430 AZ91 マグネシウム合金の圧縮特性および機械的性質に及ぼす Ca 添加の影響

Effect of Ca addition on high temperature deformation behavior and mechanical properties of AZ91 magnesium alloy

○ 学 小川 健二, 徐 世偉 (長岡技科大)
正 鎌土 重晴, 小島 陽 (長岡技科大)

Kenji OGAWA, Shi Wei XU (Nagaoka University of Technology 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188, Japan)

Shigeharu KAMADO, Yo KOJIMA (Nagaoka University of Technology)

1. 緒言

マグネシウム合金は実用金属中最も軽量で、比強度、比剛性に優れる。そのため、自動車や電子機器に使うことで軽量化することができる。ただし、絶対的な強度は他の金属材料より低いので、既存材料並みの強度までアップすることが望ましい。マグネシウム合金鍛造材の高強度、高延性を達成するためには、鍛造加工に伴うミクロ組織変化や変形機構を解明する必要がある。

そこで、動的再結晶による結晶粒微細化と時効析出が期待できる AZ91 マグネシウム合金、およびそれに化合物微細分散を狙って Ca を添加した合金を溶製し、それらの高温引張試験における絞り、動的再結晶挙動を調べるとともに、圧縮加工材の圧縮変形中の組織変化、圧縮特性および機械的性質を調べた。

2. 実験方法

本研究では、AZ91 および AZ91 に Ca を添加した AZX911 を用いた。両合金とも市販の AZ91D マグネシウム合金インゴットを用い、AZX911 には Ca を 1mass% 添加し、直径 50mm、長さ 250mm のピレット形状に鋳造した。

示差熱分析結果より、均質化処理および溶体化処理条件を 415℃、24h とした。溶体化処理後 200℃ での時効特性を調べ、ピーク時効処理条件を 200℃、32h と決定した。高温引張試験は、AZ91 および AZX911 の鋳造まま材、均質化処理材およびピーク時効処理材を用いて行った。引張試験片は JIS14B 比例試験片 (標点距離 20mm) を使用した。試験温度は 300、350 および 400℃ で行い、初期ひずみ速度は、 2×10^{-3} 、 2×10^{-2} および $2 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ と変化させた。高温引張試験後、光学顕微鏡を用いたミクロ組織観察により動的再結晶の発生状況を調べた。

3. 結果と考察

Fig. 1, Fig. 2 および Fig. 3 に AZ91、AZX911 合金の鋳造まま材、均質化処理材および時効処理材のミクロ組織を示す。AZ91 の鋳造まま材では粒界に $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 化合物やその化合物近傍に析出物が見られる。また、AZX911 には $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 化合物に加えて Al-Ca 系の化合物も観察される。415℃・24h 均質化処理を行った試料では、粒界に晶出していた $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 化合物はほぼ消失する。ただし、AZX911 では Al-Ca 化合物の一部が残留する。時効処理材では、粒内に $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 平衡相が析出し、全面析出組織を呈する。

Fig. 1 Microstructures of as-cast AZ91 and AZX911 alloys.

Fig. 2 Microstructures of homogenized AZ91 and AZX911 alloys.

Fig. 3 Microstructures of aged AZ91 and AZX911 alloys.

Fig. 4, Fig. 5 および Fig. 6 に高温引張試験で得られた絞りを示す。鋳造まま材では、AZ91 より AZX911 の方が絞りは大きい。これは、AZX911 は AZ91 に比べ、鋳造まま材で多くの化合物を有し、その周囲が再結晶の核生成サイトとなり、動的再結晶が起こりやすいためと考えられる。AZX911 の絞りは温度が高くなるにつれて、また初期ひずみ速度が小さくなるにつれて大きくなる。均質化処理材の絞りは AZ91、AZX911 ともにほぼ同等の値を示す。これは、両合金の粒界化合物が均質化処理により少なくなるためと考えられる。また、両材

とも初期ひずみ速度が $2 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ と小さい場合、 400°C で大きな絞りを示す。時効処理材の絞りは $300, 350^\circ\text{C}$ では同程度であるが、 400°C では AZ91 は全ての初期ひずみ速度で急激に大きくなる。一方、AZX911 の絞りは初期ひずみ速度が $2 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ の場合にわずかに大きくなるだけで、初期ひずみ速度が大きい場合にはほとんど変化しない。

Fig. 4 Reduction of area in as-cast samples.

Fig. 5 Reduction of area in homogenized samples.

Fig. 6 Reduction of area in aged samples.

Fig. 7, Fig. 8 および Fig. 9 に高温引張試験後の均一変形部におけるマイクロ組織を示す。AZ91 と AZX911 の铸造まま材では温度が上昇するにつれて両合金間の絞りの差が大きくなるが、これは、Fig. 7 に示すように AZ91 では 400°C で動的再結晶が生じ始めるが、AZX911 では 350°C でも動的再結晶が生じ、AZX911 の動的再結晶の生じる温度が低いと考えられる。均質化処理材では、AZ91, AZX911 ともに初期ひずみ速度が $2 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ の場合、 350°C で動的再結晶が生じ始め、Fig. 8 に示すように 400°C では広い範囲にわたって動的再結晶が生じる。時効処理材の絞りは、AZ91 の方が大きくなるが、これは Fig. 9 に示すように、粒界近傍に $10\mu\text{m}$ 以下の微細な動的再結晶粒が形成され、生成された動的再結晶粒の粒界には粒状の $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相が多く観察されることから、時効析出により全面析出したラメラ状の $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相が高温で加工を受けることにより分断球状化し、それらが動的再結晶を促進し、かつ粒界ピン止めの効果により粗大化を抑制し、AZX911 と比較すると大変微細な動的再結晶が形成されるものと考えられる。

Fig. 7 As-cast microstructures after tensile test at elevated temperatures.

Fig. 8 Homogenized microstructures after tensile test at elevated temperatures.

Fig. 9 Aged microstructures after tensile test at elevated temperatures.