

Al-Mg-Si 合金の析出物の形態解析

住友電気工業株式会社 高橋美郷

1. Introduction

軽量でリサイクル性にも優れるアルミニウムは、合金化で特性が向上され、構造材料や機能材料として用途が拡大している。その中でも、強度、導電性、加工性のバランスの良い 6000 系と言われる Al-Mg-Si 合金は自動車用のパネルや電線にも使用されている。Al-Mg-Si 合金は熱処理型の合金で、固溶原子の析出に伴う、いわゆる時効硬化が知られている。その際、析出物が微細になって硬化が増大される場合と、析出物が粗大になって硬化が阻害される場合があると報告されている [1]。

時効現象の解明には、析出物と硬化の相関調査が必要であるが、顕微鏡での直接観察では観察対象が小さいため高倍率で観察することとなり分析視野の狭さがネックとなる。一般に報告が多い透過型電子顕微鏡に比べて、観測される析出物の粒子統計が高い中性子小角散乱測定を用いれば、マクロ物性との相関を見出せると期待できる。そこで本課題では、時効析出物の定量解析を目指した。また、試料形状の影響調査のため、伸線加工した細線の試料との比較を行った。

2. Experiment

時効熱処理の温度と時間を変えて、時効析出物の状態が異なる試料を用意し、析出物からの散乱を観測した。中性子小角散乱実験は、BL20 iMATERIA で実施した。 $q = 0.01 \text{ \AA}^{-1} \sim 0.1 \text{ \AA}^{-1}$ の散乱を測定するため、小角検出器バンクと中角検出器バンクを使用し、得られた 2 次元データを 1 次元化して規格化した。

試料形状としては、板状(厚さ 9 mm)のものと、細線形状($\Phi 0.3 \text{ mm}$)を準備した。熱処理は各試料形状にて実施した。

測定試料は以下の通り。

形状/熱処理条件

- ・板状/室温にて数時間～数か月・高温($150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$)にて数時間～1 日
- ・細線形状/高温($150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$)にて数時間～1 日

3. Results

測定結果を下図に示す。

高温時効後の比較では、 $q = 0.08 \text{ \AA}^{-1}$ 付近に差が見られ、実空間では、 10 \AA 程度に対応することから、析出物の状態の違いによる差だと考えられる。時効時間が長い試料ほど $q = 0.08 \text{ \AA}^{-1}$ 付近のみ散乱強度が大きくなることから析出物の大きさは変化せず、数が増加したことを示唆している。

低温時効後の比較では、今回の測定で得た結果からは有意な差が確認できなかった。室温で形成されると予想されるクラスタについては、アトムプローブによる先行研究結果から大きさは数 \AA 程度と考えられており、 $q = 0.2 \text{ \AA}^{-1} \sim 2 \text{ \AA}^{-1}$ に対応するが、今回準備した試料間の違いはわずかであったため散乱強度での差が観測できず、中性子小角散乱での測定は難しいと考えられる。

細線形状の試料については、時効処理の際に使用したシリコンオイルが除去できておらず、軽水素の非干渉性散乱によりバックグラウンドが増加してしまい、試料間の差を見ることができなかった。熱処理方法またはオイル除去方法の検討が必要である。

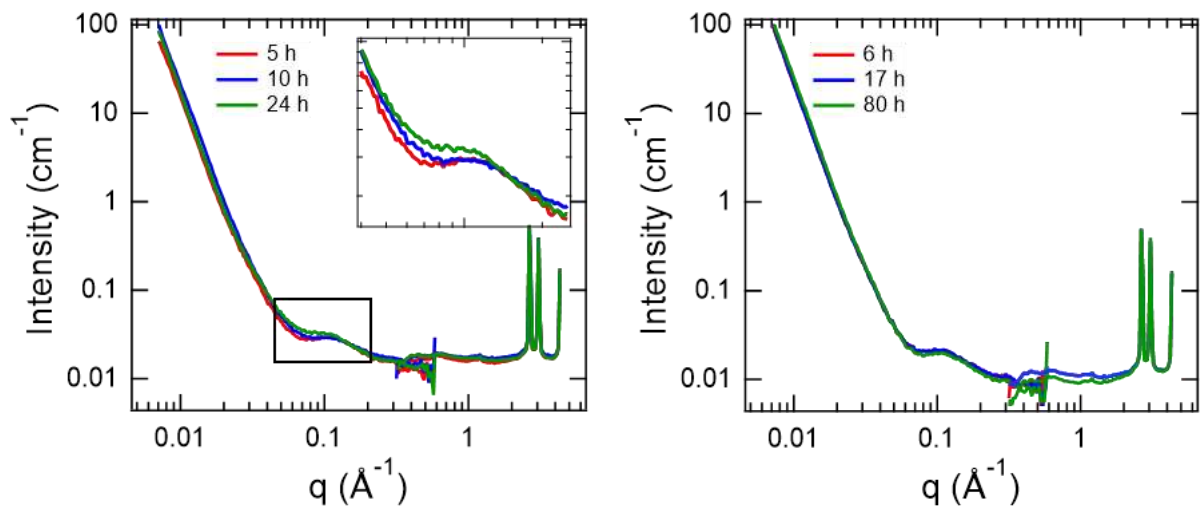


図 高温時効時間による小角散乱プロファイルの比較(左)、室温時効時間による散乱強度の比較(右)

4. Conclusion

時効条件を変化させることにより、析出物の形態を変化させて小角散乱強度を比較した。時効析出物については、 $q = 0.08 \text{ \AA}^{-1}$ 付近に差が見られ、析出物の数の違いによるものと考えられる。今後、析出物の大きさ定量化のため、フィッティング解析を実施する。また、強度や導電率等のマクロ物性との相関関係を考察する。

Reference

[1] T.Sato, *Journal of Japan Institute of Light Metals*, **56** (2006) 592.