

AZ61 および AM60 マグネシウム合金薄板材の高温引張特性に及ぼす結晶粒度の影響

日大生産工(院) ○宇野 貴之

日大生産工 菅又 信, 久保田 正広

1. 緒言

近年, 実用構造用材料の中で最も軽量で, 比剛性, 比強度に優れているマグネシウムの利用が注目されている. 特に自動車部品や航空機部品, 電気機器部品を中心として機器類の軽量化および使用材料のリサイクル性の観点からマグネシウム材料が用いられている. しかし, 常温での成形性に劣るため, 薄板材からの成形品の実用例は少ない. これは, マグネシウムの結晶構造が最密六方晶であり, 常温でのすべり面が底面すべりに限定されるためである. 150 °C 以上に加熱すると非底面すべり系も活動して変形が容易になる. マグネシウム成形品の加工方法の一つとしてブロー成形がある. ブロー成形は超塑性材料の成形加工技術として実用化されている. 遅いひずみ速度で超塑性的な変形様式のブロー成形においては, 材料の結晶粒組織がその成形性に影響を及ぼす. 本研究ではマグネシウム材料の結晶組織と高温における材料特性に関する基礎的なデータが欠如しているため, AZ61 および AM60 マグネシウム合金板材の結晶粒度を変化させ, その材料特性を調べることを目的とした. また, 結晶組織を変化させた板材のブロー成形性を調べて, マグネシウム合金板材の成形品への実用化に有用なデータを明らかにする. 得られる情報はマグネシウム合金板材の塑性加工技術として重要である超塑性変形の基礎的データとして役立つと考えている.

2. 実験方法

2.1 焼きなましによる結晶粒度の調整

供試材は, 大阪富士工業社製の板厚 0.8mm の AZ61 マグネシウム合金 (Al:6mass%, Zn:1mass%) 圧延板 (O 材) と AM60 マグネシウム合金 (Al:6mass%) 圧延板 (O 材) である. 573K と 723K で 4 時間の焼きなまし処理し, 圧延板をエメリー紙で研磨して, バフ仕上げで鏡面とした後にエッチング処理した. 光学顕微鏡にて結晶組織を観察した. 圧延板面と圧延方向に対する垂直断面, および平行断面の 3 点を観察した. 観察倍率は 200 倍として, チンマー法にて平均結晶粒径を求めた.

2.2 引張試験

供試材より圧延方向に対して 0° 方向から全長 110mm, つかみ部幅 16mm, 平行部長さ 30mm, 平行部幅 8mm, 標点間距離 25mm の試験片を採取した. その後結晶粒度の調整のため 573K, 723K で 4 時間焼きなまし処理した. 引張試験の温度は RT, 473K, 573K, 673K で, 引張速度を 0.1mm/min, 1mm/min, 10mm/min とした. 一条件について 3 本試験し, 各平均値から引張強さと破断伸びを測定した. 一部の試料については破断部の形態を SEM により観察した. 破断面近傍の結晶粒度を光学顕微鏡にて観察した.

2.3 自由ブロー成形試験

供試材から $\phi 115$ の円形ブランクを機械加

Influence of grain size on tensile properties of AZ61 and AM60 magnesium alloy sheets
at high temperature

Takayuki UNO, Makoto SUGAMATA and Masahiro KUBOTA

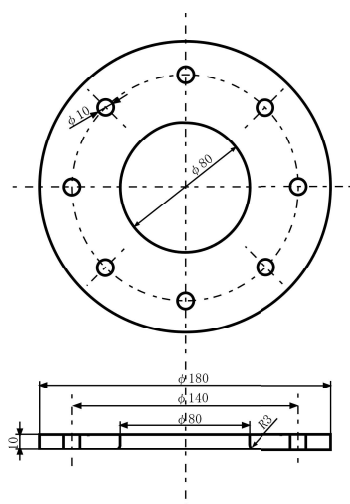


Fig.1 Lower die of free blowing test

工により作製した．573K と 723K で 4 時間の焼きなましにより試験片の結晶粒度を調整した．Fig.1 に示す下型と平板形状の上型の間に試験ブランクを挟んで固定して，空気炉内でブロー成形温度に昇温した．上型の中心に設けたパイプから Ar ガス圧を負荷してブロー成形をして成形時間の変化による形状を観察した．ブロー成形温度は 623K , 673K とし，試験温度に達した後，5 分間保持して試験を開始した．Ar ガス圧は 0.5MPa とし，成形時間を 5 分毎に成形品を取り出して形状を写真撮影した．一条件について 2 回試験した．成形品の張出し高さを測定し，板厚分布をブランクの圧延方向に対し 0° 方向に 5mm 間隔で測定した．

3.試験結果および考察

3.1 焼きなましによる結晶粒度の調整

結晶粒組織の一例として Fig.2 および Fig.3 に 573K と 723K で 4 時間焼きなまし処理した板面の組織を示す．上下方向が圧延方向であり，焼きなまし材の平均結晶粒径を Table 1 に示す．723K で焼きなまし処理をした平均結晶粒径は $30.78\mu\text{m}$ となり，573K での焼きなまし処理に比べ倍以上となった．この焼きなまし条件により結晶粒径を変化させた圧延板について，以下の引張試験およびブロー成形性試験を行った．

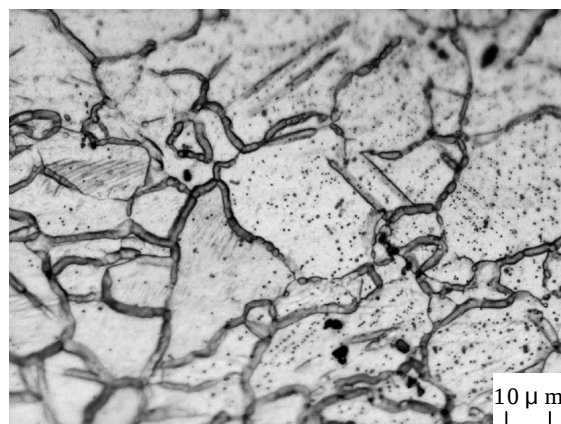


Fig.2 Optical micrographs of AZ61 sheet annealed at 573K for 4h

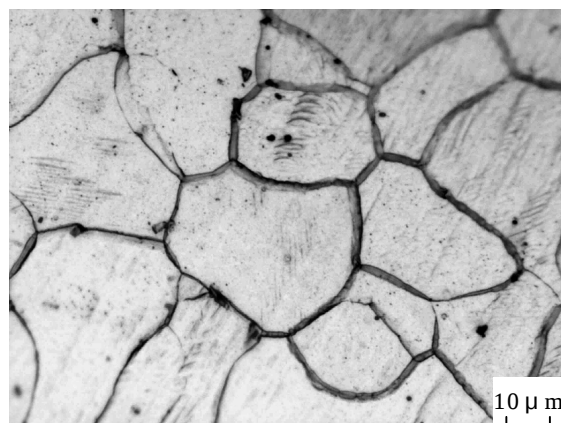


Fig.3 Optical micrographs of AZ61 sheet AZ61 annealed at 723K for 4h

Table 1 Grain size of AZ61 alloy sheets annealed at 573K and 723K (μm)

	Surface	Normal section	Parallel section	Average
573K	16.47	11.84	17.64	15.32
723K	32.60	29.09	30.66	30.78

3.2 引張試験

3.2.1 引張強さ

Fig.4 および Fig.5 に 573K と 723K で焼きなました圧延方向に対し 0° 方向の AZ61 試験片の引張強さを示す．焼きなまし温度の引張強さへの影響は，常温で結晶粒径の微細な材料の強度が高い．いずれの焼きなまし条件においても高温になるにつれ引張強さが低下する．また，引張速度による引張強さの変化は，常温では差が見られないが，473K，573K，673K では引張速度が遅くなるにつれ強度が低下した．

3.2.2 破断伸び

Fig.6 および Fig.7 に 573K と 673K で焼きなました圧延方向に対し 0° 方向の AZ61 試験片の破断伸びを示す．試験温度の上昇に伴い破断伸びが増加した．特に試験温度 673K 引張速度 0.1mm/min 以降では 150%を超える破断伸びを示した．焼きなまし温度の破断伸びへの影響は試験温度が 473K まででは差が見られず，573K ではいずれの引張速度においても 573K での焼きなまし材が破断伸びが大きくなる傾向を示した．しかし，試験温度 673K 条件下において，723K での焼きなまし材の伸びが大きくなった．これは，試験後の結晶粒径が 573K で焼きなまし材のものは 2 μ m 程度粗大化しているが，723K では 4 μ m 程度微細化されているため，この影響が現れたと考えられる．

3.3 自由ブロー成形試験

Fig.8 に 573K で 4 時間の焼きなまし処理をし，成形温度 623K，成形時間 300 秒と 1600 秒で成形したブロー成形品の外観写真を示す．板が大きく張出され 1600 秒で圧延方向に対し 0° 方向に破断した．

Fig.9 に各焼きなまし条件で成形した自由ブロー成形品の張出し高さを示す．破断時の

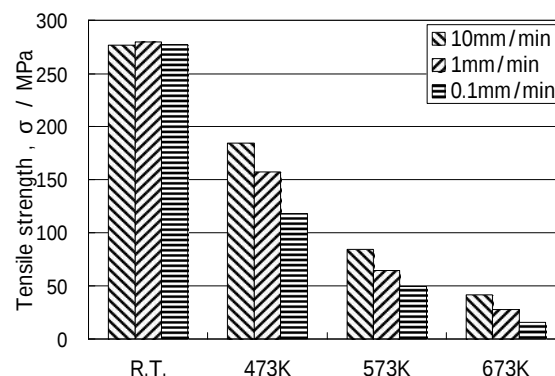


Fig.4 Tensile strength of AZ61 alloy sheets annealed at 573K

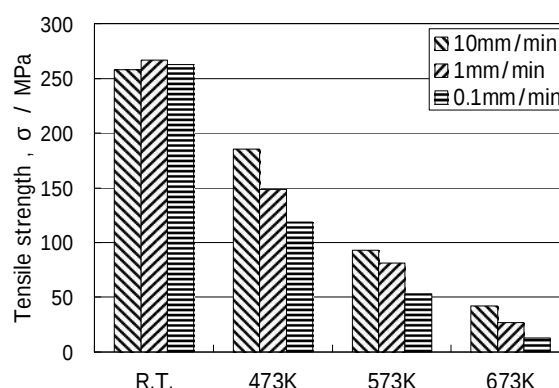


Fig.5 Tensile strength of AZ61 alloy sheets annealed at 723K

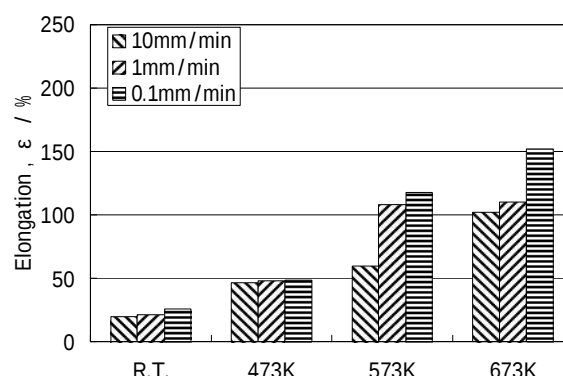


Fig.6 Elongation of AZ61 alloy sheets annealed at 573K

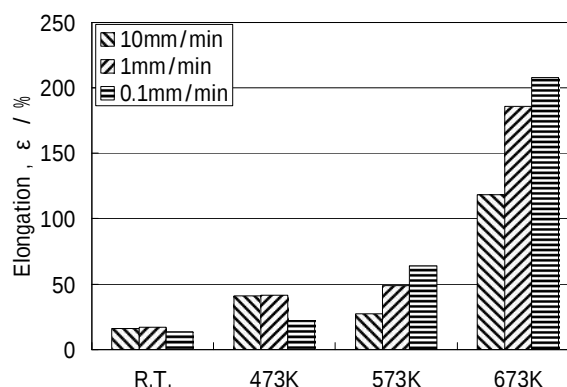


Fig.7 Elongation of AZ61 alloy sheets annealed at 673K

張出し高さに差は見られないが，成形途中においては低い温度で焼きなました材料の張出し高さは高くなり，破断に至るまでの時間も短時間であった．

Fig.10 および Fig.11 に各焼きなまし条件で自由ブロー成形した成形品の板厚分布を示す．成形時間が経過するにつれて板厚が薄くなった．中心部で最も板厚が薄くなっており，破断時には， $0.31\mu\text{m}$ となった．破断に至るまでの成形品の張出し高さ と板厚を比較すると 573K での焼きなまし材が成形性が良いと考えられる．

4.結言

- (1) 引張速度条件別において常温では引張強さに差は見られないが，473K，573K，673K では引張速度が遅くなるにつれ引張強さが低下した．
- (2) 573K および 673K においては，引張速度が遅くなるにつれて高い破断伸びを示した．また，試験温度 673K で引張速度 0.1mm/min では150%を超える破断伸びを示した．しかし，試験温度 673K では723K で焼きなました試験片が高い破断伸びを示した．
- (3) 573K で 4 時間焼きなまし処理した板材の自由ブロー成形では，成形温度が623K で1600秒の成形によって圧延方向に対し， 0° 方向に破断した．なお，成形時間が経過するにつれ板厚が薄くなり，カップ中心点付近で最も板厚が薄くなった．成形時間と張出し高さ，板厚を比較すると，焼きなまし温度の低い条件が成形性が良いと考えられる．

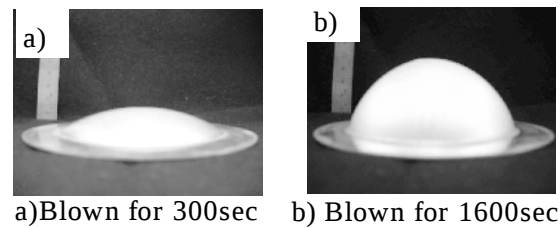


Fig.8 Blown cups from AZ61 alloy sheet annealed at 573K, Blowing at 623K

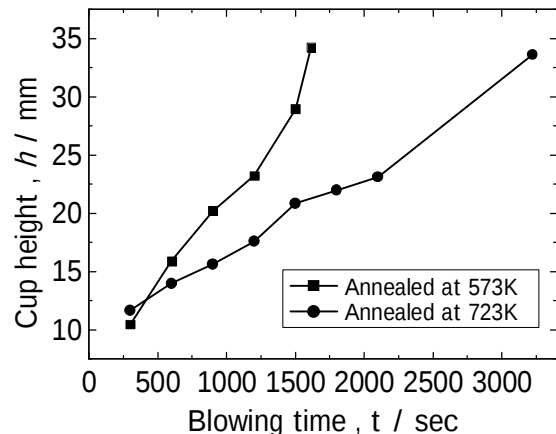


Fig.9 Cup height of blown cups from AZ61 alloy sheet, Test temperature:623K

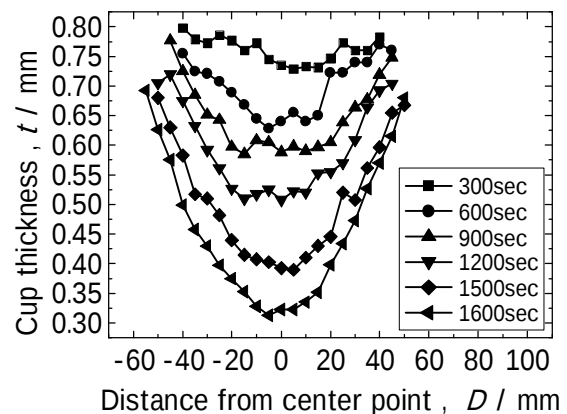


Fig.10 Thickness of blown cups from AZ61 alloy sheet annealed at 573K, Test temperature:623K

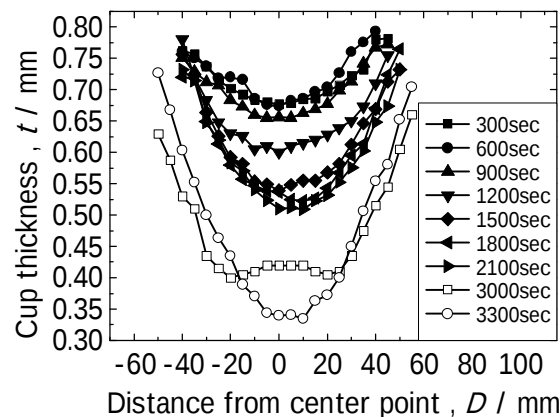


Fig.11 Thickness of blown cups from AZ61 alloy sheet annealed at 723K, Test temperature:623K