

東大大学院¹⁾ 宇宙研²⁾ ○板谷一弘¹⁾ 佐藤英一²⁾
栗林一彦²⁾ 堀内 良²⁾

1. 緒言

等軸微細粒組織をもつ材料は、高温低応力下では粒界すべりを主要な変形機構とし、高い延性を示す。この微細粒超塑性現象の出現には、変形温度においても微細粒組織を安定に保つことが必要となる。ほとんどの超塑性合金では二相混合組織あるいは粒子分散組織として粒成長速度を小さくする工夫が施されている。しかしながら多くの二相混合組織、粒子分散組織において超塑性変形は粒成長を加速することが報告されており、超塑性を損うものとみなされてきた。しかし以下の解析に示すように、この変形に伴う粒成長は加工硬化という形でネッキングの生成を妨げ、変形を安定化することが期待される。

超塑性変形中の変形応力 σ は、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ とともに粒径 $\bar{D}$ にも依存し、次式で表わされる。

$$\dot{\epsilon} = K \cdot \bar{D}^{-p} \cdot \sigma^{1/m} \quad (1)$$

ここで、 K は変形条件に依存した定数である。(1)式における粒径の増加は与えられたひずみ速度を保つのに必要な応力を増加させ、次式に示される加工硬化をもたらす。

$$\gamma \equiv \partial(\ln \sigma) / \partial \epsilon = m \cdot p \cdot \alpha \quad (\text{但し, } \alpha = \partial(\ln \bar{D}) / \partial \epsilon) \quad (2)$$

ひずみ速度感受性指数 m と加工硬化係数 γ を持つ材料の変形の安定性は、次式のように考えられる。

$$(\gamma - 1) / m > 0 \quad (3)$$

Hartは変形の安定条件として $m + \gamma > 1$ を導いたが、これは本解析によれば断面積の差が大きくなりすぎ、条件に過ぎず、ネッキングの成長を抑える条件にはなっていない。

従来、超塑性変形における高い延性は、 m の値が大ききことのみで説明されてきたが、変形中の適度な粒成長もまた加工硬化を通して安定性に寄与しているものと考えられる。

本研究は、実用的超塑性アルミニウム合金である粒子分散型Al-Mg合金を用いて、超塑性変形における結晶粒成長の役割を明らかにすることを目的としている。

2. 実験方法

試料は、Al-4.8%Mg-0.6%Cu-0.6%Mn合金で、80%の冷間加工を施した。これに、820Kで、2ksの再結晶処理を行い等軸微細粒組織とした。(この条件は、変形中の静的粒成長を無視できるように設定されたものである。)この試験片を、ひずみ速度一定の高温引張試験機を用いて810K、 $5 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ で種々のひずみまで引張り、真応力-真ひずみ曲線を求めた。次いで、これらの試片にGa

処理を施して粒界を明瞭にエッチングし、光学顕微鏡観察、切断法により粒径を測定した。

3. 実験結果

Fig.1に、種々のひずみ速度により加えたひずみと変形後の粒径の関係を示す。 $\dot{\epsilon} = 5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ の場合の組織変化の例も添えた。超塑性ひずみ速度領域内では、粒径はひずみ速度によらず、加えたひずみのみの関数として、

$$\ln(\bar{D}/D_s) = \alpha \cdot \epsilon, \quad \alpha = 0.6$$

と表わされた。また、初期粒径の異なる試片を用いた引張試験の結果から、 $m \cdot p$ の値は2であった。超塑性変形に誘起された粒成長すなわち(2)式および(4)式から期待される加工硬化係数 γ は1.2となり、応力-ひずみ曲線から実験的に求められた加工硬化係数 $\gamma = 1.2$ と良く一致した。

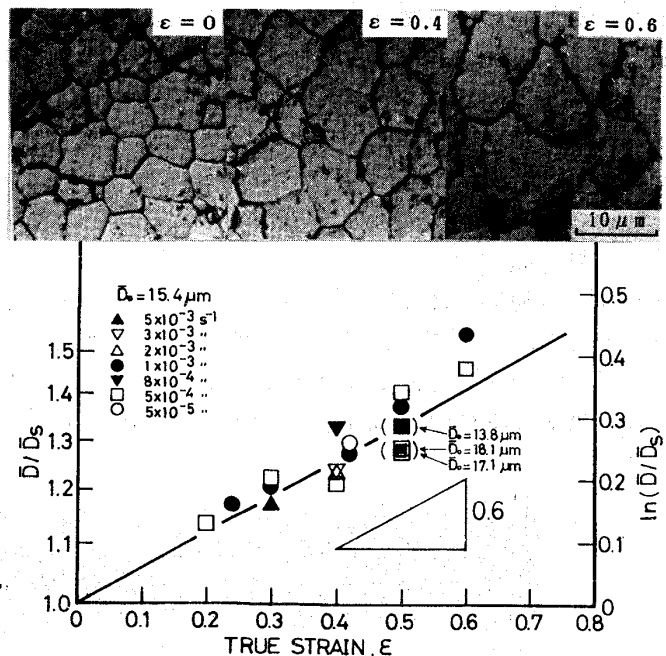


Fig.1 The relation between grain size and applied strain.