
(アルバータ大学 (カナダ)) 研修報告書

(ホットワイヤ・レーザ溶接法を用いた極厚鋳鋼狭開先継手の強度評価)

先進理工系科学研究科 機械工学プログラム 佐藤 裕太

1. はじめに

2022年7月26日から8月12日までカナダのアルバータ大学で共同研究した結果について報告する。

2. 共同研究課題の決定

私は建設機械の部品を対象とした溶接に関する技術を研究している。建設機械に使用される部品は板厚が厚く、高強度であるため炭素量が多くなる。その結果、溶接により溶接部は硬化しやすく、また極厚であると拘束力が強いことによる低温割れと呼ばれる溶接による割れが生じやすい。この低温割れを抑制するために母材に予熱という母材を温める操作を行うが、時間がかかるため能率の低下を招いてしまう。そこで当研究室で研究しているホットワイヤ・レーザ溶接法を適用し、予熱なしで低温割れを生じさせない溶接法の開発を行っている。

一方、カナダ、アルバータ州は天然資源が非常に豊富であり、特にオイルサンドと呼ばれる石油成分を含んだ砂岩の埋蔵量は世界有数である。そのため、アルバータ大学は資源関連の企業の要望にこたえるために、溶接、接合技術を研究する Canadian Center for Welding and Joining (CCWJ) という研究所を設立した。CCWJ では数多くの企業と提携し先進的な溶接接合技術を研究しており、広島大学が保有するレーザ設備より新しいレーザ設備やホットワイヤ装置を保有している。この共同研究では広島大学でホットワイヤ・レーザ溶接法により作製した継手を金属組織観察することを目的とした。

3. 共同研究のスケジュール

7月26日 出国

7月27日～8月11日 研究

8月12日 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

大学名：University of Alberta

所在地：カナダ アルバータ州 エドモントン

指導教官：Prof. Patricio Mendez

5. 共同研究内容

5.1 概要

建設機械に使用される厚板で高強度な鋳鋼の溶接を行う際に、狭開先 MAG 溶接が利用されている。鋳鋼狭開先溶接の課題として低温割れが生じやすい点があげられる。低温割れは溶接部に生じる割れの一つで発生する主要因として以下の3つが挙げられる。

- ① 溶接金属または溶接熱影響部の硬化組織生成
- ② 溶接部の拡散性水素
- ③ 溶接部に生じる引張応力

建設機械に使用される極厚で高強度の材料は溶接により溶接部は硬化しやすく、また極厚であるため拘束力が強くなるため低温割れが生じやすくなる。低温割れの発生を抑制する方法として予熱や後熱といった操作を行う必要があるが、部品が大型となるため非常に時間がかかり能率の低下

を招く。そこで、当研究室で研究しているホットワイヤ・レーザ溶接法を適用することで、予熱なしでも低温割れを発生させない溶接法の開発を行っている。

ホットワイヤ・レーザ溶接法はレーザによって母材表面を溶かし、展かワイヤを通电過熱し送給することで低入熱・高能率な溶接を施工することが可能である。この共同研究では、2種類のワイヤを使用しホットワイヤ・レーザ溶接法で作製した予熱なしの継手を広島大学で作製し、事前にビッカース硬さ試験やシャルピー衝撃試験を実施した。それぞれの継手特性の違いをより調査するために、作製した試験片に対して光学顕微鏡を用いた金属組織観察を実施した。

5. 2 実験条件

供試材料を Table. 5.2.1 に示す。添加ワイヤには TIG 用に使用されるワイヤと MAG 用に使用されるワイヤの 2 種類を使用し溶接を行った。また、使用した母材の形状は開先幅 9mm、板厚 80mm、全長 400mm の試験体を使用した。使用した試験体のモデル図を Fig. 5.2.1 に示す。実験条件を Table. 5.2.2 に示す。レーザパワーを 6kW、レーザスポットサイズ 4mm×6mm の矩形スポットを使用した。溶接中の画像を Fig. 5.2.2 に示す。開先幅 9mm の溶接を施工するために、レーザスポットを開先幅に合わせてウィービングさせることで溶接を行っている。また、ホットワイヤは溶融池後方から送給している。

Table. 5.2.1 Material components.

| Material | | Chemical composition, wt% | | | | |
|-------------|----------------------------------|---------------------------|------|------|-------|-------|
| | | C | Si | Mn | P | S |
| Filler wire | TIG wire (JISZ3316 W78A6N6C1M4) | 0.08 | 0.09 | 1.12 | 0.006 | 0.003 |
| | MAG wire (JISZ3312 G69A3UMN4M3T) | 0.06 | 0.5 | 1.44 | 0.008 | 0.006 |
| Base metal | SCMn3B | 0.3 | 0.38 | 1.17 | 0.014 | 0.006 |

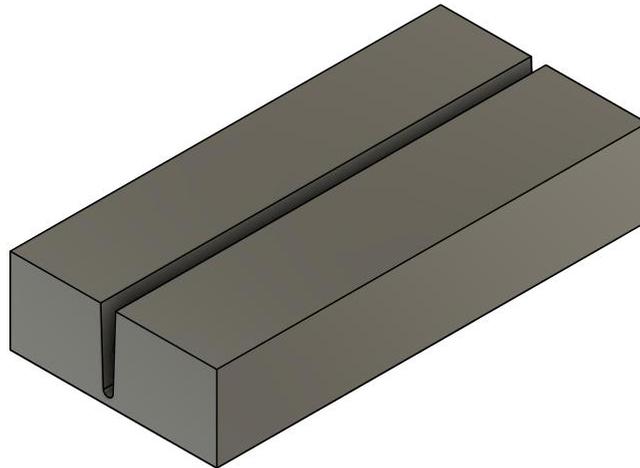


Fig. 5.2.1 Specimen.

Table. 5.2.2 Experimental conditions.

| Wire type | TIG | MAG |
|---------------------------|-------------|-----|
| Laser oscillator | LD | |
| Laser power, kW | 6.0 | |
| Laser spot shape, mm | 4 × 6 | |
| Welding speed, m/min | 0.24 | |
| Weaving frequency, Hz | 1.5 | |
| Weaving function | Trapezoidal | |
| Wire feeding speed, m/min | 5.0 | |
| Wire current, A | 215 | 211 |
| Energization distance, mm | 100 | |

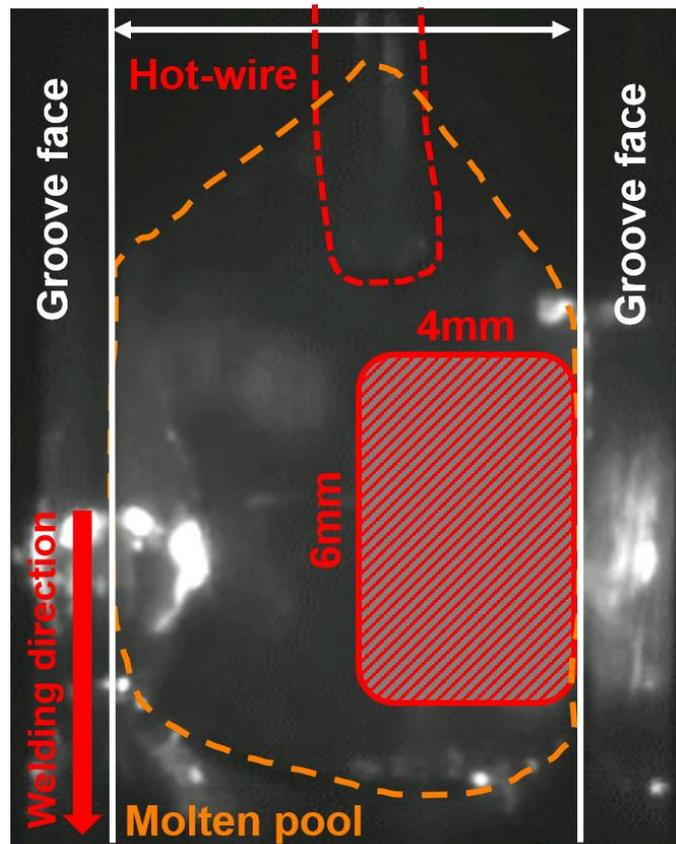


Fig. 5.2.2. Welding image.

5. 3 実験結果

TIG 用ワイヤを用いて作製した継ぎ手の断面写真を Fig. 5.3.1(a) に、MAG 用ワイヤを用いて作製した継ぎ手の断面写真を Fig. 5.3.1(b) に示す。板厚 80mm の溶接に対して全 17 層で安定して溶接を行えていることが確認できる。また、予熱なしでは低温割れの発生が危惧されていたが、低温割れは生じなかった。それぞれの継手に対して光学顕微鏡で下層、中層、上層の三か所で観察を行った。TIG ワイヤを用いて作製した継手より得られた金属組織を Fig. 5.3.2 に示す。Fig. 5.3.2(a) で下層、(b) で中層、(c) で上層で観察された組織を示す。また、MAG ワイヤを用いて作製した継手の金属組織を同様に Fig. 5.3.3 に示す。TIG ワイヤを用いた継手の金属組織は下層でマルテンサイトのような組織がみられ、中層・上層では粗大なフェライト組織が観察された。一方で MAG 用ワイヤを用いた継手の金属組織は、中層、上層で針状のフェライト組織であるアシキユラーフェライトが観察された。継手特性の違いはこの金属組織の違いによるものだと考えることができる。

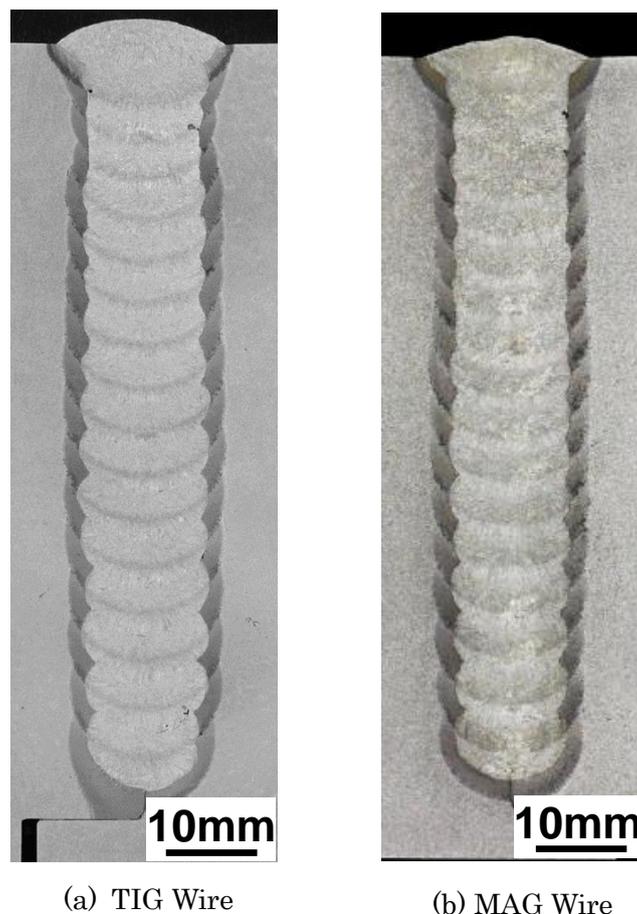


Fig. 5.3.1 Cross sections.



(a) Lower layer

(b) Middle layer

(c) Upper layer

Fig. 5.3.2 TIG Wire Metal structure.



(a) Lower layer

(b) Middle layer

(c) Upper layer

Fig. 5.3.3 MAG Wire Metal structure.

6. まとめ

広島大学で作製した継手に対して金属組織を観察したところ、下層、中層、上層で異なった組織が観察された。また、異なるワイヤを使用し作製した継手の金属組織で違いが観察された。ビッカース硬さや吸収エネルギーの違いが生じた理由を今回の金属組織観察により示すことができた。この海外共同研究で日本と海外の研究の進め方や研究室の違いや、学生の研究に対する姿勢など多くのことを学んだ。今後もこの経験を活かし研究活動を続けたい。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり貴重なご意見をいただいた Patricio Mendez 教授，受け入れの準備を行ってくださった Goetz Dapp 博士，現地での生活や研究を支えてくださった CCWJ の皆様にお礼申し上げます。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お礼申し上げます。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会の諸先生をはじめとする学生支援グループ国際事業担当の皆様にご心よりお礼申し上げます。
