

# 各種薄板アルミニウム合金溶接部の割れ現象

日大生産工（院） 吉舗 達広

日大生産工 大久保 通則

## 1. 緒言

溶接割れは様々な溶接欠陥の中でも最も重大なものであり、溶接構造物の信頼性を著しく損なうものであると言える。特にアルミニウム及びアルミニウム合金の溶接構造物の場合には、物性上の特徴とも関連して、鋼に比べて溶接割れが発生しやすいと言われており、その防止にあたっては一層緻密な配慮が必要とされている<sup>1)</sup>。アルミニウム合金の溶接割れ現象については、各種の観点からの様々な研究が行われている。ISOにおいては、割れ感受性試験法の検討が行われている<sup>2)</sup>。

## 2. 供試材

### 2.1 供試材

本研究では供試材として、熱処理合金である2000系及び6000系のアルミニウム合金を使用した。2000系からはAl-Cu系合金A2017(以下A2017)を使用した。A2017材はCuを主添加成分とし、これにMgを含む合金である。鋼材に匹敵する強度を持つ。

Table1 Chemical compositions of base metals.

Materials	Elements(mass%)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A2017	0.59	0.26	3.87	0.72	0.57	0.01	0.02	0.03	bal.
A6061	0.57	0.4	0.27	0.03	0.96	0.24	0.02	0.03	bal.

しかし強度向上のため、比較的多くのCuを添加している為、耐食性・溶接性が劣るものが多い。主に航空機用部品材料として使用されている。6000系からはAl-Mg-Si系合金A6061(以下A6061)を使用した。A6061材はMgとSiを主添加成分とした合金である。強度や耐食性・陽極酸化性が優れており構造用材・車両・家電製品など様々なものに用いられている。このように性質の異なる二つの供試材を用い、割れ感受性試験を行った。Table 1に化学組成を示す。

### 2.2 供試材寸法

本研究では、各供試材寸法を板厚0.8mm、縦100mm、横100mmに加工したものを使用した。引張試験機に試験片をボルトで固定するための供試材の4箇所ボルト穴加工を施した。

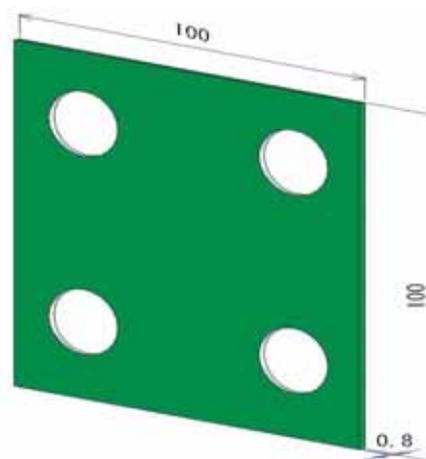


Fig.1 Shape and size of base metals(mm)

Cracking phenomenon of various sheet aluminum alloy welds

Tatsuhiro YOSHIKI, Toshimichi OKUBO

### 3. 実験方法

#### 3.1 溶接方法

本研究の接合方法はインバータ制御のフルデジタルティグ溶接機を用いて溶接を行った。まず引張試験機にボルト4本で供試材を固定して引張応力を与えた。その直後に試験片の中央部を圧延方向に対して垂直になるよう溶接を行った。

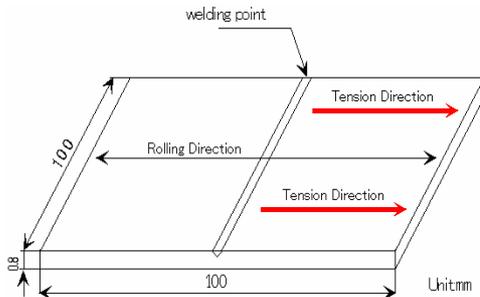


Fig.2 Welding Configuration.

#### 3.2 接合条件

接合条件として電流を3種類・溶接速度を3種類，応力条件として引張応力を2種類の実験を行い，各実験工程3枚以上の溶接を行い，溶接時の割れの有無を確認した。

Table2 Each experiment condition.

Welding current (A)	30・37・45
Welding speed (cm/min)	10・20・30
Tensile stress (MPa)	75・150

#### 3.3 表面観察

走査型電子顕微鏡による，割れた試験片断面の組織観察と，赤外線カメラ及び高速カメラによる，溶接時の割れの温度変化及び割れの観察を行った。

#### 3.4 割れ指標

割れ指標の測定には，溶接長さ(L)と母材の割れ箇所を含む割れ長さ(C)を測定する。割れ指標の測定の概略図をFig.3に示す。割れ指標は，下式のように母材の割れた箇所を含んだ割れ長さ(C)を溶接長さ(L)で除したものに100をかけたものとした。

$$\text{割れ指標 (\%)} = \frac{\text{割れ長さ (C)}}{\text{溶接長さ (L)}} \times 100$$

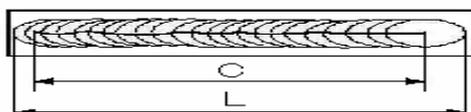


Fig.3 Crack Index.

### 4. 実験結果

#### 4.1 A2017材のひずみ無しの割れ指標

A2017供試材において，ボルト締めを行った後に，引張応力を与えないように固定させた状態で，ひずみを与えずにそのまま溶接を行った。この状態でのA2017供試材の各試験片に溶接割れによる溶接欠陥の発生は見られなかった。応力なしの状態での実験における試験片外観写真の一部をFig.4に示す。

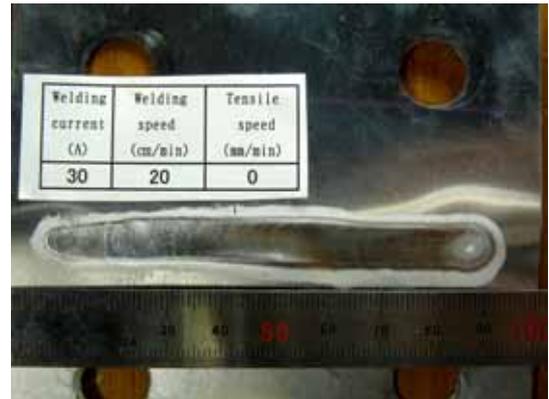


Fig.4 Welding Current 30 (A)

Welding Speed 20 (cm/min)

Tensile stress 0 (MPa)

#### 4.2 A2017材の引張応力75(MPa)の割れ指標

A2017供試材における，引張応力が75(MPa)時の溶接速度別による割れ指標 - 溶接電流グラフをFig.5に，そしてFig.5のグラフの割れが100%を越えた部分を拡大したものを抜粋したグラフをFig.6に示す。

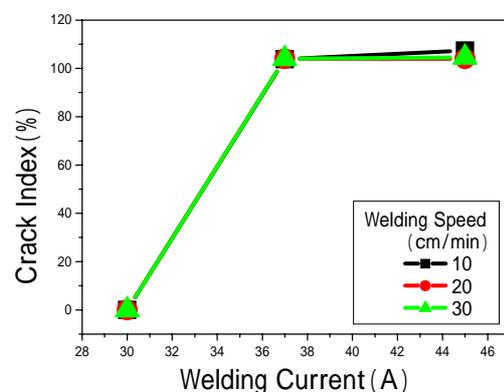


Fig.5 Tensile stress 75(MPa).

グラフを見て判るように，応力が75(MPa)，溶接電流30 Aの実験以外の試験片に割れの発生が見られた。割れが見られた試験片は，割れ長さが溶接長さを超え，割れ指標はいずれも100%を超える値となった。

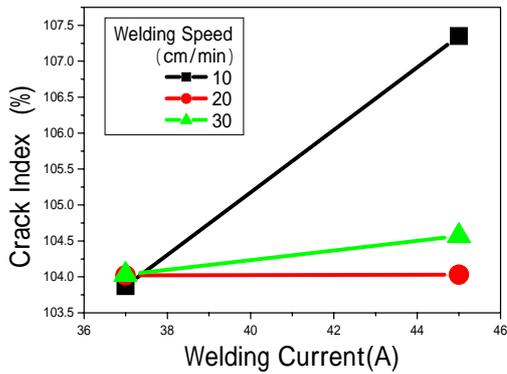


Fig.6 Graph(Fig.5) enlarged.

A2017供試材における引張応力75(MPa)の状態での実験における割れの発生した試験片外観写真の一部をFig.7に示す .



Fig.7 Welding Current 37 ( A )  
Welding Speed 10 ( cm/min )  
Tensile stress 75 ( MPa )

4.3 A2017材の引張応力150(MPa)の割れ指標  
A2017供試材における , 引張応力が150(MPa)時の溶接速度別による割れ指標 - 溶接電流グラフをFig.8に示す .

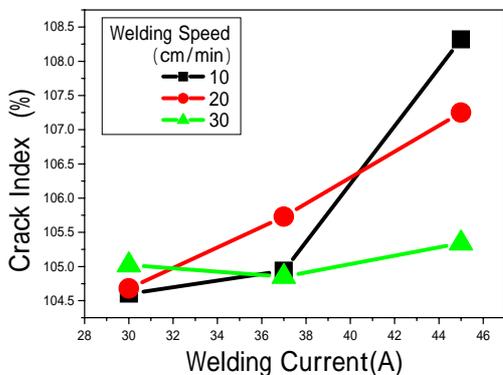


Fig.8 Tensile stress 150(MPa) .  
グラフを見て判るように , 各溶接電流における実験において75(MPa)同様に割れ指標が100%を超えた .

A2017供試材における引張応力150(MPa)の状態での実験における割れの発生した試験片外観写真の一部をFig.9に示す .

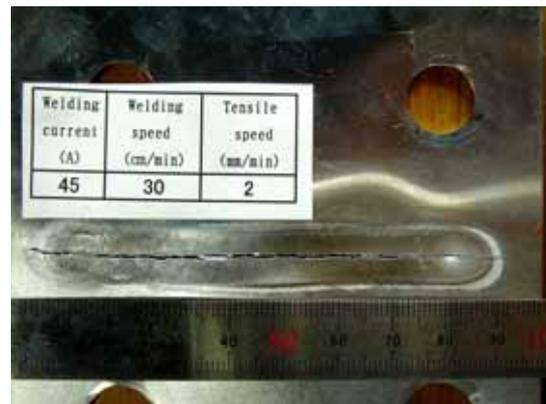


Fig.9 Welding Current 45 ( A )  
Welding Speed 30 ( cm/min )  
Tensile stress 150 ( MPa )

4.4 走査型電子顕微鏡による断面組織観察  
走査電子顕微鏡により得られた組織写真を以下に示す . 100倍の組織写真をFig.10 , 500倍の組織写真をFig.11 , 1000倍の組織写真をFig.12とする .

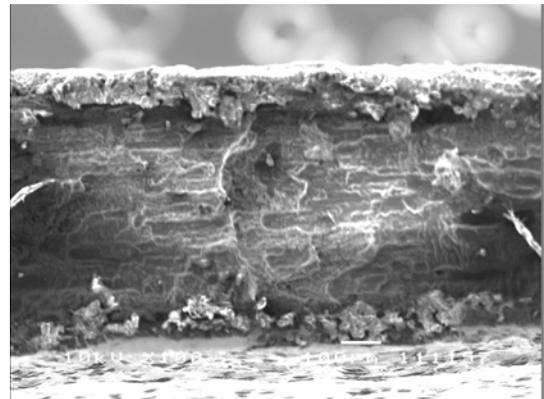


Fig.10 Photograph of 100 times.

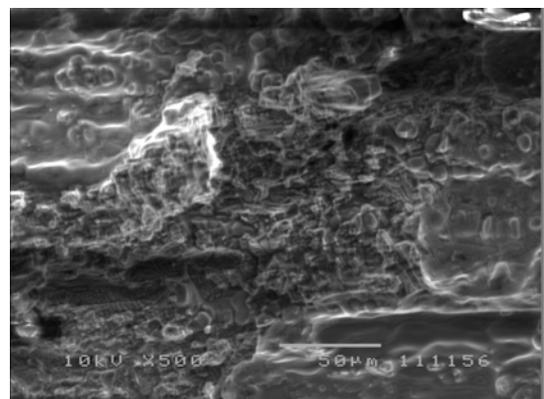


Fig.11 Photograph of 500 times.  
500倍 , 1000倍の組織写真から粒界の発生が見られたことから , この割れが高温割れであることが分かる .

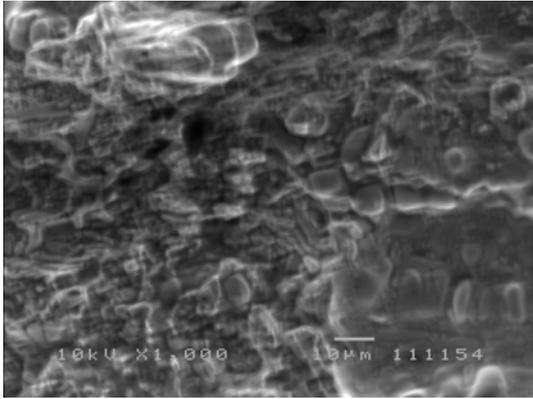


Fig.12 Photograph of 1000 times.

#### 4.5 高速度カメラによる溶接時の観察

高速度カメラによる溶接時における溶接部の割れの観察では、溶接した直後から溶接割れ進展が明らかになった。高速度カメラによる、観察の様子をFig.13に示す。



Fig.13 Observation with a high speed camera.

#### 4.6 赤外線カメラによる溶接時の観察

赤外線カメラによる観察を、溶接開始直後の様子をFig.14、溶接中の様子をFig.15、溶接直後の様子をFig.16にそれぞれ示す。

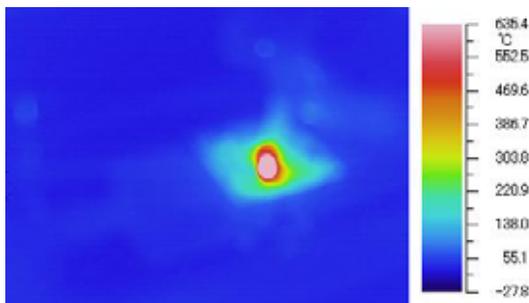


Fig.14 State of welding just after a start with an infrared camera.

赤外線カメラによる溶接時における溶接部の割れの観察では、溶接開始時には目立つような温度変化は見られなかった。同様に溶接中及び溶接直後の温度変化に差はなく、割れによる温度変化は見られなかった。

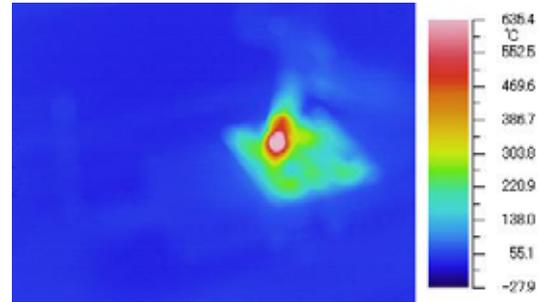


Fig.15 The state that I am welding with an infrared camera.

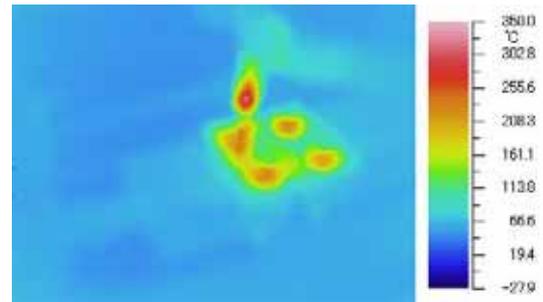


Fig.16 A state just after welding with an infrared camera.

### 5 . 結言

- ( 1 ) 溶接電流が低いほど割れ指標は低くなる傾向がある。
- ( 2 ) 溶接速度は溶接電流が低い時には、溶接速度に関係なく、割れ指標が低い傾向がある。しかし溶接電流が高かつ溶接速度が遅いと割れ指標が高くなる傾向がある。
- ( 3 ) 溶接前の引張応力が大きい状態で、溶接電流が高いと割れが大きくなる傾向がある。
- ( 4 ) 組織写真より、粒界の発生が見られた事から、高温割れと判断できる。

#### 「参考文献」

- 1) 薄板加工法委員会割れ防止研究小委員会,アルミニウム合金ミグ溶接部の溶接割れ防止マニュアル, 社団法人軽金属溶接構造協会, (1983), PP.16 - 20.
- 2) ISO 17641-1 Destructive tests on welds in metallic materials, (2004), PP.1 - 5.