

Title	低炭素低合金鋼の高周波電縫溶接現象の解明と溶接部の靱性向上に関する研究
Author(s)	岡部, 能知
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/52206">https://hdl.handle.net/11094/52206</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 岡 部 能 知 )

論文題名

低炭素低合金鋼の高周波電縫溶接現象の解明と溶接部の靱性向上に関する研究

## 論文内容の要旨

本論文は低炭素低合金鋼の高周波電縫溶接現象を直接観察法と数値解析法を用いて解明することにより、溶接部の低温靱性を向上させることを目指して研究を行ったものであり、全体を7章で構成した。各章の主要な結果は以下のようになる。

第1章では、本研究の背景と課題および意義について明らかにした。

第2章では、高速度カメラを用いて電縫溶接部を直接観察することにより、溶接部の加熱挙動と溶鋼およびスパッタが発生する短時間の溶接挙動を明らかにした。

第3章では、高周波電縫溶接現象を明らかにするために、有限要素解析法による電縫溶接部の解析モデルを構築した。電磁界解析と伝熱解析を組み合わせた3次元有限要素解析法により鋼管の加熱状況を明らかにした。解析条件に相当する電縫溶接実験を行い解析精度を検証した。次に、電縫溶接部の加圧部の挙動を明らかにするために、電縫溶接部に直接電力を入力する方法である高周波抵抗加熱法を用いて、電磁界解析、伝熱解析および弾塑性構造解析を組み合わせた有限要素解析モデルを構築した。電縫溶接実験を行い解析結果と比較することにより、構築した当該有限要素解析は十分な精度を有することを明らかにした。

第4章では、電縫溶接部の低温靱性に悪影響及ぼす酸化物に注目し、電縫溶接部における酸化物の生成機構と溶接部からの排出機構の解明に向けて実験および数値解析による検討を行った。電縫溶接実験により溶接時に開先表面に生成する酸化物の組成および形態を明らかにし、さらに溶接中の開先加圧時の酸化物の塑性流動挙動について数値解析モデルを構築し、その解析結果と組み合わせることにより電縫溶接部の突合せ開先面で生じる酸化物の溶接部表面への排出機構を明らかにした。

第5章では、第4章で構築した数値解析モデルにより、溶接部の酸化物量に及ぼす溶接速度および開先温度分布の影響を明らかにし、溶接部の酸化物量低減のための溶接条件の最適化指針を明示した。

第6章では、電縫溶接現象の直接観察と数値解析による知見をもとに、実機で電縫溶接部の酸化物を低減させることのできる最適な電縫溶接技術基盤を開発した。本技術を実機生産プロセスへ適用した結果、得られた電縫溶接部の低温靱性は母材鋼管と同程度まで著しく向上することを明らかにした。さらに電縫溶接部の靱性をその全長にわたり保証する観点から、低温靱性に影響を及ぼす溶接部の酸化物の分布状況を、鋼管の製造中にリアルタイムで検出できる溶接部の非破壊検査システムを開発し、その有効性を検証した。

第7章では、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 岡 部 能 知 )			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教 授	中 田 一 博
	副 査	教 授	平 田 好 則
	副 査	教 授	田 中 学

## 論文審査の結果の要旨

本論文は低炭素低合金鋼の高周波電縫溶接現象を直接観察法と数値解析法を用いて解明するとともに、溶接部の低温靱性に悪影響を及ぼす溶接部開先表面における酸化物生成機構を検討し、酸化物生成量低減により、低温靱性に優れた溶接部を得るための溶接条件の最適化指針を明示し、実機生産プロセスへ適用可能な技術基盤の構築を目指したものである。

まず、高速度カメラを用いて電縫溶接部を直接観察することにより、溶接部の加熱、溶融およびスパッタ発生に至る短時間の溶接挙動を明らかにしている。次に、このような高周波電縫溶接現象を解明するために、有限要素解析法による電縫溶接部の解析モデルを構築し、電磁界解析と伝熱解析を組み合わせた3次元有限要素解析法により鋼管の加熱状況を明らかにし、解析条件に相当する電縫溶接実験によりその解析精度を検証している。続いて、電縫溶接部の加圧部の挙動を明らかにするために、電縫溶接部に直接電力を入力する方法である高周波抵抗加熱法を用いて、電磁界解析、伝熱解析および弾塑性構造解析を組み合わせた有限要素解析モデルを構築し、電縫溶接実験結果と解析結果を比較検討することにより、構築した当該有限要素解析は十分な精度を有することを明らかにしている。

また、電縫溶接部の低温靱性の改善に向けた検討として、電縫溶接部の低温靱性に悪影響を及ぼす酸化物に注目し、電縫溶接部における酸化物の生成機構と溶接部からの排出機構の解明に向けて、実験および数値解析の両面から検討を行い、まず電縫溶接実験により溶接時に開先表面に生成する酸化物の組成および形態を明らかにしている。さらに溶接中の開先加圧時の酸化物の塑性流動挙動について数値解析モデルを構築し、その解析結果と組み合わせることにより電縫溶接部の突合せ開先面で生じる酸化物の溶接部表面への排出機構を提案し、構築した数値解析モデルにより、溶接部の酸化物生成量に及ぼす溶接速度および開先温度分布の影響を明らかにしており、溶接部の酸化物生成量低減のための溶接条件の最適化指針を明示している。

さらに、このようにして得られた電縫溶接現象の直接観察と数値解析による知見をもとに、実機で電縫溶接部の酸化物生成量を低減させることのできる最適な電縫溶接技術基盤を構築している。本技術を実機生産プロセスへ適用した結果、得られた電縫溶接部の低温靱性は母材鋼管と同程度にまで著しく向上できることを明らかにし、さらに電縫溶接部の靱性をその全長にわたり保証する観点から、低温靱性に影響を及ぼす溶接部の酸化物の分布状況を、鋼管の製造中にリアルタイムで検出できる溶接部の非破壊検査システムを開発し、その有効性を検証している。

以上のように、本論文は低炭素低合金鋼の高周波電縫溶接現象を直接観察法と電磁界解析、伝熱解析および弾塑性構造解析を組み合わせて新たに構築した有限要素解析モデルにより解明するとともに、溶接部の低温靱性に悪影響を及ぼす溶接部開先表面における酸化物生成および排出機構モデルを提案し、酸化物生成量低減により、低温靱性に優れた溶接部を得るための溶接条件の最適化指針を明示し、実機生産プロセスの学術ならびに技術基盤を構築している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。