



Title	レーザ溶接における円筒溶接部の変形制御方法の提案とその自動車部品の精度管理への適用に関する研究
Author(s)	白井, 秀彰
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48712">https://hdl.handle.net/11094/48712</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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">&lt;a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;</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">&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	白井秀彰
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第22041号
学位授与年月日	平成20年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	レーザー溶接における円筒溶接部の変形制御方法の提案とその自動車部品の精度管理への適用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 豊田 政男  (副査) 教授 座古 勝 教授 平田 好則 教授 片山 聖二 准教授 望月 正人

### 論文内容の要旨

自動車部品においては、製品の小型軽量・高機能化に伴い熱変形抑制等の高精度接合要求が増大している。この要求に対して低歪加工であるレーザー溶接を展開してきたが、溶接後に発生する変形を数 $\mu\text{m}$ 以下に抑制することは困難であった。そこで、この高精度化の要求に応えるため、本研究では、基本コンセプトとして『溶接に伴う熱歪を逆に適切に利用する』ことを採用し、溶接前の組み付け精度にも依存することなく、変形をフレキシブルにコントロールでき、溶接後の精度を向上させることができる変形制御溶接方式の開発を試みることにした。本論文は、7章からなり、第1章では、溶接施工中の熱変形の制御に踏み込んだ新しい観点からのインプロセス変形制御手法の確立が必要なことを述べた。その上で、自動車部品に見られるような小物・薄肉・低剛性な構造において、熱変形を必要最低限に押さえるのに有効なツールであるレーザーを用いた円筒部品の円周溶接部の変形に関する従来の研究について整理して、本研究で取り組むべき課題について明確にすると共に、本研究で取り上げる溶接変形の基本原則に基づいた変形制御の基本的な考え方を提示し、本研究の範囲と目的を明確にした。第2章では、自動車部品産業における生産ラインの特徴について、扱う製品の特徴、製品要求および生産の特徴、要求仕様から整理した。特に、近年多用されるようになってきたレーザー加工を取り上げ、レーザー加工の歴史と加工目的、およびその有効性をポイントで紹介し、レーザーの特長を生かし、大量生産ラインに高速加工技術として導入し、適用材料の拡大および高精度加工へと、加工技術の開発とともに適用範囲を拡大してきた背景について延べ、自動車部品におけるレーザー溶接の特徴及び課題の抽出を行った。第3章では、薄肉円筒部品に対してレーザーを用いて円周溶接した場合に同軸度変化として表れる曲げ変形について、実験による基礎検討を進め、実際に生じる変形特性や変形挙動について考察を行った。更に、数値解析を用いてレーザー溶接によって生じる過渡現象をより詳細に把握するため、レーザー溶接変形シミュレーションを行い、基本的な変形挙動(大きさ、方向)を明らかにすると共に、薄肉円筒円周溶接における曲げ変形機構と特徴について考察を行った。その変形特性を踏まえ、溶接による変形を目標とする形態にインプロセスで制御し、溶接後の最終的な変形を要求レベルまで低減する方法としての溶接変形制御の基本的な方向性について明らかにした。第4章では、溶接前の部品の精度にも対応可能な新しい変形制御手法について検討を行った。数値解析により円周溶接によって生じる曲がり変形の特徴を明確にし、溶接前の部品状態を基に溶接開始位置とオーバーラップ量を定めることにより、溶接

前工程の部品精度に依存することなく、溶接工程で精度の良い部品を製作することが可能となる変形制御手法の考え方を整理し、溶接変形そのものを制御するために必要なパラメータを抽出することで、新しい観点からのインプロセス変形制御手法の提案につなげた。第5章では、溶接などの加工後の部品精度で、特に円筒の真円度が問題となる代表的部品として自動車用燃料噴射装置等を取り上げ、円周溶接における真円度向上を図ることを目的とした検討を行った。レーザーのエネルギー分布などの熱源特性と溶接変形の関係などを明らかにし、集光点におけるビームプロファイルの変化が溶接変形に与える影響を検討することにより、サブミクロンレベルにおける溶接変形の低減及び制御が容易なビームプロファイルを明確にした。第6章では、第5章での精度管理以上の厳しい精度要求に対応するために、まず、薄肉円筒部品の円周溶接における真円度変化の特徴について数値解析を用いて詳細に検討を行った。続いて、その特徴を踏まえると、溶接により発生した変形を更なる溶接によって相殺させる手法が有効となることを明確にし、変形を相殺させるための有効な手段として円周溶接の一部分を溶接する部分溶接を取り上げ、変形制御に果たす効果を確認した。更に、同時溶接で変形を制御するために、レーザービームの分割手法を考案し、それによって、溶接後の最終的な変形をサブミクロンレベルに低減できる新しい溶接変形制御手法を提案し、その実施事例を示した。第7章では、本研究で得られた主な結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、溶接に伴う変形制御は溶接加工工程の効率化、及び製品の性能・機能の確保から不可欠であるが、特に、自動車部品のような微細な極薄肉円筒部品の円周溶接における変形制御を取り上げている。ここでは、溶接変形挙動の実験的把握および数値解析を実施し、溶接変形メカニズムの考察を行うと共に、より高精度なサブミクロンレベルの溶接変形を対象として、レーザー溶接の特性を最大限に活かし、「溶接変形を積極的に利用」して変形を制御する新しい制御手法を提案し、本研究で提案するインプロセス型の変形制御法は十分に実用可能であることを明確にした。本論文の主な新しい着目点と結論は以下の通りである。

- (1) 極薄肉円筒の円周溶接による曲り変形によって生じる同軸度変化と円筒の真円度変化を主な変形制御を研究対象として取り上げ、レーザーを用いて円周溶接したときの変形の特徴を数値解析を用いて明らかにし、溶接変形そのものをアクティブに制御するために必要なパラメータを抽出することで、新しい観点からのインプロセス変形制御手法の提案を行っている。
- (2) 円周溶接した場合に同軸度変化として現れる曲げ変形について、数値解析によってレーザー溶接変形シミュレーションを行うことにより、円周溶接によって生じる曲がり変形の特徴を明確にし、溶接前の部品状態を基に、溶接開始位置とオーバラップ量を決めることにより、溶接前工程の部品精度に依存することなく、溶接工程で精度の良い部品を製作することが可能となる新しいインプロセス変形制御手法を明らかにしている。
- (3) 円筒溶接における真円度が問題となる部品のサブミクロンレベルの厳しい精度要求に対応するため、薄肉円筒部品の円周溶接における真円度変化特徴について数値解析を用いた詳細な解析によって、真円度の変化の特徴などを明確にしている。続いて、その特徴を踏まえ、変形制御するための溶接方法として溶接により発生した変形を更なる溶接によって相殺させる手法が有効となることを明確にし、同時溶接で変形を制御するために、レーザービームの分光手法を考案し、変形をアクティブに制御するインプロセスで制御法を提案し、その実施事例を示している。

以上のように、本論文で提案している溶接変形の特徴を踏まえ、更に溶接変形を積極的に利用して高精度に溶接変形を制御する手法の提案とその詳細な検討の方法は、高精度溶接の実現にとって有用な知見を得ている。その成果は、溶接変形制御に新しい流れを生み出すものでもあり、溶接部品の高度な品質管理につながる新たな知見を与えており、溶接構造工学・生産科学の発展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。