

大型横中割り盤およびターンミラーによる効率的な高精度深穴加工の確立

(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

超大型リング状鍛鋼製品(外径約 9,000mm, 内径約 7,000mm, 厚さ約 1,300mm)の端面へ高精度な貫通深穴を加工する要求があり, 現状の加工方法では加工精度を満足できない可能性があった. 本報ではこれら要求に対して大型横中割り盤, および超大型ターンミラーを用いた, 効率的な穴あけならびに穴仕上げ加工方法を新たに確立したので報告する.

1. 緒 言

昨今, 弊社が得意とする超大型 600t 鋼塊から生み出される製品の多様化が進んできている. その中の 1 つにリング形状の端面へ多数の貫通穴を持つ超大型鍛鋼製品がある. 材質は炭素鋼で JIS S45C 相当材となる. 図 1 にその形状を示す. 図のように外径約 9,000mm, 内径約 7,000mm, 厚さ約 1,300mm のリング形状の端面方向に φ80mm の貫通穴が 45ヶ所ある. L/D=16 にも達する深穴で穴内面の面粗度は Ra0.8, 位置度公差は φ0.3mm が要求され, より加工を困難なものとしている.

このため, 現状の加工方法および工具では, これら要求を満たすことは困難であり, 新たな加工方法を確立する必要があった. そこで, 大型横中割り盤による深穴貫通加工方法, 超大型複合立旋盤(以下, ターンミラー)による穴仕上げ方法を検討, 確立したのでその結果を報告する.

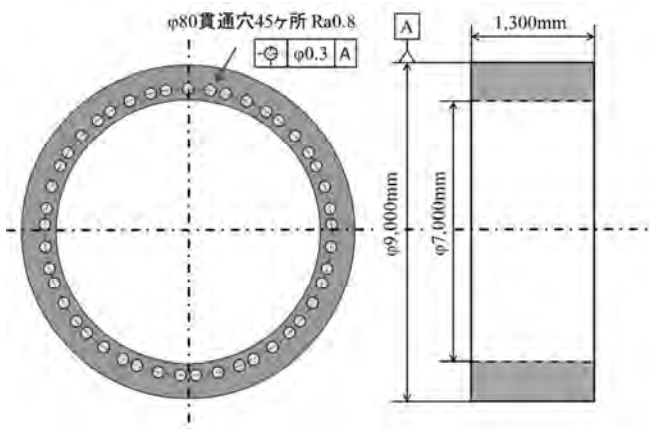


図 1 製品形状

2. 貫通穴加工方法の検討

製品形状の都合から貫通穴加工は, 横中割り盤もしくはターンミラーに限定される. 要求された精度を満たすためには, 両端面からの繋ぎ加工では不可能であり, 片端面からの通し穴仕上げ加工をする必要がある. 通し加工にあたっては, 工具やスピンドルが下向きであり, 自重によるダレを考慮する必要の無いターンミラーによる加工が最適といえる.

通し加工を行うには下穴が必要となるが, ターンミラーによる深穴ドリル加工の実績はなく, 切屑排出も困難であるため, 下穴加工は横中割り盤を用いることにした.

加工穴数が 45ヶ所と多く, 1穴あたりの加工時間の短縮も強く求められているため, ターンミラーおよび横中割り盤による高精度かつ高効率な貫通穴加工方法の検討を始めた.

3. ターンミラーによる通し穴仕上げ加工方法の検討

穴加工では, 手前から奥に向けて送りをかける押し加工が一般的であるが, 工具長 1,300mm も突出した状態では, 工具軸径が細く長くなるため, 押しにより軸がたわんでしまい精度を保つことは困難である. そのため, 押し加工ではなく, 奥から手前に向けて送りをかける引き加工を検討した. 引き加工では軸のたわみによる影響が少なく, 安定した精度を期待できる. また, 機械の真直度に倣うため, ある程度までの穴曲りを修正できる.

そこで, 引き加工工具の検討を行った. 表 1 に評価結果を示す.

表 1 検討した引き加工工具と評価結果

工具名称	ファインホーリング	強化リング & ローラーバウシング	シェルリーマ	ホーニング
工具材種	超硬	超硬	ハイス	砥石
加工効率	△	○	△	×
工具コスト	△	×	△	×
加工実績	×	×	○	×
工具形状				

表 1 の中で引き加工の実績があるリーマを適用することにした. リーマ加工のこれまでの実績から, 切込み量は最大で片面 2.0mm 程度であるため, リーマ加工代を残した片面 2.0mm (直径 4.0mm) 小さい貫通穴を先に加工する必要がある.

4. 横中割り盤による下穴加工方法の検討

φ80, L/D=16 の深穴加工を効率良く行う方法としては BTA 方式が考えられる. しかし, 横中割り盤でこれを実現するには大掛かりな設備が必要であり, 工具コストが非常に高いものになる.

その他工具では L/D=16 を片端面から貫通させることは不可能であるため, 両端面から穴あけをする繋ぎ加工となる. しかし, 仕上げに引きリーマ加工を行うため, 中間の穴深さ約 650mm 地点での繋ぎ部の段差を極力小さくする必要がある. そこで, 穴あけ工具について検討, 試験を実施した. 評価結果を表 2 に示す.

表 2 検討した穴あけ工具と評価結果

工具名称	A	B	C	D
インサート	ハイス	超硬	超硬	ハイス
ガイドバッド	無し	無し	有り	無し
加工効率	×	○	○	△
工具コスト	×	△	△	△
加工精度	×	△	○	○
ドリル形状				

まずは保有するA、Bドリルについて検討を行った。Aドリルは最も多用する工具だが、深穴加工を行うには加工効率、精度のどちらも期待できない。

もう一方のBドリルは加工効率に優れるが、精度が悪く穴曲りによって繋ぎ部に大きな段差ができる恐れがあった。

A、Bドリルでは対応が難しいため、新たにC、Dの深穴加工具についても検討、試験を実施した。

試験には1,300×1,200×530mmのブロック材を用いた。試験の結果、加工効率、精度の両面で優れ、保有するBドリルと部品を共有でき、コストも抑えられるCドリルを適用することにした。

CドリルはBドリルに類似しているが、ガイドパッドの有無が大きな差である。ガイドパッドによって切削力が分散され、真直度に優れる結果を得られたといえる。

Cドリルによって4穴加工し繋ぎ部の段差が0.2~0.4mmとなり、リーマ加工代である片面2.0mmに十分取まっていたため、リーマ発で仕上げ加工が可能と判断した。

5. ターンミラーによる通し穴仕上げ加工の試験

前述の試験材を用いて、引きリーマによる通し穴仕上げ加工を試験した。図2に加工方法を、図3に試験状況を示す。

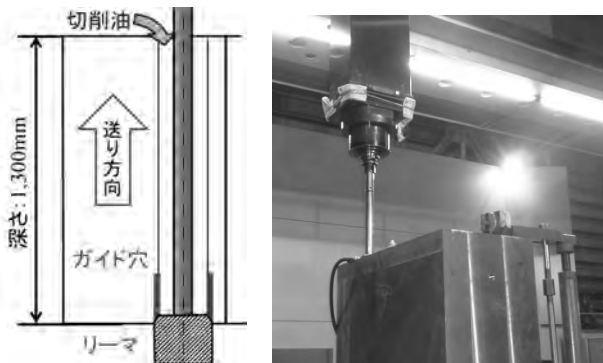


図2 引きリーマ加工方法



図3 試験状況

引き加工前に深さ100mmのガイド穴をファインボーリングにて加工した。リーマはガイド穴に入ってから加工が始まるため、ガイド穴に拘束されビビリ振動を抑えることができる。

切屑はリーマの溝を通過して下へ排出されるが、リーマの上に溜まり詰まってしまう問題が発生した。そこで、上から切削油を連続供給したところ、切屑詰まりを防ぐことができた。

試験の結果、引きリーマによる通し穴仕上げ加工によって要求された面粗度Ra0.8以内を満たすことができ、Cドリルによる繋ぎ段差を完全に取り除くことができた。

6. 実製品加工

6-1. 横中割り盤による下穴加工

横中割り盤による加工を効率良く行うため、加工方案を検討した。超大型大重量(250t)の製品であるため、できる限り段取り作業を低減することが最も効率的な加工方法といえる。今回は図4に示すようにリング状の製品を起こし、加工面を機械の正面に向けることで、最小の段取り回数となると判断した。

加工は常に製品下側で行い、①加工→前後反転→②加工→上下反転→③加工→前後反転→④加工、合計4回の段取りで加工を終えることができた。加工後の穴精度は、試験結果とほぼ同じであった。

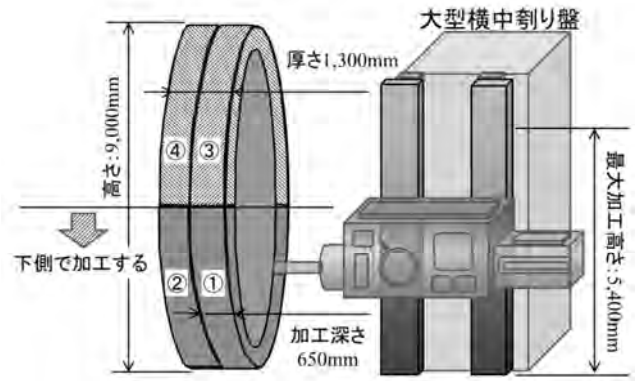


図4 起こし加工方法

6-2. ターンミラーによる通し穴仕上げ加工

加工方法を図5に、リーマ加工前の粗穴と加工後の仕上げ穴内面の写真を図6に示す。基準となる穴をX軸とY軸で位置決めを行い、以降はその穴を基準にC軸のみ使って位置決めを行うことで、穴位置精度を高めた。

ターンミラーのC軸の割出精度ならびにZ軸の真直度が良く、全穴問題なく加工完了し、寸法公差および加工肌は要求を十二分に満たすことができた。また、位置決め修正や穴曲り修正の必要がなかったこともあり、加工時間を予定より30%低減できた。

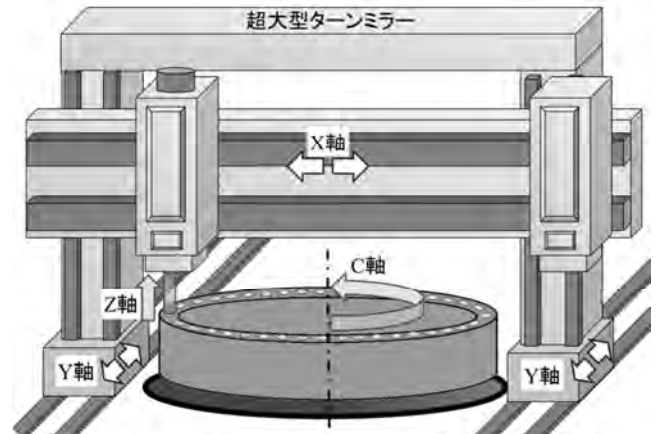


図5 ターンミラーによる加工方法

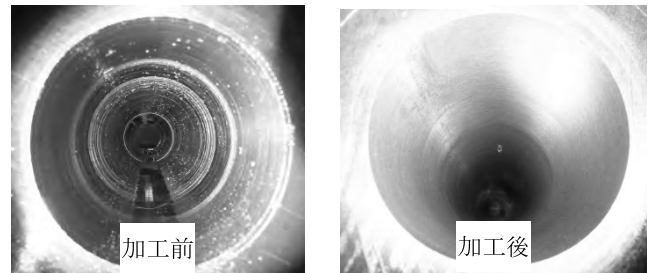


図6 リーマ加工前と加工後の穴内面

7. 結 言

本報では、L/D=16の高精度深穴加工に対応するため、治工具および加工方法の検討を行い、以下の成果を得た。

- (1)横中割り盤によるL/D=8までの高精度穴加工方法を確立し、両側から加工することでL/D=16の深穴加工に対応できた。
- (2)ターンミラーでの深穴仕上げ加工方法として、引きリーマ加工方法を考案し、効率的で高精度な加工を実現した。