

Al-4.4% Mg 合金における粒界析出の粒界構造依存性

Structural Dependence of the Boundary Precipitation in Al-4.4% Mg alloy

劉 勝利*・石田 洋一**・加藤 正夫**

Shori LIU, Yoichi ISHIDA and Masao KATO

1. ま え が き

Al-Mg 合金は Mg 1.9% 以上の場合に時効すると、β相 (Al₃Mg₂) またはその中間相 β' が優先析出し、耐応力腐食性が低下する。この際、析出はすべての粒界に起こるのではなく、析出の見られない粒界もかなり存在している。Unwin と Nicholson¹⁾ はこの現象は粒界構造と関係し、析出の見られない粒界は対応粒界であると考えた。粒界析出が粒界方位に依存することは、古くから報告されたが、粒界における析出の有無が対応粒界構造で説明できるかどうかは、まだ十分な実験的証拠がない。これを調べようというのが本研究の目的である。

2. 実 験 方 法

Al-4.4% Mg 合金 (0.02% Si, 0.01% Fe) 薄板を 100, 150, 200°C で 44 時間時効し、200 または 500 kV 電顕で透過観察し、析出のみられない粒界とみられる粒界の比、析出のみられない粒界の方位関係を調べ、これら粒界の方位関係が対応関係を満たしているかどうかを解析した。

3. 実験結果および考察

各時効温度における析出の見られない粒界の比率を表 I に示した。

表 I 各時効温度における粒界析出の有無

時効温度 (°C)	調べた粒界数	析出のみ見られる粒界の比率 (%)	析出のみ見られない小傾角粒界の比率 (%)	析出のみ見られない大傾角粒界の比率 (%)
100	71	59.2	25.3	15.5
150	72	72.2	11.1	16.7
200	106	83.0	0.0	17.0

小傾角粒界では 100°C 時効後ほとんど析出が観察されなかったが、200°C で時効すると、ほとんどの小傾角粒界の転位上に析出が観察された。この表で析出のみ見られる粒界中の小傾角粒界数は調べていないが、同じ合金で小傾角粒界の数を調べたところ、粒界 72 個中 19 個が小

傾角粒界で、全体の 26.4% を占めていることがわかった。これは表 I に示した 100°C 時効で析出のみ見られないの小傾角粒界の比率とはほぼ一致している。

大傾角粒界での析出状況については、小傾角粒界のそれと異なって、時効温度が変化しても、析出の見られない粒界の比率がほとんど変わらなかった。これら粒界につき、方位関係を解析し、その 180° 回転軸の方位をステレオ三角形に表示した。図 1 は 200°C 時効で析出の見られない粒界の 180° 回転軸の方位である。100, 150°C 時効の場合についても同様に分布を調べた。図中実線と鎖線部分は同じ方位関係に相当するので、その一方しか表示していない。この図を説明するために、Σ39 までの対応方位関係の 180° 回転軸方位³⁾ とそれで説明できる範囲を図 2 に示した。この範囲は $\theta_0 = 7.5^\circ$ ^{4), 5)} と仮定し、Brandon⁶⁾ によって提出された式 $\theta = \theta_0(\Sigma)^{-1/2}$ を適用したものである。図 1 と図 2 とを重ね合わせれば、図 1 中の粒界の方位関係は対応方位関係を満たしているかどうかを判断できる。これによると、これら粒界の方位関係は Σ29 b, Σ13 b, Σ41, Σ11, Σ19, Σ37, Σ17 が各一つ、小傾角粒界 (傾角 5~10°) が四つ、Σ5 が四つ、Σ29 が三つの対応方位関係に該当することがわかった。

4. 結 論

以上の実験結果から次のように結論される。

- 1) Al-Mg 合金では β 相または β' 相の粒界析出が粒界構造に強く影響されている。
- 2) 粒界析出の見られない粒界は次の二種類である。
 - (A) 転位像が電顕で観察されない程度の傾角をもつ小傾角粒界 (傾角 5~10°)。
 - (B) 対応方位関係にもとづく規則粒界。
- 3) 小傾角粒界で転位像の見える場合、長時間時効すると、転位上へ析出することから、析出核生成でなく析出相の成長が、Mg 拡散の遅れによって影響されたためと考えられる。これに対し規則粒界では、析出に時効時間や温度依存性がほとんどないところから核生成の有無が析出の有無をきめているものと考えられる。
- 4) A タイプの粒界すなわち格子転位が+原子間距離

* 東京大学大学院生

** 東京大学生産技術研究所 第 4 部

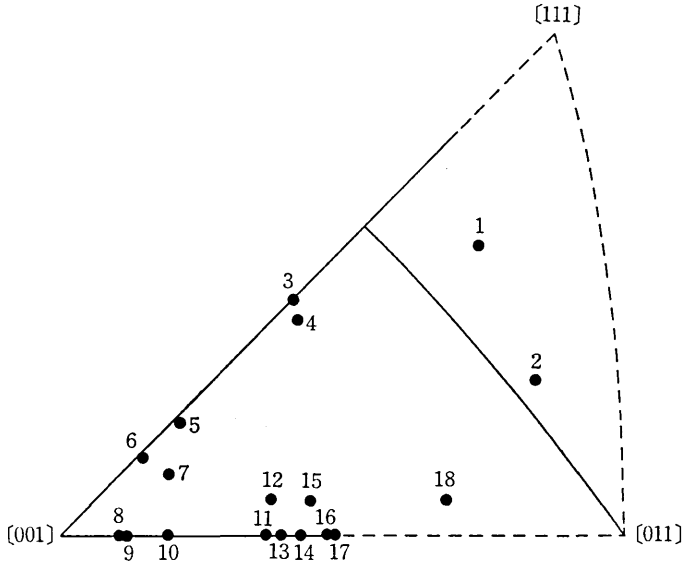


図 1 200°C, 44 時間時効で、析出の見られない粒界の 180° 回転軸の方位、数字は粒界番号

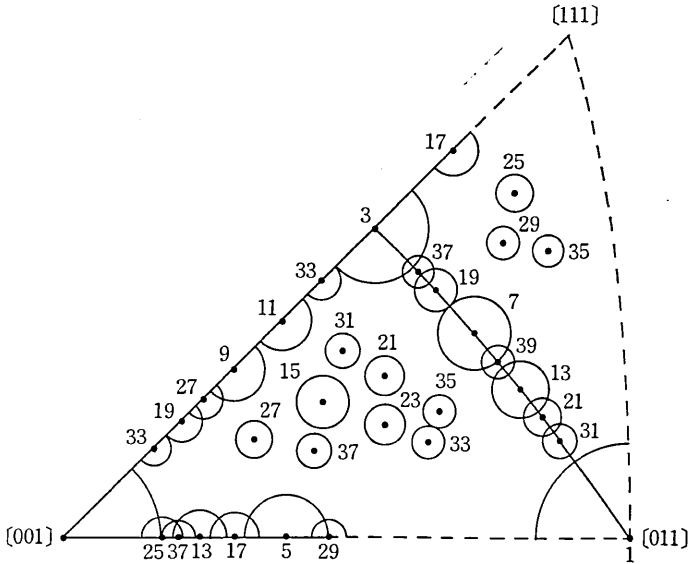


図 2 対応方位関係の 180° 回転軸方位およびその説明できる範囲

程度以下の間隔で並んだような構造が析出核としての力を失うことは、転位配列にともなう転位芯の大きさの減少が析出核の生成に強く影響していることを暗示している。規則粒界の周期間隔が五原子間隔程度以下であることから考えて、いずれの場合も析出 β 相の最小安定単位である核の大きさは、これ以上の大きさをもっていることが推察できる。

(1973 年 1 月 29 日 受理)

参 考 文 献

- 1) P. N. T. Unwin and R. B. Nicholson: Acta Met., 17 (1969) 1379.
- 2) C. S. Smith: Trans. Am. Soc. Metals, 45 (1953) 533.
- 3) 石田洋一: 日本結晶学会誌, 12 (1970) 142.
- 4) W. T. Read and W. Shockley: Phys. Rev., 78 (1950) 275.
- 5) J. H. van der Merwe: Proc. Phys. Soc., A 63 (1950) 616.
- 6) D. G. Brandon: Acta Met., 14 (1966) 1479.