

旋削中割り加工による長尺大径の止まり穴加工方法確立

(株)日本製鋼所 室蘭製作所 青野文朗 高佐成樹 須藤英一 宿村孝博 ○今村祐輔

要 旨

現在所有している中割り加工機では加工精度、機械のストローク不足などの問題で加工が難しい長尺大径の止まり穴加工に対応するため、既設の大型旋盤のベッドに取り付け可能な大型中割り加工装置を新たに開発し、その効率的な加工方法を確立したので報告する。

1. 緒 言

大型鍛鋼製品は保守・メンテナンス等の観点から接合部を極力減らした一体型に対する要望が高く、大きな付加価値のひとつとなっている。近年、需要が見込まれる一体型製品のひとつに蓋以外を一体化したコップ状の製品が挙げられる。図 1 に製品の代表的な形状を示す。被削材をコップ状に加工するには長尺大径の止まり穴加工が必要であり、貫通した筒状のものに比べると加工が難しく、現在所有している中割り加工機では様々な問題から加工が困難であった。

本報ではこの大径長尺のコップ状製品加工に対応するための大型中割り加工装置を製作し、効率的な加工方法を確立した内容について報告する。

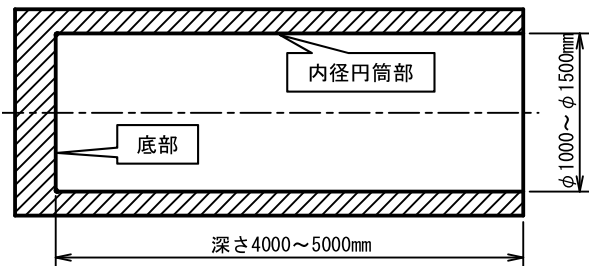


図1 コップ状製品の代表的な形状(断面図)

2. 既設の中割り加工機による加工の問題点

2-1. ツールバーのストロークと剛性の不足

現在所有している中割り加工機のツールバーストロークは約3000mmであり、貫通した円筒状製品であれば両側から加工することで対応可能であった。しかし、コップ状に加工する場合は片側から深さ5000mmの加工が必要であり、現状のストロークでは加工することができない。ツールバーを延長する改造を行うことも可能ではあるが、構造的にツールバー剛性の大幅な低下が予想され、切削条件低下や加工精度確保が困難となる。

2-2. 加工部の監視

中割りは円筒内部での加工となるため、加工点が見え難く、現状でも端面からぎりぎり見える状態となっている。そのため、加工深さが5000mmとなった場合は目視による加工状況の監視がほぼ不可能であり、突発的な工具損傷等の不具合を察知することが非常に難しくなる。

2-3. 底部加工

コップ状製品の加工には内径円筒部の他に底部の加工が必要となる。底部は回転中心までの加工が必要となるが、旋削では回転中心付近で十分な切削速度が得られないため、加工効率が大きく落ちる上にむしろの発生など加工面も悪化してしまう。

また、現在所有している中割り加工機はNC装置や微い加工の機能を備えていないため、内径円筒部から底部へ滑らかに繋ぐことが難しく、要求精度を満たすことが困難な状態にある。

2-1から2-3で挙げた問題を解決しつつ、効率的にコップ状製品の加工を行うことは既設の中割り加工機では構造上難しいと判断し、新たな大型中割り加工装置導入の検討を行った。

3. 大型中割り加工装置の設計・製作

2で示した問題を解決し、より効率的な中割り加工が行える工作機械を検討したが、図1の製品サイズに対応する中割り加工機は市場に無く、専用設計の特殊機械となってしまった。そこで、保守性やコスト、納期を考慮し、現在所有している大型旋盤のベッドに取り付ける大型中割り加工装置を自社で設計・製作した(図2)。この大型中割り加工装置の特徴を以下に示す。

- ・5000mmの加工深さにおいても十分な剛性が得られるように断面が□700mmの一体鍛造ラムを採用している
- ・先端部をユニット交換方式とし、ユニットを換えることで旋削とミリングの両方に対応できるようにすることで、底部をより効率的に加工できるようにしている(加工方法は後述)
- ・各ユニットの先端部に監視カメラを備え、中割り加工時でも目視による加工状態の常時監視が可能
- ・NCを搭載し、各軸の高精度な制御が可能となり従来よりも加工精度を向上させている
- ・自社組立のため、保守が自社で行える
- ・既存の旋盤用刃物台はそのまま使用できるため、製品の内部と外部の加工に対応できる多機能性を確保している

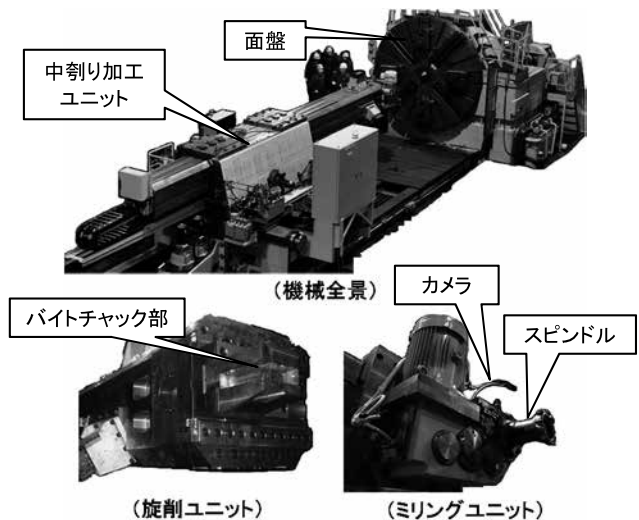


図2 製作した中割り加工装置

4. 最適な加工方法の検討

中削り加工で被削材をコップ状に加工する場合、その加工工程は内径円筒部の旋削加工と底部加工に大別され、それぞれの最適な加工方法について検討を行った。

4-1. 内径円筒部旋削加工

今回製作した中削り加工装置は高剛性のラムを採用しているが、外径旋削と異なり工具突出し量が最大 5000mm と長くなるため剛性面で不利となる。特に切削抵抗の大きい重切削加工では外径旋削用工具が使用できない可能性が懸念された。

そこで、中削り加工装置に適した重切削用旋削チップの評価試験を行った。試験はラムの突出し量を変えながら加工の可否と切りくずの状態から評価している。表 1 に使用チップの概要と試験結果を示す。

試験の結果、外径旋削の重切削加工において高い耐久性を示す切れ刃強化チップ（チップ A, チップ B）は切削抵抗増加による振動が酷く、チップの欠損を逆に助長しており、切削抵抗を小さくして振動を抑制した方が中削り加工では効果的で、5000mm のラム突出し量にも対応できることが確認できた。また、切りくずについては外径旋削よりも伸びる傾向があり、強めのブレーカ選択が効果的であることが分かった。

表 1 使用チップの概要と試験結果

チップ名	切れ刃形状イメージ	切削抵抗	ブレーカ	ラム突出し (mm)	切削速度 (m/min)	送り (mm/rev)	切込み (mm)	結果			
								A	B	C	D
A		△	中	試験1 3000	70	1.0	20	△	△	△	○
B		△	強					×	×	△	○
C		○	中					×	×	△	○
D		◎	強					×	×	△	○

4-2. 底部加工

底部は被削材の回転中心までの加工となる。しかし、旋削では既設の中削り加工機と同様、回転中心付近で十分な切削速度が得られず、むしろ振動による加工面不良、切りくずが伸びることによる切りくず処理性の悪化など、加工効率を大きく落とすことになってしまう。

一方、ミリングで底部を加工した場合は切削速度の問題がないため、均一かつ良好な加工面を得ることができる。その反面、旋削で十分な切削速度が得られる範囲ではミリングの加工効率は旋削に大きく劣ってしまう。

そこで、旋削において面盤が最高回転数に達し切削速度が低下し始めるφ580mm よりも回転中心側をミリングで、それ以外を旋削で加工する方法を検討した。

4-2-1. ミリングによる底部中心の加工検討

最適な工具と切削条件を調査するため、試験材を用いた加工試験を実施した。図 3 に試験概要を示す。加工は被削材を回転させてカッタを押し付けるヘリカル加工とし、使用カッタはスピンドルモータ出力からφ200mm 以下のものを選定している。

表 2 に使用工具の概要と試験結果を示す。当初は良好な加工面を得られるカッタ A のみでの加工を期待していたが、カッタ A はピッチを 1mm より大きくすると振動が酷く加工が困難な状態であった。これに対し、低切削抵抗タイプのカッタ B は加工面が悪いものの、ピッチ 2mm でも振動が少なく安定した加工が行えることが確認できた。

また、切削条件の向上を狙いφ100mm のカッタ A でも試験を実施したが、φ200mm のカッタ B 加工時の効率を上回るほど切削条件を上げることができなかった。

これらのことから、カッタの交換作業が必要になるものの、カッタ B による粗加工の後、カッタ A で仕上げ加工を行う方式が最も効率的であるという知見が得られた。

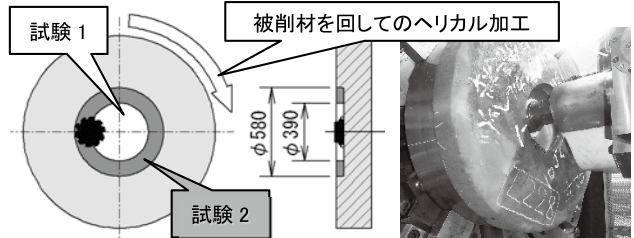


図 3 ミリング加工試験概要

表 2 使用工具の概要と試験結果

工具名称	多機能カッタ A	多機能カッタ B	使用工具	切削速度 (m/min)	送り (mm/min)	切込み (mm)	結果
チップ	φ20mm丸形 (ストレート刃)	φ20mm丸形 (波刃)	試験1 中心φ390	130	300	多機能カッタA (φ200)	ピッチ 1 ○
加工時間	△	◎				多機能カッタB (φ200)	ピッチ 2 ×
切削抵抗	△	○				多機能カッタA (φ200)	ピッチ 1 ○
切削処理性	○	○				多機能カッタB (φ200)	ピッチ 2 ×
加工面	◎	△	試験2 φ390-φ580	130	200	多機能カッタA (φ200)	ピッチ 1 ○
カッタ形状						多機能カッタB (φ200)	ピッチ 2 ○
						多機能カッタA (φ100)	ピッチ 3 ○

4-2-2. 旋削による底部外周の加工検討

底部の旋削加工ではミリング加工部との境界に段差が生じることが最も懸念される。そこで、4-2-1試験後の試験材による加工試験を行った。図 4 に加工後のミリング加工部と旋削加工部の境界を示す。切削パターンの違いから境界ははっきり見えるものの、段差は無く良好な加工面が得られた。

さらに加工時間の短縮を図るため、ミリングユニット先端に旋削バイトを取付けるアダプタを製作し、旋削ユニットへの交換時間削減にも成功している。

以上の検討結果を基に実施した実機加工後の製品を図 5 に示す。加工後の測定では寸法精度、面粗度ともに要求仕様を満足できていることが確認できた。

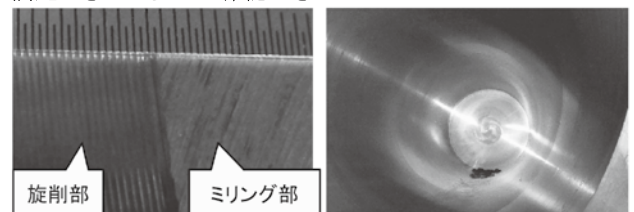


図 4 底部の加工境界

図 5 実機加工後の内部

5. 結 言

本報ではコップ状の一体型製品を効率的に加工する工作機械、および加工方法について検討を行い、以下の成果を得た。

- (1) 現有の大型旋盤に取り付ける大型中削り加工装置を自社で設計・製作し、長尺大径の中削り加工が可能となった
- (2) 今回製作した中削り加工装置の特性に適した重切削用工具および加工方法を確立した
- (3) 旋削とミリングを併用したコップ状製品底部の中削り加工方法を確立した