



Title	界面制御によるA6061/SUS316の拡散接合性改善に関する研究
Author(s)	黒田, 晋一
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43502">https://hdl.handle.net/11094/43502</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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

氏 名	黒 田 晋 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 5 3 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 9 月 28 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学 位 論 文 名	界面制御による A6061/SUS316 の拡散接合性改善に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西本 和俊  (副査) 教 授 小林紘二郎    教 授 池内 建二    助教授 才田 一幸

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アルミニウム合金とステンレス鋼を拡散接合した場合の接合性を支配する要因を調査し、両素材の表面酸化皮膜による拡散接合性の阻害機構を明らかにするとともに、接合過程における両素材の表面酸化皮膜の除去を目的とした表面活性化ダブルプリコート法を提案し、本手法による A6061 と SUS316 の拡散接合性改善とその機構を解明した。さらに、表面活性化ダブルプリコート法を実施工へ適用するために数理的手法を用いて接合プロセスパラメータの最適化を行い、適正接合条件範囲を明確にするとともに、実施工において、その有効性を検証した。本論文の各章の主な内容は次のとおりである。

第 1 章は緒論であり、研究の背景ならびに問題点を指摘し、本研究の必要性ならびに目的について述べた。

第 2 章では、アルミニウム合金とステンレス鋼の接合に関する研究の現状を概説するとともに、工業的応用に対する現在の課題および高品質（高信頼性）拡散接合技術の重要性について論述した。さらに、アルミニウム合金とステンレス鋼の接合事例として、医療用 X 線検査装置に用いられるイメージインテンシファイアに対してアルミニウム合金（A6061）とステンレス鋼（SUS316）の接合に拡散接合を適用する場合の利点と問題点について論述した。

第 3 章では、A6061 と SUS316 の直接拡散接合を行い、接合過程の変形状況、接合部の組織解析と反応層成長の速度論的検討、接合強さの評価、ならびに、接合性に及ぼす各種要因の影響の検討を実施し、工業的応用に対する課題抽出を行った。

第 4 章では、表面活性化処理における SUS316 表面酸化皮膜の挙動について調査し、この処理により接合性阻害要因の一つである表面酸化皮膜が除去されることを明らかにした。さらに、表面活性化プリコート処理による SUS316 表面状態についても調査し、同処理過程における表面酸化皮膜の除去と再酸化防止効果ならびにそれらの機構について考察した。

第 5 章では、インサート金属と A6061 の共晶反応を利用した A6061 表面酸化皮膜の除去手法の確立を目的とした。まず、A6061 とインサート金属である Ag、Cu、Ni の各種合金を溶製し、熱分析によって共晶温度を調査した。さらに、A6061 とバルク体の Ag、Cu、Ni の拡散接合を行い、それらの界面反応と反応相の成長について速度論的検討を行った。この結果に基づき接合過程におけるインサート金属と A6061 との共晶反応による A6061 の表面酸化皮膜の破碎・分散効果とその機構について考察した。

第 6 章では、ステンレス鋼に対する表面活性化手法と A6061 に対する共晶反応による酸化皮膜の除去手法を効果

的に組合せた表面活性化ダブルプリコート法なる新たな拡散接合技術を提案した。本接合法の有効性を実証するために A6061 と SUS316 の拡散接合強さに及ぼす接合プロセスパラメータの影響調査ならびに接合部の組織解析を行った。さらに、表面活性化ダブルプリコート法による接合性改善要因の検討に基づき、同手法による A6061 と SUS316 の拡散接合性の改善機構について論考した。

第 7 章においては、表面活性化ダブルプリコート法を用いた A6061 と SUS316 の拡散接合において、接合強さを指標として数理的手法を用いた接合プロセスパラメータの最適化を行い、適正接合条件範囲を明確にした。この手法により決定した条件を用いて拡散接合の実施工への適用検討を行い、医療用 X 線検査装置のイメージインテンシファイアの製作に対する本手法の有効性について明らかにした。

第 8 章は結論であり、本研究で得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、アルミニウム合金とステンレス鋼を拡散接合した場合の接合性を支配する要因を調査し、両素材の表面酸化皮膜による拡散接合性の阻害機構を明らかにし、接合過程における両素材の表面酸化皮膜の排除を目的とした表面活性化ダブルプリコート法を提案し、本手法による A6061 と SUS316 の拡散接合性改善とその機構を解明している。さらに、表面活性化ダブルプリコート法を実施工へ適用するために数理的手法を用いて接合プロセスパラメータの最適化を行い、適正接合条件範囲を確定するとともに、それらの実施工に対する有効性を検証している。本研究の主要な新知見は以下のとおり要約される。

- (1) A6061/SUS316 直接拡散接合で、両者の表面酸化皮膜が接合性を阻害していることを明らかにしており、それを克服し高い接合強さを得る接合条件範囲が、母材変形を極力抑制するためには接合時間を大幅に長くする必要があることを示している。
- (2) 電気化学的表面処理技術を応用して表面活性化プリコート法により SUS316 表面酸化皮膜の除去、表面活性状態を維持できることを確認している。
- (3) Ag、Cu、Ni バルク体と A6061 の接合界面では、各合金の最低共晶温度（A6061-70%Ag 合金： $680 \pm 10\text{K}$ 、A6061-10%Cu 合金： $700 \pm 10\text{K}$ 、A6061-2~10%Ni 合金： $720 \pm 10\text{K}$ ）以上で局所的な共晶反応が生じる痕跡があることを明らかにしている。これら局部における共晶反応による液相生成により、Al 表面酸化皮膜が破碎・分解し、拡散接合性が向上することを明らかにしている。
- (4) 表面活性化ダブルプリコート法による A6061/SUS316 拡散接合では、接合初期の Ag-A6061 共晶反応による酸化皮膜除去効果と Al-Ni 反応層形成による Fe-Al 脆性金属間化合物の過剰成長抑制を同時に実現させ、低温短時間から高温長時間の広い接合条件範囲で、安定した接合強さを得られることを示している。
- (5) 表面活性化ダブルプリコート法による A6061 と SUS316 の拡散接合において接合強さを評価指標として数理計画法による接合条件の適正条件範囲を明確にしている。また、この手法により実施工における接合条件のバラツキ範囲を考慮した安全裕度の推定が可能となり、医療用機器部品である大口径真空機器部品（イメージインテンシファイア）における拡散接合部の高品質化が達成されたことを示している。

以上のように本論文は、A6061 と SUS316 の拡散接合部における接合性阻害要因について、その現象を実験的および理論的解析を行い、接合性の阻害機構を明らかにしている。さらに、両素材の接合性阻害の主要因である表面酸化皮膜の排除を目的とした表面活性化ダブルプリコート法を提案し、本手法による A6061 と SUS316 の拡散接合性改善効果を明確にするとともにその改善機構を解明している。さらに、本手法を実施工へ適用するために接合強さを保証するための接合プロセスパラメータの決定を数理的手法を用いて行い、適正接合条件範囲を明確にするとともに、その有効性を大口径真空機器部品（イメージインテンシファイア）の製作において検証している。これらの知見は本研究で対象とした製品のみならず、他の産業機械分野で用いられるアルミニウム合金とステンレス鋼を拡散接合技術の改善に対して重要な示唆を与えることが期待され、その成果は、生産科学の発展に寄与するところが大である。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。