

Title	宇宙環境下におけるアーク放電とその熱源特性に関する研究
Author(s)	西川, 宏
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2356
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	にし かわ ひろし 西 川 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 17012 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	宇宙環境下におけるアーク放電とその熱源特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 黄地 尚義 (副査) 教授 大中 逸雄 教授 牛尾 誠夫 教授 岡田 成文

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、宇宙溶接技術開発の観点から、宇宙環境下で使用できるアーク溶接技術の確立を目指したものである。特に、真空環境下で使用可能な中空陰極アークに注目し、低圧下における中空陰極アークのアーク特性ならびに熱源特性に関する研究をおこなった。

第1章では、本研究の背景と目的ならびに本研究の方針を述べた。

第2章では、低圧下における中空陰極アークの放電特性について検討した。具体的には、低圧下での中空陰極アークの放電開始特性や電流電圧特性について検討し、低圧下でも安定にアーク放電を形成できること、アーク電圧が従来からの大気圧アークのそれと比べ、7～8Vも高くなることなどを明らかにした。

第3章では、中空陰極アークを溶接用熱源として用いた場合の母材溶融特性について検討した。その結果、大気圧アークによる溶融特性とは大きく異なり、ガス流量を少なく、アーク長を長くした場合、溶融量が多く深い溶融形状となることを明らかにした。

第4章では、Langmuirプローブ法を用いて中空陰極アークプラズマの電子密度や温度・電位分布の計測をおこなった。その結果、中空陰極アークプラズマの電子温度は、50000K以上になることを示し、大気圧アークの場合に比べ極めて高くなることを明らかにした。

第5章では、中空陰極アークによる母材溶融メカニズムに関する検討をおこなった。その結果、第4章で明らかにした高い電子温度が溶融量の増大に大きく寄与していることを指摘した。

第6章では、アルミニウム合金への中空陰極アークの適用性について基礎的な検討をおこなった。直流の大気圧アークを用いた場合とは異なり、中空陰極アークを用いることで、アルミニウムの溶接の際に問題となる酸化膜を容易に除去できることを示し、健全な溶接が可能であることを示した。

第7章では、重力のアーク溶接現象に及ぼす影響について検討した。具体的には、落下塔や航空機を用いた微小重力実験をおこない、それらから得られた結果をもとに重力がアーク放電や溶融池形状に及ぼす影響について検討し、重力はアークプラズマよりも溶融池形状や凝固形状に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

第8章では、本研究で得られた結果を総括して本研究の結論を述べ、中空陰極アークを用いることで宇宙環境下でもアーク溶接をおこなえる可能性があり、また中空陰極アークがこれまでにない地球上での加工用熱源になりうると結論付けた。

論文審査の結果の要旨

近い将来に予想される宇宙空間における各種インフラストラクチャーの整備や大型構造物の建造の際には、安全で信頼性の高い溶接技術が必要になるものと思われる。

本論文は、このような観点から、宇宙環境下で使用できるアーク溶接技術の確立を目指したものである。具体的には、真空環境下で使用可能な中空陰極アークに注目し、低圧下における中空陰極アークの電気的および物理的特性、並びにその溶接熱源としての特性について検討している。

本論文で明らかにされている主な点は以下のとおりである。

- (1)低圧下における中空陰極アークの放電開始特性や電流・電圧特性について検討し、供給ガス流量を制御すれば、低圧下でも安定してアークの発生および維持が可能であること、アーク特性および放電形態が、電極内径や供給ガス流量等の放電パラメータに強く依存することを明らかにしている。
- (2)中空陰極アークを溶接用熱源として用いた場合の母材溶融特性について検討し、中空陰極アークによる溶融特性が、大気圧アークによる溶融特性とは大きく異なること、特に供給ガス流量を少なく、アーク長を大きくした場合には、母材の溶融効率が極めて高くなり、溶込み比の大きい、深い溶融形状が得られることを明らかにしている。
- (3)探針法を用いて、中空陰極アークプラズマの電子温度および密度を計測し、これらの値と分布が、電極先端からの供給ガス流量の影響を大きく受けること、特に、ガス流量が少ない場合には、電子温度は50000K以上になり、大気圧アークの場合に比べ、極めて高くなることを明らかにしている。
- (4)中空陰極アークによる母材の溶融メカニズムについて検討し、上述の高い電子温度が、陽極入熱を高め、母材溶融量の大幅な増大に寄与していることを指摘している。
- (5)アルミニウム合金へ中空陰極アークを適用し、同合金の溶接に際して問題となる酸化皮膜が、容易に除去できることを示し、中空陰極アークによりアルミニウム合金が、簡単かつ高能率に溶接できることを明らかにしている。
- (6)落下塔や航空機を用いた微小重力実験をおこない、重力のアーク溶接現象に及ぼす影響について検討し、重力はアーク放電形態よりも溶融池や溶接ビードの形状に強く影響を及ぼすことを明らかにしている。また中空陰極アークを用いることで、宇宙空間の特徴である低圧・微小重力下でアーク溶接が十分可能であることを示している。

以上のように、本論文は、宇宙環境下で使用できるアーク溶接技術の確立を目的とし、低圧下における中空陰極アークの放電特性とプラズマ特性、および中空陰極アークによる母材の溶融特性とそのメカニズムを検討・解明したものである。特に、中空陰極アークの熱源としての特性が、通常のカスタングステンアークと比べた場合、極めて斬新かつ興味深いものであることを示し、中空陰極アークがこれまでにない新しい加工用熱源となり得ることを示唆している。

これらの成果は、宇宙環境下における溶接技術のみならず、地球上における溶接・接合技術にも応用され、溶接工学および知能・機能創成工学の発展に寄与することが大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。