

ワイヤ放電加工機を使った加工

石川健司

筑波大学研究基盤総合センター（工作部門）
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

ステンレス製の真空チャンバーを製作するとき、ポート（枝管）のアール加工は従来横中ぐり盤で切削加工していた。今回、複雑な形状を持つ真空チャンバーのポート（枝管）をワイヤ放電加工機で加工し、良い結果が得られたので報告する。

1. はじめに

昨年「陽電子ビーム縮小のための真空チャンバー」の試作を依頼された。このチャンバーは低速陽電子ビームラインの最終端に付けるものである。図 1 に依頼主・物理工学系上殿研究室から提供された「低速陽電子ビームラインの全体図」を示す。今回の真空チャンバーは図 1 右端の赤い点線で囲った所に位置する。

従来は切削加工で真空チャンバーのポート（枝管）接合部を加工していたが、材料の把握は中空の片持ち梁になるので、ビビリが出てしっかり把握しないと動いた。それを避けるために管の中に中子を入れてしっかり把握したが、管自体真円が出ていないので把握したときにゆがみが出て、その状態では求める形に仕上がっても、把握を外し自由な状態にするとうずれが生じることもある。しかも、ステンレス薄肉管では刃が切り込むときに材料に食い込み、刃が抜けるとき材料が逃げて切削できないし、カエリが出てやすりで落とさないと使えない、と言う困難な作業である。

平成 14 年、工作部門にワイヤ放電加工機が導入さ

れた。ワイヤ放電加工機の加工槽に入るものなら、ワイヤ放電加工機を使って加工するようになり、今まで苦労していた接合部の加工も楽にできるようになった。

2. ワイヤ放電加工機

ワイヤ放電加工機とは、細いワイヤ（直径 0.25 mm）を電極として、工作物と垂直に張ったワイヤを放電することにより、熱を発生させその熱で金属を溶かして切断する機械である。加工は水中で行うので熱による影響は少ない。ワイヤ放電加工は、加工物と工具（ワイヤ電極）が接触しない非接触加工かつ溶融加工である。ワイヤは消耗するが常時テンションをかけた状態で巻き取っているため常に新しい電極面が出て、精度の高い加工が可能になる。

工作物を固定するテーブルは NC 制御装置で駆動され、0.001 mm 台の動作も可能である。工作材料が導電性の物であれば硬さを問わず加工でき、工作物や工具電極に作用する力が少ないので、難削材の加工、硬度金属の加工、脆弱部品の精密加工に適している。これにより真空チャンバーポート接合部加工時、材料の把握に弱い力で固定できるので、把握による変形はない。またプログラムで直線・アール加工も出来るので、一度の把握で複雑な加工が可能になる。

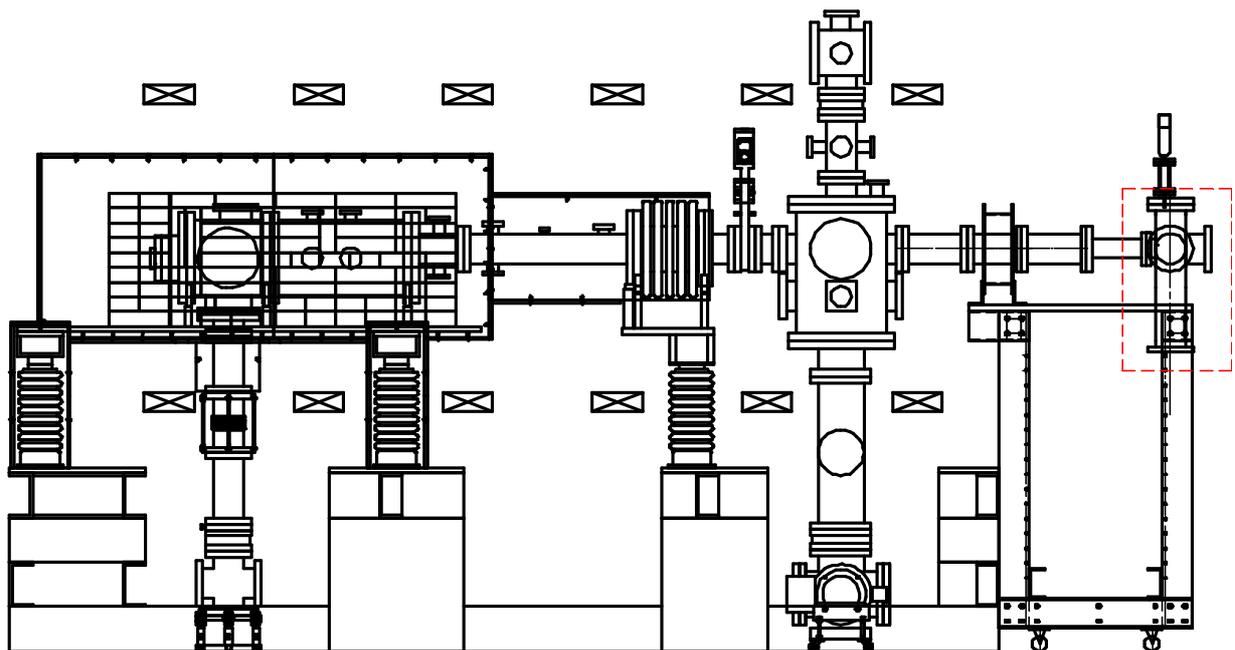


図 1. 低速陽電子ビームライン全体図

3. 真空チャンバー

3.1 試料チャンバー

今まで前段で 10 mm ぐらいまで陽電子ビームを絞れていたが、今回作るチャンバーで、陽電子ビームを 1 mm ぐらいまで絞る目的で設計されている。

真空チャンバーは 6 方向管になっており、長軸に対して直角に 90 度間隔同径のポート（枝管）が 3 本と細いポートが 1 本出ている。横から見るとクロス管に対し前後に 2 本ポートが出ている形である。各ポート（枝管）は直角で、クロス管に対して垂直に出るポートは、ずれが無い事を要求されていた。今まで同径管での製作は T 字管・クロス管（十字管）以外作ったことが無く、製作出来るか、またどうい構造にしたら作れるか想像できなかった。クロス管の交点に、同径の管を前方向に細い管を後方向に溶接可能なら作れると思い、2 次元 CAD で構造図を描いて検討した。図 2 にフランジを除いた構造図を示す。

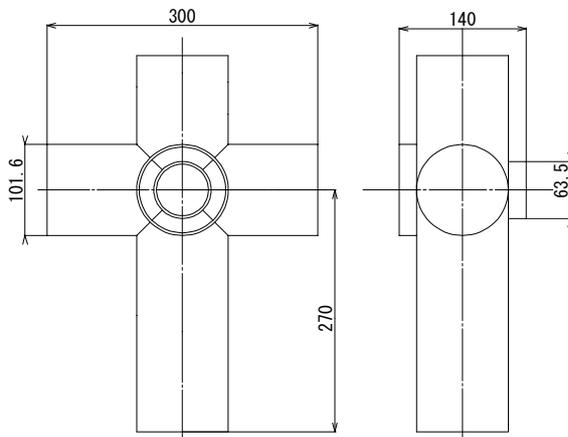


図 2. 真空チャンバー構造図

この構造図からクロス管の交点に同径の管を溶接できる事がわかったが、ワイヤ放電加工機では異径管を切断できないので、細い管に合わせた加工をし、接合部の溶接後切削加工を行い前後方向の管と合わせ加工することにする。

真空チャンバーは全てステンレス（SUS316）を使用する。管は厚さ 3 mm、直径 101.6 mm の物と、厚さ 1.65 mm、直径 63.5 mm の 2 種類を使い、フランジは ICF152 を 5 枚と ICF114 を 1 枚使う。

真空チャンバーのパイプを 6 個の部品として分けて考える。図 2 の構造図からわかるように、チャンバーの中心からフランジ端の位置は 3 本同じ 150 mm で 1 本だけが 270 mm に設計されている、形状は同じなので NC 装置が付いているワイヤ放電加工機なら一つのプログラムで、4 本同じ形状に加工できる。

3.2 製作順序

今回の真空チャンバー製作の工程を写真で説明する。

1. ステンレス管は治具で把握しワイヤ放電加工機にセットし切断する。クロス管の切断は一回の把握で加工できるが、前後方向の管の切断は治具に把握したままアール加工を行い、治具ごと 90 度回転させ、

もう一度アール加工を行う。加工後の部品（クロス管）を図 3 に示す。

2. ステンレス管を所定の長さに旋盤で加工する。
3. クロス管接合部の管を 2 本ずつ TIG 溶接で点付けし、全体が合うか確認する（図 4・図 5）。
4. クロス管を TIG 溶接する。
5. クロス管に前後方向の管を溶接するための穴の切削加工をする（図 6）。

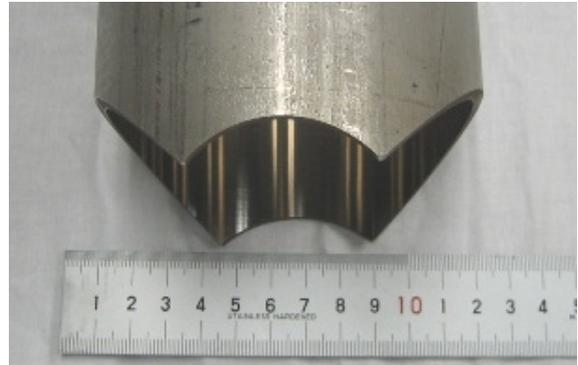


図 3. ワイヤ放電加工機で切断した管

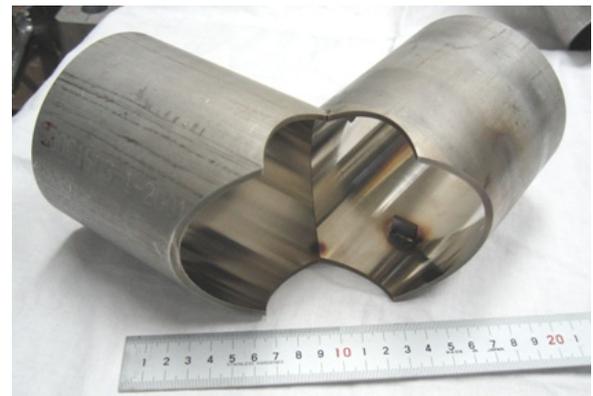


図 4. 点付けした管



図 5. 点付けした 2 組がつながるか確認する。

6. 前後方向の管を TIG 溶接し、クロス管に ICF フランジを TIG 溶接する。前後方向の管が短く、前後方向の管にフランジを TIG 溶接すると、クロス管の部分でリークしても修正できない（溶接トーチが入らない）ため、前後方向の管を治具で封じ、各 ICF フランジも封じ 6 方向真空チャンバーの中にヘリウムガスを満たしスニファー法でリークテストを行う（図 7）。

7. 前後方向のフランジを TIG 溶接し、すべてのフランジを封じヘリウムリークディテクターでリークチェックを行い完成（図 8）。

以上の作業で、陽電子縮小のための真空チャンバーを製作することが出来た。



図 6. 切削加工後の接合部



図 7. スニファーリークテストの準備



図 8. 最終リークテストを行っている。

3.3 結果

今まで苦労していたチャンバーのアール取り作業は、ワイヤ放電加工機を使って楽に加工できるようになった。また精度は高くバリが出ないので、組み合わせたときに遊びが無く、溶接する時に失敗が少なくなると思われる。

真空チャンバーは、リークも無く、現在陽電子ビームラインにセットされ（図 9）ビームの直径を 2~3 mm まで絞ることに成功している。

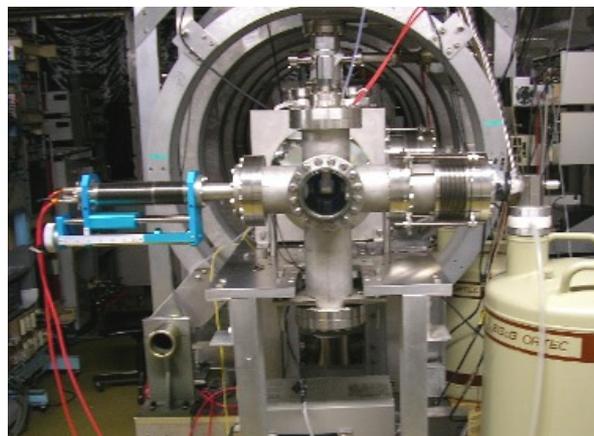


図 9. ビームラインにセットしたチャンバー

3.4 考察

TIG 溶接で仕上がった面を再切削して、あわせ加工をする時 TIG 溶接は溶け込みが浅いので、切削抵抗がかかるとビビリ、溶接面にクラックが入らないか心配したが、音だけで実際のダメージは無かった。

接合部の対向する管の径が同じなら、接合部の加工は全てワイヤ放電加工機で加工できたと思う。

部品の組み立てのときに、切断面がシャープに切断されていて、がたつきが無く楽に組み、薄肉管でも加工精度が高いのを実感した。

4. 小物部品の加工

今までワイヤ放電加工機を使って、加工した小物部品の一部を紹介する。

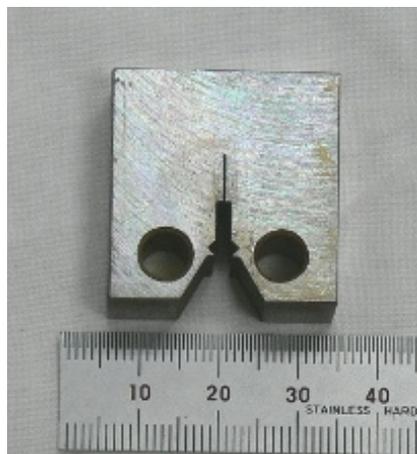


図 10. 引張試験片

この引張試験片の材質は、特殊耐熱鋼である。両面をフライス盤で仕上げ、穴加工してからワイヤ放電加工機で加工した。中心に0.5 mmのスリットが入っているがその場所は境面といい、左右別の配合の物質を高圧高温で圧接した材料である。切削加工ではスリットバリが出てスリットが入り入れられないし、斜面の途中の凹凸は加工できない(図10)。

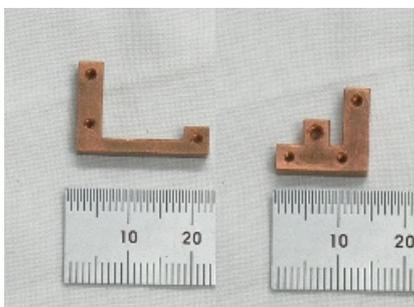


図11. 電極 (銅製板厚 3 mm)

スケールと見比べれば大きさがわかるが、板厚 3 mm で幅も 3 mm しかなく、切削加工では刃物が当たっただけで、変形しそうな部品である(図11)。

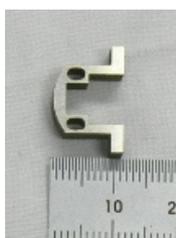


図12. 低温バイス部品

この部品は、2個一組でバイスになる部品。ステンレス(SUS304)製で厚さ2 mm。各リブの太さは2 mm以下である(図12)。

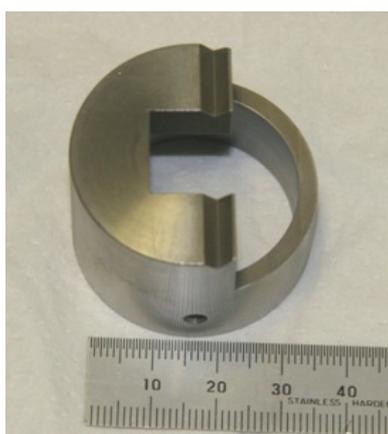


図13. ステンレス部品

この部品はステンレス製(SUS304)で、中央から少しずらした位置に幅3 mmのV溝を切りその右側を切り落とし、センターに角穴を加工した(図13)。

ここに紹介した小物部品は、いずれも切削加工すると時間がかかり、加工するための治具をつくり加工しなければならないような物である。

5. 終わりに

ワイヤ放電加工機を使うことにより、精度の高い部品の製作が簡単に出来るようになった。ワイヤ放電加工は時間がかかるが、プログラムで動くのでワイヤ放電加工機に材料をセットして、動かしておけば自分はほかの作業が出来、時間のロスにはならない。

高精度の切断という点では、ワイヤ速度・オフセット量・移動速度等設定項目が多く材料によっても変わるのでデータがまだ少なく、0.001 mmの精度までは出せていない。

まだ使いこなすと言う域まで行かないが、刃物や材料が回転する機械ではないので、安全でプログラムどおり動かせ、まだまだいろいろな使い方が出来ると思う。

6. 謝辞

本報告書作成にあたり、図面ならびに写真を提供していただいた、本学物理工学系 上殿明良助教授ならびに上殿研究室 伊東健一氏に深く謝意を表します。