

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により作製した自動車熱交換器用Al-Mn/Al-Si合金クラッド材の凝固組織とろう付特性
Title(English)	
著者(和文)	高山雄介
Author(English)	Yusuke Takayama
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10763号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:熊井 真次,中村 吉男,小林 能直,小林 郁夫,村石 信二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10763号, Conferred date:2018/3/26, 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

(博士課程)

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		高山 雄介	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	熊井 真次		教授	審査員	村石 信二	准教授
	審査員	中村 吉男		教授			
		小林 能直		教授			
		小林 郁夫		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により作製した自動車熱交換器用 Al-Mn/Al-Si 合金クラッド材の凝固組織とろう付特性」と題し，7 章から構成されている。 第 1 章「緒論」では，アルミニウム合金クラッド材の重要性ならびに代表的な使用例について紹介し，本研究課題に係わる背景，着想に至った経緯，本研究の目的について以下のように述べている。 クラッド材は通常，各々 DC スラブから製造した芯材，皮材の厚板を繰り返し熱間圧延することにより接合し作製するが（熱延法），この手法は工程が多く，消費エネルギーも大きいため省工程，省エネルギーでクラッド材を作製する手法の開発が求められている．そこで本研究では，縦方向に配置した複数の双ロールに溶融合金を注湯することにより急冷凝固させ，1 工程で薄板のクラッド材を製造できるタンデム式縦型高速双ロールキャスト法に着目した．本手法は 1 段目双ロールで作製した芯材を鉛直下方に設置された 2 段目双ロール間隙に誘導し，芯材の通過と同時に皮材溶湯を流し込むことで，芯材と皮材凝固殻を接合させクラッド材を作製する新しい手法である．本研究では，最も代表的なクラッド材の応用例である自動車熱交換器用ブレージングシートを研究対象として選択した．ブレージングシートの芯材には，通常 Al-Mn 系の A3003 合金が，皮材に亜共晶組成の Al-Si 系の A4045 合金が使用されている．一般にろう材として機能する皮材には亜共晶合金が用いられているが，その理由のひとつとして共晶組成以上の Si 組成では晶出した粗大な初晶 Si 粒子が割れの起点となるため，熱延法ではブレージングシートの作製が困難であることが上げられる．もし皮材合金の Si 組成を増加させることができれば，ろう材の流動性向上や溶融温度低下が期待でき，ブレージングシートとしての特性をさらに高められる可能性がある．タンデム式縦型高速双ロールキャスト法は高い冷却能を有することから，本手法を用い急冷凝固によって初晶 Si 粒子を微細化できれば，Si 組成の高い合金をろう材に適用することも可能であると考えられる．本研究の目的は，タンデム式縦型高速双ロールキャスト法を用いることにより，従来法では作製が困難とされていた皮材合金の Si 組成を増量させた Al-Mn/Al-Si 合金クラッド材の製造が可能であるか，さらに Si 組成を増量させることでブレージングシートのろう付特性が向上するかどうか検証することである。 第 2 章「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により皮材 Si 組成を拡張した Al-Mn/Al-Si 合金クラッド材の試作」では，芯材が A3003，皮材が Al-10 %Si，12.6 %Si，14 %Si，17 %Si の 4 種類の Al-Si 合金からなるクラッド材を作製し，Si 組成が皮材凝固組織ならびに界面組織に及ぼす影響について検討している．その結果，ロール表面から成長した凝固殻は，α-Al 相と α-Al+Si 共晶凝固相からなる急冷組織を呈すること，芯材との界面付近の組織は，10 %Si では粒状の，共晶組成以上ではデンドライト状の α-Al 相が多数集合した α-rich 領域と，全面が共晶組織からなる共晶-rich 領域から構成されること，また 14 %Si，17 %Si では 10~50 μm 程度の初晶 Si 粒子が凝
--

固殻や α -rich 領域に存在することを見出している。芯材と皮材の接合状態に関しては、10%Si では界面全域が接合していたのに対し、共晶組成以上では一部で未接合部が観察されたと報告している。しかし作製したクラッド材を熱交換器用ブレージングシートの製造工程を模した圧延加工や熱処理に供した結果、界面剥離を生じることなく全ての皮材 Si 組成のクラッド材をブレージングシートの板厚まで圧延することができ、本手法によって皮材 Si 組成の拡張が可能であることが明らかとなったと述べている。

第3章「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により作製した A3003/A4045 クラッド材界面の接合状態」では、クラッド材作製時の芯材温度、芯材表面の酸化皮膜、2 段目ロール間隙通過時の冷却速度が芯材と皮材の接合挙動に及ぼす影響について検討するため、芯材と皮材溶湯と種々の接触状態を模擬した実験を考案し、得られた凝固組織や界面を比較している。その結果、熔融した皮材合金は室温の芯材には接合しないこと、芯材表面の酸化皮膜は接合に影響を及ぼさないこと、500℃の芯材には接合するが界面熔融が生じること、大規模な界面熔融を防ぐには皮材合金の急冷が必要なこと等の重要な知見を得ている。よって、本手法では、皮材溶湯と接触した芯材表面がほとんど熔融することなくロール間隙に導かれ、皮材の急冷凝固と相俟って、芯材と皮材の境界が明瞭かつ平坦な A3003/A4045 クラッド材が作製できると説明している。

第4章「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法における Al-Mn/Al-Si 合金クラッド材の界面接合状態に及ぼす皮材 Si 組成の影響」では、皮材 Si 組成が界面における凝固挙動ならびに接合状態に及ぼす影響について、第3章と同じ実験を 12.6%Si, 14 %Si, 17 %Si の3種類の共晶組成以上の Al-Si 合金を用いて行い、Si 組成を変化させても同様の結果が得られ、さらに急冷効果により初晶 Si 粒子も微細化できたと報告している。ただし、共晶組成以上の合金では接合界面に未接合部が観察されたと述べている。

第5章「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により作製した自動車熱交換器用ブレージングシートの組織とろう付特性」では、熱延法とタンデム式双ロール法の両手法により作製した A3003/A4045 クラッド材を出発材とし、その後同じ製造プロセスに供して製造したブレージングシートについて、両者の組織とろう付特性を比較している。その結果、熱延材に比べ、タンデム式双ロール材のろう付加熱後のろう侵食量が少ないことを見出している。タンデム式双ロール材では、ろう付加熱前の晶出物分布や固溶 Mn の析出挙動が熱延材とは異なり、その結果、芯材である 3003 合金の再結晶組織がろう付加熱後においても圧延方向に伸長しているため、芯材へのろう侵食が軽減されて耐ろう侵食性が向上したと述べている。

第6章「タンデム式縦型高速双ロールキャスト法により皮材 Si 組成を拡張した自動車熱交換器用ブレージングシートのろう付特性」では、種々の組成の Al-Si 合金皮材について組織観察ならびにサグ試験を実施し、芯材へのろう侵食ならびにろう材である Al-Si 合金皮材の流動性について評価している。その結果、たとえ過共晶組成であっても 14 %Si までの組成であれば、耐ろう侵食性を維持したままろう材として必要な高い流動性を確保することができ、よって、Si 組成の拡張によりブレージングシートのろう付特性向上が可能であると述べている。

第7章「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。

以上を要するに本論文は、タンデム式縦型高速双ロールキャスト法によって、従来法に比べ、極めて省工程かつ省エネルギーで自動車熱交換器用 Al-Mn/Al-Si 合金クラッド材が製造可能であること、さらに組織観察ならびに各種のろう付特性評価試験によって、本手法を用いれば、自動車熱交換器作製時にろう材として機能する皮材の Al-Si 合金の Si 組成を、従来法では困難な共晶組成以上に拡張できることを実証したものであり、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。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

（博士課程）