

Sn/3Ag/0.5Cuの凝固組織から冷却速度を推定する方法について

2005.1.22

日本フィラーメタルズ 生産技術部

1. はじめに

現在使用されている代表的な鉛フリーはんだである Sn/3Ag/0.5Cu や Sn/0.7Cu などは、凝固時に Sn の初晶が樹脂状結晶（デンドライトと呼ばれる）として晶出する。

この樹脂状結晶の二次枝間の距離は DAS（Dendrite Arm Spacing）と呼ばれ、冷却速度と相間があるために、アルミなどの軽金属の分野で凝固組織から冷却速度を見積もる指標として利用されている。

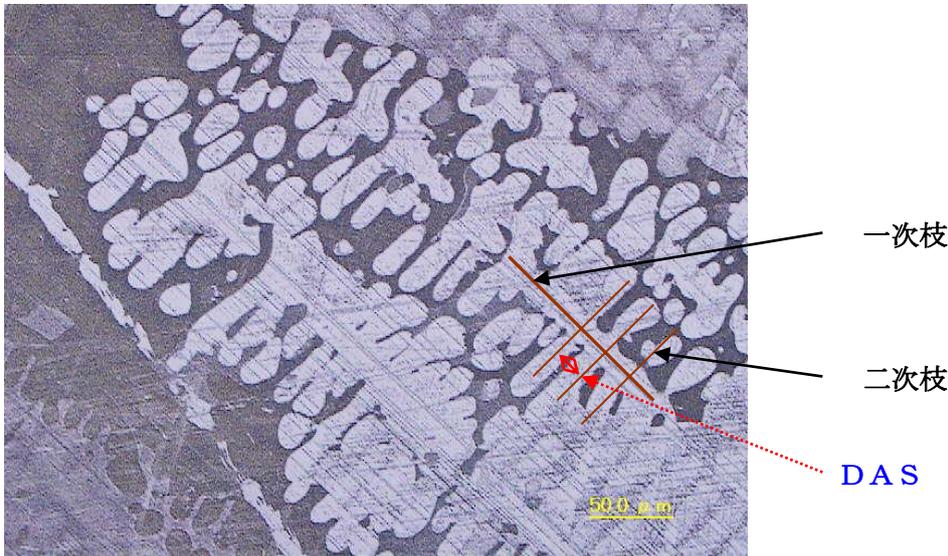


写真-1 Sn/3Ag/0.5Cu の凝固組織例

そこで、Sn/3Ag/0.5Cu を様々な冷却速度で凝固させた組織の DAS を測定して、冷却速度と DAS の関係を明らかにするとともに、凝固組織の DAS を測定することで、冷却速度を推定するための実験式を求めた。

2. 試験方法

冷却速度測定方法

各種の冷却条件を得るため、表-1 に記した条件で、Sn/3Ag/0.5Cu はんだを凝固させた。その際、はんだ中に熱電対を設置して時間-温度の関係を記録計で計測して、凝固の冷却速度を算出した。

DAS 測定方法

冷却速度を測定した試料の熱電対先端付近のはんだを研磨（＃120 → 400 → 800 → 1200 → バフ）し、約5秒間腐食して（エッチング液：1%HC1 + 1%HNO₃ + 98%H₂O）、断面を金属顕微鏡で観察した。観察画像からDASを計測した。

3. 試験結果

表-1 に各試験での冷却条件、測定した冷却速度と観察したDASをそれぞれ示した。また、一例として試験No 1 の測定状況を図-2 に示した。測定結果より求めたDASと冷却速度の関係を図-3 にグラフで示した。

表-1 各冷却条件と冷却速度及びDAS

試験 No	冷却条件	冷却速度 (°C/s)	DAS (μm)
1	60g、350°Cのはんだを 50°Cのホットプレート上に置いた鉄製の分析試料作成用金型に流す。熱電対は底から 2mm の位置。	11.1	14.0
2	150g、350°Cのはんだを 30mL の磁性のルツボに入れて、50°Cのホットプレート上に置く。熱電対は底から 12mm の位置。	0.64	59.0
3	60g、350°Cのはんだを 15°Cの水の上に置いた鉄製の分析試料作成用金型に流す。熱電対は底から 2mm の位置。	12.0	17.4
4	60g、350°Cのはんだを 30mL の磁性のルツボに入れて、レンガ上に置き、放冷。熱電対は底から 4mm の位置。	3.3	38.3
5	50g、400°Cのはんだを 20mL の磁性のルツボに入れて、小型炉中で炉冷。熱電対は底から 4mm の位置。	0.014	109
6	550g、350°Cのはんだを 250mL の磁性のルツボに入れて、50°Cのホットプレート上で放冷。熱電対は底から 12mm の位置。	0.25	70.2
7	1kg、350°Cのはんだを 250mL の磁性のルツボに入れて、150°Cのホットプレート(ルツボをセラミックウールで断熱)上で放冷。熱電対は底から 12mm の位置。	0.14	77.2
8	60g、500°Cのはんだを 20mL の磁性のルツボに入れて、小型炉中で炉冷(炉蓋を少し開)。熱電対は底から 4mm の位置。	0.059	93.9
9	60g、500°Cのはんだを17°Cの水中に底部を入れた鉄製の乾電池外郭容器に流す。熱電対は底から 4mm の位置。	11.8	11.6
10	60g、500°Cのはんだを17°Cの水中に底部を入れた鉄製の乾電池外郭容器に流す。熱電対は容器の底部に接触する位置。	25.0	5.8

DAS (μm) と対数表示した冷却速度 (°C/s) とは直線関係にあり、近似式として式-1 が求められた。

この実験式に計測したDASを代入することで、凝固時の冷却速度が推定できる。

$$y = 35.354 e^{-0.0701x} \dots \dots \dots \text{(式-1)}$$

x : DAS (μm)

y : 冷却速度 (°C/s)

図-2 測定の一例 (試験N o 1)

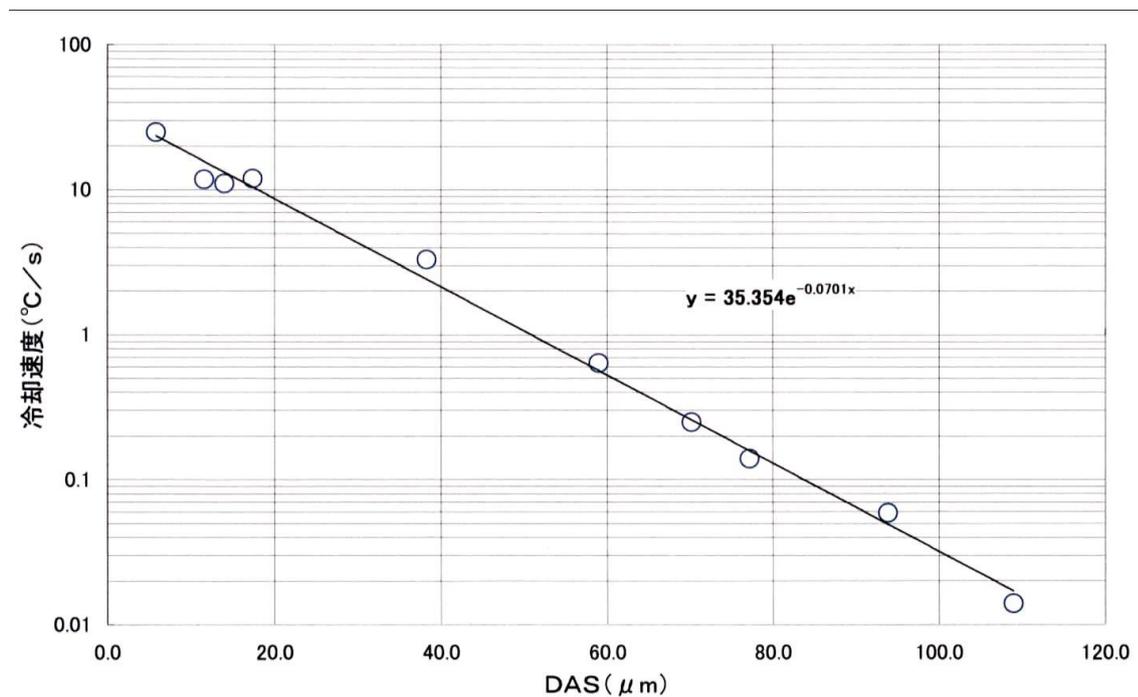
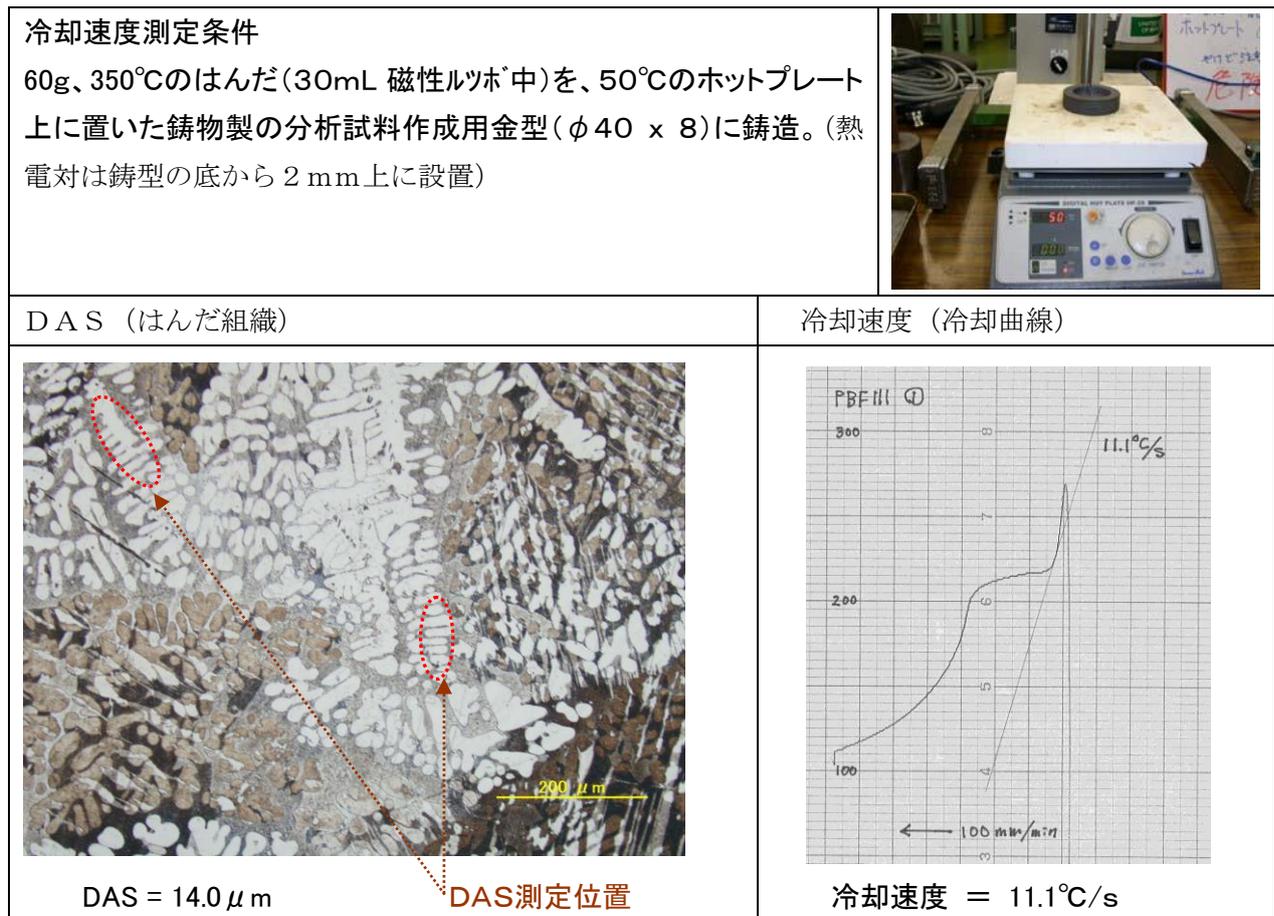


図-3 Sn/3Ag/0.5CuのDASと冷却速度の関係