

# 研究テーマ 電気特性へ及ぼす金属結晶粒界の影響

所属 先進アルミニウム国際研究センター

教授 佐伯 淳

## 研究の背景および目的

本研究室において今まで4探針法を用いた電気化学インピーダンス測定により、欠陥による抵抗変化の調査が行われてきた。その研究の中で、金属結晶粒内と粒界のインピーダンス測定の比較によって、抵抗及びインピーダンスの差異がある事が明らかになっている。本研究では、金属結晶粒界が影響を及ぼす電気的特性への調査を研究対象とし、4探針法を用いた電気化学インピーダンス測定で調査した。内部欠陥を持つ試料や粒径の異なるアルミニウム試料について、粒界や粒径によるインピーダンスの差異から粒界による等価回路の予測や電流経路の推定を行う事を目的とした。

## ■ おもな研究内容

### ・摩擦攪拌接合 (FSW) により接合したアルミニウム試料の測定

1. 内部に空洞欠陥を生じた試料では、表面からの測定により抵抗値の上昇や乱れとして検出することができ、深さ方向は探針の間隔により推定可能であるため、マッピングにより空洞の分布・形状の推測が可能であった。又交流インピーダンス測定により、等価回路のナイキスト線図の半円が歪む現象も検出できた。

2.  $R_2$ が属する周波数1.22 MHz~5.00 MHzの下向きの半円では、上向きの半円と比べ与えられた周波数に対してプロットの間隔が狭まっており、プロットの間隔も攪拌部の方が狭いことから、FSWによる結晶粒の微細化によって多くの粒が分断され、粒界の持つ誘電容量が減少したと考えられた。また $R_2$ の値が攪拌部の方が低いことから、粒界による電流損失も解消していると考えられた。

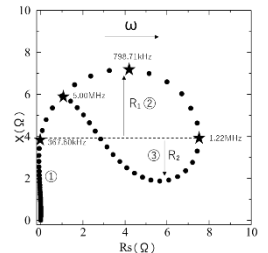


Fig.1 攪拌部のナイキスト線図

### ・エッチング処理した鋳造アルミニウム試料表面の測定

1. 複素インピーダンス線図より、粒内と粒界でインピーダンスに差異がある事が確認された。周波数範囲全体の(a)より、高周波領域のインピーダンスは粒界の方が小さい事が分かった。差異が明確に発生した部分を拡大した図(b)より、粒界による影響で差異が発生したと思われる周波数は、46 kHz付近であることが明らかになった。粒界によるインピーダンス変化は位相 $\theta$ が変化し、低周波数領域では粒内の方が高く、46 kHz付近で粒界の位相が高くなり変化率 $\Delta \theta_{per}$ が0となりその後急激に上昇している事が判明した。更に本測定部位における粒界の深さは360  $\mu\text{m}$ である事も分かった。

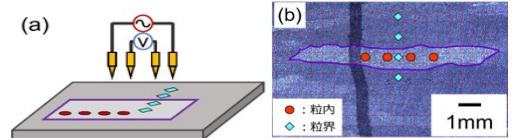


Fig.2 4探針法による粒内・粒界測定  
(a) 概略図 (b) 測定ポイント例

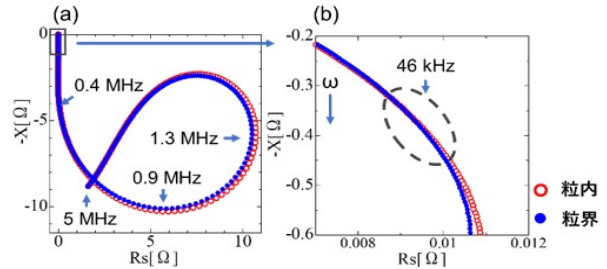


Fig.3 粒内・粒界による複素インピーダンス線図比較  
(a) 5 Hz~5 MHz, (b) 46 kHz付近拡大図

## 期待される効果・応用分野

近年、非破壊検査の需要は工業の幅広い分野で高まっている。将来的に需要が高まる非破壊検査としては、既存の非破壊検査法よりも①低コスト②信頼性が高く③高速化が可能であり④IoTやAIと連携し、遠隔・無人システムに対応するといった条件を満たした、新しい非破壊検査が求められている。本研究で用いている4探針法は、電気抵抗法という非破壊検査の一種であり、4つの探針を対象に接触させ、電流を流すのみで検査が可能である。非常な簡易な非破壊検査法として期待されており、簡易である事から、無人・遠隔操作や大量生産製品の検査など、求められる条件にも適している。

## ■ 共同研究・特許など 無し

研究分野	組織制御, 電気的特性評価, 非破壊試験
キーワード	結晶粒界, 電気伝導性, アルミニウム, マグネシウム, チタン, 内部欠陥