フェーズフィールドシミュレーションによる Al-Cu 合金凝固組織の組成依存性

Phase-field simulations of solidification patterns for varying the composition of an Al-Cu alloy ^o荻本泰史、佐藤圭輔(富士電機)

[°]Yasushi Ogimoto and Keisuke Sato (Fuji Electric Co., Ltd.)

E-mail: ogimoto-yasushi@fujielectric.com

【はじめに】熱交換器継手部等に適用される Al-Cu 共晶接合(共晶温度 548℃、共晶組成 Cu=17.5%) では[1]、接合強度の劣化要因として脆性 θ 相(Al₂Cu)の粗大化が挙げられる。 θ 相の grain size を 定量的に予測するには Al 管、Cu 管からの拡散を伴う共晶界面での計算モデルを確立する必要が あり、それに先立ち Fig.(a)に示す状態図の過共晶側組成での凝固組織の知見(平均描像)を得る 事は有用である。しかしながら θ 相の比率は天秤則により推測できるが grain size は自明ではない。

本発表では、市販の Phase-Field 法 (PF 法) 計算ソフト MICRESS[®]により計算した Al-Cu 合金凝 固組織の Cu 組成依存性について報告する。

【結果】 共晶系の凝固組織である dendrite 構造と lamellar 構造の PF 法計算については既に報告がある[2,3]。実際、 MICRESS[®]でも1次、2次アームからなる Al-Cu 合金の α-dendrite 構造が容易に計算可能である。一方、Al-Cu合 金の lamellar 構造に関する PF 法計算の報告はない。そこ で周期 λ と界面速度 V の関係 λ^2 V=const (協調成長) を考 慮しつつ計算パラメータである界面厚み $\delta(\mu m) = \Delta x$ (μ m/cell)×t (cell)を検討した結果、周期 λ =1~2 μ m の lamellar 構造再現に適したパラメータ範囲を見出した。 Fig.(b)に共晶組成 (Cu=17.5%) での凝固組織の phase map を示す (100×100 μ m²、橙⇒α相、白⇒ θ 相、青⇒界面)。 アーク炉で作製した Al-Cu 共晶合金試料の周期λ(0.4~ 1.8 μm) によく対応した lamellar 構造が得られている。 このようにして決定した Al-Cu 合金における dendrite, lamellar 構造の計算条件に基づき凝固組織の組成依存性 を調べた。状態図 [Fig.(a)] に重ねてプロットした Cu= 17~21%での grain size の計算値から、*0*相が急激に粗大 化する組成は Cu>19%であることが明らかとなった。

【謝辞】アーク炉による Al-Cu 共晶合金試料の作製をご 指導いただきました吉川明子 技師(理化学研究所 創発 物性科学研究センター)に感謝致します。



Fig. (a) A phase diagram of Al-Cu alloy calculated by Thermo-Calc, on which the simulated values of θ -grain size for Cu=17~21% are also plotted. (b) A 100 μ m × 100 μ m image of lamellar structures in the Al-Cu alloy with a eutectic composition (Cu=17.5%) simulated by MICRESS [®].

References: [1] 渡辺健彦 他, 溶接学会論文集 vol.16, No.1, p.35 (1998); 川上博士 他, 溶接学会論文集 vol.25, No.1, p.24 (2007); p.51 (2007). [2] T. Suzuki *et al.*, J. Cryst. Growth **237-239**, 125 (2002); I. Steinbach, Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. **17**, 073001 (2009); T. Takaki, ISIJ Int. **54**, 437 (2014). [3] M. Plapp and A. Karma, Phys. Rev. E **66**, 061608 (2002); S. G. Kim *et al.*, J. Cryst. Growth **261**, 135 (2004).