

AC4CH アルミニウム合金の熱処理特性に及ぼす Sn（スズ）の影響

金属材料科 磯部佑太 岩澤 秀 吉岡正行

Effect of Tin on Heat Treatment Properties of AC4CH Aluminum Alloy

ISOBE Yuta, IWASAWA Shigeru and YOSHIOKA Masayuki

Keywords : Aluminum alloy, Heat treatment, Tin, Mechanical properties, Aluminum recycling

不純物元素としてスズ（Sn）を含む AC4CH アルミニウム（Al）合金の熱処理特性について調べた。Sn を含む Al 合金では T6 処理により表面が黒色化することが確認され、Al 合金中に含まれる Sn 及びマグネシウム（Mg）の酸化によるものと推察された。また、Sn を含む Al 合金では時効初期において時効硬化が遅れることが分かった。Sn が析出挙動に影響を与えていることが推察された。

キーワード：アルミニウム合金、熱処理、スズ、機械的性質、アルミニウムリサイクル

1 はじめに

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、構造部材の軽量化に寄与するアルミニウム（Al）合金鋳物の使用拡大が期待されている。また同時に、二酸化炭素排出量の少ない二次地金（リサイクル材）の利用拡大も進められている。二次地金は合金元素や他材料由来の不純物元素含有量が高くなっている恐れがある。これまで、不純物元素としてスズ（Sn）を含んだ Al 合金鋳物において、T6 処理後に鋳肌が黒色に変化する現象¹⁾が実操業の現場でたびたび発生し、不良の原因にもなっている。また、Sn を含んだ Al 合金において、T6 処理後の機械的性質が変化すると報告もある²⁾。本研究では Al 合金鋳物の鋳肌の黒色化及び熱処理特性に及ぼす Sn の影響について調べた。

2 方法

2.1 試料

試料として AC4CH に Sn を 0%（無添加）、0.05%、0.1%、0.2%、0.5%（%は mass%）を目標に添加した鋳物を用意した。表 1 に蛍光 X 線分析装置（（株）リガク製 ZSX PrimusIV）による試料の成分分析結果を示す。T6 処理として、溶体化処理は 525℃×8h 保持後、約 30℃の水中に急冷し、24h 以上の室温放置後、160℃×6h の人工時効処理を施した。

表 1 試料の成分分析結果

試料名	元素(mass%)				
	Si	Mg	Cu	Fe	Sn
AC4CH	7.2	0.41	0.01	0.17	<0.01
AC4CH-0.05%Sn	6.7	0.43	0.01	0.12	0.05
AC4CH-0.1%Sn	7.2	0.41	0.01	0.16	0.10
AC4CH-0.2%Sn	7.2	0.35	0.01	0.17	0.23
AC4CH-0.5%Sn	7.3	0.30	0.01	0.18	0.53

2.2 機械的性質の評価

機械的性質の評価のため、160℃及び 180℃での時効硬化曲線をロックウェル硬度計（松沢精機（株）製 DRH-M）を用いて作成した。また、精密万能試験機（（株）島津製作所製 AGX-50kN）により引張試験を行い、引張強さ及び伸びを測定した。

2.3 T6 処理による鋳肌の黒色化

AC4CH-0.05%Sn について、黒色化部分の元素を同定するため、鋳造のまま（AC）材及び T6 材の鋳肌を SEM-EDX（（株）日立ハイテク製 SU3900 及びオックスフォード・インストゥルメンツ（株）製 AztecLive UM40）を用いて調べた。

3 結果および考察

3.1 機械的性質の評価

図 1（a）及び（b）に時効温度 160℃及び 180℃における時効硬化曲線を示す。鋳造のまま材（AC）及び溶体化処理材（AQ）の硬さは、Sn 添加により

低下した。いずれの時効温度においても、時効初期（～600s）では Sn 量が多いほど時効硬化が遅れた。時効温度が高い 180℃の方が、Sn 添加に対する時効硬化速度の低下の影響は小さかった。また、ピーク硬さは、0.2%以上の Sn 量で有意に低下した。

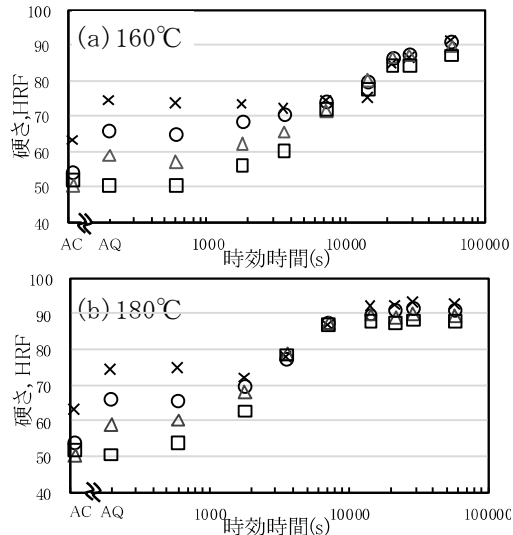


図1 時効硬化曲線

× AC4CH-0%Sn ○ AC4CH-0.1%Sn
△ AC4CH-0.2%Sn □ AC4CH-0.5%Sn

図2に硬さの大きな違いが見られた時効温度160℃、0.5h（1.8ks）、及び硬さが同程度である6h（21.6ks）のT6材の引張強さと伸びを示す。引張強さは、硬さの高い時効時間6hの方が高く、0.1%Snの添加により僅かに増加し、0.2%以上で低下した。伸びは、Sn量が多いほど低下している。以上のことから、Snは時効初期における析出速度に影響を及ぼし、0.2%以上のSn添加は、機械的性質を悪化させる懸念があることを示している。

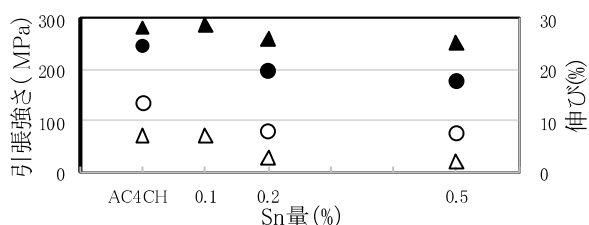


図2 時効温度 160℃の引張強さと伸び

●時効時間 0.5h_引張強さ ▲時効時間 6h_引張強さ
○時効時間 0.5h_伸び △時効時間 6h_伸び

図3に AC4CH-0.5%Sn の引張試験後の破面の Sn の分布を示す。破面には Sn の濃縮が見られ、亀裂伝播に影響していることが考えられる。

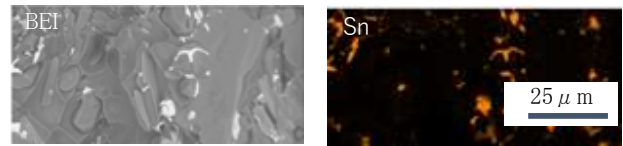


図3 破面の SEM 像 (BEI) と Sn の分布

3.2 T6 処理による鋳肌の黒色化

図4に AC4CH-0.05%の T6 処理前後の鋳肌表面の写真と、その元素分布分析結果を示す。T6 材には表面の黒色化が観察され、その部分には Sn、Mg 及び O の濃縮が見られた。このことから熱処理過程における Sn、Mg の酸化が黒色化に影響していると考えられる。

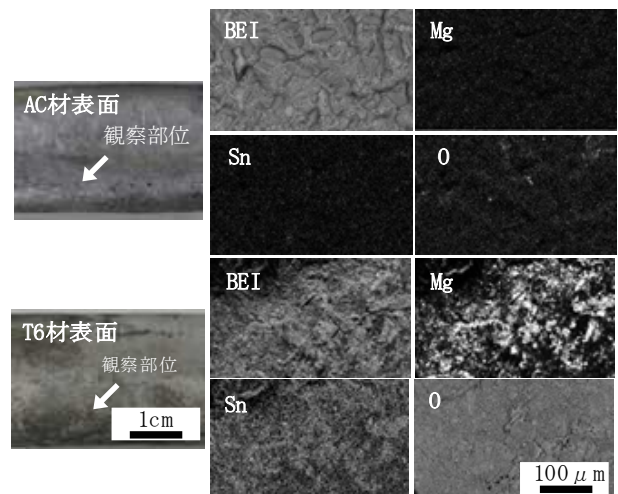


図4 T6 前後の表面写真、SEM 像 (BEI)、元素分布

4 まとめ

AC4CH に対する Sn の混入は、機械的性質の変化や表面の黒色化を引き起こす可能性がある。このため、混入の低減や熱処理条件の変更などの対策が必要になるものと考えられる。

参考文献

- 1) 山浦秀樹 他：Al-Si-Cu 系鋳物の T6 処理における鋳肌の黒色化の原因. 日本鋳造工学会第 154 回全国公演大会公演概要集, p. 98, 東京 (2009)
- 2) 公益社団法人日本鋳造工学会 軽合金研究部会：研究報告 132 材料リサイクルに向けたアルミニウム合金鋳物の諸特性に及ぼす微量不純物の影響. (2024.7 発行)

謝辞

本研究の実施には株式会社木村鋳造所の平本雄一様にご協力を頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。