

## 論 文 要 旨

### 論 文 題 目

#### 金属粉末を固体金属間に充填したジュール熱による接合手法に関する研究

本論文では棒状の金属材料を接合する新しい抵抗溶接手法を考案し、当該手法の基本的概念を明確にすると共に、当該手法を同種・異種金属接合への適用を検討し、当該手法の有効性を示した。

著者らが考案した抵抗溶接手法の最大の特徴は、接合すべき二本の被接合材間に比較的多量の金属粉末を充填することにある。金属粉末を充填することで電気抵抗の大きい部分を任意に設定し、通電によるジュール熱の発生が充填粉末部において局所的に促進されることで接合に必要な熱量を容易、且つ短時間で得ることをねらったものである。

類似する手法としては、スポット溶接機を用いて板状の母材間に金属シートや少量の金属粉末を充填し接合する研究事例は過去にいくつかみられるが、本研究のように棒状の被接合材間に比較的多量の金属粉末を充填した抵抗溶接法に関する研究事例は見られない。

溶接実験装置は目標電流値を最小1サイクル(=1/60秒)単位で制御できる機能を有する。接合状態の良否を決定する重要な因子は溶接電流、通電時間、加圧力である。それらの範囲決定に関しては予備実験を行い十分な検討を重ね、接合の良否は接合材の静的引張試験、硬さ試験等の機械的性質および化学分析などにより評価した。

同類金属接合の場合、固有抵抗が小さく熱伝導性の高いため比較的溶接が難しいとされるアルミニウム等を選定した。本手法を適用し、その有効性が示されれば関係業界への波及効果は大きく、これらの材料の適用範囲が広がるが予想される。充填粉末にはAl粉末、Ni粉末およびSi粉末を選択した。得られた接合材の引張り試験、硬さ分布測定、元素マッピング等を実施し接合部を評価した。Ni粉末を充填した接合では焼きなまし材以上の引張り強さが得られるなど良好な接合状態が得られた。接合材断面のマクロ観察では通電初期において充填粉末部が溶融したナゲットが観察され、通電時間を長くするとナゲットが拡大し溶融範囲が拡大する過程が観察された。被接合材間に金属粉末を充填することによって接合に必要なジュール熱を局部的に発生させる効果が確認できたことから、当該手法の基本的概念の有効性が示されたと考える。

また、新規抵抗溶接法の適用拡大をねらい、異種金属接合への展開を検討した。具体的には「アルミニウムと炭素鋼」、「アルミニウムとステンレス鋼」、「アルミニウムとチタン」、「アルミニウムと銅」および「銅とステンレス鋼」の接合についてAl、Ni、Si粉末を用いて接合性を重ねた。その結果、被接合材間に充填する金属粉末の種類や粉末量をはじめ、電流値、通電時間、加圧力等の接合条件を適切に設定することによって、被接合材間に充填した金属粉末部にジュール熱を集中的に発生させることが可能であり、引張り試験では接合材の母材部(例えばアルミニウム母材部)から破断するなど良好な引張り強さが得られた。

以上のことから、本論文にて考案した接合手法は、アルミニウムや銅等の溶接性が悪い材料同士の接合のみならず、異種金属間の接合方法としても有効であることが示された。

(様式第5-3)

2009年 2月13日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 真壁 朝敏

副査 氏名 古川 俊雄

副査 氏名 宮城 清宏



### 学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	氏名 羽地 龍志	
現住所		
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	学力確認 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	金属粉末を固体金属間に充填したジュール熱による接合手法に関する研究	
審査要旨（2000字以内）	金属材料を接合する新しい抵抗溶接手法を考案し、その有効性を示した。特に、従来の手法では接合が困難であったアルミニウムの接合を可能にしていることと、融点の異なる金属材料の接合を可能にしたことが本論文で強調されている。	

(次頁へ続く)

審査要旨

本論文で考案した（電気）抵抗溶接手法の最大の特徴は、接合すべき被接合材間に金属粉末を充填し圧縮負荷を作用させながら発熱させることにある。すなわち、金属粉末を充填することで電気抵抗の大きい部分を接合部に設定し、通電によるジュール熱の発生を接合部分のみで促進し、電気抵抗が低く熱伝導性の高いアルミニウム等や融点の異なる異種材料の場合でも接合を可能にするというのが、本手法の着眼点である。

類似する手法としては、スポット溶接やアーク溶接があるが、それらの手法においては、アルミニウムの接合や異種材料の接合が困難な上に、そのような接合に際しては高電流等の条件から経済的にも好ましいものではない。本論文の手法で用いた溶接実験装置は目標電流値を最小1サイクル(=1/60秒)単位で制御できる機能を有するものであり、短い時間で、比較的低電流での接合が可能であることも注目に値する。接合状態の良否を決定する重要な因子は溶接電流、通電時間、加圧力であり、それらの範囲決定値は接合する材料の条件によって定まるものである。そして、その接合の良否は接合材の静的引張試験、硬さ試験等の機械的性質によって評価し、良好な結果が得られている。なお良好な接合が得られる条件も明らかにし、実用面も十分に考慮されている。

以上のことから、本論文の内容は工学的に極めて有用なものであり、異種金属間の接合方法として産業界に貢献できるものと期待され、博士論文としてふさわしいものであると審査される。最終試験（論文公聴会）においては、本論文内容がわかり易く説明され、質問に対して的確な回答がなされ、研究内容や関連事項に関する理解と今後研究を遂行していく十分な能力があるものと認められ合格と判断する