

Ca含有量が異なるAZX系マグネシウム合金ECAP材のパス回数に伴う ミクロ組織および硬さの変化

Microstructural and Hardness Variation with Number of Passes for
AZX-Based Magnesium Alloy ECAP Material with Different Ca Content

越石和正

指導教員 加藤太朗, 古井光明

東京工科大学大学院工学研究科サステイナブル工学専攻 材料グリーンプロセス研究室

塑性加工性が悪いAZX系マグネシウム合金にECAP加工を施すと、未加工に比べ母相である α -Mgの面積率が増加し強化相 β -Mg₁₇Al₁₂、耐熱相 γ -(Mg, Al)₂Caは減少した。ビッカース硬さではパス回数の増加に伴い各相の硬さに大きな差はなく、材料全体に均等に加工が施された。

キーワード：AZX系マグネシウム, ECAP加工, Ca含有量, 構成相面積率, ビッカース硬さ

1. はじめに

構造用の実用金属中で最軽量であるマグネシウムは、比重が1.7と軽量化や省エネルギー化が求められる自動車や鉄道車両、航空機などの輸送機器分野での需要があるサステイナブルな材料である。一方でMgの欠点として結晶構造に起因する室温での難塑性加工性が挙げられる。Mgにカルシウムを添加することにより α -Mgの結晶粒界に融点が高い(Mg, Al)₂Ca相が晶出し、耐熱強度が高いAZX合金の開発に成功している⁽¹⁾。しかし脆弱な(Mg, Al)₂Ca相の晶出によって延性が低く成形性に乏しい欠点がある。

本研究ではECAP(Equal channel angular pressing)加工と呼ばれる強ひずみ加工法に着目した。ECAPとはダイスの材料通路の形状・サイズが等しく、材料通路が内部で交差する屈曲部において大きなせん断ひずみを与えて結晶粒を微細化する強ひずみ加工法である^{(2),(3)}。大きなせん断ひずみによって結晶粒を微細化したときAZX合金のパス回数に及ぼすCa含有量の影響は明らかではない。

本研究ではECAP加工を施したCa含有量の異なるMg-Al-Zn-Ca (AZX)系合金のパス回数に伴うミ

クロ組織解析、ビッカース硬さ試験の変化を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

2-1. ECAP加工

長さ60mm、直径9.95mmのAZX系合金の円柱材にECAP加工を加えた。表1に供試材の化学組成を示す。110°のチャンネル交差角、10°のチャンネル交差部近傍の屈曲部の角を持つダイスを用いた。ダイスを573Kまで加熱しプランジャーの押し込み速度は0.3mm/sとした。加工ルートBc⁽⁴⁾にて最大4パスのプレスを与えた。なお、試料とダイスの潤滑には二硫化モリブデンを用いた。

表1 供試材の化学組成[mass%]

	Al	Zn	Ca	Mg
AZ31	3.2	1.0	-	Bal.
AZX3105	2.9	0.9	0.5	Bal.
AZX311	3.0	0.9	1.0	Bal.
AZX312	3.1	1.1	2.0	Bal.

2-2. ミクロ組織解析

機械研磨、エッチングを施し、光学顕微鏡を用いてミクロ組織を観察した。続けて、画像解析ソフトによりミクロ組織画像を3値化し、ミクロ組織を

構成する3つの相の解析を行った。母相 α -Mg, 強化相 β -Mg₁₇Al₁₂, 耐熱相 γ -(Mg, Al)₂Caそれぞれの面積率 A_α , A_β , A_γ を計測した。

2-3. ビッカース硬さ試験

圧下荷重 0.49N, 圧下時間 20s にて構成相それぞれの硬さ HV_α , HV_β , HV_γ を計測し, それを構成相の面積率とかけて理論硬さ HV_{cal} を求める硬さの複合則を用いて検証した。式(1)に硬さの複合則を示す。

$$HV_{cal} = A_\alpha \cdot HV_\alpha + A_\beta \cdot HV_\beta + A_\gamma \cdot HV_\gamma \quad (1)$$

また構成相にとらわれない AZX 系合金の全体硬さ HV_{all} も測定した。

3. 実験結果および考察

3-1. ミクロ組織解析

図1に構成相の面積率の変化を示す。ECAP加工を施すと, AZ31では β 相の面積率が増加した。AZX系合金では α 相の面積率が増加し β , γ 相の面積率が減少した。特に β 相に関しては300°Cでの高温下で α 相に固溶したのではないかと考えられる。

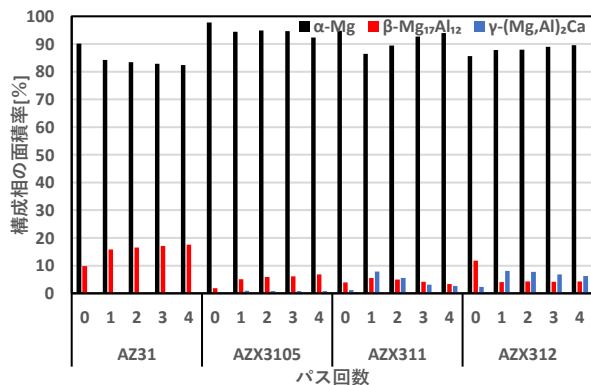


図1 パス回数に伴う構成相面積率の変化

3-2. ビッカース硬さ試験

図2にビッカース硬さの変化を示す。AZ31は強化相 β -Mg₁₇Al₁₂相の面積率が高くなることに対応して, AZ31の加工後の全体硬さは63.5HVとなり, 加工前の全体硬さ46.5HVに比べ硬くなった。AZX系合金の各相の硬さに大きな差はなく, 近い値となった。

またパス回数の増加に伴い多くの面で硬さが均一にどの構成相でも近い値になっていくことが分かった。ルートBcでは3パス目と4パス目のせん断がそれぞれ1パス目, 2パス目と同一面上で逆方向に起こっており, 材料全体の硬さが近くなると考えられる。

今後は高温下での引張試験を実施し, 高温強度特性についてさらに調査をしていく。

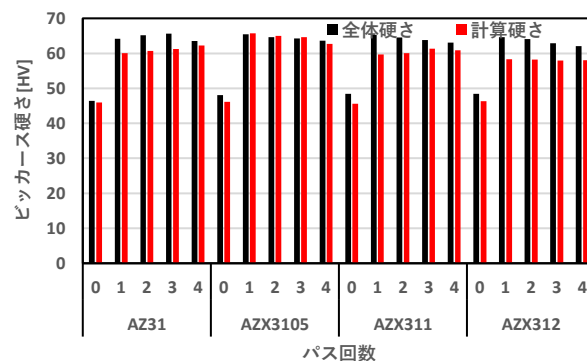


図2 パス回数に伴う硬さの変化

4. おわりに

本研究ではAZX系合金にECAP加工を行い, パス回数に伴うミクロ組織及び硬さの変化を調査した。その結果以下のようなことが分かった。

- (1) ECAP加工を施したAZX合金は, 未加工と比べ α 相の面積率が増加し β , γ 相の面積率が減少した。
- (2) パス回数の増加に伴い各相の硬さに大きな差はなくなり, 均等に加工が施されている。

参考文献

- (1) 森久史, 上東直考: 軽金属, 第66巻, 第5号, (2016), p.226-23
- (2) T.G.Langdon, R.Z.Valiev :P. Mater. Sci., (2006), p.881-981
- (3) V. M. Segal: Mater. Sci. Eng., A197, (1995), p.157-164
- (4) 堀田善治, 古川稔, T.G. Langdon, 根本實: までりあ, 第37巻, 第9号, (1998), p.767-774