アルミニウム合金の析出粒子周りのオロワンループ

九州大学工学研究院材料工学部門 美 浦 康 宏

Fig. 1 Al-2.85 mass%Li 合金単結晶の室温変形後の(111)主すべり面の転位組織. $\epsilon=3\%$. JEM-1000.

オロワンループの形成・消滅は粒子と転位の相互作用の素過程であるが、粒子分散強化型材料の加工硬化過程や回復過程を考える上では基本となるので実用材料の観点からも大変興味深い現象である。しかし、オロワンループは実際にはさほど頻繁には観察されない。アルミニウム合金も例外ではない。母相とのミスフィットが小さく、整合ひずみ場が大きい粒子の周りには粒子とほぼ等しい大きさのループが形成されるだろう。アルミニウム合金では交差すべりが容易な場合が多いので粒子周りにはオロワンループ、プリズマティックループ、スーパージョグなどの形成が期待されるため、転位組織は一層複雑化する⁽¹⁾。もちろん変形条件にも依存する。したがって、形が整ったオロワンループが常に観察されるとは限らない。

Fig. 1 は焼入れ、時効によって析出・成長した球状の準安定 δ' - Al_3Li 整合規則粒子を含む Al-2.85 mass%Li 合金単結晶の室温圧縮変形過程で形成されたオロワンループを示す220暗視野像である⁽²⁾。ループで囲まれている規則粒子はこの反射条件では見えない。 δ' - Al_3Li 相と同じ $\text{L}1_2$ 型構造を有する球状で整合な安定相 Al_3Sc が析出・分散する Al-Sc 合金においてもオロワンループは観察されている⁽³⁾。

Fig. 2 493 K で変形した Al-1.94 mass%Li 合金単結晶の(111)主すべり面の転位組織. a, b は同一場所. $\gamma=10\%$. JEM-200CX.

Fig. 3 Conservative climbing によるオロワンループの消滅機構を示す模式図。

Fig. 2 は Fig. 1 と同様の δ' - Al_3Li 粒子を含む Al-1.94 mass%Li 合金単結晶を 493 K で圧縮変形し、徐冷したときの転位像(a)と同一視野の δ' - Al_3Li 粒子像(b)である⁽⁴⁾。原子拡散が容易な場合には形成されたオロワンループは拡散緩和によって、conservative climbing(Fig. 3)を通してあたかも帽子が脱げるように収縮・消失することが指摘されている⁽¹⁾。転位パイプ拡散を仮定して導かれる速度式⁽⁵⁾によれば直径約 60 nm のループの寿命は 493 K では 1 s 以内である。したがって、写真の残存するオロワンループは粒子の赤道面近傍に存在し、準安定状態にあると推定される。

文 献

- (1) F. J. Humphreys and P. B. Hirsch: Proc. Royal Soc., London, A318(1970), 45, 73.
- (2) Y. Miura, K. Yusu, M. Furukawa and M. Nemoto: J. Phys., 48(1987), c3-549.
- (3) Y. Miura, M. Nakayama and A. Furuta: Proc. 7th JIM Int. Symposium on Aspect of High Temperature Deformation and Fracture in Crystalline Materials, July 28-31, 1993, Nagoya, Japan, p. 255.
- (4) Y. Miura, K. Yusu, S. Aibe, M. Furukawa and M. Nemoto: Proc. 5th Int. Al-Li Conf., Williamsburg, Va., U.S.A., March 27-31, 1989, p. 827.
- (5) T. Mori and H. Tokushige: Acta Metall., 25(1977), 63.

(2000年8月21日受理)

Orowan Loops Surrounding the Coherent Precipitates in Aluminum Alloys; Yasuhiro Miura (Department of Materials Science and Engineering, Kyushu University, Fukuoka)

Keywords: aluminum-lithium alloy, aluminum-scandium alloy, Orowan loop, precipitation strengthening

TEM specimen preparation: electropolishing TEM utilized: JEM-1000(1000 kV), JEM-200CX(200 kV)