

複合立旋盤による大型製品の効率的な加工に関する研究

(株)日本製鋼所 青野文朗 高佐成樹 須藤英一 宿村孝博 ○今村祐輔 片山真登

要 旨

複合立旋盤は一度の取付けで旋削と転削の両方に対応できるため、一般的に溝や穴など転削を要する部位を持つ複雑な円形物の加工に適するといわれている。本報では複合立旋盤の活用範囲拡大を目指し、立旋盤でも加工可能な単純円形物に対してより効率的な加工方法を確立したので報告する。

1. 緒 言

大型複合立旋盤(以下、ターンミラー)は図 1 に示すように大型立旋盤と外観は似ているが、ツールバー先端部はアタッチメント交換方式となっており、旋削用と転削用のアタッチメントがそれぞれ複数備えられている。これらのアタッチメントを使い分けることにより、一度の取付けで旋削加工と転削加工の両方に対応することができる複合加工機となっている。そのため、ターンミラーは一般的に溝や穴など転削を要する部位を持つ複雑な円形物の加工に適するといわれている。

しかし、ターンミラーで加工する製品のすべてが転削を必要とするものではなく、旋削のみで対応可能な円筒形状や円盤形状、球面形状など単純円形物の加工も少なくない。

本報ではこれら単純円形物に対して、ターンミラーを活用し、旋削加工よりも効率的な加工方法を確立したので報告する。

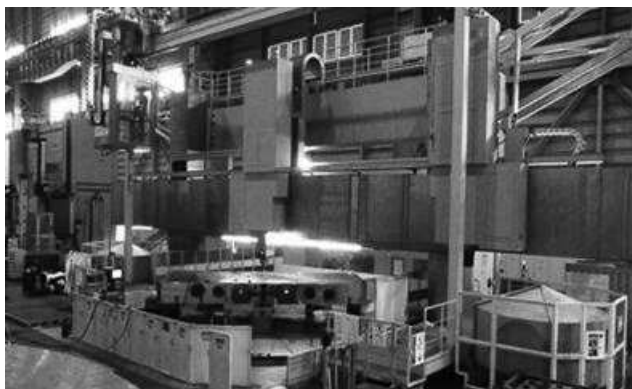


図 1 大型ターンミラー(加工物最大重量 400ton)

2. 大型立旋盤加工における問題点

立旋盤は被削材を載せたテーブルを回転させるという構造上、旋盤に比べ高速回転が難しいという特徴がある。特に大型の立旋盤は被削材が重く、大きくなるためテーブルはよりトルク重視のものとなり、最高回転数は数十回が限界となる。

そのため、円盤形状や球面形状など回転中心まで加工を要する被削物では適切な切削速度が得られない部分が多く生じてしまう。切削速度の低下は、むしろやびり振動の発生による加工面不良や切りくずが伸びることによる処理性の悪化など、加工効率を落とす要因となっていた。

そこで、ターンミラーで回転中心まで加工を要する単純円形物を加工する際、旋削加工では切削条件が低下してしまう部位に対して転削加工を適用することで、立旋盤よりも短時間で加工を行うことができないか検討を行った。

3. 転削による回転中心部加工の検討

3-1. 転削による中心部加工における問題点検証

ターンミラーで回転中心部の転削加工試験を実施し、転削における問題点の検証を行った。試験は横中剝盤等の転削用工作機械で使用実績のある比較的切削抵抗の小さい多機能カッタにて実施した。表 1 に切削条件と加工概観を示す。

この試験で中心部の掘込み、幅広げともに加工可能であることが確認できたものの、排出された切りくずが工具に絡まることが多く、工具の突発破損が多発する結果となった(図 2)。切りくずが絡まった原因として波形切刃インサートを使用したことで切りくずが糸状となってしまったことが考えられる(図 3)。

また、加工時間については絡まった切りくずの処理と工具交換に時間が取られたことで旋削加工時からほとんど短縮することが出来なかった。

以上のことから、使用工具と加工方法それぞれに見直しが必要であるといえる。

表 1 加工試験の切削条件と加工の概観

使用工具	多機能カッタ ($\phi 160$ 6枚刃)	
インサート	$\phi 20$ 丸形(波形刃)	
加工方法	ヘリカル加工	
切削速度	200 m/min	
送り	600 mm/min (0.25 mm/tooth)	
切削幅	160 mm(掘込み) 120 mm(幅広げ)	
切込み	3 mmピッチ(掘込み) 5 mmピッチ(幅広げ)	



図 2 カッタに絡まった切りくず 図 3 切りくずの様子

3-2. 加工工具の検討




3-1 の検証試験結果を基に使用工具の再検討を行った。表 2 に検討した工具と評価結果を示す。

掘込み加工は検証試験で使用した多機能カッタに替わるものとして、A のスローアウェイドリルによるドリリングと切りくずが絡まりづらい B の丸形インサート(ストレート刃)多機能カッタについて評価を行った。その結果、スローアウェイドリルは水溶性切削油を使用しなければならず、加工後の清掃に時間を要することや底部の削り残しの除去加工が必要になることから B の

多機能カッタを使用することとした。また、切刃が波形からストレートになることで切削抵抗の増加が懸念されることから、インサートの大きさはφ20mmからφ16mmへと小さくしている。

幅上げ加工については、径方向に比べて軸方向の剛性が高いターンミラーの特性を活かし、加工時間をさらに短縮するためプランジカッタを使用することとした。

表2 検討した工具と評価結果

工具名称	多機能カッタ	A スローアウェイドリル	B 多機能カッタ	C プランジカッタ
インサート	φ20mm丸形(波形刃)	専用角形	φ16mm丸形(ストレート刃)	矩形縦型
加工方法	ヘリカル	ドリリング	ヘリカル	プランジ
加工時間	△	◎	△	◎
手扱い時間	△	×	◎	○
切削抵抗	○	○	△	○
切屑処理性	×	△	○	○
加工面	○	×	◎	△
カッタ形状				

3-3. プランジ加工による幅上げ方法の検討

3-2 で採用したプランジ加工は加工効率が低い反面、次に示す問題があることから、これらを解消する加工方法について検討を行った。

- ① 割込み加工時は切削幅が広がるために切削抵抗が高く、切削条件が上がらない
- ② 底面に加工が到達する際、全ての切刃が接触することによる切削抵抗の増加が著しく、ビビリ振動や工具損傷が生じやすい
- ③ 切りくず詰りによる工具破損が起きやすい

まず、割込み時の切削抵抗低減を図るため千鳥形状に加工する方法を検討した。この加工方法は幅を上げながら段階的に割込むため切削幅を狭くすることができ、切削抵抗の低減が期待できる反面、段数を増やし過ぎると加工回数が増加し時間が逆に増加することとなる。そこで、最適な加工段数を決めるため複数の加工パターンを検証し、図4に示すように3段階で割込む方法を採用した。

②と③の問題点については、図5に示すように2°傾けて送り、堀込み部に対して加工深さを0.2mm浅くする方法を考案した。この加工方法はカッタボディと加工面の隙間が広がることによる切りくず詰りの抑制、底面加工時の切削抵抗増加を防ぐことが期待できる。

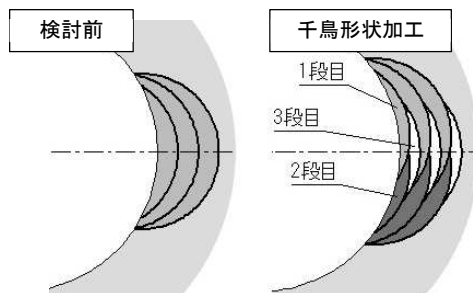


図4 千鳥形状の割込み加工

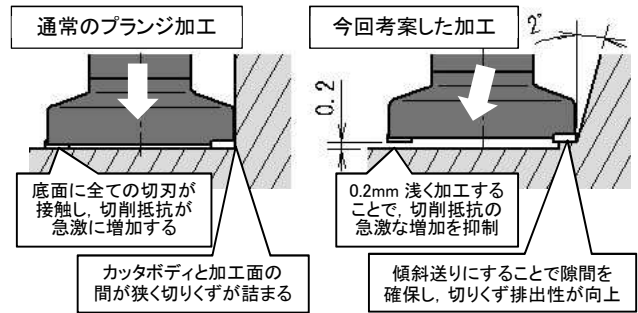


図5 プランジ加工の概要

4. 実機加工での評価

これまでの検討結果を基に実機加工を実施した。表3に切削条件、図6に加工中と加工後の様子を示す。加工は中心からφ600mmの範囲に対して転削加工を実施しており、ターンミラーと被削材との干渉を回避するため工具突出し量が加工試験時よりも長い。切削条件は低くなっている。

実機加工の結果、検証試験で問題となった切りくずの絡まりや工具の突発破損は確認されず、問題無く加工を完了することができた。加工時間については、検証試験時よりも加工条件が悪かったものの、同一の被削物を立旋盤で加工した実績に比べ加工時間をおよそ半分まで短縮することができた。

表3 実機加工の切削条件

名称	多機能カッタ	プランジカッタ
インサート	φ16mm丸形	矩形縦型
カッター径(mm)	φ80	φ150
刃数	4	8
加工箇所	堀込み	幅上げ
加工方法	ヘリカル	プランジ
回転数(rpm)	420	320
切削速度(m/min)	105	150
送り	(mm/min)	336
	(mm/tooth)	0.2
切込み(mm)	3	10
切削幅(mm)	120	60

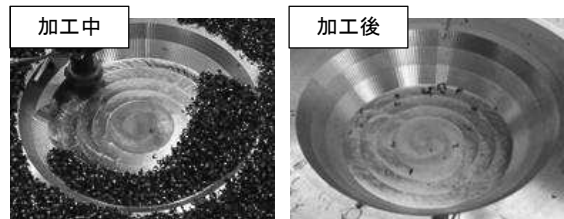


図6 実機加工の様子

5. 結 言

本報では、単純円形物に対してターンミラーを用いることで立旋盤による旋削加工よりも効率的な加工方法を検討し、以下の成果を得た。

- (1) 旋削加工では十分な切削速度を得ることが難しい回転中心領域に対して転削加工を適用する方法を確立し、加工時間を大幅に削減した
- (2) ターンミラーでの転削による堀込みと幅上げ加工に適した加工方法の検討を行い、ヘリカル加工とプランジ加工を併用する効率的な加工方法を確立した
- (3) 今後は排出された切りくずの効率的な回収方法についてさらに検討をすすめる