

大阪大学溶接工学研究所

広島県立呉工業試験場

園城敏男

○ 黒田敏雄

野地英治

1. 緒言

Al-Mg 系 5083 アルミニウム合金は耐食性、溶接性にすぐれ、車両はじめ各種の溶接構造物に使用されている。最近では海洋構造物へも適用されつつある。本合金の腐食、応力腐食割れの原因として、低温時効過程中に粒界に優先的に析出する β 相 (Mg_2Al_3) が挙げられている。この β 相は電位的にマトリックスよりも卑なために β 相の選択溶解が腐食、応力腐食割れの経路になると言われている。本合金を溶接すると溶接ボンド部が局部優先腐食され、さらに溶接後、低温時効された溶接部ではその局部腐食がかなり激しいことを見出した。そこで本研究は溶接部の優先腐食挙動を金属組織学的に検討し、そして腐食挙動と β 相析出との関係を調べた。

2. 実験方法

本研究に用いた材料は 5083-0 材であり、溶加剤として 5356 を用いた。それらの化学組成を表 1 に示す。溶接は DCRP-TIG 法を用い

表 1. 母材および溶加剤の化学組成 (wt%)

	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
5083-0 Base metal	0.03	0.16	0.19	0.61	4.7	0.01	0.10	0.01	Bal
5356 Filler metal	0.007	0.07	0.13	0.09	5.03	0.01	0.11	0.09	Bal

入熱 5000~10000 J/cm で行った。溶接後、溶接部が高温で用いられる事をも考慮し、120℃で時効した溶接部も作製した。溶接部の腐食挙動は 4 点曲げ試験法を用いた。負荷応力は σ_y に相当する 18 kg/mm² とした。腐食液は 3.5% NaCl + 0.5% H₂O₂ 水溶液を用い、試験開始時の pH は約 5 であった。腐食液は 24 時間毎に交換した。腐食液に浸漬後、所定の各時間後に試片を取り出し、三断面を切り出し、断面割れの有無および腐食深さを測定した。なお、母材の応力腐食割れ試験も行ない、定荷重引張下での破断寿命を測定した。溶接部ならびに母材の熱処理は 200℃ 以下の場合はシリコンオイル、560℃ までは硝酸塩浴を用いた。

3. 実験結果

図 1 は 5083-0 材を 10000 J/cm で溶接後、1 週間応力腐食割れ試験を行った時の溶接部の断面組織を示す。余盛のオーバーラップ部は腐食によりはく離し、溶接ボンド部で局部腐食割れが生じている。この腐食はいずれの入熱においても生じていた。図 2 は溶接入熱と溶接部各部の腐食速度の関係を示す。腐食速度は断面腐食深さを腐食時間で除した値で表わしている。溶接入熱の増加とともに腐食速度は

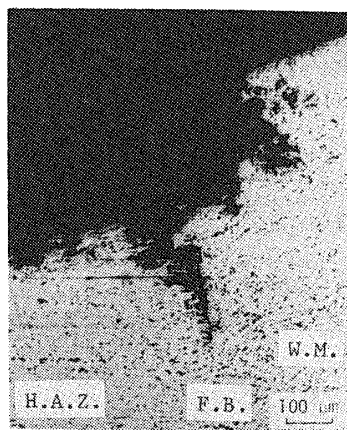


図 1. 溶接ボンド部の局部優先腐食割れ (As Welded)

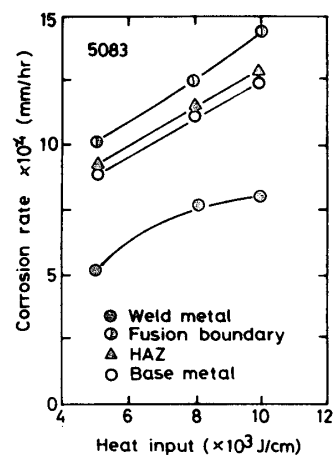


図 2. 溶接入熱と腐食速度の関係 (As Welded)

増大している。溶接ボンド部近傍は高温に加熱されるため、不溶性化合物はかなり溶解し、その後の冷却中にβ相が析出したためと考えられる。母材の場合、溶体化処理温度が高いほどβ相の析出は加速される。これが応力腐食割れ、腐食にどのように影響するかを検討した。とりわけ 5083-O 材を粒界にβ相が優先的に析出する 120°C で長時間処理し、応力腐食割れ試験を行った。その結果を図3に示す。応力腐食割れ寿命は、120°C での時間が増えるほど短くなっている。

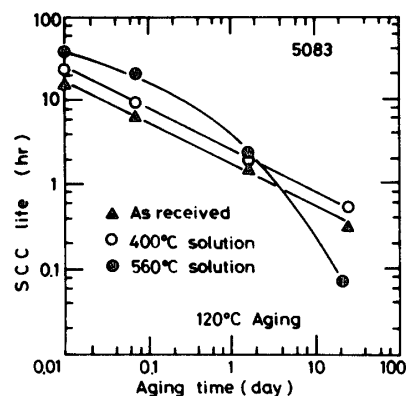


図3. 120°Cでの時間と応力腐食割れ寿命の関係 (母材, 定荷重引張型)

このことは粒界でのβ相の析出が多いほど応力腐食割れ寿命は短くなることを示している。また溶体化処理温度が高いほどβ相の析出は多く、応力腐食割れ寿命が短くなっている。そこで溶接部についても検討した。図4は溶接入熱 10000 J/cm の場合の溶接ボンド部を含む各部の腐食速度と 120°C での時間との関係を示す。いずれも時間が長いほど腐食速度は高くなる。つまりβ相の粒界析出が時間の増加とともに多くなっていると考えられる。また溶接ボンド部の腐食速度は他の領域にくらべてはやい。図5は溶接入熱 10000 J/cm の場合の 120°C 1 週間時間後、応力腐食割れ試験を行った時の断面組織を示す。溶接ボンド部での局部優先腐食が激しく、母材および溶接金属ではあまり腐食していない。

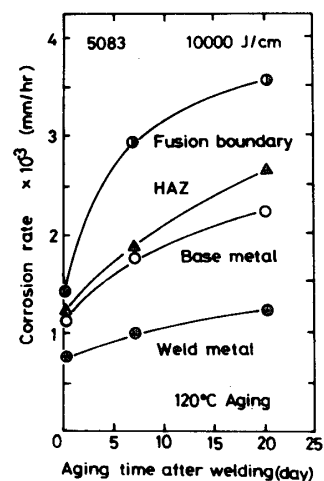


図4. 溶接後 120°C で時間経過した場合の時間と腐食速度の関係

そこで粒界でのβ相の析出が溶接ボンド部、HAZ、母材および溶接金属でどのように異なっているのかを SEM による組織観察により検討した。その結果を図6に示す。溶接金属、HAZ および母材ではβ相の析出は不連続であり、あまりβ相は析出していないことを示す。一方溶接ボンド部では粒界に連続的にβ相が析出し、しかもかなり厚く析出している。このことからβ相は溶接ボンド部で優先的に析出し、それが応力腐食環境下における局部優先腐食を生じる主要原因の一つであると考えられる。

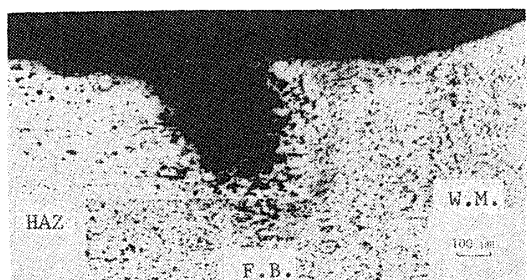


図5. 溶接ボンド部の局部腐食 (120°C 1 週間時間後)

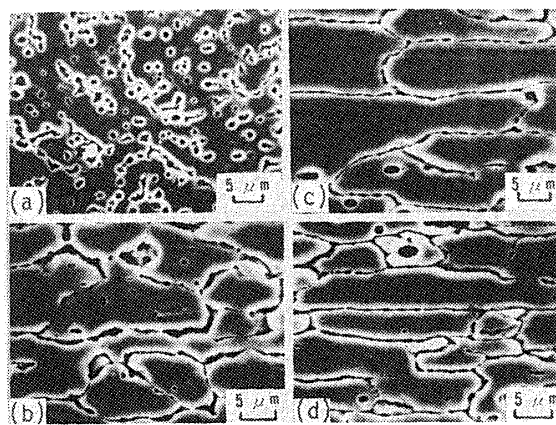


図6. 溶接部のβ相の析出状況 (a) 溶接金属 (b) ボンド部 (c) HAZ (d) 母材