18mm、27mm、36mmのときは送り変更位置が貫通面から離れていくに従い最高温度は低くなってから、3mmの位置を極小点として再び最高温度は高くなった。また、貫通面から送り変更位置までの距離と工具摩耗の関係から、すくい面の摩耗が工具の最高温度の変化との傾向が類似することが判明した(図5)。図6に送り変更位置を0mm、3mm、18mmで加工後の内刃の写真を示す。送り変更位置が3mmの摩耗が少ないことが分かる。すくい面摩耗は工具材料と被削材が高温で化学反応することによって生ずるため³⁾、工具の最高温度の変化と同じような傾向を示したものとする。



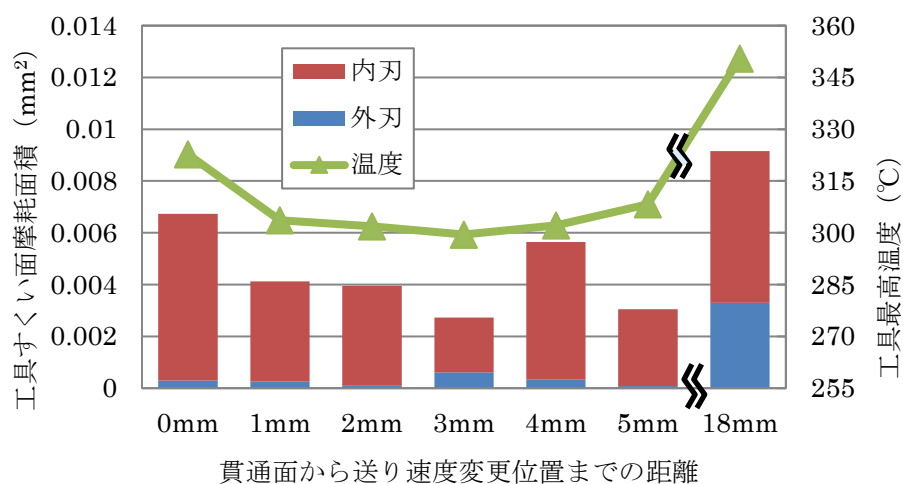


図5 送り変更位置と工具摩耗の関係

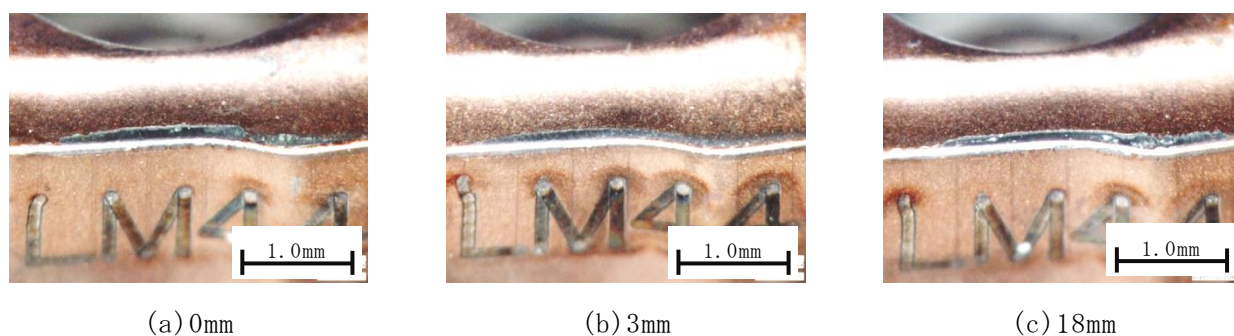


図6 各送り変更位置での工具摩耗（内刃）

4. まとめ

刃先交換式ドリルによる SCM435 鋼のドライ穴あけ加工について、分割加工と貫通手前で送り速度を小さくする方法を組み合わせ、工具摩耗と工具温度の変化を調べた結果は以下のとおりである。

- (1) 加工深さが 9mm の場合、貫通手前で送り速度を小さくしても工具の最高温度の低下が認められず、工具摩耗量を低減できない。
- (2) 加工深さが 18mm、27mm、36mm の場合、送り速度を変更する位置で工具の最高温度の極小点が存在する。
- (3) 工具の最高温度とすくい面摩耗は同じような傾向を示す。

5. 参考文献

- 1) 中居, ほか：切削加工における環境負荷低減および生産性向上研究, 平成 23 年度版地方独立行政法人青森県産業技術センター工業部門業務報告書 (2011)
- 2) 中居, ほか：クロムモリブデン鋼のドライ穴あけ加工に関する研究, 精密工学会春季大会学術講演会論文集, 245 (2015)
- 3) 狩野勝吉：難削材の切削加工技術, 工業調査会, 129 (1989)