

氏名	福本 学
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学 術
学位授与番号	博甲第 7055 号
学位授与の日付	2024年 3月 25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	抵抗スポット溶接の電気・熱・力学連成数値解析に関する研究
論文審査委員	教授 多田直哉 教授 岡安光博 教授 岡田 晃 准教授 上森 武
<b>学位論文内容の要旨</b>	
<p>自動車車体の組み立て等に広く用いられる抵抗スポット溶接は、動作が単純で量産に適している一方で、そのプロセスは電氣的・熱的・力学的な現象が相互に影響を及ぼし合う複雑な現象である。本研究では、益々多様化する鋼板の組み合わせ(板組)や打点間隔に対して、適正な溶接条件を机上で予測することを目的に、めっきの影響を考慮可能な FEM シミュレーションモデル、および分流現象の数理モデルの構築を目的とする。</p> <p>第1章は緒論であり、本研究の目的、背景、方針、主な内容について述べ、従来の研究をレビューし、本研究の特徴および目的を述べる。</p> <p>第2章では、本研究の枠組みとして、抵抗スポット溶接の数値解析で考慮すべき諸現象(電氣的、熱的、力学的、冶金的)について概説する。</p> <p>第3章では、抵抗スポット溶接中の電氣的・熱的・力学的相互作用を考慮した連成解析手法について詳述する。ここでは、裸鋼板のスポット溶接現象をシミュレーションすることを目標に、スポット溶接中の発熱挙動を決定づける接触抵抗の推定に既往の提案モデルを適用する。さらに、散り(スパッタ)発生の予測モデルを提案し、ウェルドローブが机上で予測できることを示す。</p> <p>第4章では、対象をめっき鋼板に広げ、めっき鋼板のスポット溶接で特有の現象をシミュレーションに反映するためのモデル化を提案する。</p> <p>第5章では、数値解析モデルを3次元に展開し、これまで定量的な把握が困難であった隣接する既打点への「分流」の影響を検討する。さらに、3次元分流シミュレーション結果の分析から、一つの既溶接点を有する二枚板組について、二打点目の有効電流割合を推定可能な分流数理モデルを提案し、その活用事例として典型的な難溶接三枚板組の適正電流範囲を拡大する方法を提案する。</p> <p>第6章は結論であって、本研究で得られた知見と今後の課題についてまとめる。</p>	

## 論文審査結果の要旨

本論文では、自動車のボディー組み立て工程で多用されている抵抗スポット溶接に関して、電気・熱・力学を連成させた数値解析手法を構築し、適正な溶接条件を取得する方法を提案している。

地球温暖化への対策として、環境対応型の新しい鋼材の開発が行われているが、これは、車体設計の自由度を高める一方で、接合する鋼板の組み合わせが膨大な数となり、自動車1台当たり数千点にも及ぶスポット溶接部に対して量産を見越した最適な条件を決定するのに多大な労力とコストを要するようになっている。条件決めを経験と試行錯誤によって解決することも可能ではあるが、今後の更なる新しい鋼材の開発と板の組み合わせ数の増大を考えると、それらは現実的ではない。スポット溶接の適正条件を決める上で困難な点は、溶接という現象が、電気と熱と力学が互いに影響を及ぼしあう複雑な現象であることにある。抵抗スポット溶接は、重ねた板に対して上下から電極チップで加圧し、そこに数千から一万アンペア程度の大電流を短時間で流し、板の接合部分を熔融させ、その後、直ちに凝固させる方法である。接合部分の発熱は、加圧力によって変化する接触抵抗により支配されるが、接触圧力は、抵抗発熱に伴う温度上昇により変化する板や電極の形状により溶接中に変化する。したがって、この現象を正確に模擬するには、電場と温度場と応力場を連成させた解析手法が必要となる。また、接合部分では、相変態も生じるため、前述の場に加えて相変態も考慮しなければならない。以上の複雑な現象に対して、本論文では、界面接触抵抗モデルを組み込んだ軸対称有限要素解析を実施し、適正条件の取得方法を提案した。また、スポット溶接では、近接する既打点に電流が分流し、それが溶接条件に大きな影響を与えることが知られているが、この分流現象についても数理モデルを構築することにより解決した。

以上の成果は、これからの電気自動車の時代においても需要が見込まれる抵抗スポット溶接の技術向上や作業効率化においてきわめて有益な結果であり、学術的価値も高い。よって、本研究は、博士（学術）の学位に値すると判断される。