U.D.C 669.71: 620.191.33

AI および AI 合金熔着金属の割れ感受性に 及ぼす添加元素の影響

The Effect of Alloying Elements on the Crack Sensitivity of Al and Al Alloy Weld Metals

> 小川浩三*渡辺潔*朝倉重次* Kōzō Ogawa Kiyoshi Watanabe Shigetsugu Asakura

内 容 梗 概

Al 合金は拘束された状態で熔接すると熔融部に高温割れを発生しやすい。この問題を熔加材で解決するために Zr あるいは Be を添加した Al 合金の熔加材を試作し,割れ発生を起しやすい試験条件,すなわち全自動 シグマ熔接機により 52S 材を試験板としてフイスコ割れ試験を行なった。その結果 Zr を添加した Al 合金熔加材によれば高温割れを防止するのに顕著な効果があるが,Be の添加は割れ感受性の減少には効果がないか または有害であることが知られた。

1. 緒 言

Al 合金を熔接する場合の最大の問題は熔接割れと気孔をいかに 防止するかである。そのうち Al の熔接割れの発生は被熔接物なら びに熔加材の化学組成に依存するところが大であり, Si, Mg, Cu



などが入った凝固温度範囲の広い合金系に起りやすい。さらに被熔 接物が肉厚になるほど熔接する場合の拘束度が大きく熔着金属内に 高温割れを生じやすい。

本実験は Al 合金の熔着金属の割れ感受性の低下に有効な添加元 素を見出すために行なっている一連の研究のうちで Zr あるいは Be を含む熔加材による 52 S 材熔接の場合の割れ感受性を調査したも のである。

2. 実 験 方 法

2.1 供試材

第1表は2Sまたは52SをベースとしてZr あるいは Be を添加 した試作熔加材の主要組成を示し,直径2.4 mm ϕ でコイル巻きに 仕上げた。

第2表は供試52S試験板の化学組成を示す。

2.2 試験方法

2.2.1 熔加材合金の機械的性質

熔加材合金の機械的性質を調査するために線材に加工する前の 鍛造素材より約15mm Ø×250mmlの試料を採取し,400°C1時 間焼鈍した後標点距離32mm,平行部の直径6mm引張試験片 各2本を作成し試験に供した。第1図は引張試験片の寸法を示す。 2.2.2 熔接ビート割れ試験

試験にはフイスコ試験装置および全自動シグマ熔接機を用いた。試験片は10×110×200 mmの板を2枚,間隙2 mmに突合せたものである。第2図はフイスコ割れ試験片の形状および寸法を示す。

熔接は第2図に示されるように開先部に約40mm 長さのビー ドを5mm間隔に四つおき,室温まで装置に固定したまま冷却し,



第2図 フイスコ割れ試験片の形状および寸法

第1表 試作熔加材の主要組成

試験 番号	種類	添加元素(%)			
		Zr	Be	Mg	
11		0.2			
12		0.6			
13	Al-Zr 系	0.8		-	
14		1.0		2 2	
15		1.2			
16		2.0			
21			0.05		
22	Al-Be 系		0.1	—	
23			0.3		
24			0.6		
25			1.0		
26		-	1.4		
31		1.0	0.1		
32	Al-Zr-Be 系	1.0	0.5		
33		1.0	1.0	—	
41		1.2	0.5	3.0	
42		1.2	0.8	3.0	
43		1.4	0.5	3.0	
44		1.4	0.8	3.0	
45		1.6	0.5	3.0	
46	Al-Mg-Zr-Be 系	1.6	0.8	3.0	
47		1.8	0.5	3.0	
48		1.8	0.8	3.0	
49		2.0	0.5	3.0	
50		2.0	0.8	3.0	
51		0.5	-	3.0	
52		0.8	-31-3	3.0	
53	A1. X4 77 7	1.0		3.0	
54	Al-Mg-Zr 系	1.2		3.0	
55		1.4		3.0	
56		2.0		3.0	

ビードの割れの長さを測定した。熔加材の割れ感受性は次式によ



第1図 引張試験片の寸法

* 日立製作所日立研究所

第2表 供試52S試験板の化学組成(%)

Si	Mn	Fe	Cu	Zn	Mg	Cr	Al
0.08	0.01	0.17	tr.	tr.	2.64	tr.	Bal.







第5図 Al-Zr-Be 合金の Be 添加量と機械的性質との関係

って表わされる。

割れ感度(%)=<u>割れの全長</u> 4つのビードの全長 第3表は割れ試験ビードの熔接条件を示す。

3. 実験結果

3.1 機械的性質

第3~7図に熔加材用素材の引張試験結果を示す。Zr, Be ともに



第7図 Al-Mg-Zr 合金の Zr 添加量と機械的性質との関係



第8図 Al-Zr 合金熔加材のフイスコ割れ感度曲線

では0となっている。第9図はこれらのフイスコ試験ビードの外 観を示したものである。

3.2.2 Al-Be 合金熔加材

第10図はAl-Be 合金熔加材と52S母材によるフイスコ割れ試験の結果を示すが, Be の添加はAlの割れ感度の減少には効果のないことがわかる。

3.2.3 Al-Zr-Be 合金熔加材

第11図は Al-Zr-Be 合金熔加材によるフイスコ割れ試験の結

機械的性質に及ぼす影響は特に認められない。
3.2 割れ試験結果
3.2.1 Al-Zr 合金熔加材
第8図はAl-Zr 系熔加材と52S 母材によるフイスコ割れ試験の結果を示す。図中の鎖線は52S(2.6% Mg)熔加材の割れ感度をAl-Zr 合金熔加材のそれと比較し得るように記入したものであるが、Zr 量が1%以上になると割れ感度は著しく減少し、2% Zr

果を示すが、この場合も1%Zrの効果が認められるのみでBeの影響は判然としない。
3.2.4 Al-Mg-Zr-Be 合金熔加材
第12 図は Al-Mg-Zr-Be 合金熔加材によるフイスコ割れ試験の結果を示す。この場合にもZrの効果で52S 熔加材に比べてかなり低い割れ感度を示しているが、Zr 量が増加しても大差なく、Be 0.8%のほうが0.5%の場合よりもやや高い値を示していると

AlおよびAl合金溶着金属の割れ感受性に及ぼす添加元素の影響



(a) 0.2% Zr

(b) 0.6% Zr

(c) 0.8% Zr



(d) 1.0% Zr

第9図 Al-Zr 合金熔加材によるフイスコ割れ試験ビードの外観

531



第11図 Al-Zr-Be 合金熔加材のフイスコ割れ感度曲線

ころから、むしろ BeはZrの効果を減殺しているように考えられ る。

3.2.5 Al-Mg-Zr 合金熔加材

以上の試作熔加材の割れ試験結果に基き, Be を除いて Al-Mg 系のものにZrのみを 0.5~1.4% 加えた熔加材について行なったフ イスコ割れ試験結果を第13図に示す。この場合にはAl合金より



第12図 Al-Mg-Zr-Be 合金熔加材のフイスコ割れ感度曲線



第13図 Al-Mg-Zr 合金熔加材のフイスコ割れ感度曲線

を知るために試作熔加材中おもなる組成のものを再熔融して、その マクロ組織を観察した。

第14図はそれらのマクロ組織を示す。2S(a)に比して2SにZr を添加した(b)~(d)はその添加量の増すにつれて著しく結晶粒が 微細化しているが, Mgを添加した52S(e)は結晶粒が大きく,

もいっそう顕著に割れ感度が低下し 0.5% Zr ではわずかに割れ	2 Sに 0.6% Be を添加した(f) では 52 S のそれよりさらに大きく
が発生したが, 0.8% Zr 以上のものでは全然認められず, 52S 熔	成長している。(g)は 3 % Mg にさらに 1.2% の Zr を添加したもの
接用としては 1.0% 程度の Zrを添加した熔加材で十分に高温割れ	であるが, きわめて微細な結晶粒を示している。これらの合金の結
を防止できることがわかる。	晶粒度は割れ試験の結果と密接な関係を有するものと考えられる。
3.3 熔加材合金のマクロ組織 Zr は熔加材の熔接割れ感度を著しく減少させることがわかった が、Al への各種添加元素が鋳造組織にいかなる影響をあたえるか ――10	4. 考 察 Al 合金の高温割れの発生機構については, 固相線と液相線との温 17 ——





第15図 凝固変容量と添加元素との関係(2)

度範囲が問題になり、これの広い合金ほど割れの発生しやすくなる ことは一般に認められているところである。また熔融金属に結晶粒 を微細化する元素を加えることによって脆性温度範囲を減少させ、 また固相線より高い温度における割れをもさらに少なくするともい われている。この実験結果によれば Al あるいは Al-Mg 合金へのZr の添加は高温割れの防止に顕著な効果を示しているが、これはZrの 結晶粒微細化作用によるところが大であると考えてよいであろう。

第8図の Al-Zr 合金と第13図の Al-Mg-Zr 合金とを比較すると 終りにのぞみ本実験を行なうにあたり終始ご指導を賜った日立製 明らかなように、Al-Mg-Zr 合金の方が Al-Zr 合金に比べて Zr の 作所日立研究所小野部長に感謝の意を表する。 添加量が少なくてその効果を表わしている。このことは Mgを添加 した場合には微細結晶粒度をうるのに要する Zr 量が低 Zr 側に移行 献 考 文 (1) W. E. Pumphrey and E. G. West: British Weld. Jl. 4. 7 するためである。 一方で Be は 第10 図 Al-Be 合金および 第11 図 (1957) 297 \sim 305 Al-Zr-Be 合金の場合のように効果を示さないか,または第12図 (2) 堀 一夫: 日本金属学会誌 19,3 (1955)245~254 Al-Mg-Zr-Be 合金のように逆効果になるのは Be がZrとは反対に (3) 今井 弘, 堀 一夫: 日本金属学会誌 17,7(1953)325~328

合金が熔融状態から凝固する際に起る凝固収縮が大きな影響をなす ものと考えている。Al合金の凝固に基く変容量は添加元素の種類お よび量によって異なることが第15図に示すようにすでに研究され ており⁽²⁾,特にTiの添加は顕著な凝固変容量減少効果を与えるこ とがわかる。また Ti を含む多元素 Al 合金においても顕著な凝固変 容量減少効果を示すことも報告されている⁽³⁾。Zrの場合にもTiと 同様な効果があることが予想されるので,第15図に示した凝固変 容量と添加元素との関係は、これらの添加元素を含む合金熔接部の 割れ感度と添加元素との関係と類似の傾向があると考えてよいであ ろう。

5. 結 言

Al 合金熔接部の高温割れを防止するために, Zr および Be を添 加した Al 合金熔加材を試作し,52S を試験板として全自動シグマ 熔接機によりフイスコ割れ試験を行ない次のような結果を得た。

(1) Al 合金への Zr の添加は熔着金属の結晶粒を微細化し高温 割れ防止に顕著な効果があるので,52S材熔接用としては52S成 分に約1%Zrを添加した熔加材を,また2S材熔接用には2S成 分に2%以下のZrを含む熔加材を使用すれば厚板の拘束下高能 率熔接も可能であるとの見通しが得られた。

(2) BeのAl合金への添加は割れ感受性の減少には効果がない か、または有害である。

