

アルミ溶接を用いた依頼品の製作報告 (アルミ製組立BOX・ミニサッカーゴールの製作)

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門 小川 祐生

概要

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、筑波大学工作部門でも様々な依頼を達成する上で必須の技術でもある。

今回では工作部門に依頼のあった溶接物のうちアルミ溶接について、筆者の情報整理と業務報告としてまとめていく。

溶接部材としてのアルミニウムの特徴

以下にアルミニウムの特徴を確認し、その問題点と対処方を示す。

(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。

→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 (Al₂O₃) 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。

→事前に表面を磨き皮膜を除去すること、TIG 溶接のクリーニング作用で除去することが対策として挙げられる。

(3) 溶接割れ (変形) が発生しやすい

熱膨張係数、凝固収縮率が大きい。

→適正な溶接条件 (電流、溶接速度等) か確認する

(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に溶解度が激減し、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。

組立 BOX

研究で使用する組立 BOX の製作について、検討した溶接条件を設計構想と合わせて報告する。

一般に難しいとされる薄板の溶接物ではあるが、組み合わせるプレートの形状を工夫することで、依頼者の要求する垂直・平行精度の達成と、溶接における作業効率を向上することができた。

[1] 製作条件の確認

依頼者から提供された図 1 に示す図面を基に、アルミ製組立 BOX の製作において重要な条件を以下に列挙する。

(1) 材料：A5052 板厚2mm 前後

(2) 箱の垂直・平行を出すこと

依頼者から使用用途として、

「内部に板バネを設置しモーターの力で弾く」と説明があり、内側寸法に関して注意してほしいと要望があった。

また上記使用方法につき、接合には強度が求められる。

[2] 設計

依頼者の設計では、板金を用いて箱型形状に溶接を行うように指示されていたが、



図6 試作BOX_全体

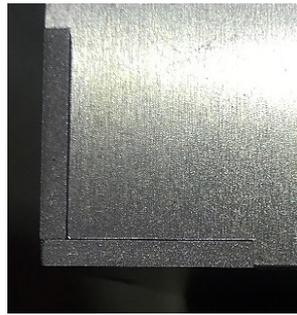


図7 試作BOX_隙間

[3] 試作

構想どおり箱型に組み上がるか、ワイヤー放電加工機で試作を行った。なお試作品では時間短縮のため小型化し、組合せ部分の確認のみを行った。

結論として、図6に示すように箱は素組の状態でも自壊することなく形状を保っており、別途治具を用意せずとも容易に溶接工程を行えると判断した。

改善点として、図7に示すように組込部が奥まで入りきらず全体的に隙間ができていることが確認できたため、寸法を変更し本製品には公差を設けることとした。

[4] 製作

4.1 プレート製作

試作品を基に図面を修正し製作を行った。

ワイヤーカットでプレートの切り出しを、汎用フライス盤で穴あけ加工をそれぞれ行った。

4.2 溶接

ワイヤーカットで切り抜きを行うと、材料にワイヤー材料である真鍮が付着し、溶接条件に影響を及ぼす可能性がある。そのため事前に切断部やすり等で軽く研磨し、アルコールで洗浄を行った。

アルミ溶接の手順を以下に列挙し溶接条件を表1に記載する。

(1)材料固定

寸法精度を保つため内寸法38mmに合わせたブロックを入れ、シャコ万力で固定する。

(2)点付け

歪み防止のためBOX角部と、底面4辺の中

央部に行く。

(3)本溶接

底面→側面の順に溶接を行う。

このとき熱が集中し歪みが大きくなるように、対角・対辺を意識して溶接作業を行う。

(4)洗浄・調整

溶接焼けを除去し、設置時にガタつきが無いよう調整を行う。

以上の工程を行い、完成した製品が図9である。



図8 組立ボックス_仮組



図9 組立ボックス_外観

表1 溶接条件

使用電極	純タングステン_φ1.6
ガス流量 [L/min]	9
使用溶接棒 (角部のみ)	A5356-BY_φ1.6
パルス周波数 [Hz]	7.0
初期電流 [A]	20
溶接電流 [A]	25
パルス電流 [A]	100
クレータ電流 [A]	45

[5] まとめ

今回溶接を行った組み込み式の箱は歪みもほぼ見られず、表2に示すように寸法もブロックを共締めしたことで依頼者の望むレベルの製品が出来上がった。

また、これまでアルミ溶接では溶接割れ(溶込不足)が発生することが多かったため、対策として電流値を高めに設定して作業を行ったが、図10と図11割れ等の不良発生が抑えられ良好な外観となった。

このことから、アルミ溶接は高めの電流条件で、熱が集中しないよう短時間で溶接することが重要なのではないかと考える。

ミニサッカーゴール

筑波大学蹴球部で使用するミニサッカーゴールの製作について、検討した溶接条件を設計構想と合わせて報告する。

フレームの直交部を工夫することで、以前蹴球部が使用していたサッカーゴールと比較して十分な強度と、規格に合う精度を達成することができた。

[1] 製作条件確認

ミニサッカーゴールの製作における条件を以下に列挙する。

- (1) 寸法: W3000×H2000×D1000 (内側寸法)
- (2) 材料: アルミ製 直径65mm 中空パイプを使用
- (3) 以前使用していた市販の組立式サッカーゴール



図10 不良イメージ

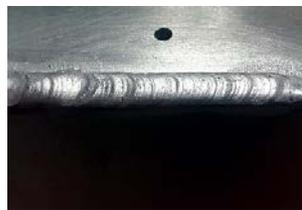


図11 今回溶接部_拡大

表2 製品寸法

	横寸法 [mm]	縦寸法 [mm]
目標寸法	115	38
実測	115.1	37.5

ルは頻繁に設置場所の移動をしており、図12に示すように降ろした衝撃でボルト締結部が破断してしまっていた。今回製作するゴールはすべて溶接で製作するか、接合部に十分な強度を持たせる必要がある。

- (4) サッカー競技の規定^[3]より怪我の原因およびボールの跳ね返りに影響するため、組立式を製作する場合ボルト等突起物が正面・内側に飛び出すことが無いようにすること。

[2] 設計

フレーム直交部の基準となるL字型の支柱を製作し、コの字型に溶接した長さ違いのフレームを差し込む形を取った。この構造で溶接作業性の向上とゴール形状の直角精度の確保、そして衝撃によるボルト締結部破断の解消を狙った。

なおフレーム部は溶接性を、支柱部は強度を考慮し以下の様に選定した。

- ・フレーム部 A5052_ φ65×t3
- ・L字支柱部 A2017中実丸棒

図13と図14に設計図面を示す。



図12 破損したサッカーゴール

[3] 試作

構想通り支柱が組み合わさり精度を出すことができるか、確認するため試作を行った。試作品を図15に示す。

なお試作はボルト締結時に

支柱が正確に直角を出せるか

ネジ穴が正確な方向へ向くか

上記の項目を確認した。

垂直部はスコヤを用いて確認し、ねじ穴方向は面取り部にダイヤルゲージを走らせ確認を行った。結論として設計した支柱は使用用途に対し十分な精度が出ていると判断できた。

[4] 製作

4.1 L字支柱製作

材料：A2017_ φ65中実丸棒

図16に示すように旋盤、フライス盤で加工した後、

ワイヤー放電加工機で斜めの合わせ面を加工した。

4.2 フレーム溶接手順および溶接条件

フレーム溶接の手順を以下に挙げ作業途中の写真を図17から図19に示す、また各溶接条件を表3,4に記載する。

- (1) 図17に示すように定盤の上に直角クランプを乗せパイプを固定、点付けで4箇所仮付けを行いコの字型にする。
- (2) 図18に示すようにクランプに固定したまま側面2箇所→反転して裏側面と本付け作業を行う。
- (3) フレームを立たせ頂点部→内側と本付け作業を行う。

以上を2種類のフレームに対して行いL字支柱

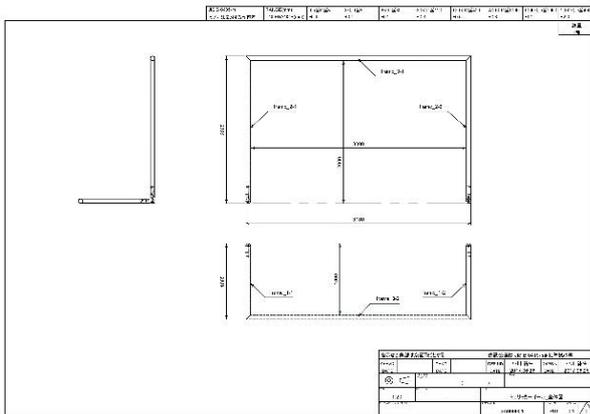


図13 フレーム全体図



図15 L字支柱_試作

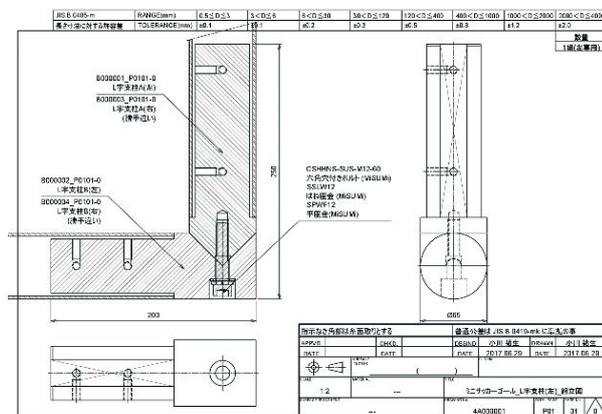


図14 L字支柱組立図



図16 L字支柱



図17 側面仮付け



図18 側面本付け



図19 完成品

表3 溶接固定条件

使用電極	ガス流量 [L/min]	初期電流 [A]	パルス周波数 [Hz]	使用溶接棒
純タングステン φ2.4	7	25	20	A5356-BY

表4 各手順溶接条件

	仮付け (頂点側)	仮付け (内側)	本付け (側面)	本付け (頂点側)	本付け (内側)
溶接電流 [A]	40	50	50	40	50
パルス電流 [A]	125	175	175	100	180
クレータ電流 [A]	50	60	45	40	60
溶接棒径	φ 1.6	φ 2.4	φ 1.6	φ 1.6	φ 2.4

と組み合わせたものが図19となる。

[5] まとめ

図20に示すようにアルミ溶接の試作段階において割れが生じた部分があり、対応として今回は電流値を大きくより溶けるように条件変更をした。一般にアルミ溶接の割れが発生する原因として急激な温度変化（急冷）や電流不足等が挙げられており、他の対応として作業前に溶接部を暖めること事などが考えられる。

おわりに

今回報告した溶接条件は1つの結果であり最適条件ではない。周囲の条件によっても結果は変わると予想される。以降も技術向上に努め、作業の目安として使えるよう多くのデータを集めたい。

謝辞

今回工作部門に依頼いただいた皆様、そして設計・製作においてご助力いただきました研究基盤総合セ



図20 溶接不良部

ンター工作部門の皆様にご挨拶いたします。

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
- [3] 国民体育大会 サッカー競技 施設ガイドライン 第6版（2012）