
タイ国立科学技術開発庁（タイ王国） 研修報告書

高速度ビデオカメラを用いたコールドワイヤーTIG 溶接の 可視化及び機械的特性の評価

工学研究科 機械物理専攻 修士一年 近藤大雅

1. はじめに

2017年8月4日から同年9月1日の間、タイ王国のタイ国立科学技術開発庁において共同研究を行った。以下にその報告をする。

2. 共同研究課題の決定

私の所属する広島大学大学院工学研究科機械物理専攻材料接合工学研究室では、主に溶接を中心とする接合技術についての研究を行っている。タイ王国のタイ国立科学技術開発庁直下のタイ国立金属材料技術開発センター(以下 MTEC)では主に工場の自動化技術や自動運転ロボット技術についての研究が行われている。派遣時には現地の企業と自動化に向けた溶接現象の可視化についての研究が行われており、これに私が参加させて頂く形でお互いの得意とする分野を活かしながら、広島大学と MTEC とで自動化に向けた高速度ビデオカメラを用いたコールドワイヤーTIG 溶接時の溶接現象の可視化及び機械的特性について共同研究を実施した。

3. 共同研究スケジュール

2017年8月4日 出国
8月15日 中間報告
8月29日 最終報告
9月1日 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

機関名 : タイ国立科学技術開発庁
所在地 : タイ王国 パトゥムターニー県
指導教員 : Dr. Nirut Naksuk

5. 共同研究

5.1 緒言

近年様々な業界で溶接施工方法が、人の手によって行われる手溶接からロボットが自動で行う自動溶接に変化してきている。これに伴い、溶接適用条件の導出の煩雑さと欠陥発見の困難さという問題が浮上してきた。これは溶接施工を人の手から機械に移行しようとした際に、今まで職人が経験則として培ってきた溶接条件や溶接方法を機械にうまく移植する事が非常に困難であるからである。

本研究では溶接適用条件の導出や欠陥発見といった自動溶接の弱点を克服するために、高速度ビデオカメラを用いた溶接現象の可視化というアプローチで検討を実施した。本来溶接施工中に溶接部を観察する事は、溶接時に発生する強い光であるアーク光が外乱となり適切に撮影を実施する事が困難である。しかし、これまでの研究で高速度ビデオカメラのレンズ先端に特殊なレンズを装着する事によりアーク光に含まれる光の波長の中から一部の波長の光のみを取り出すことが可能になり適切な動画を取得できることが報告されております。

上記の事を踏まえ本研究では溶接自動化に向け、高速度ビデオカメラを用いたコールドワイヤーTIG 溶接の可視化条件の導出と、それに伴い特徴的な動画に関して機械的特性の調査を実施した。

5. 2 実験方法

5. 2. 1 高速度ビデオカメラ及びバンドパスフィルター

本研究では溶接部の可視化を行うにあたり，Fig. 5.2.1.1 に示す nac(株)製高速度ビデオカメラ RX-6 用いて Table 5.2.1.1 に示す撮影条件で溶接部の可視化を行った．また，ここでは適切な動画を取得するため，フレーム速度，シャッター速度，絞り，バンドパスフィルターをそれぞれ変化させ検討を行った．ここで，バンドパスフィルターとは Fig. 5.2.1.2 に示すような特殊なレンズである特定の波長の光のみ透過させるという特性を持つレンズの事である．このレンズは多数の波長の光を含むアーク光から特定の波長の光のみを取り出すことが可能である．今回の調査では 808 及び 960nm のバンドパスフィルターを用いて比較を行った．



Fig. 5.2.1.1 High speed camera

Table 5.2.1.1 Camera condition

Using lens	AF micro Nikon 105mm
Frame speed, fps	500
Shutter speed, s	1/1k
Diaphragm	32
Frame size	512x512
Band-pass filter , nm	808/960



Fig. 5.2.1.2 Band-pass filter

5. 2. 2 溶接条件

Fig. 5.2.2.1 に実験外観, Table 5.2.2.1 に実験条件を示す. 本実験ではアーク電流を 125-135A, 溶接速度を 0.8-2mm/sec, ワイヤ送給速度を 8-15mm/sec, アーク長を 4-6mm, パルスの周期を 2-4Hz の間で変化させ実験を行った. 又, 本実験ではアーク電流 130A, 溶接速度 1.mm/sec, ワイヤ送給速度 12mm/sec, アーク長 4mm, パルスの周波数 3Hz の条件を基準として, 他条件はこれらの条件の内一つを変化させ実験を行った.

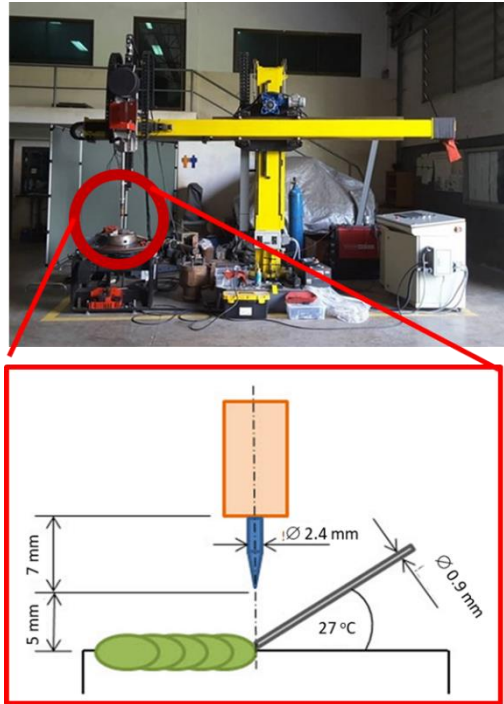


Fig. 5.2.2.1 Experimental image

Table 5.2.2.1

Welding Parameters (Unit)	Values
Current (A)	125,130,135
Torch Speed (mm/sec)	0.8, 1, 1.2
Wire Feed Speed (mm/sec)	8, 12, 15
Arc Distance (mm)	5
Arc Voltage (V)	14
Preheat Temp (°C)	200
Inter-pass temp (°C)	350
Shield gas type	Argon
Shield gas flow rate (L/min)	15

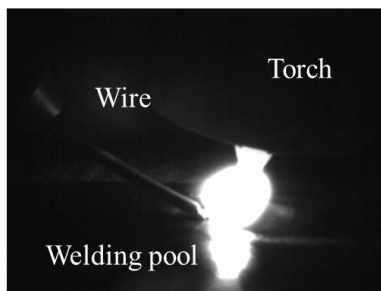
5.3 結果及び考察

Fig. 5.3.1 にバンドパスフィルターの比較を示す. 左側が波長 808nm のバンドパスフィルターを使用した際の, 右側が波長 960nm のバンドパスフィルターを使用した際の取得画像である. この二つを比較したとき, 自動化に向けた溶接現象の把握及び欠陥発生兆候の観察という点に主眼を置いた場合, 溶融池が適切に撮影されていることが必要な条件であると考えられるため, 960nm のバンドパスフィルターを使用した際の方が適切であると考えられる. このことから, 溶接部の可視化に関しては適切なバンドパスフィルターの選択が必要であり, 適切な撮影条件で溶接部を観察した場合にアーク光の影響の非常に少ない動画が取得できる事が明らかとなった.

次に様々な溶接条件での観察を行い, 特徴的な条件に関して機械的特性の調査を行った結果について報告する. Fig. 5.3.2 に特徴的な三つの条件について示す. まず初めに表中に示される条件 A は殆どの動画に共通して見られたもので, ワイヤは溶融地に安定的に送給されているのものである. 次に条件 B はアーク長を変化させるため, TIG トーチを基準値に比べて 1mm 上昇させたもので, この条件の場合ワイヤが溶融地から離れる現象が確認できる. これはアーク長を増加させたことによりアークの照射範囲が広がりワイヤに照射される面積が大きくなり, 基準よりも広い範囲のワイヤが溶融し, パルスでエネルギーが上昇した際にワイヤが溶け落ち溶融地と分離していることが原因であると考察される. 最後に条件 C はパルスの周波数を変化させ, 基準値よりも遅くしたもので, この条件の場合見た目上 TIG トーチとワイヤの位置が変化しているように観察される. これは, パルスの周波数が遅くなることにより, ワイヤが溶けるときは非常に良く溶け, 溶けないときはかなりの長時間溶けないことが原因となり, TIG トーチとワイヤの距離が大きく変化してしまう事が原因であると考えられる.

最後に ABC 三条件に対して, ビード形状の測定とビッカース硬さ試験を行った結果について報告する. Fig. 5.3.3 は ABC それぞれのビード幅, ビード高さ, 溶け込み深さ, 熱影響部の幅について及び母材, 溶接金属部, 熱影響部のビッカース硬さを測定した結果である. この結果から, 条件 B では基準に比べて熱影響部の幅が大きく, 条件 C では溶接金属が硬くなっている事がわかる.

Band-pass filter : 808nm



Use Band-pass filter : 960nm

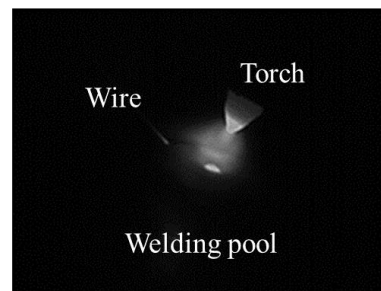


Fig. 5.3.1 Effect of band-pass filter



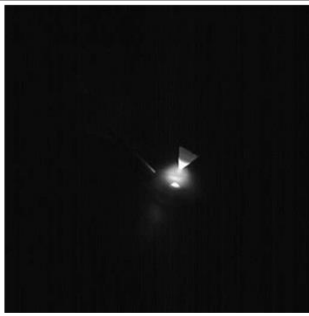



	A	B (Arc distance +1mm)	C (Frequency slow)
Movie			
Welding bead			
Notes	Standard	Welding pool and wire are separate	Position of TIG torch and wire are change

Fig. 5.3.2 Result

➤ Length of bead

	A	B	C
Bead width , mm	6.8	7.0	7.1
Bead Hight , mm	1.7	1.7	1.8
Penetration , mm	1.0	1.0	0.9
HAZ width , mm	2.0	2.4	2.1

➤ Hardness test

	A	B	C
Base metal , HV	132	128	150
Weld metal , HV	184	181	245
HAZ area , HV	179	179	190

Fig. 5.3.3 Mechanical properties

6. まとめ

約一ヶ月の短い期間でしたが、海外の研究者や現地の学生と研究/プライベート共に多くの得難い時間を過ごし、私にとって非常に大きな経験になったと共に特に語学の面で自分の力不足も思い知らされました。国際化が常に進んでいる現在の社会において他国のエンジニアと英語を用いてコミュニケーションを取るのは当たり前の事となってきました。今回の経験は将来世界で通用するエンジニアとして活躍するために様々な面で活かしてゆける大変実りのあるものでした。

7. 謝辞

本研究において、ご指導して下さった Dr. Nirut Naksuk 先生、研究面のみならず現地生活の手助けをして頂いたタイ国立科学技術開発庁のスタッフの方々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頂いた篠崎 賢二教授、山本 元道准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くださいました実行委員会の山本 元道准教授、陸田 秀実准教授、学生支援グループ国際事業担当の皆様深く御礼申し上げます。
