The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	圧力制御通電圧接を用いた金属材料の固相接合
Author(s)	林, 泳錫
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88042
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　林　泳　錫　）	
論文題名	圧力制御通電圧接を用いた金属材料の固相接合

論文内容の要旨

本研究では、既存の溶融溶接法および固相接合法における高い接合温度や接合界面温度と組織の不均一性などの問題を解決するため、新規固相接合法として圧力制御通電圧接法を開発した。本接合法では、電気抵抗熱を熱源として利用することで接合界面全域に均一な温度分布を付与することができ、接合圧力によって接合温度を正確に制御し、高い接合圧力を印加することで低温での接合が可能となった。

中炭素鋼（S45C）の同種材料の組み合わせ、アルミニウム合金（AA5052）の同種材料の組み合わせ、チタン合金（Ti-6Al-4V）とステンレス鋼（SUS316L）の異種材料の組み合わせ、およびアルミニウム合金（AA5052）と中炭素鋼（S45C）の異種材料の組み合わせに対して、圧力制御通電圧接の適用可能性を検討した。

第1章は、序論であり、本研究の目的や本論文の構成について説明した。

第2章は、研究背景であり、代表的な固相接合法として挙げられる摩擦圧接における4つの材料組み合わせに対する先行研究を調査することで、研究の現状や問題点を述べた。

第3章は、圧力制御通電圧接の接合原理を示し、新規固相接合法の開発の詳細を説明した。また、接合装置の構成を紹介し、その温度制御機構について述べた。

第４章では、圧力制御通電圧接法を用いて中炭素鋼丸棒の同種接合を実施し、作製した継手における機械的性質の評価および微細組織の観察を行うことで、接合パラメーターの影響を調査した。本接合法では、接合圧力によって接合温度を決定することができ、電流および寄り代は接合温度にほとんど影響を及ぼさないことを示した。また、電流値と寄り代は、それぞれ昇温速度と接合界面の変形量に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。接合パラメーターを適切に決定することで、接合界面全域にA1点以下の接合温度を実現するとともに、被接合界面の変形を促進することによって、脆いマルテンサイト、熱影響による軟化領域および接合界面欠陥の全てを抑制し、母材と同等な引張特性を有する継手の作製に成功した。

第5章では、圧力制御通電圧接を用いて加工硬化系アルミニウム合金AA5052-H34の同種接合を行った。テーパー形状の試験片を用い、高い寄り速度を付与して圧縮変形をさらに迅速にすることで、接合界面拡張に伴う接合界面温度低下の防止が可能になった。そこで、未接合部や欠陥の形成を効果的に抑制でき、健全な界面組織を有する継手が得られた。加えて、接合圧力の変更により接合温度を制御できる概念を利用して接合温度を低下することで、継手の熱影響軟化領域の形成が完全に抑制され、母材強度に匹敵する継手の作製に成功した。

第6章では、圧力制御通電圧接法を用いて材料強度の温度依存性が異なるチタン合金Ti-6Al-4Vとステンレス鋼SUS316Lの異材接合を行った。接合圧力をTi-6Al-4VとSUS316Lの強度-温度曲線の交点に対応する値に設定することで、両材料が当接する被接合面を半径方向に同時に変形することに成功した。また、電気抵抗熱を用いることにより、接合界面全域を均一に加熱することができると共に、低い温度と短い時間で接合を達成することで、熱影響軟化部の形成を抑制し、極めて薄い金属間化合物層を接合界面全域に均一に形成させることができた。その結果、ステンレス鋼側の母材での引張破断を実現し、100 %の効率を有する継手の作製に成功した。

第7章では、圧力制御通電圧接法を用いて、材料強度の温度依存性曲線に交点のないアルミニウム合金AA5052と中炭素鋼S45Cの異材接合を実施した。電気抵抗が接合部長さに比例することを利用して、各材料の電気抵抗を変更して変形挙動を制御することで、両材料を密着させながら同時に変形させることにより、健全な継手の作製を目指した。変形しやすいAl側は電気抵抗を下げて変形を遅延させ、変形しにくいFe側は電気抵抗を上げて変形を促進することで、両材料の同時変形を実現し、健全な接合界面を有する継手の作製に成功した。また、接合圧力の増加により接合温度を低下させることで、熱影響部の幅を減少させるだけでなく、接合界面にIMC層の形成を抑制することにより、85 %の効率を有する継手の作製に成功した。

第8章では、本研究で得られた主な結論を総括した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　林　泳錫　）	
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	藤井　英俊
	副 査　教授	宇都宮　裕
	副 査　教授	廣瀬　明夫

論文審査の結果の要旨

本研究では、既存の溶融溶接法および固相接合法における高い接合温度や組織の不均一性などの問題を解決するため、新規固相接合法として圧力制御通電圧接法を開発している。この新規接合法を用いて、中炭素鋼の同種材料、アルミニウム合金の同種材料、チタン合金とステンレス鋼の異種材料、およびアルミニウム合金と中炭素鋼の異種材料の組み合わせに対して接合を実施し、当該接合法の適用可能性を検討している。

第1章は、序論であり、本研究の目的や本論文の構成について説明している。

第2章は、研究背景であり、代表的な固相接合法として挙げられる摩擦圧接における４つの材料組み合わせに対する先行研究を調査することで、研究の現状や問題点を述べている。

第3章は、圧力制御通電圧接の接合原理を示し、新規固相接合法の開発概念の詳細を説明している。また、接合装置の構成を紹介し、その温度制御機構について述べている。

第4章では、圧力制御通電圧接法を用いて中炭素鋼丸棒の同種接合を実施し、接合圧力によって接合温度を決定することができることを示している。また、電流値と寄り代は、それぞれ昇温速度と接合界面の変形量に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。接合パラメーターを適切に決定することで、接合界面全域でA_1点以下の温度で接合を実現するとともに、被接合界面の変形を促進することによって、脆いマルテンサイト、熱影響による軟化領域および接合界面欠陥の形成の全てを抑制し、母材と同等な引張特性を有する継手の作製に成功している。

第5章では、圧力制御通電圧接法を用いて加工硬化アルミニウム合金AA5052-H34の同種接合を行っている。テーパー形状の試験片を用い、高い寄り速度を付与して圧縮変形をさらに迅速にすることで、接合界面拡張に伴う接合界面温度低下を抑制に成功している。その結果、未接合部や欠陥の形成を効果的に抑制でき、健全な界面組織を有する継手が得られている。加えて、接合圧力で接合温度を制御できる概念を利用して、接合温度を低下させることで、継手の熱影響軟化領域の形成を完全に抑制し、母材強度に匹敵する継手の作製に成功している。

第6章では、圧力制御通電圧接法を用いて変形抵抗の温度依存性が異なるチタン合金Ti-6Al-4Vとステンレス鋼SUS316Lの異材接合を行っている。接合圧力をTi-6Al-4VとSUS316Lの変形抵抗-温度曲線の交点に対応する値に設定することで、両材料が当接する被接合面を半径方向に同時に変形させることに成功している。また、電気抵抗熱を用いることにより、接合界面全域を均一に加熱することができ、低い温度と短い時間で接合を達成することで、熱影響軟化部の形成を抑制し、極めて薄い金属間化合物層を接合界面全域に均一に形成させている。その結果、ステンレス鋼側の母材での引張破断を実現し、100 %の効率を有する継手の作製に成功している。

第7章では、圧力制御通電圧接法を用いて、変形抵抗の温度依存性曲線に交点のないアルミニウム合金AA5052とS45C鋼の異材接合を実施している。電気抵抗が接合部長さに比例することを利用して、変形しやすいAl側は電気抵抗を下げて変形を遅延させ、変形しにくいFe側は電気抵抗を上げて変形を促進することで、両材料の同時変形を実現し、健全な接合界面を有する継手の作製に成功している。また、接合圧力の増加により接合温度を低下させることで、熱影響部の幅を減少させるだけでなく、接合界面におけるIMC層の形成を抑制することにより、85 %の効率を有する継手の作製に成功している。

第8章では、本研究で得られた主な結論を総括している。

以上のように、本論文では多様な金属材料の組み合わせについて圧力制御通電圧接の重要な知見が得られており、材料工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。