

マヒドン大学(タイ) 研修報告書

アルミニウム合金高能率・高品質接合技術開発

先進理工系科学研究科 機械工学プログラム 貞末峻

1. はじめに

2024 年 7 月 31 日から 9 月 2 日までマヒドン大学で共同研究した結果について報告する。

2. 研修/共同研究課題の決定

本研究室ではアルミニウム合金の狭開先溶接にレーザ溶接を適用検討している。しかし、この溶接法には様々な問題点があり、中でも 1 パスあたりの溶着高さが低く、アーク溶接と比較すると能率が悪いことや多層溶接の際に底部に融合不良が発生してしまうという問題があげられる。

今回の派遣では高能率な溶接を目的として狭開先 MIG 溶接を行った。

3. 研修/共同研究スケジュール

7 月 31 日 出国

8 月 1 日～9 月 1 日 研究

9 月 2 日 帰国

4. 研修先/共同研究派遣先の概要

大学名：Mahidol University

所在地：999Phuthamonthon 4Road, Salaya, Nakhon Pathom 73170 Thailand

指導教員：Dr Eakkachai Warinsiriruk

5. 研修/共同研究の内容

5.1 概要

近年、大型液化水素運搬船用のタンクの技術開発が完了し、水素エネルギーの普及が進められている。すいそふろんていあひの小型の実証船に使用されるタンクには、材料にステンレスが用いられており、真空二重断熱という構造をとるためコストが高くなる。そこで、川崎重工業で設計が始まっている大型液化水素運搬船用の貨物タンクには、アルミニウム合金製の球形タンクの使用が検討されている。アルミニウム合金は液化水素温度である -253°C でも低温脆化せず、軽量であるため船で運ぶことが容易であり、さらには -162°C での靱性が必要な LNG タンクでの実績があり、現在のタンクよりもコストの削減が可能であると考えられる。しかし、大型水素タンクの材料として使用する場合、極厚のものを溶接することになり溶接施工能率の上昇が見込める溶接法を開発する必要がある。アルミニウム合金の溶接の難点として、線膨張係数が大きいため溶接変形が増大すること、大気中および合金表面や合金内部の水素が溶接中に固溶され、凝固中に激減し気泡となることおよび凝固速度が早く生じたガスの放出が妨げられることからポロシティが発生してしまうこと、および凝固収縮量が大きいため凝固割れ感受性が高いことなどがあげられる。研究背景で示した課題解決のため広島大学での研究では、アルミニウム合金の狭開先レーザ溶接の適用検討をしているが前述の通り 1 パスあたりの溶着高さが低く、アーク溶接と比較すると能率が悪いことや多層溶接の際に底部に融合不良が発生してしまうという問題があげられる。

よって派遣先のマヒドン大学では高能率な溶接を目的として狭開先 MIG 溶接を行った。まず、MIG 溶接とは Metal Inert Gas Welding の略称であり不活性ガスを使用するアーク溶接法の一つでありマヒドン大学で幅広く研究されている。狭開先 MIG 溶接とは、V 字型の狭開先にソリッドワイヤを電流を流しながら挿入し、ワイヤと母材との間にアークを発生させる溶接方法である。MIG 溶接は複数の電流方式を使い分けることで施工能率を変えることができる。電流方式には一般的な直流電流、シングルパルス電流、これを 2 つ組み合わせたダブルパルス電流の 3 種類あり、私はこのうちのダブルパルスを使用した。

5.2 実験条件

マヒドン大学の実験において使用したワイヤは ER-5356($\Phi 1.2$ mm),母材は A5083 を用いた.母材およびワイヤの組成表を Table5.2.1 に撮影条件を Table5.2.2 および実験条件 Table5.2.3 に示す. 2 層目以降はアルミニウムのぬれ性の悪さから壁面欠陥が生じてしまうことを考慮してトーチをウィービングさせて施工を行った. ウィービングには Fig. 5.2.1 のような Liner wave, Sin wave, Circle wave の 3 種類があった. この中でも同じ条件で幅方向, 溶着高さともに十分なものが得られた Circle wave にて施工を行った. なお, 実験外観は Fig. 5.2.3 に示す.

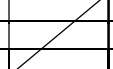
Table5.2.1 Material components

Chemical composition, mass %									
Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A5083	0.40<	0.40<	0.10<	0.40~1.0	4.0~4.9	0.05~0.25	0.25<	0.15<	Rem
ER-5356	0.05	0.11	0.10	0.16	5.00	0.05	0.10	0.07	Rem

Table5.2.2 Shooting conditions

Camera	NAC-QV1
F-number	2.8
FPS	500
Shutter speed, 1/s	1k
Filter	780 nm band pass

Table5.2.3 Experiment conditions

Layer	1st	2nd	3rd	4th
Robot	OTC Robot			
Wire feed speed m/min	12.8			
angle, °	90			
CTWD, mm	23	15		
Root gap, mm	3			
Average current, A	200			
I _{HP} , A	340			
I _{LP} , A	283			
Delta current, A	53			
Welding speed, m/min	0.54			
Current shape	Double pulse current (DC)			
Double pulse Frequency, Hz	5			
Weaving Form		Circle		
Weaving Amplitude, mm		2	3	3.5
Weaving Frequency, Hz		2.5		

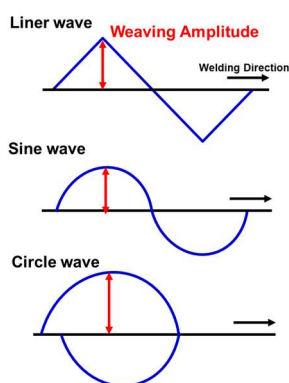


Fig. 5.2.1 Weaving image

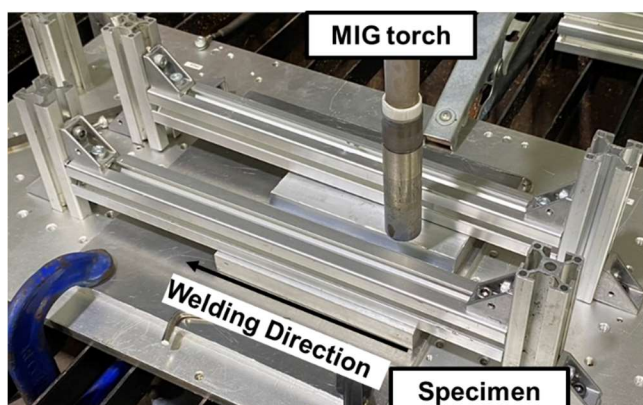


Fig. 5.2.2 Experimental appearance

5.3 結果

Fig. 5.3.1 にビード外観，断面写真を示す．溶接変形の影響で前端部ではアンダーフィルであり後端部にかけてビードが盛り上がっているような形状となった．断面写真からは2層目や3層目にてウィービングが小さかった影響で壁面の欠陥が見られた．また，ポロシティやブローホールが多く見つかった．溶接変形については今回アルミフレームのみで固定したためクランプなどを追加で用いれば小さくできると考えている．また，トーチのウィービングの調整により壁面の欠陥を小さくできると考えている．

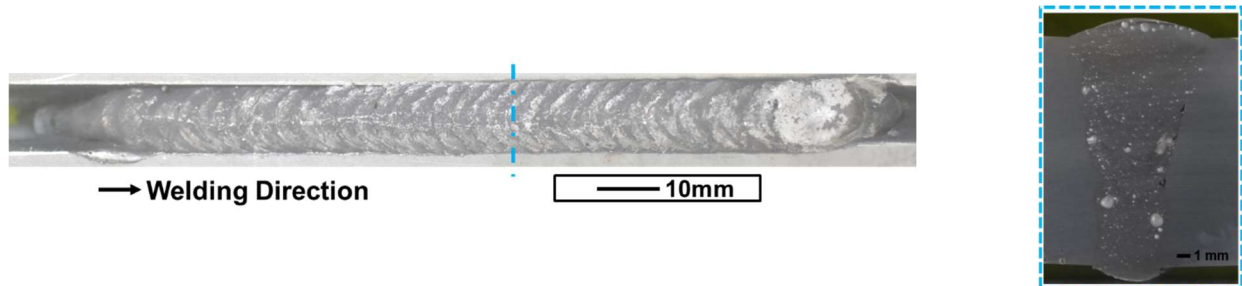


Fig. 5.3.1 Bead appearance and Cross section image

6. まとめ

今回の留学中，大学の生徒やそのほかの地元の方々とコミュニケーションをとることについて意欲的に取り組んだ．相手のタイの方々もほとんど母国語のタイ語を話しており学校で学習したような英語の難しい表現では伝わらなかったため実験中も簡単な文法を使って会話をした．また，地元の人とはタイ語で会話するほかなかったため簡単なタイ語を覚えて使用した．このように，その土地の風土になれることは今後の自分の生活に役に立つことであると考えている．

7. 謝辞

研究において現地でご指導いただきましたマヒドン大学 Prof.Eakkachai Warinsiriruk，受け入れ準備や現地での生活，研究を支えてくださいました学生，研究員の皆様に厚く御礼申し上げます．また，このような貴重な機会を与えてくださった広島大学先進理工系科学研究科，山本元道教授に厚く御礼申し上げます．最後に海外共同研究プログラムをサポートしていただきました実行委員の諸先生方，工学系総括支援室（国際事業担当）の皆様に厚く御礼申し上げます．