

巨大ひずみ加工により作製された
超微細粒 Al 合金からの時効析出辻 伸 泰¹⁾ 寺 田 大 将²⁾
中 川 恵 友^{1)*} 金 谷 輝 人^{2)*}

1. はじめに

近年、対数相当ひずみ 4~5 以上の極めて大きな塑性ひずみを材料に与える巨大ひずみ加工プロセスなどにより、平均結晶粒径数百 nm の超微細粒組織や平均粒径数十 nm のナノ結晶組織を有するバルク金属材料(バルクナノメタル)を作製することが可能となっている⁽¹⁾。従来用いられてきたバルク金属・合金材料の平均粒径が最小でも 10 μm 程度であったのに対し、バルクナノメタルにおいては結晶粒微細化強化によって単純な化学組成でも優れた力学特性を獲得することが可能であり、リサイクル性にすぐれ環境にも調和する新世代の構造材料としての期待が大きい。一方、結晶粒超微細化によって粒界の密度が飛躍的に増加したバルクナノメタルは、従来金属・合金とは大きく異なる相変態・析出挙動を示すと考えられるが、それらに関する知見はまだほとんどない。本稿では、通常は時効析出を利用して機械的性質の向上を計ることの多い Al 合金において、マトリクスを超微細粒化した場合の時効析出挙動を調べた筆者らの研究成果を紹介する⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。

2. 超微細粒組織を有する種々の Al 合金の時効挙動

種々の Al 合金をまず溶体化・水冷して、過飽和固溶体とした後に、ARB(accumulative roll bonding)法⁽¹⁾⁽⁵⁾による巨大ひずみ加工を室温で施し、マトリクスを超微細粒化した。得られた試料の時効熱処理を行い、析出挙動を調査した。典型的な時効析出型合金として知られる Al-2 mass%Cu 合金の溶体化材(粗大粒径)の場合、通常は時効により、図 1(a)に示すような板状の整合析出物(GP ゾーンや θ' , θ 相など)が粒内に析出し、図 2 に示す典型的な時効硬化曲線を示す。ところが、溶体化後 ARB によりマトリクスを平均粒厚さ約 100 nm の伸長超微細粒組織とした後に時効を行うと、同じ温度で熱処理を行なっても、試料の硬さは単調に減少す

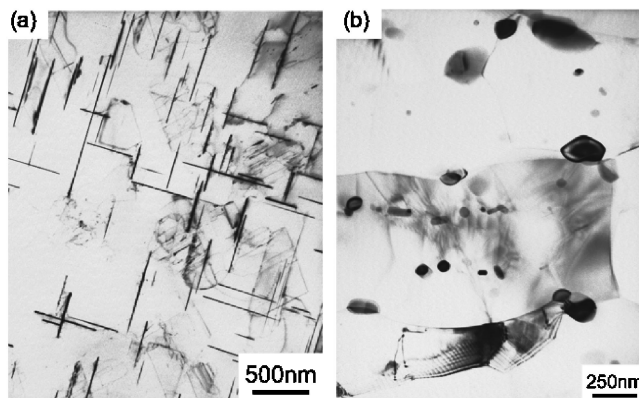


図 1 時効熱処理を行った Al-2 mass%Cu 合金の TEM 組織。(a) 通常粒径材(溶体化材)。溶体化、水冷後、190℃で 108 ks 時効。(b) 超微細粒材。溶体化、水冷後、室温で 6 サイクル(相当圧下ひずみ 4.8)の ARB を行ったのち、190℃で 108 ks 時効。

る(図 2)。これは、図 1(b)に示すように、高密度に導入された粒界上に析出物が優先的に析出して、粒内の整合析出物としては現れないこと、また回復と粒成長によりマトリクス組織が粗大化することによる。粒界析出物は塊状の形態を示し、準安定相を経由せずに安定相が析出していることが明らかとなっている。また、高速拡散経路である粒界が高密度に導入された超微細粒材における時効析出速度は、従来粒径材よりも 3 桁以上促進される⁽²⁾。すなわちこのことは、マトリクス組織をナノ化した場合には、従来の合金設計やプロセス指針が通用しないことを示している。

一方、図 1、図 2 に示したような時効挙動と析出形態は、合金系にも大きく依存するようである。図 3 には、Al-0.2 mass%Sc 合金をやはり溶体化後 ARB 加工し、450℃または 300℃で時効した場合の硬さ変化を示す⁽³⁾。450℃時効の場合には、図 2 に示した Al-Cu 合金の場合と同様に、試料の硬さは単調に減少する。これは主に、マトリクス組織の粗大化によるものである。一方、低温である 300℃で時効を行っ

* 京都大学大学院工学研究科材料工学専攻; 1)教授 2)助教(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

** 岡山理科大学工学部機械システム工学科; 1)准教授 2)教授

Precipitation Behaviors from Ultrafine Grained Al Alloys Fabricated by Severe Plastic Deformation; Nobuhiro Tsuji*, Daisuke Terada*, Keiyu Nakagawa**, Teruto Kanadani** (*Dept. Materials Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Kyoto. **Dept. Mechanical Systems Engineering, Okayama University of Science, Okayama)

Keywords: severe plastic deformation, Al alloys, ultrafine grains, precipitation

2010年 2 月 28 日受理

