

# 装置製作における各種接合法についての知識・技術の習得

○足立勇太<sup>A)</sup>、坂井優斗<sup>A)</sup>、山本遼<sup>B)</sup>、川崎竜馬<sup>A)</sup>、鴨下哲<sup>B)</sup>

磯谷俊史<sup>B)</sup>、後藤伸太郎<sup>A)</sup>、齋藤清範<sup>B)</sup>、岡本久和<sup>A)</sup>

長谷川達郎<sup>B)</sup>、森木義隆<sup>A)</sup>、中木村雅史<sup>A)</sup>、中西幸弘<sup>A)</sup>、山本浩治

<sup>A)</sup> 装置開発技術支援室 精密加工技術グループ

<sup>B)</sup> 装置開発技術支援室 システム開発技術グループ

## はじめに

装置開発技術系では、主業務として実験装置の設計・製作を行っている。特に接合を伴う装置においては、材料・用途・設計に則した最適な接合方法を判断する幅広い知識、技術が必要不可欠である。しかし当技術系において、基本的に装置製作を個別に行っており、知識や技術を独自に備えている現状にある。そこで本研修では、依頼業務の中でも特に需要の高い TIG 溶接・ロウ付け・ガラス接合に焦点を当て、それぞれにおいて経験豊富な者が講師となり座学および実技講習を行い、知識・技術の習得およびその共有化を行うことで、装置開発技術系全体の技術力の底上げを図った。また温度差を利用した接合方法として、焼きばめの経験はあるが、冷やしばめの経験がなかったため併せて行った。なお本研修は、機械系・ガラス系・回路系問わず様々な分野の職員が参加して実施した。

## 1 TIG 溶接

TIG 溶接は不活性ガス雰囲気中で行う溶接で、溶接表面が清浄で高品質な溶接を行えるメリットがあり、真空容器の製作には必須な接合方法である。しかし、異種金属の接合が困難であるといったデメリットもある。本研修では TIG 溶接でよく用いられる SUS304 材の基本的な溶接技術を共有した。

### 1) 共付け溶接

母材の溶け方やトーチ送り等の感覚をつかむため、TIG 溶接で最も基礎となる共付け溶接を行った。共付け溶接は母材同士を溶かし合わせる接合方法であり、厚さ 2mm の板を突き合わせて溶接した。



図 1. 共付け溶接の様子



図 2. 突き合わせ溶接した試験片

## 2) 肉盛り溶接

構造物等のより強度を要するものに用いる肉盛り溶接を行った。肉盛り溶接は溶加棒を添加しながら溶接する接合方法で、両手を使う難易度の高い溶接であるため、板の上に直接溶接するビードオンプレートで練習した。



図 3. 肉盛り溶接の様子



図 4. ビードオンプレート

## 3) 溶接ひずみを軽減する方法

溶接を行う際、ひずみが生じてしまう。ひずみを軽減させる措置として、シャコ万等を用いて作業台に固定しながら溶接を行い板の反り返りを抑える方法や、溶接を小分けに行い入熱を抑える方法を学んだ。



図 5. 作業台への固定

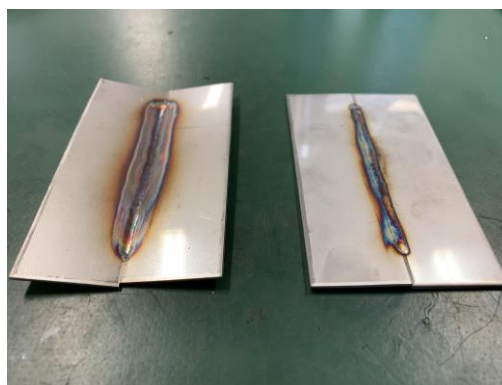


図 6. 左：固定無し、右：固定あり

## 4) 真空容器の製作

溶接研修のまとめとして、NW25 フランジのパイプ側に蓋を溶接し、簡単な真空容器を製作した。最終的に完成した製作品は、昨年度新たに導入されたヘリウムリークディテクターを用いてリークチェックを行い、一連の操作技術を共有した。なおリークディテクターについて、研修内で付帯環境を整えた。



図 7. 溶接前の部品および完成品



図 8. リークチェックの様子



## 2 ロウ付け

ロウ付けとは、母材を加熱し母材よりも融点の低いロウ材を流し込む接合方法である。異種金属や複雑な形状であっても接合可能といったメリットがあるが、TIG 溶接と比較して局所的な接合ができない点や、母材全体を加熱する必要があるといったデメリットが挙げられる。本研修では SUS304 と銅の基本的なロウ付け技術を共有した。

### 1) SUS304 のロウ付け

ロウを流し込む感覚をつかむため、10×10mm の角棒と外径 3mm のパイプの基本的なロウ付けを行った。熱容量の差が大きいため溶接は困難であり、接合方法の選択としてロウ付けが最適であることを学んだ。

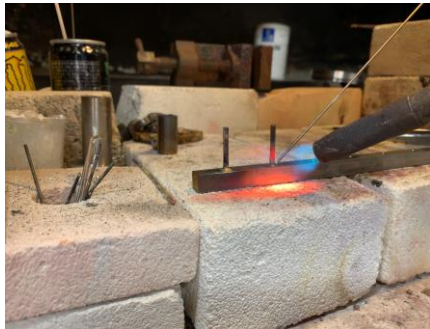


図 9. ロウ付けの様子

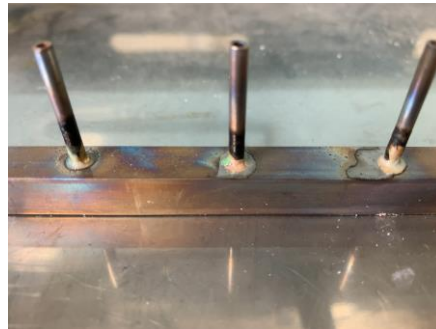


図 10. ロウ付け後

### 2) SUS304 パイプと銅のロウ付け

外径 20mm の銅丸棒と外径 3mm の SUS304 パイプのロウ付けを行った。異種金属であるためロウ付けが最適であること、熱容量の大きさや熱伝導率の違いを考慮して、温まりにくい銅から加熱するのがポイントであることを学んだ。



図 11. ロウ付けの様子



図 12. ロウ付け後

### 3) SUS304 円盤と銅のロウ付け

40×40×10mm の銅ブロックと外径 15mm 厚さ 0.7mm の SUS304 円板のロウ付けを行った。フラックス中の水分の沸騰で円盤が動いてしまうため、ロウ棒で押さえながら作業を行うといった技術を学んだ。これは、講師が実際に行った業務を模擬した題材であり、その中で養った独自のノウハウを共有した。



図 13. ロウ付けの様子



図 14. ロウ付け後

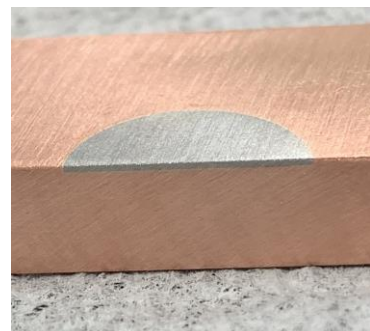


図 15. ロウ付け後の断面

### 3 ガラス接合

ガラス接合はガスバーナーを用いた理化学系ガラス材の熔融接合である。引き伸ばしや曲げ加工が容易に行えるといったメリットがある。本研修では、いくつかのパイレックスガラス管の基本的な加工法を共有したので、それぞれの内容を紹介する。

#### 1) 引き伸ばし・芯出し

まず初めに、ガラス加工の基礎となる足場を作るため、ガラス管を引き伸ばす。その後ガラス管と足場の芯を合わせる。

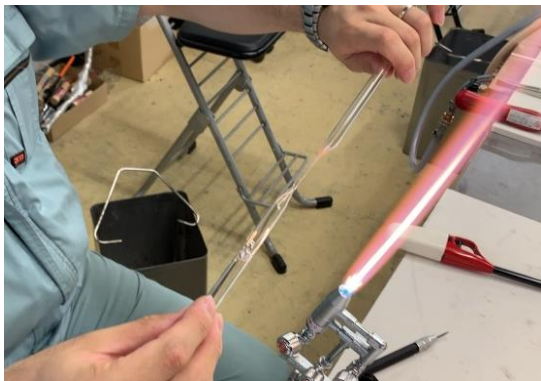


図 16. 引き伸ばし



図 17. 芯出し

#### 2) 誘導切り

ガラス管にヤスリで傷を入れ、焼玉を押し付けて熱ショックで切断する。



図 18. 誘導切り

#### 3) 吹き破り

局部的にガラス管を溶かし、空気を入れ吹き破る手法。次に繋げる管と同程度の直径の穴になるように吹き破る。

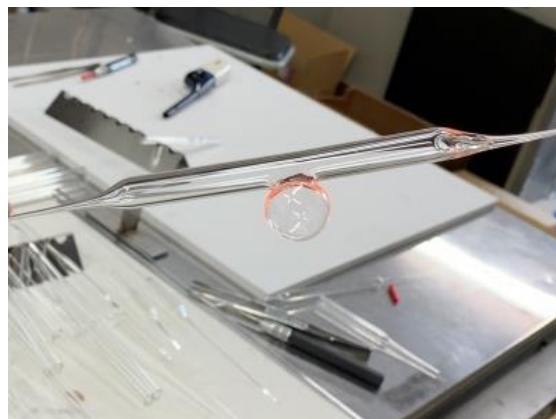
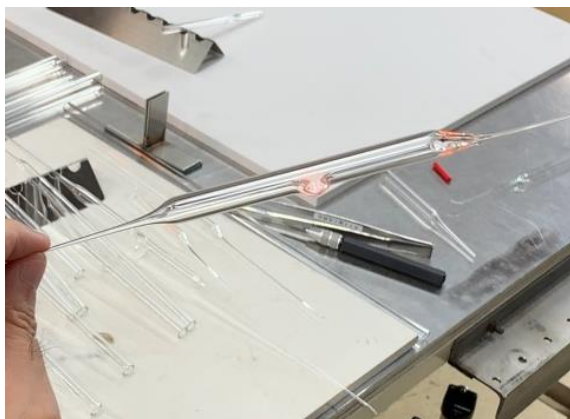


図 19. 吹き破り



#### 4) 同径管つなぎ

ガラス管の繋ぎ面を溶かして接合し、空気を吹き入れ、穴がないか確認する。その後、加熱と吹き入れを繰り返し、繋ぎ目が消えるまで加工する。



図 20. 同径管つなぎ

#### 5) 真空封入管の製作

ハンドバーナーを用いてガラス管を真空ラインに取り付け、真空引きを行う。



図 21. 真空ラインへの取り付け

その後、テスラコイルを用いてリークチェックを行う。図のように放電が一か所に集中している場合、そこがリーク箇所となる(図 22. 左)。ハンドバーナーで再加工を行い、リークチェックが完了したらガラス管を封じ切り真空封入管の完成となる。



図 22. リークチェック(左: リークあり 右: リーク無し)



図 23. 完成品

## 4 冷やしばめ

これまで当技術系では、熱膨張を利用した接合方法である焼きばめを行うことはあったが、熱収縮を利用した冷やしばめの経験がなかったため、本研修の内容に取り入れることにした。通常冷やしばめは、軸部品を液体窒素に浸け冷却収縮させ、常温の穴部品に接合させるが、さらに穴部品を加熱膨張させることで、より大きな縮まり代で接合できると考え、加熱と冷却を組み合わせで行った。

手順として、液体窒素を用いて軸部品を冷却し、ホットプレートを用いて穴部品を加熱した。一般的に SUS304 材は 300℃ を超えると変質するため、加熱は材料に大きな性能変化を与えない 250℃ 程度に設定した。試験片の縮まり代は 0.02mm で行い、接合することができた。



図 24. 液体窒素を用いて冷却



図 25. ホットプレートを用いて加熱



図 26. 試験片



図 27. 接合後

## 5 まとめ

装置製作における接合の中で特に需要の高い 3 テーマ (TIG 溶接・ろう付け・ガラス接合) の研修を行い、知識・技術の共有化を行うことで装置開発技術系全体の技術力の底上げができたと考える。また冷やしばめについては時間の都合上、実験的に接合を行うところまでで留めたが、今後はめ合い強度の測定を行い、実用性等を検討したいと考えている。