
(ラジャマンガラ工科大学 (タイ)) 研修報告書 (TIG 溶接法による工具鋼補修の凝固割れ感受性評価)

工学研究科 機械物理工学専攻 内藤 陸

1. はじめに

2017年8月4日から2017年9月1日の間、ラジャマンガラ工科大学(タイ)において行った共同研究の報告を以下にする。

2. 共同研究課題の決定

本研究室では、金属材料の溶接および接合に関する研究を行っており、私は溶接中の冶金現象に依存した凝固割れに関する研究を行っている。本研究室では凝固割れ感受性評価方法として一般に行われているトランスバレストレイン試験を採用している。一方、ラジャマンガラ工科大学でも凝固割れの研究が行われており、トランスバレストレイン試験機の導入が行われている。今回の派遣では、双方の研究を活かし、タイでの凝固割れ感受性評価に関する研究を行う。

3. 共同研究スケジュール

8月4日	出国
8月7~11日	打ち合わせ, 実験開始
8月19日	中間発表
8月31日	最終発表
9月1日	帰国

4. 共同研究派遣先の概要

派遣先: Rajamangala University of Technology krungthep, Faculty of Engineering
所在地: タイ バンコク
指導教員: Rittichai Phaoniam, Dr.Eng

5. 共同研究内容

5. 1 概要

工具鋼は工業の分野で広く用いられており、金型にも使用されている。金型の損傷を補修する方法として溶接が用いられるが、溶接時に割れが生じる問題がある。本研究においては工具鋼のDC53とDCMXに対して、溶接時の凝固割れ感受性を定量的に評価、比較を行った。これら工具鋼の割れ感受性を評価するためにバレストレイン試験を実施した。バレストレイン試験とは溶接中に試験片にひずみを付加し、割れを生じさせる試験方法である。これにより生じた割れの数、最大長さおよび総割れ長さによって試験片の割れ感受性の評価を行った。

5. 2 供試材料および実験方法

本研究では、試験片形状 $215^w\text{mm} \times 77^l\text{mm} \times 6^t\text{mm}$ の冷間工具鋼 DC11 および DCMX を用いた。本研究で使用した供試材料の化学組成を Table2.1 に示す。凝固割れ感受性評価試験として本研究ではトランスバレストレイン試験を行った。本試験は、試験片溶接中に任意の曲げを付加することで溶接金属部に強制的に割れを発生させる試験であり、これによって発生した割れの数および長さを以て凝固割れの評価を行う試験である。試験装置の外観を Fig. 2.1 に示す。試験片はベンディングブロック上に固定されており、このベンディングブロックを支点にするような形で試験片両側のヨークが落下することで曲げが付加される機構となっている。この付加するひずみはベンディングブロック曲率を変更することで4段階に変化させることができる。溶接熱源には TIG を用いた。また溶接後の溶け込み深さが試験片厚さの半分程度になる条件を予備実験により導出した。溶接条件を Table2.2 に示す。また、溶接は2パス行い、2パス目の溶接終了時に試験片に曲げを付加した。溶接位置を Fig.2.2 に示す。試験後、ビード上に現れた割れを評価対象とした。

Table2.1 Chemical composition.

Material	Chemical compositions, mass %											
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	N
DC53	0.935	0.997	0.349	0.023	0.0022	0.095	0.094	8.217	1.971	0.209	0.016	0.011
DCMX	0.630	1.921	0.957	0.028	0.047	0.083	0.171	6.773	1.386	0.185	0.015	0.011

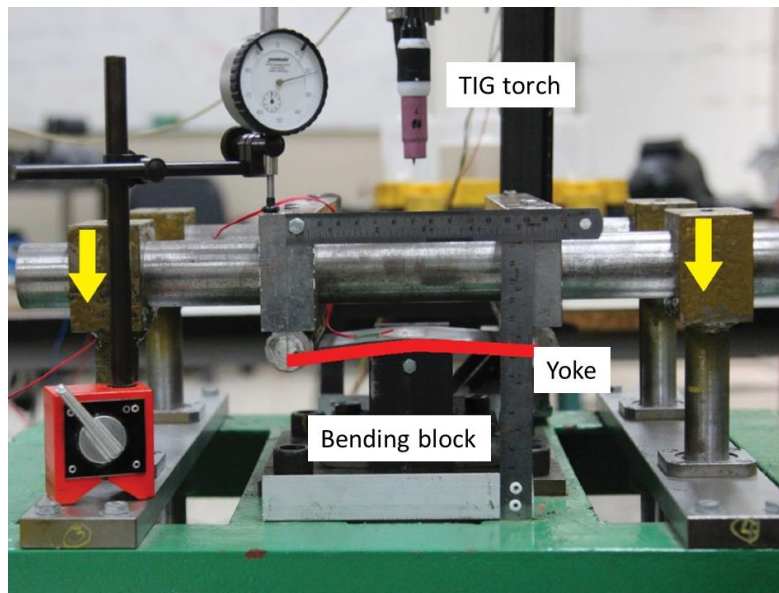


Fig.2.1 Experiment appearance.

Table2.2 Welding conditions.

Traveling speed, mm/s	1.7
Arc current, A	140
Arc length, mm	2
Electrode extension length, mm	5
Torch tilting angle, deg	0
Shielding gas (Ar), L/min	12

Table2.2 Test conditions.

Specimen thickness (mm)	6				
Radius of bending block (mm)	70	125	200	300	400
Strain %	4.3	2.4	1.5	1.0	0.75
Distance of yoke and center (mm)	67				

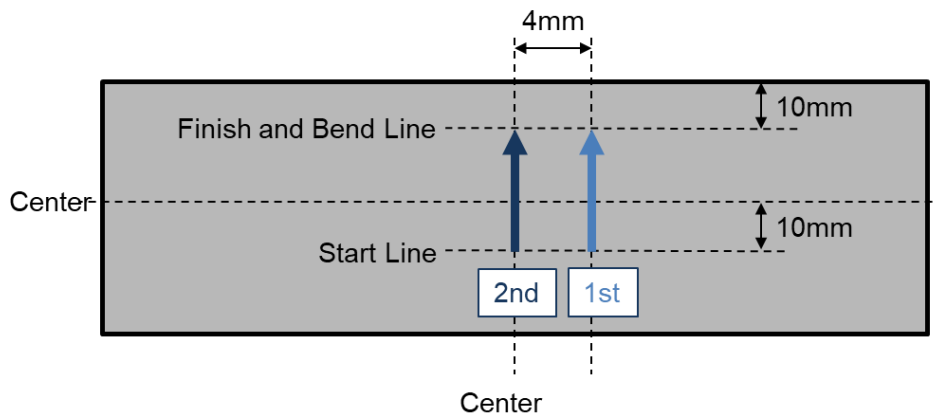


Fig.2.2 Schematic illustration of welding position.

5. 3 実験結果および考察

Fig.3.1 にバレストレイン試験を行った後のビード外観を示す。これらから凝固割れ長さを測定した結果を Fig.3.2 に示す。また、各付加ひずみ値と割れ数、総割れ長さ、最大割れ長さの関係を Fig. 3.3 に示す。この結果から、DC53 および DCMX とともに割れ数、総割れ長さおよび最大割れ長さは付加ひずみが大きくなるにつれ増加していることが分かる。また、DC53 と DCMX を比較すると、割れ数、総割れ長さおよび最大割れ長さのいずれにおいても DCMX の方が大きい値をとっており、割れ感受性が高いことが分かる。これは DC53 および DCMX の化学組成の違いが原因であると考えられる。材料中の P および S が増加すると液相線と固相線との凝固温度域 ΔT が増大し、高温割れが起こりやすくなる。特に S は低融点の共晶を形成するため、凝固割れが生じやすくなる原因となる。Ni も S の偏析による凝固割れを助長する元素として知られている。DC53 および DCMX の化学組成を比較したとき、DCMX は DC53 よりも S を多く含んでおり、また Ni も同様に多く含んでいる。これら材料中の不純物元素が DCMX の凝固割れ感受性を高めていると考えられる。

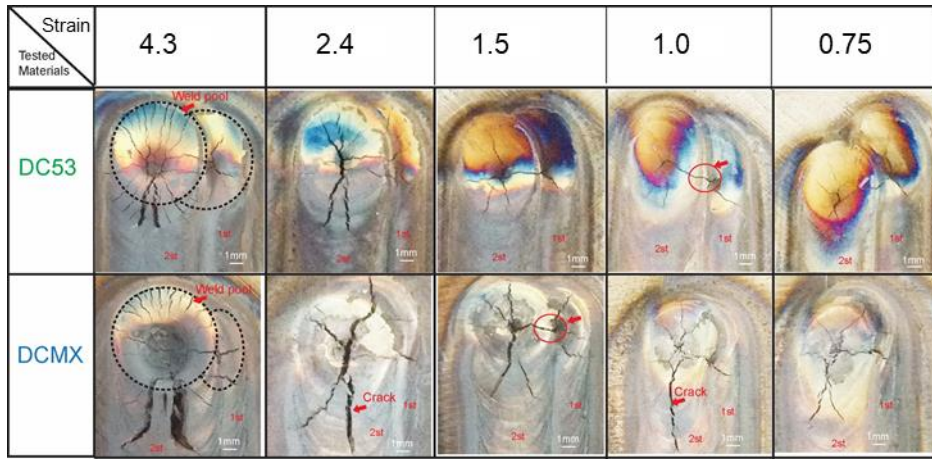


Fig.3.1 Image of cracks.

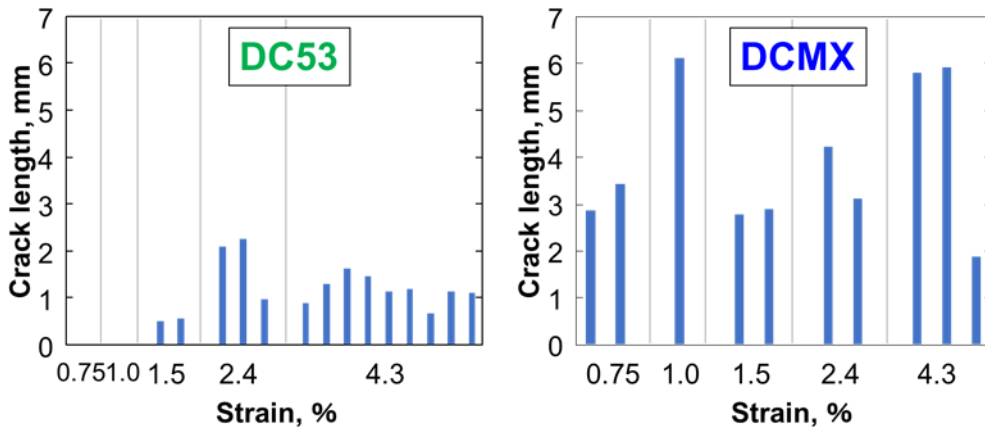
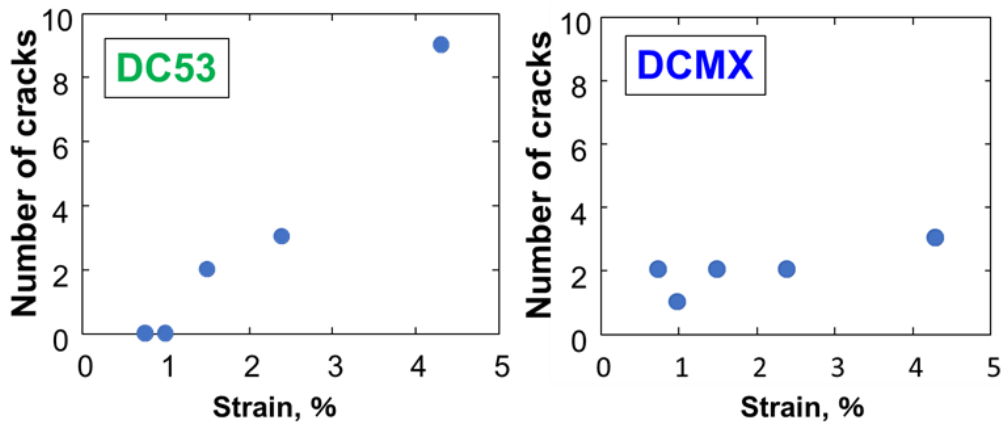
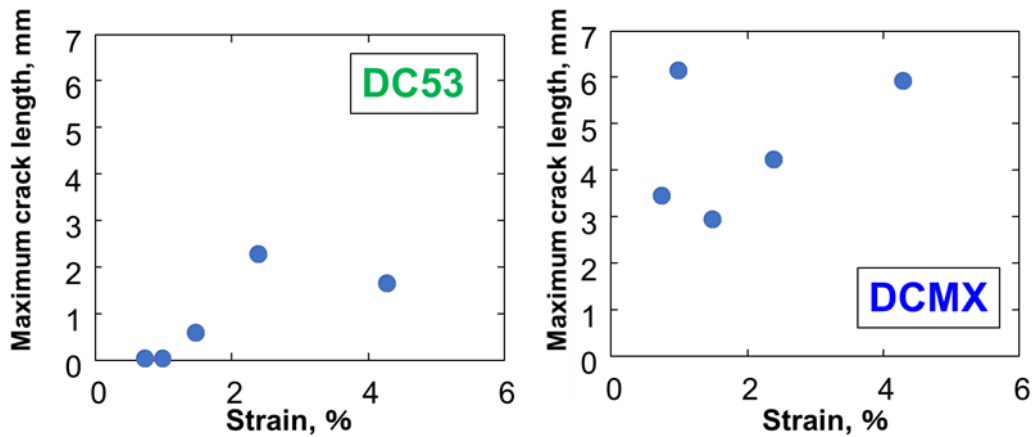


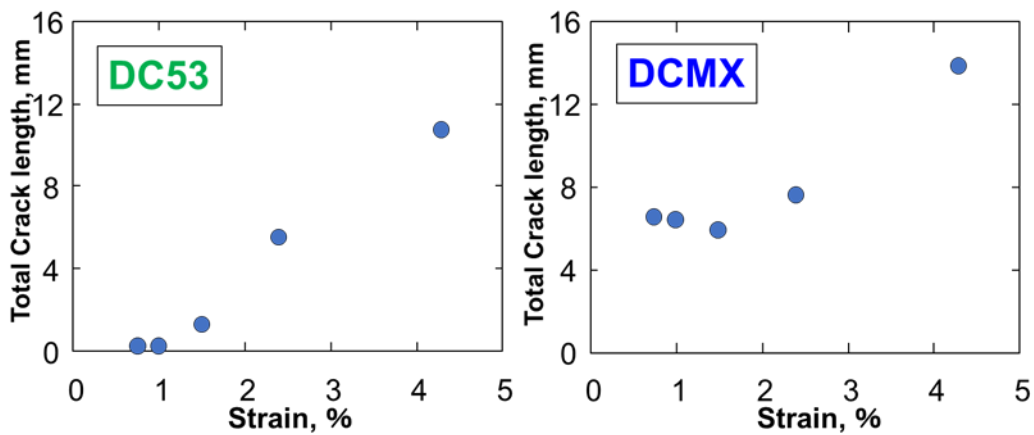
Fig.3.2 Result of measurement cracks.



(a)Crack number



(b) Maximum crack length



(c) Total crack length

Fig. 3.3 Relationship between Strain and Solidification crack susceptibility.

6. まとめ

一か月の間、大学関係者の方々と英語でコミュニケーションをとることに不安があったが、実際に赴いてみると生活の面では困る場面はあまり多くなく、積極的に英語によるコミュニケーションをとることへの自信に繋がった。一方、実験面で英語の障壁は大きく、実験の確認や機器の操作等、意思が間違っただけで危険な状況においては英語でのコミュニケーションは慎重にならざるを得なかった。今後世界でエンジニアとして働く場合は、学問的な、特に工学的な英単語をより熟知することが必要であると実感できた。

また派遣前は、あらゆる点が整備されており安全である日本から海外へ赴くことに抵抗があった。しかし、一か月の派遣を通して日本にはないタイの良さを様々な点で体験できたため、海外の魅力に気付くことができた。そのため、将来的に海外で長期間滞在するような生活も視野に入れるようになった。

7. 謝辞

本研究において、現地で指導してくださいました Dr.Rittichai Phaoniam, 研究や生活面において惜しみない援助をいただきました研究室の皆様にご心より御礼申し上げます。また、海外派遣という貴重な機会を与えてくださいました篠崎賢二教授、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企画・運営してくださいました実行委員会の諸先生方、学生支援グループ国際事業担当の皆様にご深く御礼申し上げます。
