



Title	固相抵抗スポット接合法の開発と接合機構の解明
Author(s)	相原, 巧
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/96063">https://hdl.handle.net/11094/96063</a>
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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</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

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 相 原 巧 )

論文題名 固相抵抗スポット接合法の開発と接合機構の解明

## 論文内容の要旨

本研究では、固相での接合を実現する新規接合法として固相抵抗スポット接合法を開発した。固相抵抗スポット接合法の印加圧力や電流値、加圧軸形状などの接合パラメーターが継手の組織および機械的特性に及ぼす影響を明らかにし、溶融溶接に問題がある各種板組に対して本接合法を適用し、高い接合強度と信頼性を提供することを実証した。

第1章では、本研究の背景として自動車の軽量化技術およびその課題を示した。中炭素鋼板、亜鉛めっき鋼板、高張力鋼板、鋼とアルミニウム合金の異材接合、複数枚重ねの接合に焦点を当て、それぞれの材料や板組みにおけるスポット接合の限界と課題を概説した。その後、本研究の目的について述べた。

第2章では、中炭素鋼S45Cを対象として、無変態固相抵抗スポット接合技術の開発を行った。当該接合法では、高圧力を印加しながら通電し、材料の塑性変形を利用して酸化被膜や不純物層を排除することで、新生面同士を突き合わせ接合を達成する。この時、印加圧力により接合温度を正確に制御し、継手の品質を向上させることが可能であることが確認された。接合条件を最適化することで、マルテンサイト変態が生じないA<sub>1</sub>点以下の低温での接合に成功し、プラグ破断する継手を得た。この結果より、中炭素鋼に対して、材料特性を損なわずに高強度な接合部を得ることが可能であることが示された。

第3章では、無変態固相抵抗スポット接合法における接合界面形成機構について詳細に調査した。その結果、十分な変形量を加えることで、接合界面の酸化被膜を微細に分断し、新生面を生成することに加えて、界面を超えた動的再結晶により強固な接合界面が形成されることが基本的な接合原理であると結論付けられた。

第4章では、無変態固相抵抗スポット接合法を用いて亜鉛めっき軟鋼板（GI鋼板とGA鋼板）の接合を行い、亜鉛めっき層が接合過程に及ぼす影響を調査した。適切な印加圧力条件とすることで、GI鋼板とGA鋼板の両方で、界面の亜鉛めっきを外部に排出し良好な接合界面を得ることで、プラグ破断を達成する高強度の接合継手を得ることに成功した。

第5章では、固相抵抗スポット接合法を用いた高張力鋼板の接合に関する研究を行った。780 MPa級鋼板に対し適切な加圧速度条件とすることで、強固な接合に成功した。さらに、270、590、780、980、1180 MPa級の強度の異なる鋼板を用いて接合および強度評価を実施した結果、いずれの強度の鋼板でも良好な継手が得られた。これにより、従来の抵抗スポット溶接で問題となった高張力鋼板の脆化の抑制に成功し、材料強度が増加するに従って引張せん断強度、十字引張強度ともに増加した。

第6章では、GAめっき高張力鋼板に対して、固相抵抗スポット接合を実施し高張力鋼板における亜鉛めっきの影響を調査した。この結果、適切な加圧速度と電流値の選択によって、亜鉛めっき層を排出し、高強度な接合が可能であることを示した。

第7章では、固相抵抗スポット接合法を用いた鋼とアルミニウム合金の異材接合技術を開発した。高圧力とすることで、1 μmを超える厚いIMCの存在しない継手を得ることに成功し、アルミニウム側でプラグ破断する高強度な継手が得られた。

第8章では、固相抵抗スポット接合法を用いた鋼の3枚重ね接合技術を開発した。全ての板組において、端部で酸化被膜が微細に分断されるのに加えて、新しい結晶粒が生成することで強固な接合が達成されており、高強度な接合が可能であることを示した。

第9章は総括であり、本研究で得られた知見について総括した。

以上の結果から、様々な材料や板組の接合に用いることができる固相抵抗スポット接合法を確立することに成功した。接合パラメーターの適切な制御により、高品質な継手を得ることができ、自動車産業をはじめとする多くの分野での適用が期待される。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 相 原 巧 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	藤井 英俊
	副 査	教授	荒木 秀樹
	副 査	教授	安田 弘行
	副 査	教授	池田 倫正

## 論文審査の結果の要旨

本研究では、固相での点接合を実現する新規接合法として固相抵抗スポット接合法を開発している。印加圧力や電流値、加圧軸形状などの接合パラメーターが継手の組織および機械的特性に及ぼす影響を明らかにし、溶融溶接に問題がある各種板組に対して本接合法を適用することで、高い接合強度と信頼性を提供することを実証し、その結果を論文としてまとめている。本研究の成果を以下に総括する。

第1章では、本研究の背景として自動車の軽量化技術およびその課題を示している。中炭素鋼板、亜鉛めっき鋼板、高張力鋼板、鋼とアルミニウム合金の異材接合、複数枚重ねの接合に焦点を当て、それぞれの材料や板組みにおけるスポット接合の限界と課題を概説し、本研究の目的について述べている。

第2章では、中炭素鋼S45Cを対象として、無変態固相抵抗スポット接合技術の開発を行っている。接合条件を最適化することで、マルテンサイト変態が生じないA<sub>1</sub>点以下の低温での接合に成功し、プラグ破断する継手を得ている。この結果より、中炭素鋼に対して材料特性を損なわずに高強度な接合部を得ることが可能であることが示されている。

第3章では、無変態固相抵抗スポット接合法における接合界面形成機構について詳細に調査している。その結果、十分な変形量を加えることで、接合界面の酸化被膜を微細に分断し、新生面を生成することに加えて、界面を超えた動的再結晶により強固な接合界面が形成されることが基本的な接合原理であると結論付けられている。

第4章では、無変態固相抵抗スポット接合法を用いて亜鉛めっき軟鋼板（GI鋼板・GA鋼板）の接合を行い、亜鉛めっき層が接合過程に及ぼす影響を調査している。適切な印加圧力条件とすることで、界面の亜鉛めっきを外部に排出し良好な接合界面が得られ、プラグ破断を達成する高強度の接合継手を得ることに成功している。

第5章では、固相抵抗スポット接合法を用いた高張力鋼板の接合に関する研究を行っている。270、590、780、980、1180 MPa級の強度の異なる鋼板を用いて接合および強度評価を実施した結果、いずれの強度の鋼板でも従来の抵抗スポット溶接で問題となった高張力鋼板の脆化の抑制に成功し接合強度の向上に成功している。

第6章では、GAめっき高張力鋼板に対して、固相抵抗スポット接合法を適用し高張力鋼板における亜鉛めっきの影響を調査している。この結果、適切な加圧速度と電流値の選択によって、亜鉛めっき層を外部に排出することで、プラグ破断を達成する高強度な接合が可能であることを示している。

第7章では、固相抵抗スポット接合法を用いた鋼とアルミニウム合金の異材接合技術を開発している。高圧力での接合により、厚いIMCの生成を抑制に成功し、アルミニウム側でプラグ破断する高強度な継手が得られている。

第8章では、固相抵抗スポット接合法を用いた鋼の3枚重ね接合技術が開発されている。全ての板組において、端部で酸化被膜が微細に分断されるのに加えて、新しい結晶粒が生成することで強固な接合が達成されており、プラグ破断を達成する高強度な接合が可能であることを示されている。

第9章は総括であり、本研究で得られた知見について総括している。

以上のように、従来の接合法で課題とされていた様々な材料や板組に対して、高品質な接合が可能な方法として固相抵抗スポット接合法を確立することに成功している。接合パラメーターの適切な制御により、高強度な継手を得ることが可能であり、自動車産業をはじめとする多くの分野での適用が期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。