

アングルヘッドを用いた導波管角フランジ加工への挑戦と気づき

○伊藤 雄平^{A)}、東 憲男、高富 俊和^{A)}、保住 弥紹^{A)}

^{A)}高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 機械工学センター

1. はじめに

機械工学センターでは、機構内における実験機器や各種装置の開発・製作支援を行っている。特に加速器研究施設からの依頼には、特殊加工を要する案件が多く、加工方法の検討を重ねながら製作を進めている。加速器では、クライストロンで発生した高周波電力を加速管へ伝送するために、長尺の矩形導波管を使用している。これらの導波管は内部を真空とするため、角フランジにより接続されている。しかし、角フランジのシール面不良などによりリークが発生すると、導波管として使用できなくなる。導波管は長尺構造であるため、通常の立型フライス盤では角フランジ部の修正加工が困難である。そこで本件では、既存の立型フライス盤にアングルヘッドを装着し、ワークを横置きで安定保持した状態のまま角フランジ部を加工できる図1の方法を採用した。本発表では、製作事例を取り上げ、傷の生じた角フランジのシール面を再加工するために工夫した治具の構成および、アングルヘッドを用いた具体的な加工方法について紹介する。

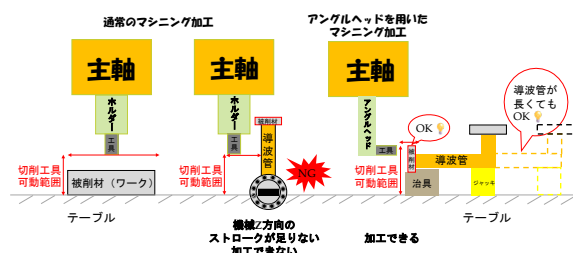


図1 アングルヘッドを用いた加工方法

2. 製作物について

2.1 導波管について

導波管とは、大出力の電波発生装置であるクライストロンで発生した電波を加速管に送るために使われる。導波管の中は真空に保たれ、電波は金属の壁にガイドされるようにして管の中を進む^[1]。しかし、導波管の取り付けや取り外しの際に、フランジのシール面へ傷が生じると、真空を維持できなくなる問題がある。

2.1 修正箇所について

今回加工した導波管を図2に示す。全長は約1mであり、銅製の導波管は90°に曲がった形状を有している。また、ステンレス合金製の角フランジのシール面には、取り外しの作業時に生じた深さ0.2~0.5mm程度の傷が確認された(図3)これらの傷を除去する為、切削加工が必要となった。さらに、導波管の長さには複数の長さが存在する為、長さの違いに対応可能な加工方法を検討する必要がある。



図2 加工する導波管角フランジ

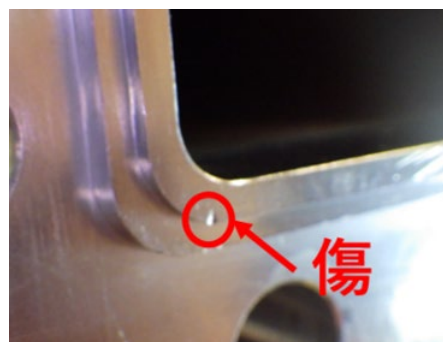


図3 シール面の傷

3. 加工方法について

3.1 加工機とアングルヘッドについて



図4 FNC128 (アングルヘッド装着時)

加工機には立型フライス盤のFNC128を使用した。

本機は、所有するフライス盤の中でも XYZ のストロークが大きく、大型部品の加工に適した機械である。図 4 に、アングルヘッドを装着した FNC128 の外観を示す。

本加工で使用したアングルヘッドは、「大昭和精機株式会社製の ANGLE HEAD BBT50-AG90/NBS20-230S」であり、シャンク径 $\phi 20\text{ mm}$ の工具も把持可能である。立型フライス盤に本アングルヘッドを装着することで、横型フライス盤と同様の加工が可能となる。なお、本アングルヘッドは FNC128 用として過去に導入されていたが、現職員による使用実績がなく、加工ノウハウも蓄積されていなかった。そのため、本加工では立ち上げ作業から実施した。

本機械および工具を使用することで、導波管の長さに依存せず、角フランジの加工が可能であると考え、本加工方法を採用した。

3.2 加工治具について

アングルヘッドを用いて導波管角フランジの加工を行うためには、角フランジの固定の為のアルミの治具が必要となる。このため、図 5 に示すアルミ製治具を新たに製作した。治具はフライス盤を用いて荒加工を行い、ベースへの固定を目的としたボルト穴加工を実施した。角フランジが接触する面およびフランジ固定用の穴加工については、アングルヘッドを装着した状態で一連の加工を行うことで、工具と治具の位置関係による誤差を低減し、加工精度の確保を図った。

また、アルミ製の治具にはボルト、おさえ板およびシム板を組み合わせて使用することで、フランジの水平、垂直方向の傾きを調整、固定できるよう工夫した。



図 5 アルミ治具製作中の様子

3.3 加工条件について

フランジ加工では、切削条件と工具オフセットを調整しながら、シール面の傷が完全に除去されるよう切削を行った。使用した加工条件等を表 1 に記す。

表 1. 加工条件等

工具	$\phi 6\text{ mm}$ 2 枚刃超硬エンドミル
回転数	1200 rpm
送り速度	48 mm/min
1 回の切込	0.1 mm
総切込量	0.2~0.5 mm
加工液	ステンコロリン（塗布）

また、加工中に導波管内へ切削油等が侵入することを防ぐため、角フランジに蓋を設け、内側にエアーを供給し陽圧にすることで、内部に油が入らない工夫を施した。加工中の様子を図 6 に示す。



図 6 導波管フランジの加工中の様子

4. 加工結果について

4.1 目視結果

加工後はバリ取りを行い、シール面を傷つけないよう、スポンジタイプのヤスリと、ダイヤモンド砥石を使用し研磨した（図 7）。目視の結果、シール面についていた傷を除去できている事を確認した。

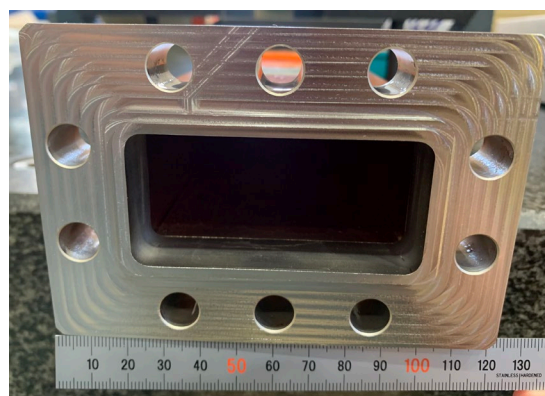


図 7 バリ取り後のフランジ表面の様子

4.2 表面粗さ測定について

次に、加工面の表面粗さ測定を実施した。V 溝付樹型ブロックにフランジを固定し接触式表面粗さ計を用いて図 8 のように測定を行った。測定方向を図

9 に、測定結果を表 2 に示す。その結果、フランジを、 $Ra0.375\ \mu m \sim Ra0.674\ \mu m$ で加工することができていることを確認した。加工後はリークなく無事納品することができた。

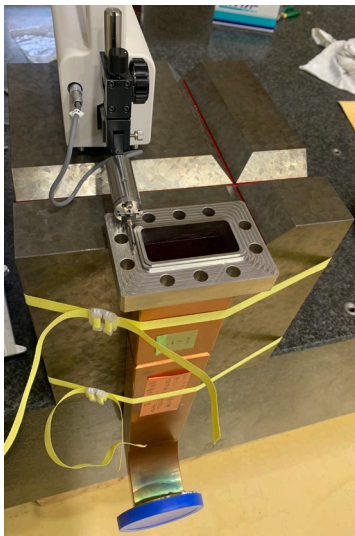


図 8 測定中

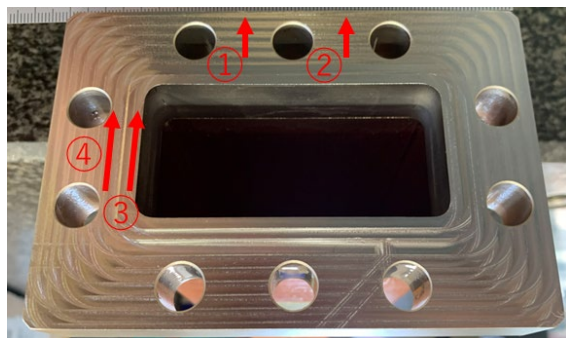


図 9 表面粗さ試験の方向

表 2 表面粗さの測定条件と結果

表面粗さ 測定場所	1 条件目 $\Lambda c : 2.5\ mm$ $L_n : 12.5\ mm$ $Spd : 0.3\ mm/s$	2 条件目 $\Lambda c : 0.8\ mm$ $L_n : 4.0\ mm$ $Spd : 0.3\ mm/s$
	表面粗さ $Ra[\ \mu m]$	
①	0.427	0.375
②	0.674	0.559
③	0.645	0.554
④	0.464	0.408

5. まとめ

今回の加工では、立型フライス盤では対応できない長尺の導波管フランジに対し、アングルヘッドおよび自作のアルミ製治具を活用し、横型による加工を実施した。切削加工によりシール面の損傷を除去し、フランジの再利用を可能とした。

加工精度を確保するため、フランジの角度および位置の微調整が可能な構造とした治具を製作し、導波管の長さ依存しない加工方法を確立した。また、最適な切削条件の選定・調整を行うことで、安定した加工精度を実現した。

参考文献

[1] 高エネルギー加速研究機構 ILC 準備室.ILC 通信
加速器図鑑：導波管.2012-04-01,
<https://www2.kek.jp/ilc/ilc-tsushin/2012/04/01/zukan-waveguide/column/>,(参照 2026-01-19)