

タイ国立金属材料技術研究センター（タイ） 研修報告書

積層造形中の温度測定による

先進理工系科学研究科 機械工学プログラム 氏名 野原朋樹

1. はじめに

2024年7月25日から8月27日までタイ国立金属材料技術研究センター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

本研究室では溶接技術を用いての積層造形について研究を行っている。派遣先である国立金属材料技術研究センターでも溶接技術を用いての積層造形技術の研究を行っている。

今回の派遣では、温度測定用カメラで施工中を撮影した。温度変化をとらえることで温度と内部組織との関係性の解明を目的に研究を行っていた。

3. 研修/共同研究スケジュール

7月25日 出国

7月26日～8月26日 研究

8月27日 帰国

4. 研修先/共同研究派遣先の概要

研究機関名：タイ国立金属材料技術研究センター

所在地：114ThailandSciencePark,PhaholyothinRoad,Klong1,Klongluang

Pathumthani12120

指導教員：Dr Nirut Naksuk

5. 研修/共同研究の内容

5.1 概要

近年では従来の製造方法とは異なる積層造形技術の研究が世界で広く行われている。この製造方法であれば従来では製造が困難であった内部構造が複雑なものにおいても製造が可能となった。この方法は使用している材料が粉末のものとワイヤのもの二種類に分けられる。粉末を用いるものは高い精度で製造可能だがその分多くの時間を要する。一方ワイヤのものは精度が少し下がるものの時間を短縮することができ、MIG溶接が用いられることが多い。課題としてポロシティや割れなど欠陥が発生しやすいことがあげられ、積層造形のため効率を考えたインラインでの欠陥検出技術が必要になってきている。また、積層造形は加熱と冷却が交互に来るため、温度履歴に依存して内部組織が変化し機械特性に影響を与える。特に今回の海外共同研究では温度履歴と内部組織との関係性の調査を目的とし各種実験をおこなった。

5.2 実験条件・方法

使用した母材には sus304, ワイヤには FM-309LSi(ϕ 0.9mm)を使用した。造形方法を Fig.5.2.1 に示す。

5. 2. 1 溶接条件の最適化

ウィービングなしで条件出しを行った際の実験条件を Table5.2.1 に、ウィービングありの場合を Table5.2.2 に示す。両方の条件とも外観上良好なビードを得られた際の条件のみここに記す。

Table 5.2.1 Welding conditions

Welding conditions (No weaving)	
Welding speed, mm/sec	2
Angle, degree	90
Gas	CO2
Wire feeding speed, mm/sec	60
Arc current, A	19.9~21.1
Arc voltage, V	12.1~13.8

Table 5.2.2 Welding conditions

Welding conditions (Weaving)	
Welding speed, mm/sec	0.5
Angle, degree	90
Gas	CO2
Wire feeding speed, mm/sec	60
Arc current, A	48~68
Arc voltage, V	14.9~17.0

5. 2. 2 温度変化による内部組織の違い

実験条件 Table5.2.3 にそれぞれ示す。Fig.5.2.4 に実験外観を示す。溶接機はテーブルを動かすのではなく、アームを操作することで溶接を行った。Fig.5.2.1 のように円形に 5 周アームを動かし 5 層まで積層造形を行った。また今回は、Fig.5.2.3 に示すような円形とジグザグの二種類のウィービング方法を用いて溶接を行った。撮影にはサーモグラフィカメラ (ImageIR8300) を使用した。撮影条件を Table 5.2.2 に示す。

Table 5.2.3 Welding conditions

Welding conditions	
Welding speed, mm/sec	0.5
Angle, degree	90
Gas	CO2
Wire feeding speed, mm/sec	60
Arc current, A	48~68
Arc voltage, V	14.9~17.0

Table 5.2.4 Camera conditions

Camera conditions	
Camera	ImageIR8300
Temperature range, °C	500~1200
Bit	13
fps	50 20
Maximum recording frame	2000
Angle, degree	10

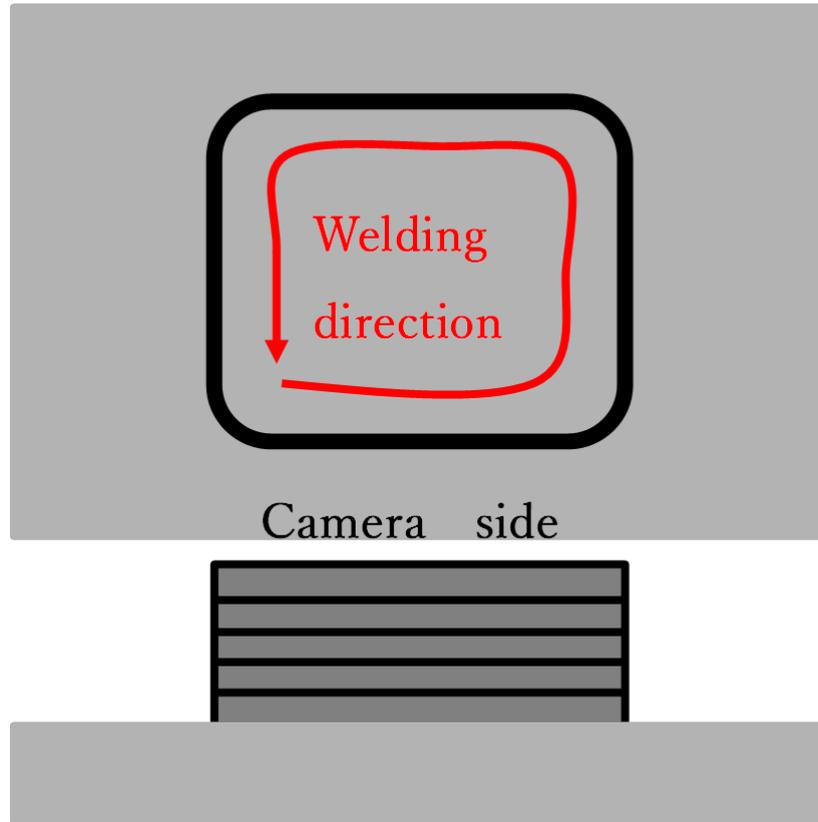


Fig. 5.2.1 Method of Welding

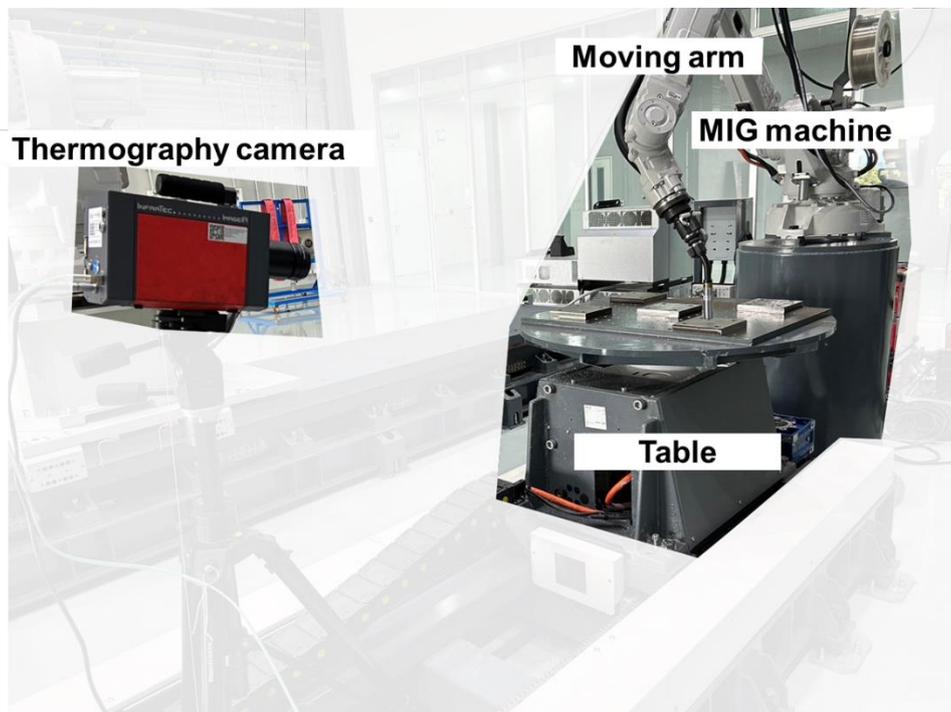


Fig. 5.2.2 Experimental Appearance

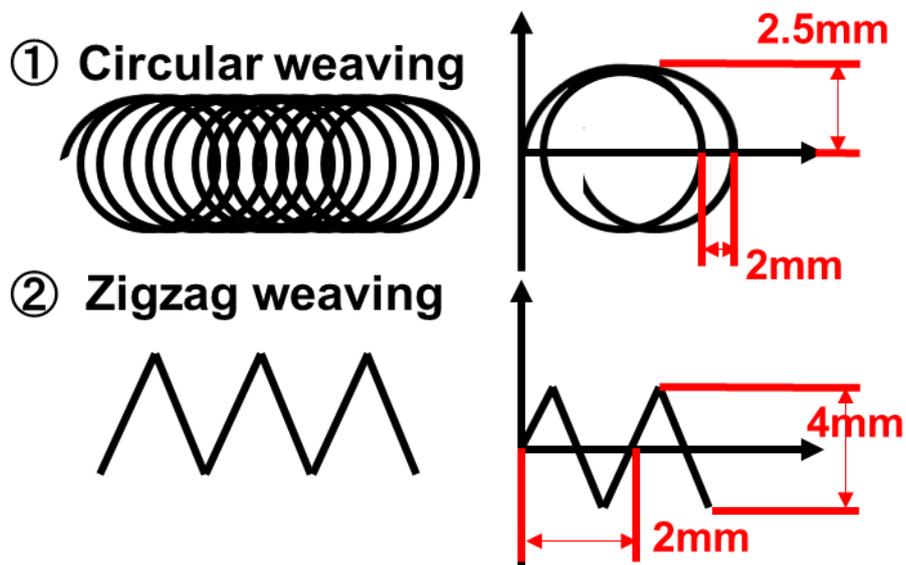


Fig. 5.2.3 Method of Weaving

同じ場所にカメラを配置し、観察することで温度変化を観察することで温度変化を観察した。その後、観察箇所の断面の観察を行う予定だったが、溶接機の故障などが重なり、期間中に終了しなかったため現地の方にお願ひし、今後結果が届く予定である。そのためこの報告書では記載しない。

5.3 実験結果

5.3.1 溶接条件の最適化

条件の最適化を行った結果を示す。Fig.5.3.1 にウィービングなしで最初に行った結果である。溶接速度が速すぎる、ワイヤの量が少ないといった原因と考えられる。そのため、溶接速度を 5→2mm/sec 遅くし、ワイヤ送給速度を 21.2 から 60mm/sec まで変えた条件で行った結果を Fig.5.3.2 に示す。ビード外観上ではあるものの改善した結果が得られた。ウィービングなしだとビードの幅が狭く、実用化を考えた時にウィービングが必要であることから、先ほど出した条件にウィービングありで溶接を行った。その結果を Fig.5.3.3 に示す。ウィービングは想定通り行えてはいたものの溶接速度が速いことやワイヤ量不足のためうまくビードが形成されなかった。そのため溶接速度を遅くし、ワイヤができるだけ重なるようにすることで改善を行った、その結果得られたビード外観を Fig.5.3.4 に示す。ビード外観からワイヤがない領域がなくなり、外観上良好なビードが作成できた。このビードの溶接条件で積層造形を行っていくこととした。



Fig.5.3.1 Bead Appearance



Fig.5.3.2 Bead Appearance



Fig.5.3.3 Bead Appearance



Fig.5.3.4 Bead Appearance

5. 3. 2 温度変化による内部組織の違い

実験を行った結果を示す. Fig.5.3.5 にジグザグのウィービング方法で積層造形を行った際のビード外観, Fig.5.3.6 に円形のウィービング方法で積層造形を行った際のビード外観になります. 計測位置について示したものを Fig.5.3.7 に示す. どちらの条件でも同様に 1 層目, 2 層目, 3 層目の図に示した位置での最高温度を記録し温度変化を調べた. この時の温度変化を測定した結果を Figs.5.3.7, 5.3.8 にジグザグ, 円形のウィービング方法で取得したもの順に載せる. 今回, 内部組織との比較を行いたかったが, 現在タイのほうで断面をきり内部組織の観察を行ってもらっているが, 終了しておらず結果が得られていないので今回の研究報告には載せられなかった. また, 冷却速度が関係してくるため, 今後は今回調べた温度の変化を 1 秒ごとに記録し詳細な温度変化を見ることで冷却速度を導き, 内部組織の比較を行っていきたい.



Fig.5.3.5 Bead Appearance



Fig.5.3.6 Bead Appearance

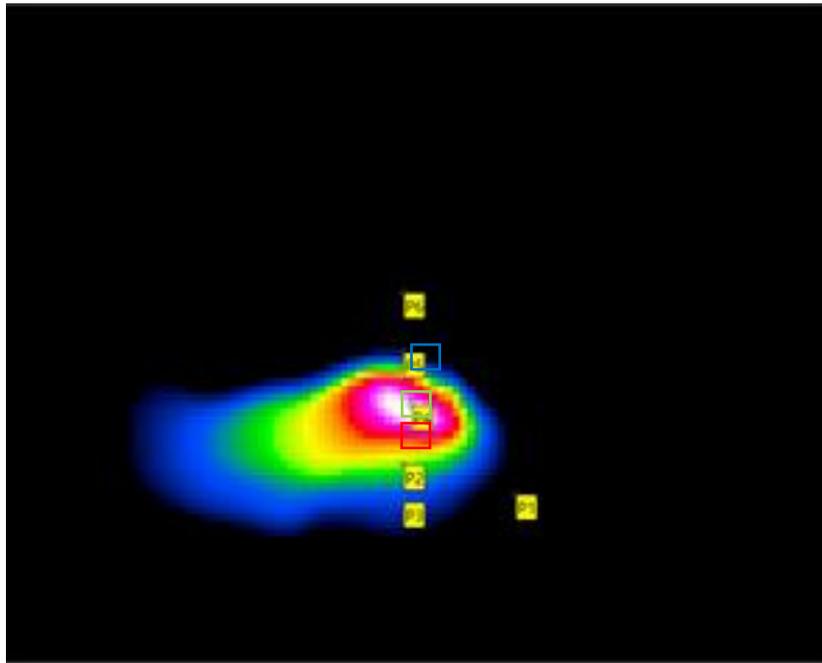
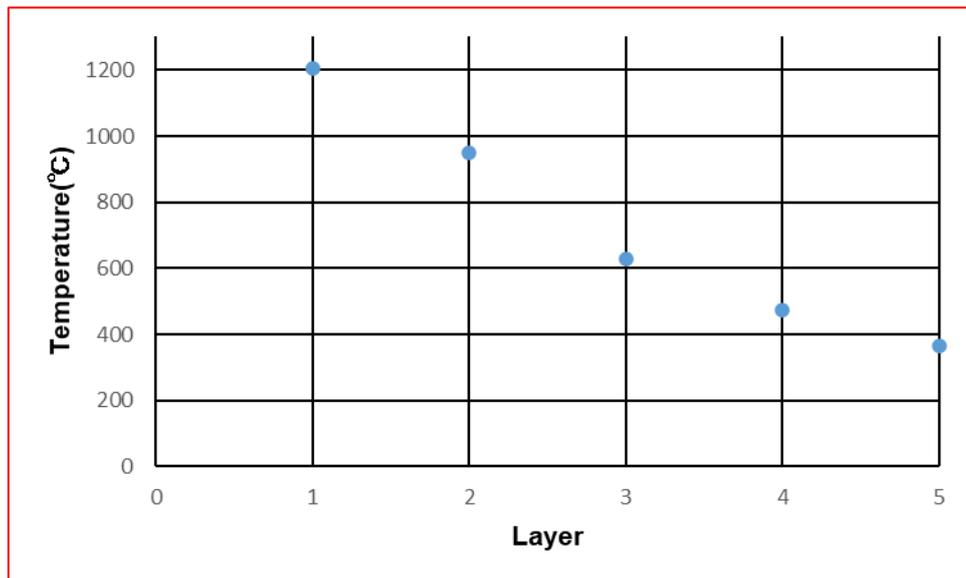


Fig.5.3.7 Bead Appearance



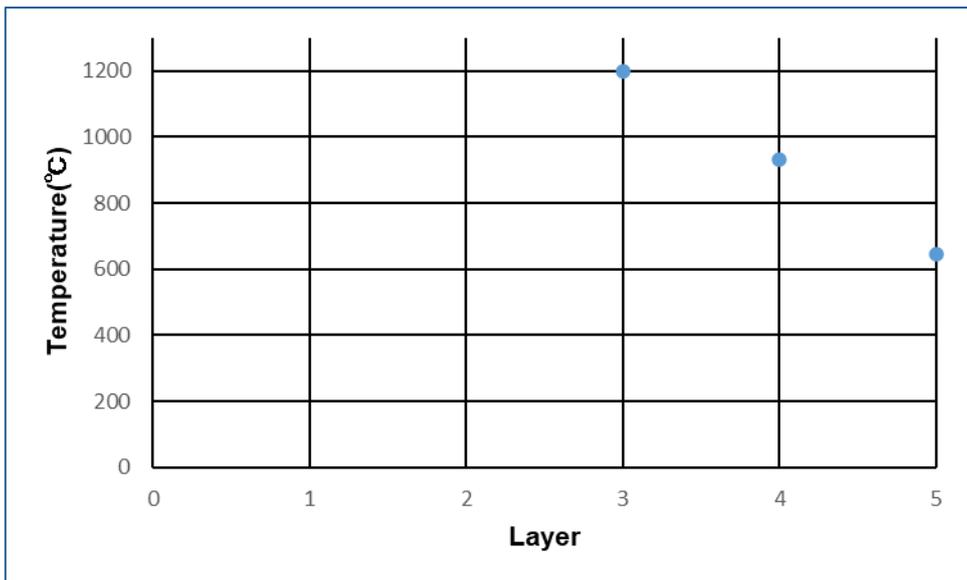
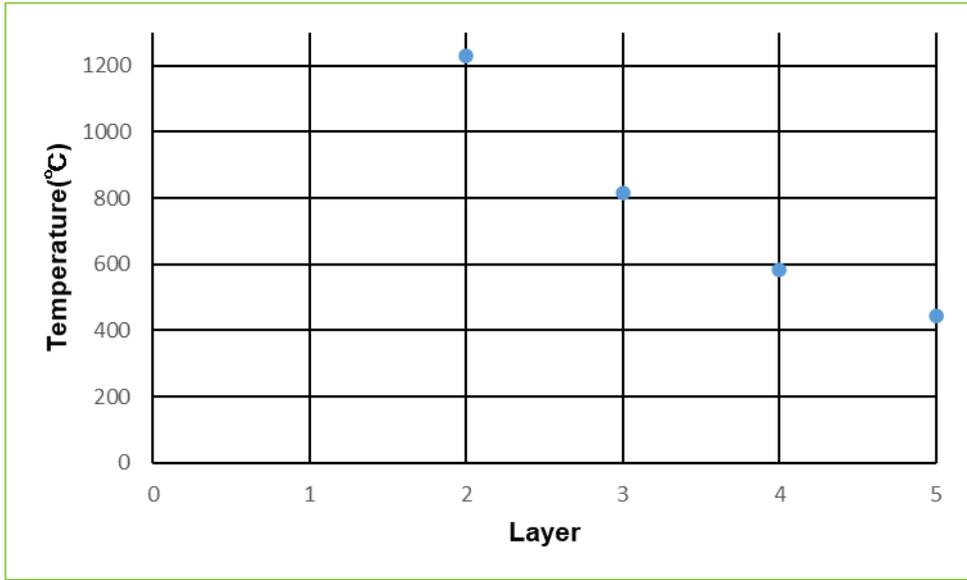
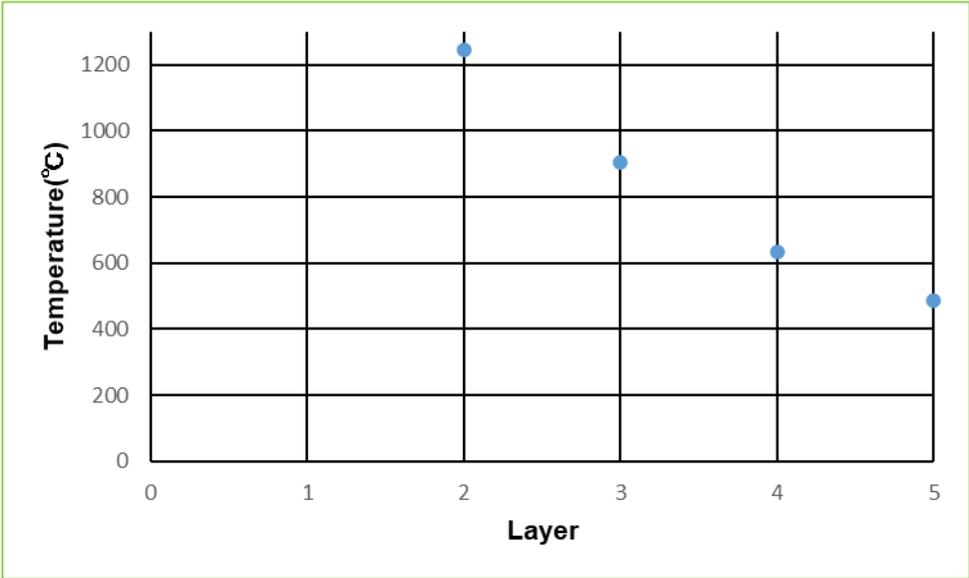
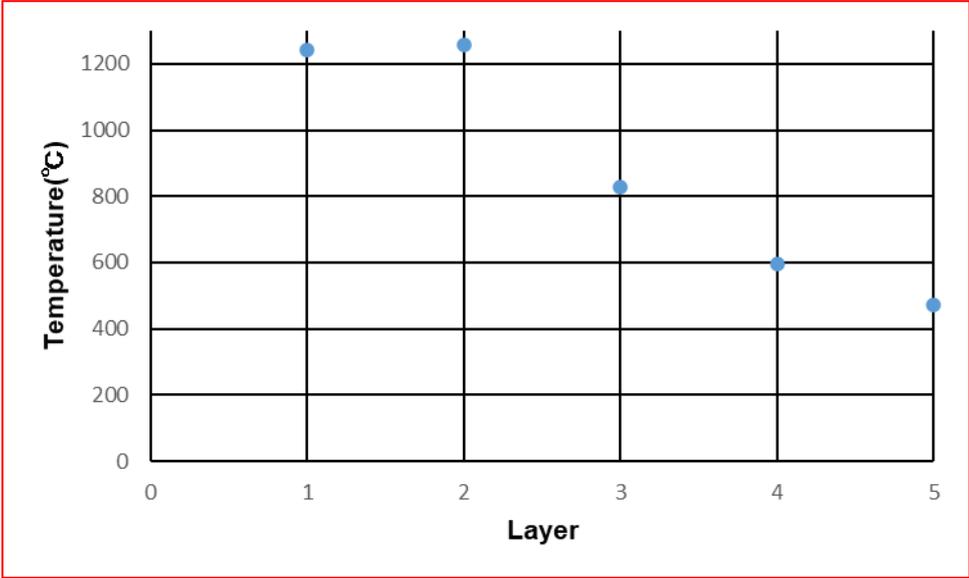


Fig.5.3.8 Change of Maximum temperature per Layer



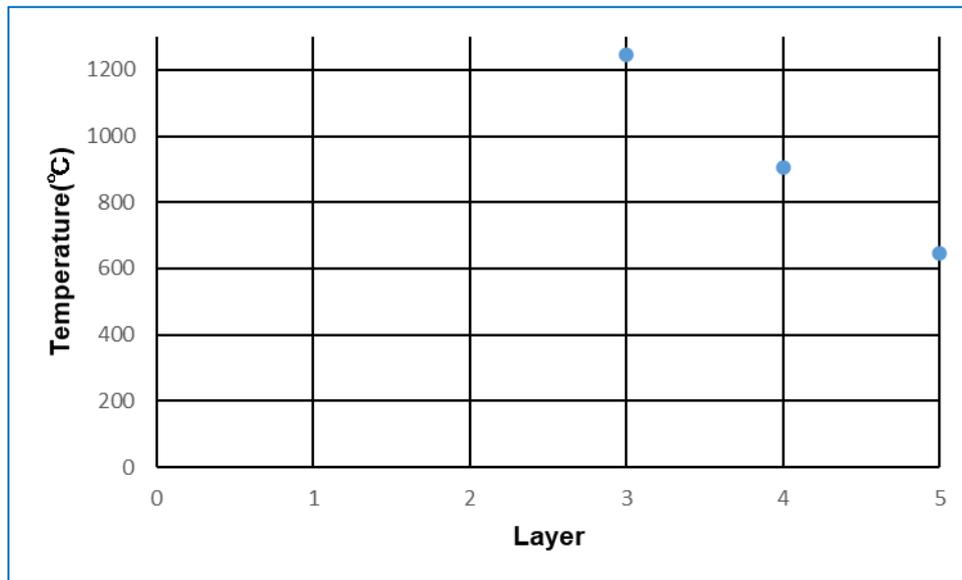


Fig.5.3.9 Change of Maximum temperature per Layer

6. まとめ

今回の海外共同研究は一か月と短期間のものであったが日本とは異なる環境，英語でのコミュニケーションや現地の文化を体験することができたとても良い機会でした。機械が故障したり，約2週間以上体調を崩しつづけたりと普段とは違うなれない環境だったもののやり切れたことにより自信がついた。また，海外での学生や研究員の方の研究に対する姿勢や働き方といったものを間近で見られたこと，自分から意見を発信することの重要性を確認することができた。この経験を今後に生かしていきたい。特に会社に入ってから海外出張は必ずあるということなのでこの経験を生かしていきたい。

7. 謝辞

研究において現地でご指導いただきましたタイ国立金属材料技術研究センター Dr. Nirut Naksuk 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，工学研究科学生支援グループ国際事業担当の皆様にも厚く御礼申し上げます。