

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	縦型高速双ロール鋳造法により急冷凝固したAl-Mn系合金板材の微細組織
Title(English)	Microstructure of rapidly solidified Al-Mn based alloy strips fabricated by vertical-type high-speed twin-roll casting
著者(和文)	SongRam
Author(English)	Ram Song
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11084号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:熊井 真次,村石 信二,中村 吉男,小林 能直,小林 郁夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11084号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	宋 濫	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	熊井 真次	教授	小林 郁夫	准教授
	審査員	村石 信二	准教授		
		中村 吉男	教授		
		小林 能直	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、Microstructure of rapidly solidified Al-Mn based alloy strips fabricated by vertical-type high-speed twin-roll casting (縦型高速双ロール鋳造法により急冷凝固した Al-Mn 系合金板材の微細組織) と題し、以下の 7 章で構成されている。

第 1 章 “General introduction” (緒論) では、本研究の背景と目的について次のように述べている。Al-Mn 系合金は中程度の強度、優れた耐食性と成形性を持つ代表的な非熱処理型の展伸用合金で、自動車用熱交換器や飲料缶、建材などに広く使用されている。Al-Mn 系合金は主に Direct Chill 鋳造法 (以下 DC 鋳造) によって製造され、面削や均質化処理、熱間圧延、冷間圧延などの多くの中間工程を経て板材となる。DC 鋳造では冷却速度が低いため、Al 母相への Mn 固溶量は少なく、粗大な晶出物や金属間化合物が形成されやすい。これに対し本研究で取り扱う縦型高速双ロール鋳造法は、一對の回転するロール間隙に金属溶湯を注湯し、直接板材を作製する手法である。DC 鋳塊を出発材にする場合とは異なり、面削や熱間圧延などの中間工程を省略して直接薄板を製造することができるが、一番の特徴はその高い冷却速度であり、これにより凝固組織微細化、溶質元素の固溶量の拡大や第二相粒子の微細均一分散などが実現できる可能性がある。このような縦型高速双ロール鋳造法の特徴を有効活用できれば、既存の Al-Mn 系合金の特性向上や新たな合金開発に繋がると考えられる。そのためには、まず各種製品の出发材となる本鋳造材の凝固組織の特徴について正しく理解することが重要である。本研究の目的は、異なる冷却速度をもつ他の鋳造材と比較することにより、縦型高速双ロール鋳造法により急冷凝固した Al-Mn 系合金板材の微細組織について検討を行うことである。

第 2 章 “Solidification structure and secondary particles in vertical-type high-speed twin-roll cast 3003 aluminum alloy strips” (縦型高速双ロール鋳造法により作製した 3003 アルミニウム合金板材の凝固組織と第二相粒子) では、代表的な Al-Mn 系の実用合金である 3003 アルミニウム合金板材の凝固組織と分散相について調査している。縦型高速双ロール鋳造材 (以下双ロール鋳造材) には DC 鋳造材とは異なる第二相粒子が観察されることを明らかにしている。すなわち、DC 鋳造材には、 $Al_6(Mn, Fe)$ 相と $\alpha-Al(Mn, Fe)Si$ 相が観察され、 $Al_6(Mn, Fe)$ 相は大きな縦横比を持つ Script 状を呈すると述べている。これに対し双ロール鋳造材には、 $Al_6(Mn, Fe)$ 相は観察されず胞子状の $\alpha-Al(Mn, Fe)Si$ 相のみが観察されると報告している。そして、この $\alpha-Al(Mn, Fe)Si$ 相は Al デンドライト間隙に捕捉された液相が共晶凝固して生成したものと考察している。

第 3 章 “Influence of alloying elements on solidification structure of vertical-type high-speed twin-roll cast Al-Mn based alloy strips” (縦型高速双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 系合金板材の凝固組織に及ぼす溶質元素の影響) では、双ロール鋳造により、Al-Mn

二元系, Al-Mn-Fe 及び Al-Mn-Si 三元系合金板材を作製し, 凝固組織に及ぼす溶質元素の影響について調査している. Al-Mn 二元系では Skin formation-type の凝固組織になるのに対し, Al-Mn-Fe と Al-Mn-Si 三元系では Mushy-type の凝固組織となることを明らかにしている. そして, これは Fe や Si の添加により合金の固液共存温度範囲が拡大したためであると説明している.

第 4 章 “Influence of cooling rates on formation behavior of secondary particles in vertical-type high-speed twin-roll cast Al-Mn based alloy strips.” (縦型高速双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 系合金板材の分散相の形成挙動に及ぼす冷却速度の影響) では, 冷却速度が異なる 4 種類の鋳造法を用いて Al-Mn-Fe と Al-Mn-Si 三元系合金を鋳造し, 双ロール鋳造材と比較することにより, 分散相の形成挙動に及ぼす冷却速度の影響について調査している. TEM-EDS ならびに電子回折図形により, Al-Mn-Fe 合金では $Al_6(Mn, Fe)$ 相, Al-Mn-Si 合金では α -AlMnSi 相が形成されることを明らかにし, さらに凝固時の溶質偏析挙動の差異により分散相を構成する溶質の組成比が変化することを見出している.

第 5 章 “Mn supersaturation and solid solution strengthening in vertical-type high-speed twin-roll cast Al-Mn binary alloy strips” (縦型高速双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 二元系合金板材の Mn 過飽和固溶および固溶強化) では, Mn 組成を亜共晶組成から過共晶組成まで変化させた Al-Mn 二元系合金の双ロール鋳造材を作製している. 導電率測定により Mn 固溶量を推算し, 高い冷却速度により Al 母相への Mn 固溶量が拡大することを見出し, さらに引張試験によって固溶 Mn により耐力が増加することを見出している.

第 6 章 “Solute distribution and Mn decomposition behavior in vertical-type high-speed twin-roll cast Al-Mn based alloy strips” (縦型高速双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 系合金板材の溶質濃度分布および Mn 析出挙動) では, DC 鋳造ならびに双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 二元系, Al-Mn-Fe 及び Al-Mn-Si 三元系合金について Al 母相中の Mn 固溶量と溶質元素分布を調査している. 鋳造ままの状態では, DC 鋳造材と双ロール鋳造材の Mn 固溶量は同等であるが, 均質化処理後で比較すると, 双ロール鋳造材では DC 鋳造材に比べ大幅に Mn 固溶量が減少することを見出している. また, Al-Mn-Fe 合金の双ロール鋳造材では晶出物の微細化が観察されること, Al-Mn-Si 合金の双ロール鋳造材では Al 母相中に, より均一な Si の分布が確認されることを明らかにしている. Al-Mn-Fe 合金においては, 晶出物の粗大化と球状化が観察されたのに対し, Al-Mn-Si 合金においては, 主として微細な析出物が観察されることを明らかにし, これらは過飽和固溶した Mn の析出挙動の違いに起因するものと考察している.

第 7 章 “General conclusions” (結論) では, 各章で得られた成果を総括し, 結論を述べている.

以上を要するに本研究は, 縦型高速双ロール鋳造法により作製した Al-Mn 系合金板材について, Al 母相への Mn 固溶量と溶質濃度分布, 分散相の形成に及ぼす冷却速度の影響について調査したものであり. 本手法の特徴である高い冷却速度によって Al 母相への Mn 固溶限が過共晶組成まで拡大できること, Al 母相中の溶質濃度分布が均一になることを明らかにし, さらに最終の凝固部で生成される第二相粒子の種類やそれらを構成する溶質の組成比が変化することを見出している. これらは従来の鋳造法で作製した場合には見られない, 縦型高速双ロール鋳造法により急冷凝固された Al-Mn 系合金の特徴であり, 得られた知見は既存合金の特性向上のみならず新たな Al-Mn 系合金の開発を図る上で非常に有益であると考えられる. このような理由から本研究は工学上ならびに工業上貢献するところが大きい. よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる.