
ケベック高等工科大学（カナダ） 研修報告書

Inconel718 の溶接部組織が凝固割れ感受性に及ぼす影響の調査

工学研究科 機械物理工学専攻 大谷 直之

1. はじめに

本報告書では、2014年8月3日から同年9月1日までの間、カナダのケベック高等工科大学で行った共同研究内容について報告する。

2. 共同研究課題の決定

ケベック州モントリオール周辺では航空宇宙産業が集積しており、企業と大学間の研究が活発に行われており、ケベック高等工科大学においても企業との共同研究が活発に行われている。広島大学材料接合工学研究室では、昨年度からケベック高等工科大学と共同研究をスタートさせ、主に航空宇宙産業製品の溶接部に関する研究を行っている。

本研究では航空機用ガスタービンエンジンや液体燃料ロケットに用いられるニッケル基超合金 Inconel718 合金溶接部組織の凝固割れ感受性への影響について研究を行う。

3. 共同研究スケジュール

8/3 出国

8/4 - 8/31 派遣先での研究

9/1 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

大学名: ケベック高等工科大学 (École de technologie supérieure)

所在地: カナダ ケベック州 モントリオール

指導教員: Prof. Philippe Bocher

共同研究者: Assistant Prof. Myriam Brochu (モントリオール理工科大学)



Fig. 4.1 Appearance of ETS.

5. 共同研究内容

5. 1. 研究背景

析出強化型 Ni 基合金である Inconel718 は高温での機械的特性や溶接特性に優れ、ジェットエンジン部材やロケットエンジン部材など、高温での耐酸化性、特に高強度が要求される箇所に適用されている。しかし、短所として凝固割れ感受性が高いことが挙げられる。実際に TIG (Tungsten Inert Gas (= GTAW : Gas tungsten arc welding)) 溶接部において、凝固割れが発生することが問題となっている (Fig. 5.1.1)。凝固割れは、溶融金属の凝固過程において生じる割れで、残留融液中の溶質元素濃度変化による融点低下に起因するビード中央最終凝固部への液膜生成に金属凝固収縮によるひずみ加わることが原因とされている。Fig. 5.1.2 に凝固割れ発生現象の模式図を示す。凝固割れは溶接部の強度低下を招くため、溶接箇所が多い重工業製品において特に問題となっており、凝固割れの発生防止が求められている。

そこで本研究では、凝固割れの発生を抑制するために、材料の化学組成は変化させず、溶接条件のみを変化させて、溶接部組織を制御することを試み、溶接部組織と凝固割れ感受性との関係性を調査することを目的とする。昨年度は、実験条件を変化させることで、3種類の溶接部組織形態を確認した。1つ目は、柱状晶会合部が一直線になったもの、2つ目は、柱状晶会合部に溶接方向に沿った結晶が生成したもの、3つ目は、溶接金属部全体に柱状晶ではなく等軸晶が生成

したものである。今年度は、2つ目の柱状晶会合部に溶接方向に沿った結晶が生成したものの組織観察を行うことを目的として、各条件において6個のサンプルで観察を行った。

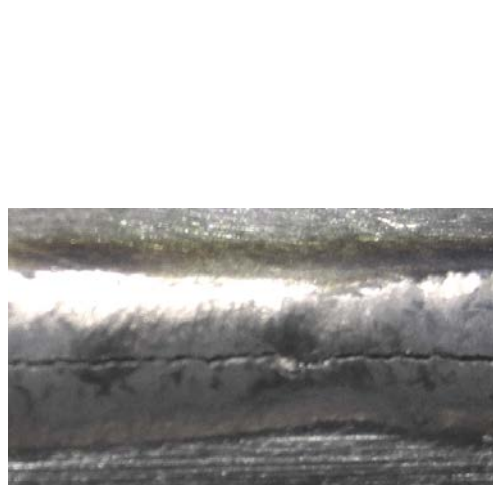


Fig. 5.1.1 Solidification crack.

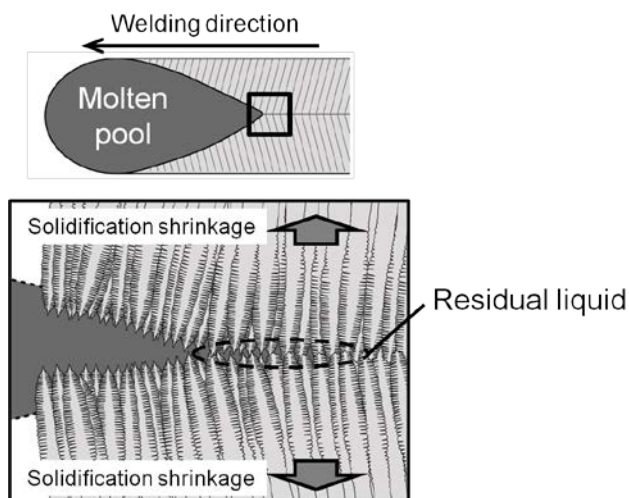


Fig. 5.1.2 Schematic illustration of Solidification cracking.

5. 2. 供試材料及び実験条件

今年度は実際に溶接を行っておらず、事前に派遣先大学で準備していただいた試験片サンプルの組織観察を行った。母材には、板厚 1.33 mm のニッケル基超合金 Inconel718 一般材を使用した。化学組成を Table 5.2.1 に示す。添加ワイヤには Inconel718 相当ワイヤ ERNiFeCr-2 を使用した。溶接条件を Table 5.2.2 に示す。溶接速度は 5.26 mm/s, 2.54 mm/s, アーク電流 69.4 A, 44 A, ワイヤ送給速度は 5.26 mm/s, 3.38 mm/s で行った。

Table 5.2.1 Chemical composition. (weight%)

Ni	Cr	Nb	Mo	Ti	Al	Co	Mn	Si	Cu	Ta	C	B
50.00	17.00	4.75	2.80	0.65	0.20	-1.00	-0.35	-0.35	-0.30	-0.05	-0.08	-0.006
-55.00	-21.00	-5.50	-3.30	-1.15	-0.80							

Table 5.2.2 Experimental condition.

Welding speed, mm/s	2.54	5.26
Arc current, A	44	85
Wire feeding speed, mm/s	3.38	5.26

5. 3. 実験結果及び考察

溶接速度 2.54 mm/s, アーク電流 44 A, ワイヤ送給速度 3.38 mm/s での溶接金属部の EBSD マップを Fig. 5.3.1 に示す。柱状晶会合部に溶接方向に沿った結晶が生成されていることが確認できる。しかし、6個のサンプルの内、目的の組織を観察できたものは1個であった。よって、同条件においても、同様の溶接部組織を得ることは難しいと考えられる。原因としては、実験設備の細かい設定誤差等が原因ではないかと考えられる。今後はさらなる安定条件の検討と同時に、溶接条件以外の実験条件についても検討していく必要があると考えられる。

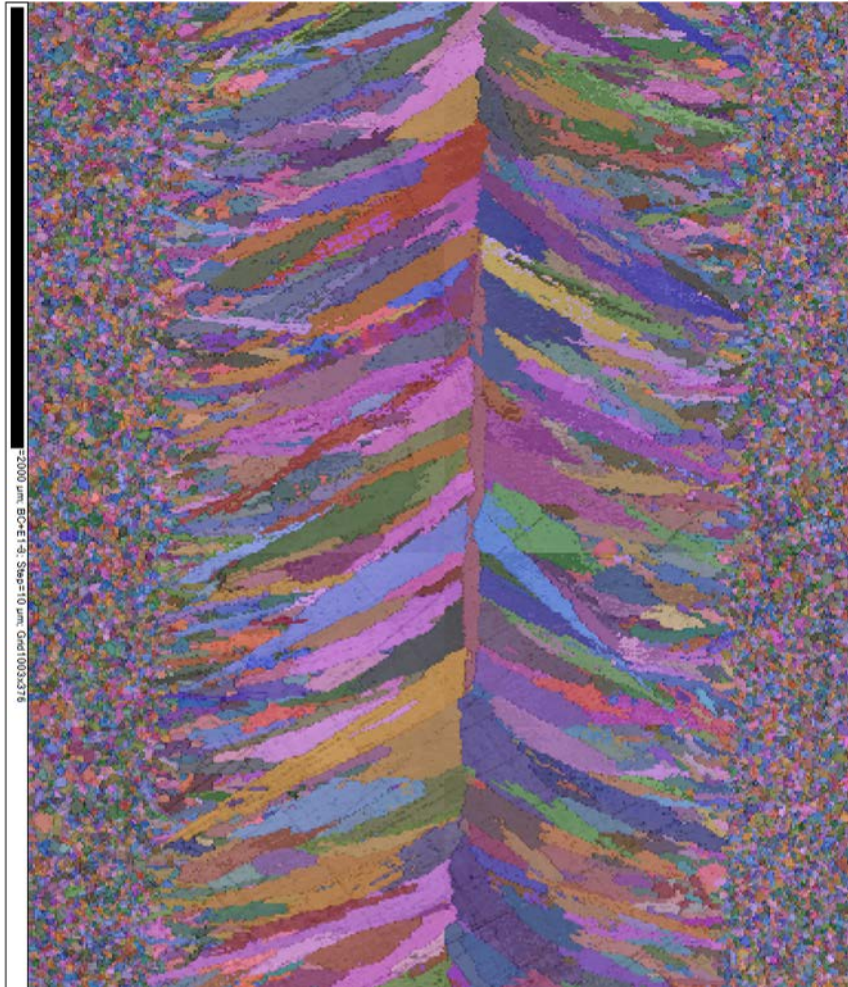


Fig. 5.3.1 EBSD Map of center line grain boundary.

(Welding speed : 2.54 mm/s, Arc current : 44 A, Wire feeding speed : 3.38 mm/s)

5. 4. まとめ

溶接速度 2.54 mm/s, アーク電流 44 A, ワイヤ送給速度 3.38 mm/s において柱状晶会合部に溶接方向に沿った組織が形成されていることが確認できた. しかし, 同じ組織を安定して形成するための実験条件は導出できず, さらなる検討が必要であると考えられる.

6. 海外共同研究プログラムを通して

約 4 週間の滞在だったが, 日常会話から研究のディスカッションまで, すべて英語でコミュニケーションをとることの難しさを実感しました. また, その中で, 言語だけではなく, ボディランゲージなどが非常に有効であることを学びました.

カナダの学生は, 研究に対して積極的で, 先生や仲間と意見を交えながら研究をしている姿を多く見かけた. また, 活動時間は朝から夕方までと, 日本に比べて少し短い気はするが, その限られた時間の中で, 効率よく研究を進めていく力があると感じました.

カナダ (モントリオール) は, とても多くの国の人が入り混じっていて, 多くの文化に触れることができる環境であると思いました. また, そういった雰囲気土地であるためか, 観光客やビジネスで初めて訪れた人, 知らない人への対応がとても親切であると感じました.

7. 謝辞

派遣期間中、研究のみならず、現地での生活を手助けして頂いたケベック高等工科大学 Philippe Bocher 教授、モントリオール理工科大学 Myriam Brochu 助教に厚く御礼申し上げます。

このような機会を与えて下さるとともに研究への御助言を頂いた篠崎賢二教授、山本元道准教授、門井浩太助教に深く感謝申し上げます。

派遣前手続きから派遣後の研修まで本プログラム全体を通して多大なご協力を頂きました実行委員会の諸先生方、藤原真様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感謝を表すると共に本プログラムの益々のご発展をお祈り申し上げます。
