

Title	自動車製造プロセスにおけるレーザ溶接のインプロセスモニタリング技術の研究
Author(s)	森, 清和
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3129094
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	モリ 森 清 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 1 9 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	自動車製造プロセスにおけるレーザ溶接のインプロセスモニタリング 技術の研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 宮本 勇 教授 仲田 周次 教授 黄地 尚義 教授 中井 貞雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自動車部品製造においてCO₂レーザ溶接品質の信頼性向上を目的として、新しいインプロセスのモニタリング手法を研究・開発し、その内容をまとめたもので、7章より構成される。

第1章では、本研究の背景、目的、および論文内容についての概略を記している。

第2章では、自動車部品のレーザ溶接においては、高い生産性と優れた溶接継手が得られる反面、発振器の変動、光学部品の経時劣化、ワークの加工精度不良や汚染などの原因で溶接不良が避けられない等の問題点があることを指摘し、溶接品質の信頼性を確保する上ではインプロセスモニタリングによる品質評価法の開発が必須であることを指摘している。モニタリングにおいては、物理現象の理解度、応答性、耐環境性を考慮するとプラズマ発光の検出が最適であることを示している。

第3章では、プラズマプルームの発光分光分析に基づいて温度・電子密度の時間・空間分布を解析し、キーホールならびにプルームにおいてプラズマとレーザビームとの相互作用が溶接パラメータによって異なることを明らかにしている。これに基づいて、溶接現象を把握するにはキーホールプラズマとプラズマプルームの発光強度を分離して検出することが有効であることを示し、それを実現するために検出角度の異なる複数の光センサーを用いる新しいモニタリング手法を提案している。

第4章では、プラズマ発光強度の時間変動挙動とキーホール形状の相関関係を解析し、貫通溶接においては板厚が薄いほど、また集光スポット径が小さいほどキーホール発光の時間変動における高周波数成分が増大すること、貫通溶接と非貫通溶接ではキーホールプラズマとプラズマプルームの発光波形に差異を生じることを提示している。また、プラズマ発光強度の時間変動は、キーホール壁を構成する熔融金属の共鳴振動が原因であることを示唆している。

第5章では、プラズマプルームとキーホールプラズマの両発光強度の時間平均値ならびに周波数特性より、各種溶接パラメータの変動量を検出する手法を提案し、溶接欠陥の発生原因となる変動パラメータの特定や、欠陥の発生時期の予測を可能にしている。更に、プラズマ発光の時間平均強度の長期間の推移の解析から、光学部品の経時劣化の検出が可能であることを示している。

第6章では、本研究で開発した新しいインプロセスモニタリング手法に基づき、モニタリング情報を搬出ロボットに伝達し、欠陥品をラインから自動的に跳ね出すインプロセスモニタリングシステムを開発している。これを実際の自動車製造工程におけるテーラードブランク溶接に適用し、板裏面までのビード貫通の識別、ピットやアンダーフィ

ルなどの主要溶接欠陥の検出を可能にし、1993年より二百万個以上の部品への応用実績があることを述べている。

第7章では、以上で得られた知見を総括し、本論文をまとめている。

論文審査の結果の要旨

レーザービームは高パワー密度と優れた制御性により、高品質の溶接継手を高い生産性で得られるが、現状では、発振器の変動、光学部品の経時劣化、ワークの加工精度不良や汚染などのため、溶接不良発生が避けられないなど信頼性欠如の問題が大量生産ラインへの導入の妨げとなっており、品質保証法の開発が重要な課題となっている。本研究は、レーザー誘起プラズマの発光強度を検出して溶接現象をインプロセスでモニタリングすることにより、溶接品質を評価できる新しい手法を提案・開発し、実生産ラインへの適用を可能にしたものである。その成果の要約を次に示す。

- (1) レーザー誘起プラズマの発光分光分析に基づき、温度・電子密度などの性質を明らかにすると共に、溶接パラメータによってキーホールとブルームの両プラズマに対する影響が異なることを指摘している。これに基づき、キーホールプラズマとプラズマブルームの発光強度を分離して検出する手法を開発し、溶接現象が的確に把握できることを示している。また、検出角度の異なる複数の光センサーを用いる新しいインプロセスモニタリング手法を提案している。
- (2) キーホール形状とプラズマからの発光強度の時間変動との相関関係を解析し、溶接板厚、レーザースポット径とキーホール発光の変動周波数との関係を明らかにするとともに、貫通溶接と非貫通溶接のインプロセス識別を可能にしている。また、プラズマ発光強度の時間変動がキーホール壁を構成する溶融層の共鳴振動に基づくことを示唆している。
- (3) プラズマブルームとキーホールプラズマの発光強度の時間平均値ならびに周波数特性に基づいて、主要溶接パラメータの変動量を検出する手法を提案し、変動パラメータの特定、欠陥発生時期の予測法を提案し、実生産において問題となる各種溶接欠陥の防止・予告を可能にしている。更に、プラズマ発光の時間平均強度の長期間推移の解析から、光学部品の経時劣化状況の検出が可能であることを示している。
- (4) 本研究で開発した新しいモニタリング手法に基づいて、欠陥品を検出しラインから自動排除するインプロセスモニタリングシステムを開発している。これを実際の自動車製造工程のテーラードブランク溶接ラインに適用し、生産プロセスで問題となる主要溶接欠陥が確実に検出され、1993年より既に二百万個以上の部品への応用実績があるなどその有効性を提示している。

以上のように、本論文はレーザー溶接において誘起されるプラズマの分光学的性質を明らかにし、これに基づいてその空間分布と時間変動特性から実生産において問題となる各種溶接欠陥を検出するとともに欠陥発生の原因ならびに発生時期を予知できる新しいインプロセスモニタリング手法を提案している。これによりインプロセスモニタリングシステムを開発し、自動車製造プロセスにおけるテーラードブランク溶接ラインに適用して品質保証を可能にしたものであり、工学分野に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。