

アルミ溶接架台の製作及び、溶接条件の検討

小川 祐生

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

工作部門に加工・組立依頼のあった希釈冷凍機の、組立・調整用アルミニウム架台の製作を筆者の TIG 溶接技能向上を兼ねて行った。

キーワード：アルミニウム、TIG 溶接

1. はじめに

溶接をはじめとする接合技術は、自動車・船舶・航空・宇宙産業などあらゆる分野で用いられ、我々の生活を支える必要不可欠な技術であり、我々工作部門でも様々な依頼を達成するうえで必須の技術でもある。

しかしながら、溶接法や材料の特性などは技術書やインターネットを用いれば探すことは可能であるのに対し、材料ごとの接合条件の選定は個々に蓄積された経験や技術により決定されることが多く、最初の条件設定に時間がかかることに問題を感じていた。

そこで、組立用架台を製作するに当たり確認した溶接条件をアルミ架台の設計構想と合わせて報告する。

2. アルミニウムの性状

材料としてアルミニウムを使用するに当たり、特徴の確認を行った。以下にその特徴を示す。

2.1 素材としての特徴

- (1) 軽量である
- (2) 再生が容易である
- (3) 低温特性に優れている
- (4) 耐食性が良い
- (5) 熱伝導性が良い
- (6) 真空特性が良い(ガスの放出が小さい)
- (7) 非磁性体である

などの特性・特徴が挙げられる。

上記のような特性・特徴を生かし、車両・船舶・

医療・LNG 貯蔵タンクなど様々な用途に使用されている。

2.2 溶接部材としての特徴

アルミニウムは一般的に接合性が良いとされている。

これは溶接、ろう付け、圧接が容易に行えるためだが、同時に問題も抱えている。

以下に問題とその対策を示す。

(1) 融点が低く(約 660 °C)、熱伝導性が良い

アルミ自体の比熱・溶融潜熱が大きく、熱伝導が良いため熱が逃げやすい。したがって局所的な加熱が難しく多量の熱を供給する必要がある。

結果材料全体の温度が上がり、溶け落ちやすく、溶融プールが広がりやすくなるため、トーチの送り速度を変える、パルスを使用するなどの対策を行う必要がある。

(2) 表面に頑固な酸化被膜(Al_2O_3)を形成する

大気中に放置するだけで形成され、融点が約 2000 °C と高い。

良い溶接を行うためには、これを事前に除去するか、TIG 溶接のクリーニング作用で除去する必要がある。

(3) 溶接割れ(変形)が発生しやすい

原因としてはアルミニウムの熱膨張係数、凝固収縮率が大きいことが挙げられる。

また、溶接条件(電流、溶接速度、溶加材)が適当か確認する必要がある。

(4) 溶接金属部にブローホールを発生しやすい

アルミニウム合金の溶接金属は水素を溶解する。これが凝固するとき溶解度が激減し、凝固が早いために放出できなかった水素が残留する。これをブローホールと言い、強度の低下などを招く。

基本的には水素源を絶つことが対策となり、空気を巻き込まないようにすることなどが挙げられる。

3. アルミ架台の設計・製作

今回材質は先に決まっていたため、比較的手に入りやすく、フレームとして利用されることが多い A6063_等辺アングルを材料として選定した。

3.1 架台の設計

設計するうえで下記のことを考慮した。

- (1) 希釈冷凍機の取付位置
- (2) 希釈冷凍機の重量

これは取付フランジまでの高さが約 1150 mm あり、部品の合計重量が約 20 kg あるため、座屈やバランスを見る必要があるためである。

図 1 に設計した架台図面を示す。安定性のために脚を長くし、後転防止のために背部にアングルを溶接する。

また、以下に座屈荷重の計算値を示す。今回の架台では脚は動かないものと仮定し、直上より荷重をかけた場合の値を導出した。

使用材料:A6063_30*30*t5 の各種数値を示す。

$$\begin{aligned}L &= 1200 \text{ mm} \\E &= 68600 \text{ N/mm}^2 \\I &= 22163.8 \text{ mm}^4 \\A &= 275 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

I:アングル長さ
E 縦弾性係数
I:断面二次モーメント
A 断面積

座屈荷重 [N]

$$P_k = \pi^2(EI/L^2)$$

座屈応力[N/mm]

$$\sigma_k = \pi^2\{E/(L/k^2)\}$$

L:座屈長さ(l/n)

n:定数_柱端:自由・固定(0.25)

k:断面二次半径($\sqrt{I/A}$)

計算結果

$$\begin{aligned}P_k &= 2.605 \times 10^3 \text{ N} \\ \sigma_k &= 9.474 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

つまり直上より荷重をかけた場合、1 本のアングルだけでも座屈は起きないと判断できる。

ただし、今回は溶接架台であり、溶接部の強度によっても変化するため、あくまでも参考値として考慮する。

3.2 予備実験

前項_2.2 でも述べた通り、アルミニウム溶接は難点が多い。

そのため実際の製品の製作に入る前に試験片による予備実験を実施し、適切な溶接条件を求めた。今回の溶接では、アルミニウム溶接で一般に使用される交流 TIG 溶接法を用いた。

使用した試験片は、製品材料となる A6063 と同じ溶加材を使用できる A5052 とした。

使用材料:A5052_100 mm*20 mm*t5
100 mm*50 mm*t5

また今回の実験では周波数の変化による溶接ビードの違いについても確認した。

- (1) 溶接機は、Panasonic 製インバータ制御交流/直流 TIG 溶接機 “WX-300” を使用した。
- (2) 電極棒は、消耗の少ない純タングステン電極_φ 3.2 mm を使用した。
- (3) 溶加材(溶接棒)は、製品材料(A6063)と実験材料(A5052)との整合性から、A5356-BY を使用した。

実験の結果とビード外観を表 1、並びに表 2 に示す。

表 1 は、下記の条件下での周波数ごとの外観を並べたものである。最も溶け込みが浅くなっている周波数が 20Hz であると考えられ、同時に終端部が比較的きれいに終わっていることから、クレータ電流は適切かと考えられる。

表 2 は比較的溶け込みの浅かった周波数で、パルス電流値を変化させたときの外観である。パルスを使用しなかった結果も合わせて示す。比較すると、10 Hz、150 A で引いたときにビード、溶け込みが良好に見える。

この実験を参考にパラメータを設定し、溶接作業を進めることとする。

3.3 架台製作

- (1) 機械加工

フレームを突合せて溶接するために、汎用フライスでアングルの先端を 45° 角に切削を行った。

直角を正確に出すために、ワイヤー放電加工機で補強用プレートを製作した。

- (2) 溶接作業

(ア) 機械加工の終了した部品は、脱脂作業を行った。特に溶接部分は、溶接を安定させるために念入りに処理を行った。

(イ) 脚以外の仮付けを行う。

接合部分を直角クランプで挟み込み仮付けを行い、スコヤで確認し適宜修正をした。

(ウ) 四角の形状を作り終えたら補強用プレートを四隅に仮付けする。

作業中動くことの無い様に、クランプでアングルと固定して仮付けを行った。

(エ) 四角く仮付けしたフレームを本溶接する。

過熱を防ぐために、溶接場所を入れ替えながら作業を行う。

(オ) 架台上下部の脚を溶接する。

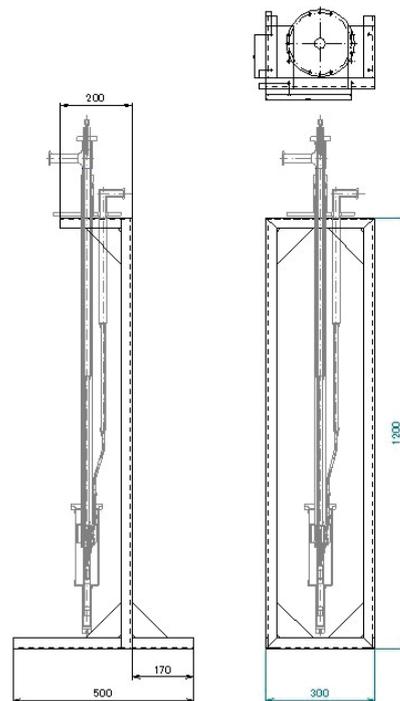
直角クランプで挟めない場所は、耐熱煉瓦などの重しで固定しながら作業を行う。

完成した架台を写真 1 に示す。筆者が全体重(55 kg)をかけてぶら下がったが架台は歪むことなく、倒れることはなかった。

表 1. 実験結果_周波数によるビード外観

周波数 [Hz]	ビード外観
5	
10	
20	
40	
50	
100	

図 1. 架台図面



溶接条件

初期電流:10 A
 ベース電流:60 A
 パルス電流:125 A
 クレータ電流:10 A
 アルゴン流量:9 L/min

表 2. 実験結果_周波数とパルス電流の比較

	パルス未使用	10 Hz	20 Hz
パルス電流 100 A			
パルス電流 125 A			
パルス電流 150 A			



写真 1. 架台外観図



写真 2. 補強板溶接外観図

4. まとめ

今回製作した架台は実際に組立に使用され、架台上でのろう付けや調整を行えるだけの安定性も保つことができた。架台としての役割は果たしているものと判断できる。

その一方で、歪みが発生し上下脚の平行が取れていないと感じる。これは写真 2 のように溶接部が密集していることから、様々な方向より熱が入ったことによるものと考えられる。溶接の順番を変更し、歪みを矯正できるよう工程を見直す必要がある。

今回の実験内容では、周波数の変化による性状の違いを確認したが、板厚などの初期条件が変われば当然結果も大きく変わってくる。

また、突合せ部は 45° 角にカットし溶接を行っ

たが、他にも切欠き方は存在している。溶接難度・仕上がりの良さなど、他の溶接条件の確認も含めて再び実験の機会を持ちたいと考えている。

謝辞

今回の設計・製作においてご助力いただきました、研究基盤総合センター工作部門堀三計准教授、工作部門内田豊春殿に感謝致します。

参考文献

- [1] 財団法人軽金属協会編、アルミニウムハンドブック (2009)
- [2] 内田豊春、アルミニウム合金製ヘリウム容器の製作、技術報告 No11(1991)58-60

Production of aluminium welding frame and examination of welding conditions

Yuki Ogawa

Research Facility Center for Science and Technology
Engineering Workshop Division, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572 Japan

Keywords: Aluminium, Gas Tungsten Arc Welding