

Title	Hollow Cathode Arcにおけるアーク柱の特性とその熱源特性に関する研究
Author(s)	正箱, 信一郎
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46822">https://hdl.handle.net/11094/46822</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	しょう ぼこ しん いち ろう 正 箱 信 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20303 号
学位授与年月日	平成18年3月24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	Hollow Cathode Arcにおけるアーク柱の特性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 南埜 宜俊 教授 平田 好則 助教授 平田 勝弘 助教授 田中 学

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、HCAを熱源とした溶接法に関する基礎研究として、HCAにおけるアーク柱の特性に注目し、そのプラズマ特性やアーク柱の構造を中心に検討をおこなった。

第1章は緒論であり、本研究をおこなう背景と研究の現状、問題点および研究の方針について述べた。

第2章ではHCAの放電特性の調査をおこない、HCAの放電形態はHCA特有の円柱状の放電形態となることを示した。また、HCAは各プロセスパラメータの影響を受け、放電形態、アーク電圧が条件によって変化することを明らかにした。また、HCAの放電外観と同様にHCAによる母材の溶融特性もプロセスパラメータの影響を受け、条件によって母材への入熱特性が変化するものと考えられた。

第3章ではHCAプラズマの特徴を理解することを目的として、ラングミュアプローブ法を用いたHCAプラズマの電子密度、電子温度分布計測をおこなった。その結果、HCAの電子密度、電子温度は大気圧下でのGTAとは大きく異なることや、電子密度ならびに電子温度分布はArガス流量、アーク長、周囲圧力等の影響を受けることを明らかにした。

第4章ではHCAの電子密度の全体像を、非接触で容易に計測することを目的として、赤外線放射プラズマ診断法(IR法)を用いてHCAの電子密度計測を行った。その結果によると、HCAでは条件によって陰極-陽極間に電子密度の高いビーム状のコアが形成され、その場合に母材に深い溶込みが得られることがわかった。

第5章ではHCAプラズマの構造およびHCAによる陽極入熱について検討するために、分割母板法を用いた陽極表面の電流密度分布の計測と、プローブ法によるHCAのフローティングポテンシャルの計測をおこなった。その結果、HCAは陰極から陽極に向かう電子の強い流れが存在する部分と、その周辺の強い流れが存在しない部分との二段構造になっていることがわかった。また、HCAによる陽極入熱では、プラズマ中の電子の強い流れによる運動エネルギーを考慮する必要がある、そのことがGTAに比べて陽極への入熱が多く、母材の溶融量が多くなる主要因であると指摘した。

第6章ではHCA法を実際の宇宙空間で適用することを考慮し、宇宙構造物用アルミニウム合金A2219と、一般的な溶接構造物用アルミニウム合金A5083を母材として溶融実験を行った。その結果、HCA法は宇宙構造物用アルミ

ニウム合金 A2219 に対しても有効であることを示した。また、溶接構造物用アルミニウム合金 A5083 に対しては、ビード表面のクリーニングは十分ではないものの、D/W が非常に高く深い溶込みを得られることから、地上・低圧環境下での高能率な溶接熱源となり得ることを示した。

第7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、真空環境下でのプラズマ源として研究されてきた Hollow Cathode Arc (HCA) に注目し、低圧下における HCA 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) HCA におけるアーク柱の形態や HCA を熱源に用いた場合の母材の熔融状況を観察し、それらが供給ガス流量やアーク長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) ラングミュアプローブ法を用いて HCA プラズマの電子密度、電子温度の計測を試み、HCA の電子密度、電子温度は、大気圧下の GTA (Gas Tungsten Arc) とは大きく異なること、また、それらの分布は、放電パラメータによって大きく変化すること等を明らかにしている。
- (3) 赤外線放射プラズマ診断法 (IR 法) を用いて HCA の電子密度計測を試み、HCA では、条件によって、アーク軸上に電子密度の高いビーム状のコアが形成されること、また、ビーム状のコアが形成される場合には、母材に深い溶込みが得られることを示している。
- (4) 分割母板法による陽極表面の電流分布計測とプローブ法によるフローティングポテンシャルの計測を試み、HCA のビーム状コア内には、陰極から陽極に向かう電子の強い流れが存在することを明らかにしている。また、この電子の運動エネルギーが、HCA の熱源特性を特徴づけていること、すなわち、母材の熔融現象を活性化する主要因であると指摘している。
- (5) HCA 法を実際の宇宙空間で適用することを考慮し、宇宙構造物用アルミニウム合金 A2219 と、一般的な溶接構造物用アルミニウム合金 A5083 を母材として熔融実験を試み、HCA 法は、A2219 及び A5083 の溶接に対しても有効であり、宇宙空間及び地上・低圧環境下での高能率な溶接熱源となり得ることを示している。

以上のように本論文は、HCA を熱源とした溶接法に関する基礎研究として、HCA におけるアーク柱の特性に注目し、そのプラズマ特性とアーク柱の構造を中心に検討・解析したものである。特に、HCA の溶接熱源としての特性が、通常の GTA 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、HCA 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・接合技術のみならず、地球上における溶接・接合技術においても応用され、溶接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。