



Title	先進高加工性高張力鋼板JSH780Rにおけるアーク溶接 重ね継手の残留応力と強度評価
Author(s)	大西, 洋一郎
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105466
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (大西 洋一郎)	
論文題名	先進高加工性高張力鋼板JSH780Rにおけるアーク溶接重ね継手の残留応力と強度評価
論文内容の要旨 地球温暖化につながる温室効果ガスの排出量低減を目的とした自動車の軽量化は自動車産業における重要な課題となっているが、自動車の電動化により車両重量はバッテリー搭載等により増加傾向である。自動車部品の中でもサスペンション等の足回り部品は、衝突強度、疲労強度と衝突安全性が必要となるだけでなく、高張力薄板鋼板の採用による軽量化が求められている。また足回り部品は閉断面の形状のものが多く、抵抗スポット溶接ガンを挿入することができないために、ガスシールドアーク溶接が用いられる。さらに、自動車開発プロセスにおいて、高張力薄板鋼板の重ね溶接継手における残留応力、溶接変形、疲労破壊特性、そして車両衝突時の延性破断強度の調査と予測が必要である。本論文は序論も含めて7章から構成される。各章の概要は次の通りである。 第1章では、超ハイテン材の自動車部品への適用課題と、アーク溶接重ね継手の残留応力および延性破壊強度に関する課題を整理した。更に、これらの課題に関連する研究の現状を調査し、本研究の目的を明確にした。具体的には、780MPa級鋼板のアーク溶接重ね継手において、実用的かつ高精度に溶接残留応力ひずみと延性破断強度の評価と予測をすることである。 第2章では、本研究対象である先進高加工性高張力鋼板JSH780R (780SF) の特徴について述べる。この780SFはベイナイト単相となる組織設計と高精度製造技術によって、高い溶接性と加工性を有している。また、本鋼板は優れた伸びフランジ性と伸び率のバランスを有すると共に疲労特性、化成処理性などの特性にも優れており、自動車足回り部品に適した鋼板であることを示した。 第3章では、高強度鋼板の軟鋼とハイテンの溶接ワイヤをそれぞれ使用したアーク溶接重ね継手の残留応力を正確に解析するため、昇温および降温時の材料特性を測定する方法を開発した。数値解析により降温時の材料特性を用いた残留応力は昇温時と降温時の両方で測定した材料特性を用いた場合と近くなることが分かった。更に試験片への切り出しによる溶接線方向の引張残留応力の解放率と残留応力分布の変化について定量的に示した。 第4章では、溶接時の治具による機械的拘束が溶接変形と残留応力に与える影響について調査した。第3章で得られた昇温および降温時の材料特性を用いて、残留応力と溶接変形を熱弾塑性有限要素法 (FEM) により解析した。機械的拘束を溶接後に鋼板が室温まで冷却されたタイミングで解放すると溶接変形の抑制効果が大きい。また、溶接幅方向のひずみがほぼゼロとなる位置を拘束すると溶接変形を効果的に抑制できることが分かった。 第5章では、アーク溶接重ね継手の溶接部周辺における硬度分布の調査と解析による延性破壊予測の検証を行った。具体的に、溶接金属部周辺の硬度分布を詳細に測定し、硬度毎の材料特性と破断クライテリアをFEMモデルに反映した。その破断クライテリアはHosford-Coulombの延性破壊モデルより導出した。この手法で引張試験における荷重履歴と破断位置、破断時の変位を精度良く再現した。 第6章では、780SFのマイクロ組織と疲労破壊特性に及ぼす溶接ワイヤの影響を調査した。780SFのアーク溶接重ね継手において軟鋼とハイテン溶接ワイヤをそれぞれ用いた重ね継手は、従来の780MPa鋼材の溶接継手と異なり、溶接金属周辺に明確な硬度軟化域は見られなかった。また、両ワイヤの溶接金属部周辺の特徴的な硬度分布とマイクロ組織を調査し、疲労破壊特性への影響を明らかにした。また、全ての疲労破壊試験では溶接ルート部での破壊であり、この部位の引張残留応力予測の重要性が示唆された。 第7章では、各章の結論を総括した。一連の実験、計測と解析技術の開発より、溶接時の昇温・降温時の材料特性を考慮した実用的な解析モデルにより、780SFのアーク溶接重ね継手における溶接残留応力及び延性破断強度を高精度に予測できることを示した。また、自動車開発プロセスにおいて、解析の効率化と高精度化を進展させるための課題と期待を述べた。以上の成果はアーク溶接重ね継手の残留応力と延性破断強度の予測に有用な知見を与えるものであり、学術的かつ工学的に価値のあるものである。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大 西 洋 一 郎)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主査	教授	麻 寧緒
	副査	教授	大沢 直樹
	副査	准教授	辰巳 晃
論文審査の結果の要旨 地球温暖化につながる温室効果ガスの排出量低減を目的とした自動車の軽量化は自動車産業における重要な課題となっている。自動車部品の中でもサスペンション等の足回り部品は、軽量化のため、高張力薄板鋼板を積極的に採用している。足回り部品は閉断面の形状のものが多く、抵抗スポット溶接ガンを挿入することができないために、ガスシールドアーク溶接が用いられる。自動車開発プロセスにおいて、高張力薄板鋼板の重ね溶接継手における残留応力、溶接変形、疲労強度、車両衝突時の延性破断強度の調査と予測が必要である。本論文は下記7章から構成される。 第1章では、超ハイテン材の自動車部品への適用課題と、アーク溶接重ね継手の残留応力および延性破壊強度に関する課題を整理している。さらに、これらの課題に関連する研究の現状を調査し、本研究の目標を明確にしている。具体的には、780MPa級鋼板のアーク溶接重ね継手において、溶接残留応力と延性破断強度を実用的かつ高精度で評価・予測することを目的としている。 第2章では、本研究対象である先進高加工性高張力鋼板JSH780R（780SF）の特徴について述べている。780SF鋼板はベイナイト単相となる組織設計と高精度製造技術によって、高い溶接性と加工性を有している。また、本鋼板は優れた伸びフランジ成形性と伸び率のバランスを有すると共に疲労強度、化成処理性なども優れており、自動車足回り部品に適した鋼板であることを示している。 第3章では、軟鋼とハイテンの溶接ワイヤをそれぞれ使用した780SF鋼板アーク溶接重ね継手の残留応力を正確に解析するため、昇温および降温時の材料特性を測定する方法を開発している。降温時の材料特性を用いた残留応力の数値解析結果は、昇温時と降温時の両方で測定した材料特性を用いて解析した残留応力の基準値と比較して十分な精度を有することを示している。さらに試験片への切出しによる溶接線方向の引張残留応力の解放率と残留応力分布の変化について定量的に評価している。 第4章では、溶接時の治具による機械的拘束が溶接変形と残留応力に与える影響について調査している。第3章で得られた昇温および降温時の材料特性を用いて、残留応力と溶接変形を数値解析している。特に機械的拘束を溶接後に鋼板が室温まで冷却されたタイミングで解放すると溶接変形の抑制効果が大きく、溶接幅方向のひずみがほぼゼロとなる位置を拘束すると溶接変形を効果的に抑制できることを明らかにしている。 第5章では、アーク溶接重ね継手の溶接部と熱影響部における硬度分布を詳細に測定し、硬度毎の材料特性と破断クライテリアをFEMモデルに反映し、Hosford-Coulombの延性破壊モデルに適用している。この手法で引張試験における荷重履歴と破断位置、破断時の変位を精度高く再現している。 第6章では、780SFのマイクロ組織と疲労破壊特性に及ぼす溶接ワイヤの影響を調査している。従来780MPa級鋼材の溶接継手と異なり、軟鋼とハイテン溶接ワイヤをそれぞれ用いた780SFのアーク溶接重ね継手には熱影響部の硬度軟化が小さいことを示している。また、両ワイヤを用いた780SFのアーク溶接重ね継手の疲労試験を実施した結果として、全ての疲労破壊は溶接ルート部からであり、この部位で引張残留応力が存在していることを示している。 第7章では、各章の結論を総括し、今後の展開を述べている。 このように、溶接時の昇温・降温時の材料特性や硬度分布を考慮した実用的な解析モデルを開発し、780SFのアーク溶接重ね継手における溶接残留応力ひずみ及び延性破断強度を高精度で予測している本研究成果は、溶接継手だけではなく溶接構造体の残留応力ひずみと破断強度の評価に有用な知見を与えている。 よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。			