展伸用アルミニウムの結晶粒微細化剤と研究部会共通試料

白井 孝太^{1*}・石渡 保生¹・勝亦 秀明²

Journal of The Japan Institute of Light Metals, Vol. 71, No. 1 (2021), 30-31
© 2021 The Japan Institute of Light Metals

Aluminum grain refiner for wrought material and common sample for research group

Kota SHIRAI^{1*}, Yasuo ISHIWATA¹ and Hideaki KATSUMATA²

Keywords: grain refiner; DC casting

1. はじめに

アルミニウム合金を製造する際、 casting時の割れ防止や、熱間加工性の向上、表面処理の外観不良低減、機械的特性の向上などを目的として、 casting組織の結晶粒微細化が行われる。結晶粒微細化の最も一般的な方法は、 α -Al相の凝固核となる異質核を添加する方法であり、異質核となる粒子は次の条件を満たす必要がある¹⁾。

- ・密度がアルミニウム溶湯とほぼ等しいこと
- ・短時間ではアルミニウム溶湯や溶質元素と反応しにくいこと
- ・ casting温度で溶解せず熱的に安定であること
- ・凝集傾向が低いこと
- ・ α -Al相との整合性が高いこと
- ・ α -Al相との界面エネルギーが低いこと
- ・アルミニウム溶湯との界面エネルギーが低いこと

これらの要求を満たす粒子として Al_3Ti 、 TiB_2 、 TiC 等が知られており、これらの粒子を含むAl-Ti合金、Al-Ti-B合金、Al-Ti-C合金等がアルミニウム合金の微細化剤として市販されている。市販されている合金種をTable 1に示す(表中の

Table 1 Commercially available aluminum grain refiner alloys.

Alloy type	Composition
Al-Ti	Al-6Ti Al-10Ti
Al-Ti-B	Al-1.6Ti-1.4B Al-3Ti-1B Al-5Ti-0.1B Al-5Ti-0.2B Al-5Ti-1B
Al-Ti-C	Al-3Ti-0.15C

Al-XTi等はAl-Xmass%Ti等を表す)。またこれらの微細化剤はコイル、ワッフル、バーなどの形状で市販されている。

アルミニウム展伸材の製造現場で最も一般的な方法はコイル形状のAl-Ti-B合金を樋で溶湯に連続的に添加する方法である。Al-Ti-B合金の場合、 TiB_2 が異質核であるがそれ自体は α -Al相との整合性は高くない。 TiB_2 の表面に Al_3Ti が生成することで、 α -Al相との整合性が高まり異質核として働くことが知られている。

しかしジルコニウムを含有するアルミニウム合金を製造する場合、Al-Ti-B合金では微細化されないことが知られている。これはジルコニウムが TiB_2 表面での Al_3Ti の生成を阻害するためと考えられている。そこでAl-Ti-B合金の代わりにAl-Ti-C合金を使用するのが一般的である。

2. 研究部会共通試料の化学成分および内部組織

アルミニウムの凝固・微細化・清浄化研究部会では、「結晶粒微細化」について微細化能評価方法の基準化や微細化プロセスの解明を目的に各種の試験を実施した。試験の共通試料を選定するために軽圧各社へアンケートを行い、最も使用が多かったA社製のAl-5Ti-1B合金($\phi 9.5\text{mm}$ コイル形状)を共通試料として購入した。また微細化剤メーカーごとに微細化能が変動するとの意見もあったため、B社製およびC社製(グレードA, B)のAl-5Ti-1B合金($\phi 9.5\text{mm}$ コイルからの切断片)も比較材として入手した。これらについて性状を明確

Table 2 Chemical composition (mass%).

	Ti	B	V	Si	Fe
A	5.0	1.1	0.01	0.08	0.10
B	4.9	1.0	0.01	0.08	0.13
C Grade-A	5.0	1.1	0.01	0.05	0.12
C Grade-B	4.9	1.1	0.01	0.06	0.13

¹ 日本軽金属株式会社 (〒421-3291 静岡県静岡市清水区蒲原1-34-1) Nippon Light Metal Company, Ltd. (1-34-1 Kambara, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shizuoka 421-3291)

² 三菱アルミニウム株式会社 (裾野市) Mitsubishi Aluminum Co., Ltd. (Susono-shi, Shizuoka)

* 責任著者 E-mail: kota-shirai@nikkeikin.co.jp

受付日: 2020年7月17日 受理日: 2020年9月24日

Fig. 1 Observation of microstructure by optical microscope. (a) Cross section perpendicular to the longitudinal direction. (b) Cross section parallel to the longitudinal direction.

Fig. 2 Observation of microstructure by SEM.

にするため、化学組成および内部組織を調査した。

まず化学組成の分析を実施した。共通試料および比較材のコイル形状片を酸分解により溶液化し、誘導結合プラズマ発光分光分析法 (ICP-OES) にて定量分析を行った。この分析結果を **Table 2** に示す。異質核生成の添加元素であるチタン、ボロンの定量結果に含有量差は認められなかった。また、ケイ素、鉄の定量結果からいずれのサンプルもベースとなるアルミニウム原料はP1020グレード相当を使用していると考えられる。

次に内部組織を観察した。機械研磨にて鏡面に仕上げた後、光学顕微鏡およびSEMで観察を行った。またEDSによる第二相粒子の点分析も実施した。光学顕微鏡では長手方向に垂直な断面および平行な断面、SEMでは長手方向に垂直な断面で観察を実施した。光学顕微鏡の観察結果を **Fig. 1** に、SEMの観察結果を **Fig. 2** に示す。いずれのサンプルも数10 μm と約1 μm の第二相粒子が存在しており、第二相粒子のSEM-

EDS分析より、数10 μm の粒子は Al_3Ti 、約1 μm の粒子は TiB_2 と考えられた。また TiB_2 は数100 μm オーダーで疎密な領域が存在しており、その疎密な領域は長手方向へ伸びた組織になっていた。B社製およびC社製 (グレードA, B) は表層付近でポロシティが比較的多く観察された。

3. ま と め

アルミニウムの結晶粒微細化剤について一般論を記し、アルミニウムの凝固・微細化・清浄化研究部会での共通試料および比較材について、化学組成の分析および内部組織の結果を示した。研究部会ではこの共通試料を用いて各種の検討を実施した。

参 考 文 献

- 1) J.D.Schloz: LIGHT METAL AGE, **8** (2010), 30-37.