



猿渡 直洋、中山 栄浩

山梨大学大学院 総合研究部 工学域 機械工学系(機械工学)

【今後の展開 商品イメージ応用できる分野】

自動車、鉄道、航空機、機械部品等に使用される金属材料の高性能化

### 【0. はじめに】

私たちの身の回りには金属材料を使用した製品が多く存在しています。これらの金属材料は、その材料が有する諸性質(機械的性質(強度や延性)、物理的性質、化学的性質、加工性、コスト性、リサイクル性等)を考慮し、適材適所で使用されています。金属材料研究室では、金属材料の微細構造と機械的、物理的、化学的性質といった諸性質との相互関係の調査を通じて、優れた性質を有する金属材料の開発や生産工程の改善手法等について研究を行っています。その中でも今回は、巨大ひずみ加工と熱処理を併用したアルミニウム合金の高強度・高延性化に関する研究についてご紹介します。

### 【1. 研究背景・目的】

アルミニウム合金は軽量(比重は鉄の約1/3)であるため、自動車や鉄道、船舶、航空機といった輸送機器を構成する構造材料を鉄鋼材からアルミニウム合金に置き換えることで、軽量化が達成され、燃費の向上および温室効果ガスの排出量削減が期待される。一方で、アルミニウム合金を鉄鋼材の代替として利用するためには、強度や延性といった機械的性質の改善が求められる。

自動車部品に多く利用されるAl-Mg-Si系アルミニウム合金はT6熱処理を施すことにより機械的性質を改善することが可能である。近年では、T6熱処理による析出強化と巨大ひずみ加工による結晶粒微細化強化を併用することで、更なる高強度化を目指した検討が行われている。

本研究では、T6熱処理と巨大ひずみ加工に加えて、短時間の加熱を施すことで高強度と高延性の両立を目指した研究を行っている。以降では、短時間加熱の温度が機械的性質に及ぼす影響を調査した結果を紹介する。

### 【2. 実験方法】

2.1 実験試料 6061アルミニウム合金圧延板材

表1 試料の化学組成 (mass%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0.6	0.34	0.29	0.12	1.0	0.17	0.06	0.01	Bal.

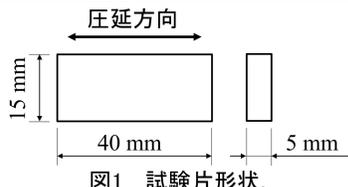


図1 試験片形状。

2.2 実験工程

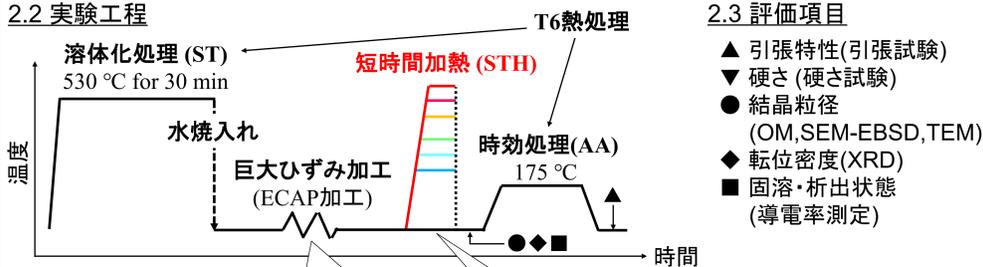


図2 実験工程の概略図。

2.3 評価項目

- ▲ 引張特性(引張試験)
- ▼ 硬さ(硬さ試験)
- 結晶粒径 (OM, SEM-EBSD, TEM)
- ◆ 転位密度(XRD)
- 固溶・析出状態 (導電率測定)

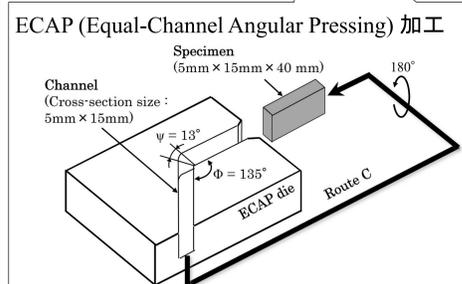


図3 ECAP加工の模式図。

- 加工パス数: 2パス(相当ひずみ量 ≒ 0.96)
- 加工ルート: Route C

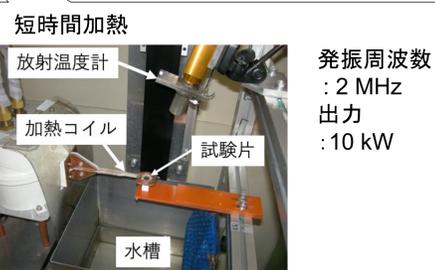


図4 超周波誘導加熱装置。

- 昇温速度: 70 °C/s
- 加熱温度: 100 - 550 °C
- 加熱時間: 10 s

### 【4. まとめ】

アルミニウム合金の高強度・高延性化を目指して、巨大ひずみ加工(ECAP加工)後に短時間加熱を施す手法を提案し、短時間加熱の温度が機械的性質に及ぼす影響を調査した。

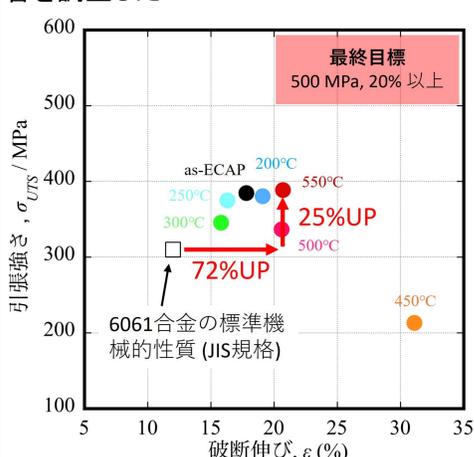


図10 引張特性の比較。

●ECAP加工後に550°Cで10sの加熱を施すことで、本合金の標準機械的性質に対して、**引張強さ(強度)で25%、破断伸び(延性)で72%の向上を達成した。**

今後の方針

巨大ひずみ加工の加工度、短時間加熱条件等を最適化することで、**将来的には引張強さで500MPa、破断伸びで20%以上を目指す。**

### 【3. 実験結果および考察】

3.1 短時間加熱温度がマイクロ組織に及ぼす影響

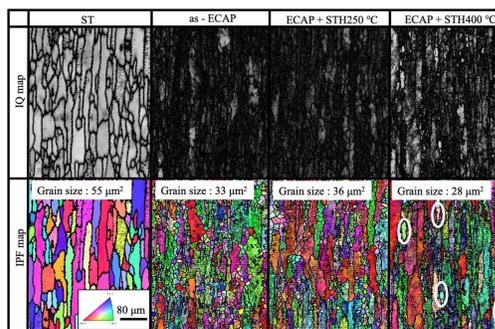


図5 ECAP加工およびその後の短時間加熱が結晶粒に及ぼす影響(SEM-EBSD分析)。

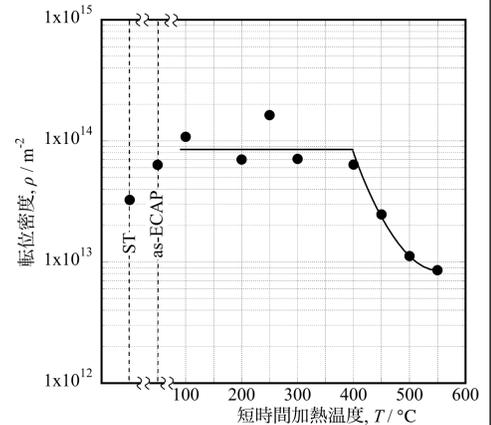


図6 ECAP加工およびその後の短時間加熱が転位密度に及ぼす影響(XRD測定)。

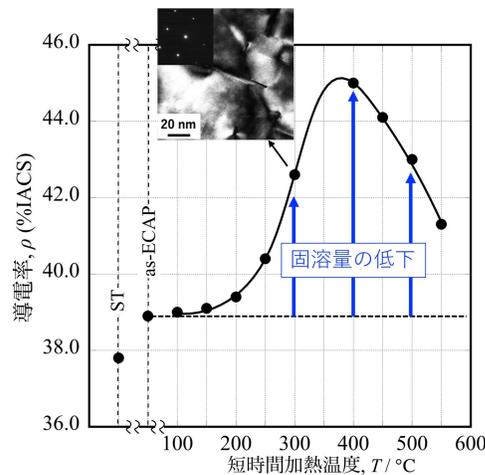


図7 ECAP加工およびその後の短時間加熱が固溶・析出状態に及ぼす影響(導電率測定, TEM観察)。

●図5より、ECAP加工に伴い結晶粒が微細化。ECAP+STH250°Cはas-ECAPと同等だが、ECAP+STH400°Cでは小傾角粒界を含まない再結晶粒(図5中の白丸)が散見 → 再結晶の開始温度は約400°Cと判明。

●図6より、転位密度は400°C以降で顕著に低下 → 400°C以降で回復・再結晶が促進。

●図7より、短時間加熱温度が200から400°Cにかけて導電率が上昇 → 析出に伴う母相中の固溶量低下が示唆。400°C以上では導電率が低下 → 析出が抑制(溶体化処理に近い状態)。

3.2 時効処理後の引張特性

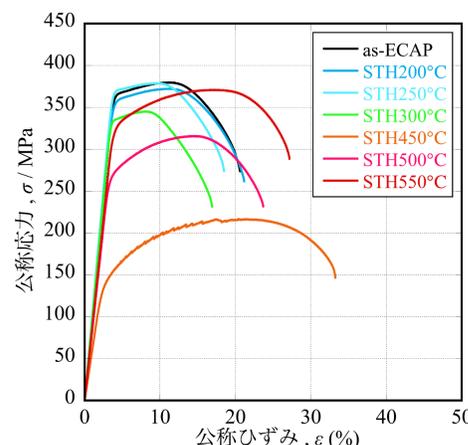


図8 公称応力-公称ひずみ線図。

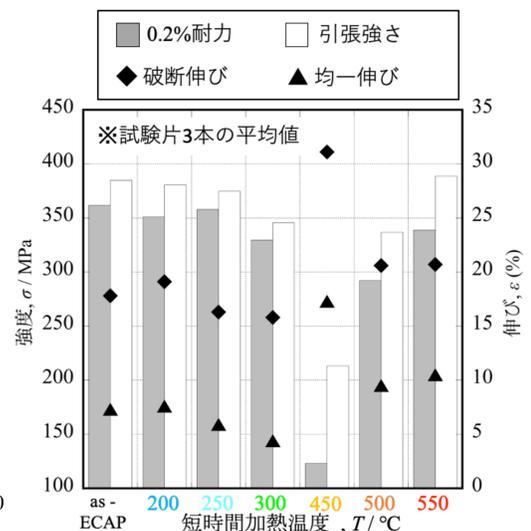


図9 引張特性。

- ECAP+STH250,300°Cではas-ECAPと比較して均一伸びが低下 → 短時間加熱時に析出が生じ、時効処理時の析出量が低下したことに起因。
- ECAP+STH450°Cではas-ECAPと比較して強度は顕著に低下し、伸びは増大 → 短時間加熱時に析出が進展し、過時効状態になったと考えられる。
- ECAP+STH550°Cではas-ECAPと比較して伸びおよび引張強さが増大 → 短時間加熱に伴う回復・再結晶やクラスタの再固溶等により、時効後の析出状態が改善されたと思われる。

### 【5. おわりに】

金属材料の高性能化や生産工程の改善等に関してご興味がある場合は、下記までお問い合わせください。

e-mail: naohiros@yamanashi.ac.jp

研究室ホームページ: <https://kinzoku-lab.me.yamanashi.ac.jp>



研究室HP  
QRコード