

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	珪素を含有した高強度鋼板の合金化溶融亜鉛めっき製造技術に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	飛山 洋一
Author(English)	Yoichi Tobiyama
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:乙第4116号, 授与年月日:2015年9月30日, 学位の種別:論文博士, 審査員:竹山 雅夫,西方 篤,林 重成,上田 光敏,小林 寛
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4116号, Conferred date:2015/9/30, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

## 論文要旨 (和文2000字程度)

報告番号	乙 第	号	氏 名	飛 山 洋 一
<p>( 要 旨 )</p> <p>地球環境問題から要求される自動車車体軽量化および車体防錆の観点から、現在高張力鋼板を素材とする合金化溶融亜鉛めっき鋼板（GA）の開発が鉄鋼各社の重要課題となっている。高張力鋼板の中でも鋼中成分として珪素を含有する鋼板は、低廉でかつ優れた機械的特性を有するため熱間および冷間圧延材として開発、実用化されている。一方、珪素含有鋼板をGAの素材として用いる場合、表面品質および生産性低下が問題となる。</p> <p>本研究では、珪素含有高強度鋼板を素材とするGAを既存の酸化還元型溶融亜鉛めっきライン（CGL）で低廉かつ高効率に製造するための技術開発に取り組み、工業生産するための具体的な提案に至り実用化のプロセスを構築した。本論文は、7章からなる。以下に、各章の概要を示す。</p> <p>第1章「緒論」では、地球環境問題の解決、資源の有効活用から高強度鋼板を素材とした亜鉛系めっき鋼板の開発が強く望まれている現状、および機械的特性に優れ低廉な珪素含有鋼板を素材としたGAの新製造プロセス開発の必要性について述べた。また、高強度鋼板を素材としたGAの製造に関する従来技術の現状を概観し、製造上の問題点を指摘するとともにその課題解決の原理および手法を提案し、本研究の意義および目的について述べた。</p> <p>第2章「酸化還元法による濡れ性改善の実験室的検証」では、酸素含有電析鉄層および無酸素電析鉄層を用いたモデル実験を行い、酸化還元法による珪素含有鋼板の濡れ性改善の効果およびその機構を調べた。その結果、電析鉄層中に酸素が存在すると焼鈍時に珪素の内部酸化が生じて、試料表面に還元鉄層が生成することを明らかにした。以上から、濡れ性の改善には焼鈍条件の影響を受けにくい酸化還元法が有効であることを示した。</p> <p>第3章「焼鈍前酸化における鉄酸化物形成に及ぼすFeSの効果」では、珪素含有鋼板の酸化促進のために鉄の硫化物を焼鈍前酸化時に意図的に生成させるという考え方にもとづき、焼鈍前酸化に先立って硫酸アンモニウム水溶液を鋼板に塗布することの効果調べた。その結果、硫酸アンモニウム処理は、雰囲気酸素分圧100Pa時に鉄酸化物の生成量を約2倍に増加し酸化を珪素無添加鋼板の水準まで促進すること、また、促進した焼鈍前酸化材の酸化皮膜／鋼板界面の酸化皮膜側には粒状のFeSが存在することを確認した。この結果から、酸化の促進は、FeSの形成によるFeイオンの外方拡散の促進に起因すると考察した。以上より、硫酸アンモニウム処理は、珪素含有鋼板特有の課題である焼鈍前酸化における鉄酸化物量確保に有効な手段であることを見出した。</p> <p>第4章「焼鈍前酸化促進処理を施した珪素含有鋼板の濡れ性」では、硫酸アンモニウム処理した焼鈍前酸化材に還元処理および亜鉛浴への浸漬を行い、濡れ性について調べた。その結果、従来不めっきが発生していた</p>				

焼鈍前酸化条件下で、硫酸アンモニウム処理により不めっきの発生を抑制することに成功した。この酸化促進による濡れ性改善は、珪素の内部酸化により、還元雰囲気中での焼鈍時に鋼板表面に外部酸化物のない連続した還元鉄層が十分に生成することに起因することを明らかにした。

第5章「焼鈍前酸化促進処理を施した熔融亜鉛めっき鋼板の合金化」では、前章までのプロセスにて処理した熔融亜鉛めっき鋼板に合金化熱処理を施し、現実のプロセスに対応した合金化が可能か否かについて定量的な評価を行った。その結果、本鋼は従来の軟鋼と同程度の合金化速度を有し、これは Fe/Zn合金化反応の障壁になる外部酸化物生成の抑制および還元鉄／鋼板界面および鋼板粒界へのZnの進入に起因すると考察した。

第6章「実機プロセスにおける焼鈍前酸化促進処理の珪素含有鋼板への適用と検証」では、前章までの一連の処理を利用して、珪素含有高強度鋼板に対し既存の酸化還元型CGLにおいて実機実験を行った。その結果、実機における硫酸アンモニウム処理は、濡れ性を改善しかつ合金化も促進すること、また、得られたGAは自動車用鋼板としての良好な性能を有することを検証した。以上より、本技術が生産性を低下させることなく諸性能に優れたGAを製造する技術であることを確認した。

第7章「総括」では、各章で得られた知見を総括し、開発した技術の工業的意義について述べた。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(論文博士)

## 論 文 要 旨 ( 英 文 )

(300語程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	飛 山 洋 一
<p>( 要 旨 )</p> <p>A study on the manufacture of Si-bearing high-strength galvanized steel was undertaken in order to develop a new manufacturing process by pretreatment in an existing continuous galvanizing line (CGL) equipped with a direct firing furnace (DFF).</p> <p>A fundamental experiment using an electrodeposited iron coating containing oxygen clarified the fact that a galvanizing technique using an oxidizing preheater is effective to improve the wettability of Si-bearing steel by molten zinc.</p> <p>The oxidation of Si-bearing steel, which shows a lower oxidation rate than mild steel, must be accelerated at the DFF. Ammonium sulfate successfully accelerated oxidation prior to annealing. FeS was observed in the iron oxide film near the interface between the iron oxide film and the steel treated with ammonium sulfate. It is supposed that FeS acts as a fast outer diffusion path for iron ions.</p> <p>The oxidation process accelerated by ammonium sulfate improved the wettability of the steel because silicon and manganese were internally oxidized beneath the reduced iron layer by the oxygen in the iron oxides during annealing.</p> <p>Ammonium sulfate was effective to increase the galvannealing rate of the steel. The steel treated with ammonium sulfate showed the same galvannealing rate as mild steel. This is probably due to the suppression of external oxides and the penetration of zinc into the grain boundaries and the interface between the reduced iron layer and the steel.</p> <p>Ammonium sulfate successfully improved the wettability of the steel and increased the galvannealing rate in trial manufacture in the CGL. Furthermore, the steel manufactured in the experiment demonstrated the excellent properties required for auto parts.</p> <p>In conclusion, we developed a new manufacturing process which enables efficient manufacture of Si-bearing high-strength galvanized steel at low cost in the existing CGL equipped with the DFF.</p>				

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).