

Al-4.4% Mg 合金における格子転位および粒界転位への析出

Precipitation on Lattice and Boundary Dislocation in an Al-4.4% Mg Alloy

劉 勝利*・石田 洋一*・加藤 正夫*

Shori LIU, Yoichi ISHIDA and Masao KATO

はじめに

Al-Mg 合金は他の合金系とくらべて結晶粒界や転位へ優先析出する度合が著しい。一般に、粒界析出は粒界構造の影響をつよくうけるが¹⁾²⁾、とくに Al-Mg 合金ではこれが顕著で、粒界によっては析出が全くみられない³⁾⁴⁾、一方、小傾角粒界では転位列間隔が透過電顕で観察される程度に大きい場合、この転位が核となって析出する。このような転位上析出が対応粒界転位で容易かどうかは、この析出機構を理解するうえで重要な知見である。対応転位のパーガースベクトルは一般に格子転位のそれより小さく、対応粒界の種類により異なっているからである⁵⁾⁶⁾⁷⁾。また、この知見は個々の対応粒界の安定性の目安となる。粒界構造研究の手段としても有力である。

試料および解析方法

試料は前報⁸⁾と同じく、Al-4.4% Mg 合金である。これを 450°C×28 hr 焼鈍し、100°C まで 2°C/min で炉冷し、200°C で 44 hr 時効したものである。転位上析出は通常の大傾角粒界への析出とくらべて遅れが著しく、後者は 100°C 時効ではほぼ終了するのに対し、前者は 100°C 時効ではほとんど生じない。針状析出相の方位と、これに核として働いた格子転位のパーガースベクトルとの方位関係は、(100)および(110)面における種々の二波回折像の比較から判定した。

実験結果および考察

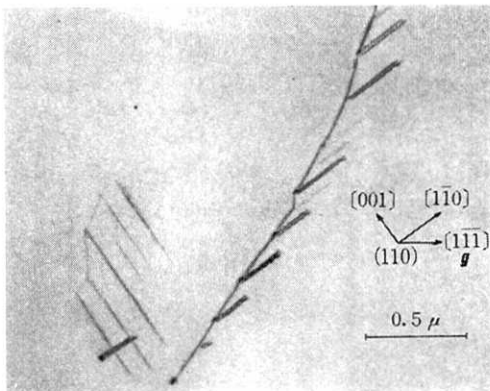


写真1 粒内格子転位での析出例

(1) 粒内格子転位への析出

この場合ではいずれも針状析出物で、マトリックスの<100>方向に伸びている(写真1)。種々の回折条件で像の消長を調べ、核として働いた格子転位のパーガースベクトルを判定してみたところ、いずれも析出の針方向はこの転位にとって刃状方向で、転位の一部が刃状転位となって<100>方向を向き、この芯にそって針が成長したことがわかる。a/2<110>刃状転位には<100>方向は一種類しかないで、針生長の方向は転位毎に一種類しかない。転位上析出は、一般に方位関係の選択がはっきりきまっているのが特徴であるが、必ずしも刃状転位が選ばれるわけではなく、たとえば珪素鉄のε炭化物析出ではラセン転位上の析出が報告されている⁹⁾。この合金で刃状転位が選ばれたのは、Mgの原子半径がAlのそれより約12%大きく、析出の際の体積変化が大きいためと考えられる。一方刃状方向でも<110>や<111>でなく、<100>が針状方向として選ばれたのはAlではヤング率が<100>方向で<110>とくらべて小さいためと考えられる。この針状相によって生じた格子の歪場は針に垂直な方向に対するものであることは、回折方位を針と平行の方向にしたとき析出物像(およびその核となった転位の像)が消失することから明らかである。この結果は針方向を<110>とするEmbury and Nicholsonの結果¹⁾と一致しない。この原因は不明である。彼らの合金組成はMg 7.14%と本実験の合金より多く、合金濃度が高い場合には針状相の方位として<100>以外に<110>、<120>、<111>などが報告されているが⁹⁾、<110>だけで<100>が生じないという結果は報告されていない。

(2) 小傾角粒界を構成する列状転位への析出

転位間隔が広く傾角が小さい小傾角粒界では、写真2に示すように転位の一部が<100>刃状方向を向いてそこに針状析出する。この写真では二種類の転位が並んでいるが析出相の方向と転位像の違いからわかる。転位網目が細くなり、その一部が曲って<100>方向をとれなくなると、針状でなく粒状の析出物が転位の交差点に生ずる。写真3、これはこの部分でみかけの**b**が大きくなり、析出場所としての力が大きいためと思われる。析出相の構造は針状相と異なると考えられるが、微小相で像

* 東京大学生産技術研究所 第4部

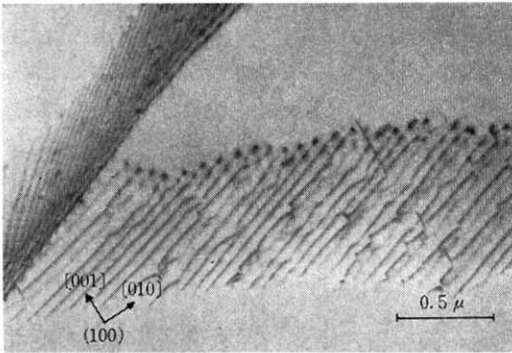


写真2 小傾角粒界を構成する列状転位での析出例

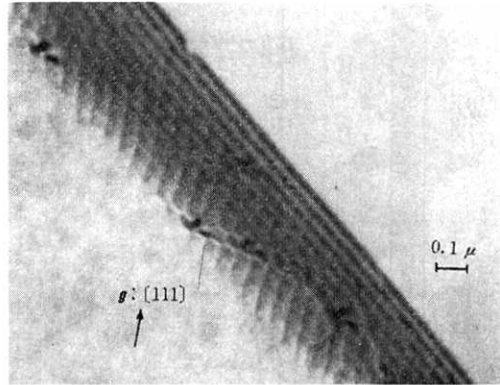


写真4 Σ9 対応粒界上の転位での析出例

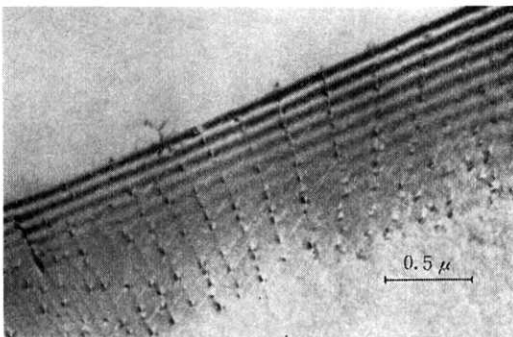


写真3 小傾角粒界を構成する列状転位での析出例

は専ら母相の歪からくするため解析はできなかつた。一見すると転位間隔が広いとき析出核としての働きが大きいように見えるが⁸⁾、これは転位の交差場所の分布が転位間隔できめられる見かけ上の効果も入っていることは明らかである。

(3) 対応粒界上の転位への析出

転位像のみられない対応粒界には析出が生じない³⁾⁴⁾。この原因は第一にβあるいはβ'相の単位格子が大きいためと考えられる。β相(Al₃Mg₂)は面心立方晶構造をもつが、単位格子の格子定数は $a=28.24 \text{ \AA}$ ¹⁰⁾と非常に大きい。このためβ_i相は通常生ぜず、その不完全なかたちのβ'が析出する。これは五角形の単位格子(Friauf-polyhedra)の集合体とされる¹⁰⁾が、Polyhedra 自身直径が6原子、厚さが2原子程度の大きさを持ち、対応粒界の周期間隔(たとえばΣ27 対応粒界では $\sqrt[3]{27}=3$ 原子程度)と充分干渉する大きさをもっている。ところで対応粒界は通常粒界転位を含んでいる。そこでなぜ粒界転位上へ析出しないかが第二の条件として問題となる。

粒界転位はそのバーガースペクトルが大きく、電顕像が格子転位のそれに匹敵する程度に著しいとき、析出場

所として働く。写真4はその一例で、析出の程度は小傾角粒界上の転位へのそれと比較すると小さく、かつ低密度であるが転位の交差点に析出している。この粒界は方位解析の結果Σ9 対応粒界で、従ってその粒界転位の単位バーガースペクトルは、 $a/18(1\bar{1}4)$ 、 $a/9(2\bar{2}1)$ および $a/6(211)$ の三種類で、三番目の最も大きく格子転位の57%の大きさをもっている。粒界転位上の析出はこのほかΣ5 など粒界転位のバーガースペクトルが大きい対応粒界でみられた。このことから、対応粒界での析出がみられないのは、粒界転位のバーガースペクトルが小さいため、析出場所とならないためと考えられる。

おわりに、500 kV 電顕使用にあたって物性研鈴木平教授および電顕室鈴木助手の御好意に感謝する。

(1973年5月29日受理)

文 献

- 1) R. B. Nicholson; *Electron Microscopy and Strength of Crystals*, Ed. G. Thomas and J. Washburn, Chapt. 16, 861 John Wiley & Sons, New York. (1963)
- 2) R. B. Nicholson; *Phase Transformation*, ASM. Chapt. 7, 269 (1969)
- 3) P. N. T. Unwin & R. B. Nicholson; *Acta. Met.* 17, 1379 (1969)
- 4) 劉, 石田, 加藤; *生産研究* 25, 139 (1973)
- 5) W. Bollman; *Crystal Defects and Crystalline Interfaces*, Springer, Berlin (1970)
- 6) T. Schober and D. H. Warrington; *Phys. stat. sol.*, (a) 6, 103 (1971)
- 7) Y. Ishida; *Phil. Mag.*, 27, 1125 (1973)
- 8) E. Furubayashi; *Trans. JISI. supplement* 1245, (1971)
- 9) K. Matsuura and S. Koda; *J. phys. Soc. Japan*, 20, 251 (1965)
- 10) S. Samson, *Acta Cryst.*, 19, 401 (1965)