

高精度な小径深穴加工方法の確立

(株)日本製鋼所 宿村 孝博 須藤 英一 ○福田 明紘

要 旨

穴あけ加工の難度は、加工径(D)と加工深さ(L)の比率 L/D で表され、L/D が高いほど加工が難しい。特に深穴加工とされる L/D=10 以上の穴あけは切りくず詰まりや穴曲がりが発生しやすく、高い精度を得る事が難しくなる。今回受注した製品の中に小径深穴である $\phi 25 \text{ mm} \times 1,200 \text{ mm}$ の加工があり、現有の工具では要求された精度や納期を満足できない可能性があった。これに対応するため新規工具・設備を導入し、高精度かつ効率的な加工方法を確立したので報告する。

1. 緒 言

近年、製品の付加価値化が進み小型化・複雑化した加工が増えている。複雑形状に対する加工事例の中でも、ロングドリルを用いた深穴加工は「精度不良」が問題となっており、「穴曲がり」や「切りくずつまり」が主な原因として挙げられている。

今回受注した製品は図1に示すような形状である。材質は Cr-Mo-V 鋼であり、製品には 24 か所の貫通穴 (L/D = 47: $\phi 25 \text{ mm} \times 1,200 \text{ mm}$) が存在する。穴曲がり要求は加工深さ 1,000mm で 0.5mm 以内と高い精度が求められているうえに製品数も多く、短納期であることが課題となっていた。

現有の工具・設備ではこれら要求を満足できないため、工具改善・加工方法の確立および複数台で同時に加工をする必要があった。本報では上述の小径深穴加工において高精度かつ効率的な加工方法を確立し、同時複数台加工を実現したので報告する。

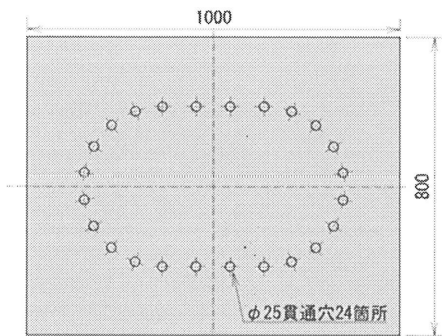


図1 製品形状

2. 貫通穴加工方法の検討

L/D = 47 にも達する深穴であるため、ガンドリルによる加工を検討した。ガンドリルとは、ドリル先端から高圧の切削油を噴射し回転を伴うことで、切りくずを連続的に排出しながら加工することができる。そのため、一般的なツイストドリルでは難しい深穴を高精度で加工することが可能である。

しかし、今回の製品は穴曲り精度の要求が厳しいため、片端面からの貫通だと精度を満たすことが困難である。そこで、両端面から繋ぎ加工し加工深さ 600mm に抑え、穴曲りを抑制することにした。

加工深さ 600mm でも L/D=24 と深穴であることに変わりなく、ガンドリル加工の導入を検討した。

ガンドリル加工の導入においては以下の問題点がある。

- ・高圧給油装置など専用の装置が必要である
- ・複数台同時加工のためには専用装置が複数必要である
- ・給油装置を複数、製作するには時間・コストがかかる

これらの問題を解決するため、給油装置の製作と同時に、より低コストでガンドリル加工が可能な装置の製作を検討した。

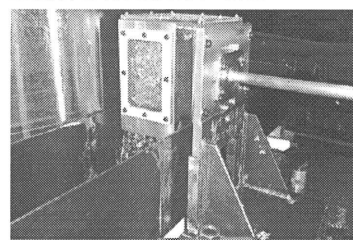
3. ガンドリル用給油装置製作

ガンドリルによる加工を導入するため、新規設備を検討した。加工機械は現有の横中ぐり盤を使用することとし、必要な装置は、保守性やコストの面から自社で製作した。

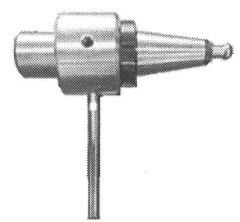
3.1 高圧給油装置製作

製作した装置および特徴を以下に示す。

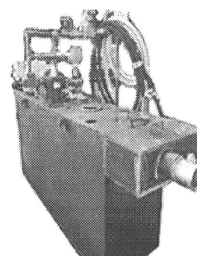
- ・ダストボックス: 工具の防振、切りくずの飛散を防ぐ。
- ・高圧回転給油ホルダ: 最高給油圧力 3MPa 程度に設計・製作した。
- ・油ポンプ装置: 未使用タンクを改造設計し製作した。
- ・インバーターユニット: ポンプモータのインバータ化により、流量制御を行えるようにした。



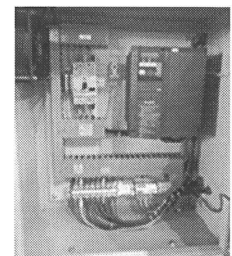
(ダストボックス)



(高圧回転給油ホルダ)



(油ポンプ装置)



(インバーターユニット)

図2 製作した装置

3.2 簡易エアミスト供給装置構築

高圧給油装置を複数製作するにはコスト・時間がかかることから困難であった。そこで高圧ユニットを使用しない簡易エアミスト給油装置(図3)を構築した。必要な道具は切削油タンクとドリルホルダのみである。また、高圧切削油でなくオイルミストを使用するため切削油や切りくずを受け止めるダストボックスが不要であり、段取りが容易となる。しかし、高圧給油形式に比べると刃先の冷却効果および切りくずの排出性が劣るため加工性能の低下が懸念される。上述2種類の給油装置をガンドリル加工に使用し、加工性能の調査および比較を行うこととした。

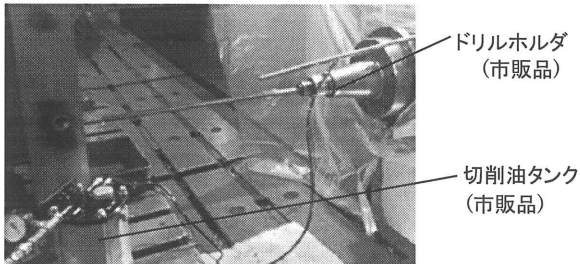


図3 簡易エアミスト供給装置

4. 使用工具による加工精度の確認

今回はロウ付けガンドリルとスローアウェイ式ガンドリル(以下TA式)の2種類を用意した。ロウ付けガンドリルは刃先とガイド部が一体構造であるため、高精度を期待できる半面、工具費は高止まりとなる。消耗時には再研磨することで再使用可能ではあるが、再研磨の精度によってドリルの精度も影響されるため、高度な研磨技術が必要である。また、研磨中は使用できないのでダウンタイムが発生してしまう。

TA式ガンドリルは刃先とガイド部がその名のとおり使い捨て、交換できる構造であるため、ロウ付けから比べると精度が悪化する傾向にある。しかし、消耗する刃先とガイド部のみを交換できるため、工具費を抑えることができ、再研磨の必要もなくダウンタイムはわずかである。

3で示した高圧給油装置を使用して貫通穴繋ぎ加工の試験を行った。加工結果を表1に示す。ロウ付け、TA式どちらも繋ぎ目において0.3mm程度の段差が確認でき、どちらも要求公差内に収まっている。つまり、ロウ付けとTA式の精度差はないといえる。さらに、TA式は切りくずが細かく分断され、切りくず詰まりの恐れがなくロウ付け対比で約1.5倍の送り速度で加工できた。これらの結果からTA式ガンドリルを適用することにした。

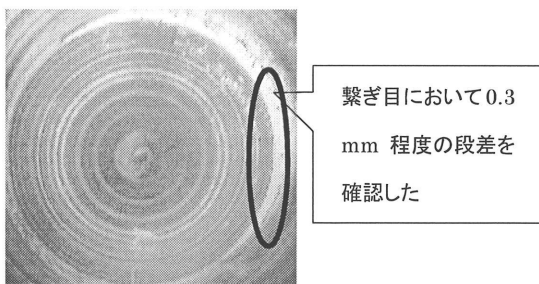
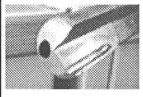


図4 貫通穴つなぎ目部

表1 使用工具の概観と試験結果

工具名称	ろう付けガンドリル	スローアウェイガンドリル
インサート	超硬	超硬 (3コーナー仕様)
切削時間	△	○
手扱い時間	○	○
作業時間 (切削+手扱い)	△	○
工具コスト	×	○
加工精度	○	○
切削速度 m/min	39	43
送り mm/min	37	55
工具形状		

5. 簡易エアミスト形式によるガンドリル加工のテスト

複数台同時加工のため3.2で示した簡易エアミスト装置を用いてTA式ガンドリルをテストした。試験結果を表2に示す。

エアミスト加工でも繋ぎ部の段差は0.3mm程度と高圧切削油と変わらない精度で加工できたが、予想通り切削条件や工具寿命の点では高圧切削油から比べて大きく悪化し、高圧給油対比で約2倍の加工時間がかかる。しかし、高圧給油装置と簡易エアミスト装置の段取り手扱い時間を比較すると、簡易エアミスト装置は高圧給油装置対比で1/5で段取りすることができた。

表2 給油およびエアミスト形式による加工結果

給油方法	高圧給油形式	エアミスト形式
切削時間	○	×
手扱い時間	×	○
作業時間 (切削+手扱い)	○	△
工具コスト	○	△
装置費用	×	○
加工精度	○	○
切削速度 m/min	43	39
送り mm/min	55	25

6. 実製品加工

高圧切削油、簡易エアミストそれぞれの加工方法で製品加工を行った。

どちらの形式でも問題なく加工でき、2台同時加工したことで要求納期内に製品を納めることができた。簡易エアミストでは手扱い時間がかからないため、製品1個あたりの作業時間でみると、高圧給油に肉薄するペースで加工することができた。

7. 結言

本報ではφ25mmの小径深穴加工において以下の成果を得た。

- (1) 自社でガンドリル専用の治具・装置を設計・製作したことで、製作費用を削減し、高精度な深穴加工を確立した。
- (2) TA式ガンドリルの性能を確認できた。
- (3) 高圧ポンプユニットを使用しないエアミスト給油方式による加工方法を確立し、複数台同時加工、工期の短縮に成功した。