

AZ31 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, 金子 純一, 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. 特に自動車部品や電気機器部品, 航空機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のため, 常温でのすべり面が底面すべりに限定されるからである. 150 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¹⁾. 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, 成形用材料である AZ31 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利用においても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 AZ31 マグネシウム合金 (Al:3mass%, Zn:1mass%) 圧延板 (O 材) である. 供試材を, 573K と 673K で 4 時間の焼きなまし処理し, 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, 光学顕微鏡にて組織観察した. 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° , 45° , 90° の 3 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, 673K 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 段付カップブロー成形試験

供試材から 115 の円形ブランクを機械加

Influence of grain size on tensile properties of AZ31 alloy sheets at high temperature

Takayuki UNO, Makoto SUGAMATA, Junichi KANEKO and Masahiro KUBOTA

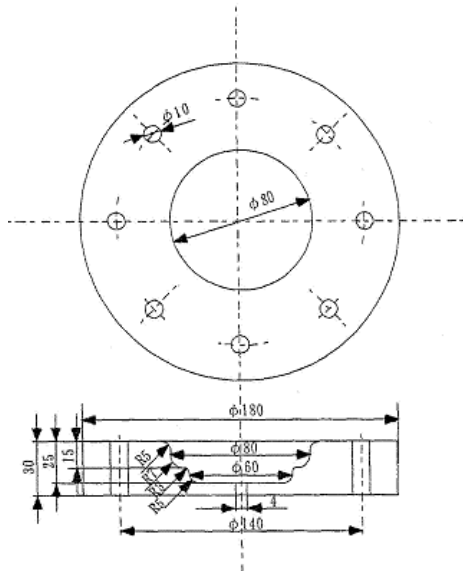


Fig.1 Lower die of blowing test

工により作製した．573K と 673K 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 として，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 として，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．成形品の板厚分布をブランクの圧延方向に対し 0°，90° 方向に 5mm 間隔で測定した．

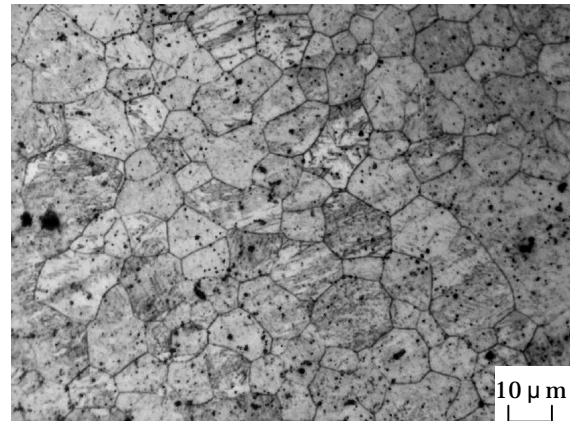


Fig.2 AZ31 annealed at 573K for 4h

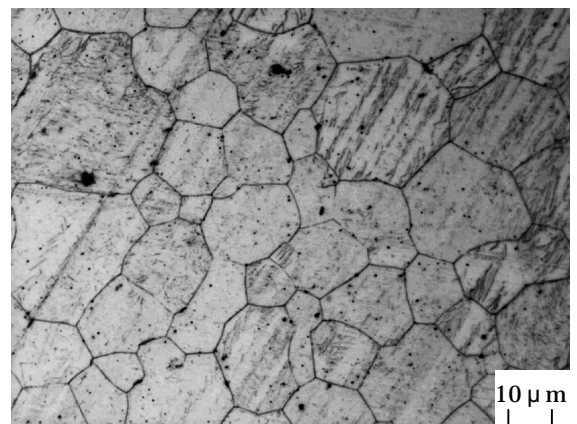


Fig.3 AZ31 annealed at 673K for 4h

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 673K 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．573K では観察面による結晶粒径の差は見られなかったが，673K では板面の結晶粒径が大きく，圧延方向に対して垂直断面方向の結晶粒径が小さい傾向が見られた．

Table 1 Grain size of sheets annealed at 573K and 673K (μm)

	Surface	Normal section	Parallel section	Average
573K	15.54	16.13	13.14	14.94
673K	23.40	11.84	17.29	17.51

3.2 引張試験

3.2.1 引張強さ

Fig.4 および Fig.5 に 573K と 673K で焼きなました圧延方向に対し 0° 方向の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見られない。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傾向が見られた。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° 方向の試験片の破断伸びを示す。焼きなまし温度の破断伸びへの影響は見られない。いずれの焼きなまし条件においても高温になるにつれ高い破断伸びを示した。特に試験温度 673K 引張速度 1mm/min では 200%を超える破断伸びを示した。また、引張速度による破断伸びの変化は、速度が遅くなるにつれて増加する傾向を示すが、473K では 0.1mm/min の条件において伸びが低下する傾向が見られた。これは、動的再結晶による結晶粒の微細化が起こるが、試験温度が低いため、十分な再結晶が起きないことも考えられる。

3.2.3 破面状況

Fig.8 に焼きなまし条件 573K で 4 時間の引張速度 10mm/min で引張試験をした破断面の SEM 組織を示す。常温の破断面では、微小なディンプルが見られる程度で脆性破断が起こったと考えられる。また温度が高くなるにつれ、ディンプルが粗大化していることが見られた。このため高温条件での引張試験は延性破断を起こしていることが考えられる。しかし、外見上延性破断していると見られる高温引張試験後の破断面に、ディンプルが見

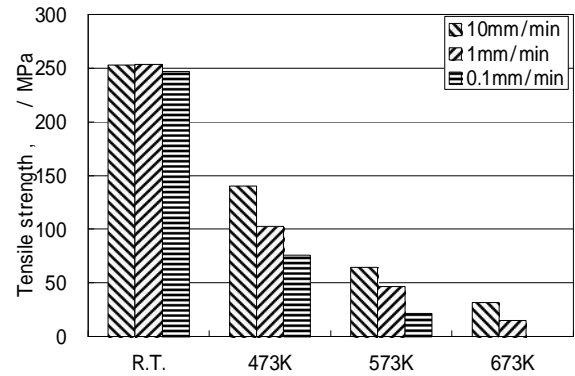


Fig.4 Tensile strength of sheets annealed at 573K

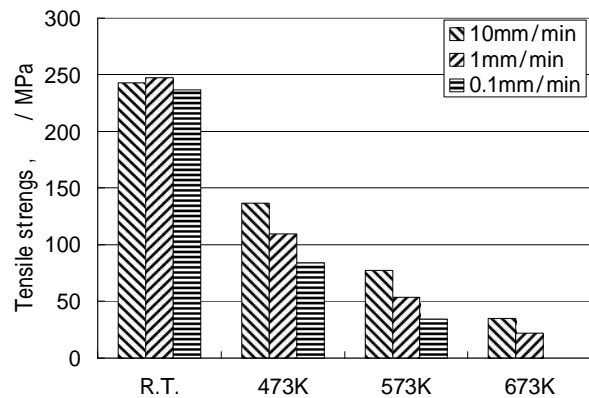


Fig.5 Tensile strength of sheets annealed at 673K

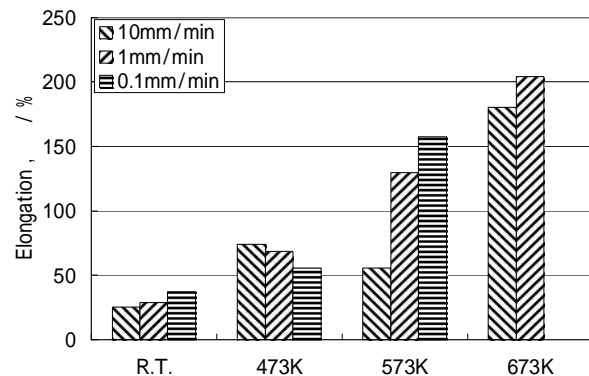


Fig.6 Elongation of sheets annealed at 573K

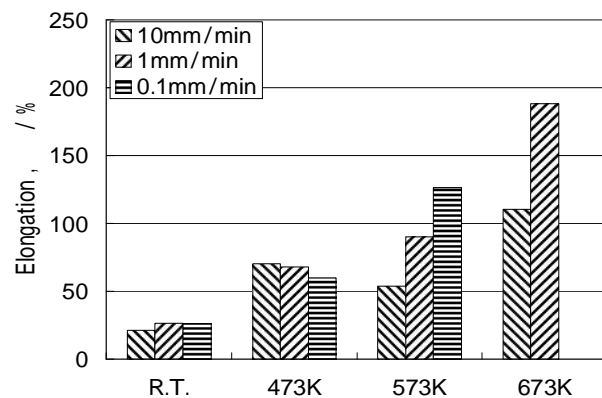


Fig.7 Elongation of sheets annealed at 673K

られないものがあった。これは試験片が変形することで、ディンプルの端がお互いに接触して、ディンプル形状が見えなくなったと考えられる。

3.3 段付カップブロー成形試験

Fig.9 および Fig.10 に 573K で 4 時間焼きなまし処理し、成形温度 623K、成形時間 2100 秒で成形した段付ブロー成形品の外観写真と板厚分布を示す。写真から板が大きく張出されていることが見られたが、用いた金型と同形状には至っていない。成形時間が経過するにつれ板厚が薄くなっている。中心点付近で最も板厚が薄くなっており 2100 秒後は 0.42mm となった。

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が見られないが、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 1mm/min では 200%を超える破断伸びを示した。しかし、試験温度 473K では引張速度が遅いほど逆に破断伸びが低下する傾向が見られた。
- (3) 573K で 4 時間焼きなまし処理した板材の段付カップブロー成形では、成形温度が 623K で 2100 秒の成形によっても金型と同形状まで変形させることはできなかった。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。

参考文献

- (1) 日本塑性加工学会: マグネシウム加工技術 (2004-12) 142.

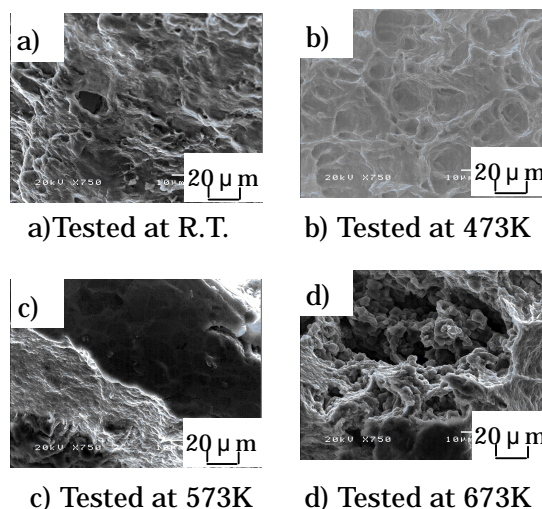


Fig.8 SEM images of tensile fractured surface of specimen annealed at 573K, Tensile speed: 10mm/min



Fig.9 Blown cups from sheet annealed at 573K, Blowing at 623K for 2100sec

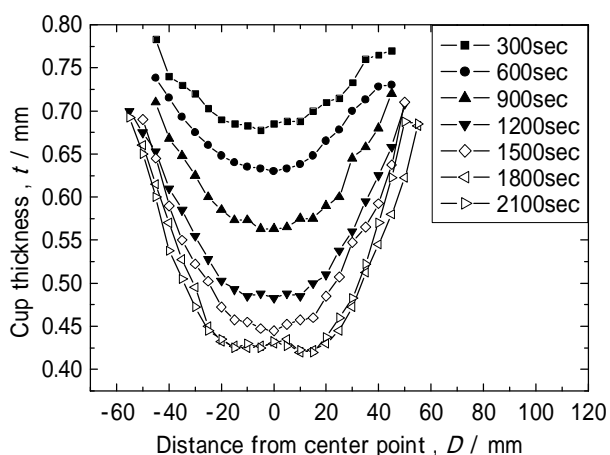


Fig.10 Thickness of blown cups from sheet annealed at 573K, Test temperature: 623K