

Title	微小重力環境下での溶接現象に関する研究
Author(s)	青木, 祥宏
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/42141
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏 名	あお き やす ひろ 青 木 祥 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 0 3 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 2 年 1 月 3 1 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 マテリアル応用工学専攻
学 位 論 文 名	微小重力環境下での溶接現象に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 野 城 清 (副査) 教 授 飯 田 孝 道 教 授 原 茂 太 教 授 松 縄 朗 教 授 牛 尾 誠 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、宇宙溶接を可能にするために、溶接現象におよぼす重力の影響を明らかにすることを目的として行われた研究結果をまとめたものであり、以下に示す 8 章から構成されている。

第 1 章は、緒論であり、本研究の背景および研究目的について述べている。

第 2 章では、宇宙溶接技術に関する研究の現状を把握し、宇宙環境下での溶接・接合の問題点を指摘している。

第 3 章では、微小重力環境用小型電子ビーム溶接装置の開発を行い、安定な電子ビームが照射できる適正条件を決定した後、微小重力環境で安定した溶接部を得ることに成功した結果について報告している。

第 4 章では、第 3 章で開発した装置を用いた電子ビーム溶接実験の結果を述べている。微小重力環境では、溶接部は非常に平坦に形成され、地上環境では、溶融金属の重力方向への垂れ下がりによる形状変化が生じることを明らかにしている。また、この垂れ下がりに伴う溶融池中央部での温度変化による凝固組織、プラズマ形状の変化も明らかにしている。

第 5 章では、宇宙環境下での溶接を想定し、原子状酸素を照射した Al 合金試料を用いて電子ビーム溶接実験を行い、原子状酸素を照射することにより Al 表面の酸化皮膜が増加し、気孔量が増加することを明らかにしている。また、これらの気孔は、 Al_2O ガスの発生による可能性を提示している。

第 6 章では、ガスタングステンアーク (GTA) 溶接法の簡易性に着目し、この溶接法を用いて検討した結果を示している。溶接部形状は、地上環境では表面に酸化皮膜があっても重力による垂れ下がりが大きいいため電子ビーム溶接と同様の傾向を示すが、微小重力環境下ではアーク圧の影響を大きく受け変形することを明らかにしている。また、高温領域、低温領域のいずれにおいてもアーク形状は重力に影響されないことを明らかにしている。

第 7 章では、Ar に 1 % H_2 を加えたシールドガスを使用した GTA 溶接を用いて、両環境下での気孔の形態および分布から、気泡の移動機構、合体機構におよぼす重力の影響を明らかにしている。さらに、これらの分布を用いて溶融池の凝固方向の予測方法の提案を行っている。

第 8 章では、本研究で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、宇宙開発計画を遂行する上で宇宙構造物の補修および建造に必要な不可欠な宇宙溶接技術の基礎研究として、宇宙環境下に適した溶接法の確立と宇宙環境下での溶接現象の解明を図った一連の研究成果をまとめたものである。主な結果を要約すると以下の通りである。

(1)宇宙環境下（微小重力、高真空）での溶接を可能にするために、小型電子ビーム溶接装置の開発を行い、この装置を用いて高真空、微小重力環境下での溶接を行った結果、安定した溶接部を得ることに成功している。また、微小重力環境では、地上環境で見られた重力方向への垂れ下がりが無いため、広い溶融池を形成しても溶接部が平坦に形成され、大入熱量で金属を溶接することが可能であることを明らかにしている。さらに、地上環境下での溶接現象との比較により、地上環境での溶融金属の垂れ下がりにともなう溶融池中央部での温度変化による凝固組織、プラズマ形状の変化も明らかにしている。

(2)宇宙環境下での溶接を想定した場合、宇宙構造物が存在する低地球軌道上での大気の主成分となる原子状酸素照射による構造物表面への影響および原子状酸素が照射された材料の溶接現象の解明が必須となってくる。本論文では、宇宙構造物材料として使用される Al 合金に原子状酸素を照射し、その後真空中で電子ビーム溶接を行っている。その結果、原子状酸素を照射することにより Al 合金表面の酸化皮膜の増加にともなう気孔の生成を確認している。また、これらの気孔の原因となる気泡として、酸化膜厚に依存する Al_2O ガスの発生を提案し、熱力学的観点から考察を行い、その発生が十分可能であることを明らかにしている。

(3)宇宙溶接に適している溶接法として、簡易なガスタングステンアーク溶接法に着目し、この溶接法を用いて検討を行っている。その結果、溶接部形状は、地上環境では表面に酸化皮膜があっても垂れ下がりによる影響が大きいいため電子ビーム溶接と同様の傾向を示すが、微小重力環境下では条件によってアーク圧の影響を大きく受け変形するため、アーク圧力の調整が必要であることを明らかにしている。また、従来、重力の影響があるとされていたアーク形状におよぼす重力の影響を詳細に観察することにより、アークの高温領域、低温領域のいずれにおいてもアーク形状は重力の影響を受けないことを明らかにしている。

(4)宇宙構造物溶接部の信頼性を確保する場合、溶接部内の気孔の低減は必要不可欠である。宇宙環境下で溶接を行う場合、(2)にも示されたように溶融池内に気泡が発生し、さらに微小重力環境下であるため生成した気泡は内部に残存し気孔となる可能性が生じる。本論文ではこれらの現象に着目し、気泡の挙動に及ぼす重力の影響を溶接部内の気孔の形態および分布を用いて解析している。気孔の形成過程の違いにより生じる気孔形状の差としてアスペクト比を用いて、気孔を重力の影響を受けるブローホールと受けないウォームホールとに分離し、ブローホールの合体には、重力はすべての気孔径において影響するが、移動に対する重力の影響は気孔径に依存し、ある臨界値より大きい気泡に対してのみ、重力が影響することを明らかにしている。さらに、これらの分布を用いて溶融池の凝固方向の予測方法の提案を行っている。

以上のように、本論文は、宇宙環境下に適した溶接法の確立のために小型溶接装置の開発、および宇宙環境下での溶接現象の解明を行っているのみならず、新たな気泡発生の可能性の提示、溶融池内の気泡挙動に及ぼす重力の影響の解明など、地上環境での溶接現象に関しても重要な知見を示し、材料工学、特に溶接工学分野で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。