The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	大出力プラズマトーチ用熱陰極材料の開発とその特性についての基礎的研究
Author(s)	田中, 和士
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40157
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【 7 】

氏　　名	田（た）中（なか）和（かず）士（し）
博士の専攻分野の名称	博　　士（工　　学）
学 位 記 番 号	第　12661　号
学位授与年月日	平成 8 年 7 月 26 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　生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	**大出力プラズマトーチ用熱陰極材料の開発とその特性についての基礎的研究**
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授　牛尾　誠夫 （副査） 教 授　三宅　正司　　教 授　黄地　尚義　　教 授　小林紘二郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は，大電流アークプラズマを長時間安定に発生するために，大電流アーク放電電極用に最適であると考えられる電極材料の開発を目的としたものである。さらに，その電極材料を陰極として使用した場合の消耗特性を材料学的に検討し，放電中の電極温度分布など動作中の変化について基礎的に検討している。

本論文の構成は以下のようになっている。

第 1 章は緒論であり，本研究の背景および必要性ならびに研究目的について述べている。

第 2 章では電極として要求される条件を明確にするため，まず試作電極の特性を評価している。具体的な検討項目は，本研究で用いる電極材料の仕事関数と電気抵抗の測定であり，電極材料として使用可能な材料を両項目で検討している。

第 3 章では従来開発された希土類酸化物入りタングステン電極を大出力アーク放電用電極として使用した場合に発生する現象を調べ，問題点を提起している。その結果，大電流放電で希土類酸化物入りタングステン電極を使用した場合には電極内部に酸化物が欠乏する領域が観察され，さらに内部に空孔が発生し，その結果急激に消耗が進むことを明らかにしている。

第 4 章では電極内部における希土類酸化物の挙動について結晶粒方向の異なる電極を試作し，その試作電極による消耗試験，放電中の温度分布の測定から，結晶方向が電極中の添加元素のマイグレーションに影響を与えていることを明らかにするとともに，マイグレーションをもたらす要因について考察を加えている。その結果，結晶粒方向が電極温度分布に影響していることを明らかにしている。

第 5 章では電極の形状と消耗の関係を調べ，電極の長寿命化を図るための電極形状について評価を加えている。電極形状による寿命変化のみならず，アーク放電の安定性を考慮した最適形状について明らかにしている。

第 6 章では新たに開発した 6 ホウ化ランタン入りタングステン電極の性能評価を実施している。その結果，タングステンに微量（0.2-0.6 wt %）の 6 ホウ化ランタンを添加することにより，電極の電気抵抗を増加させることなく，電子放出特性を改善することが可能であることを明らかにしている。

第7章は結論であり，本研究で得られた結果について総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

大電流アークプラズマは高温・高エネルギー密度の熱源として，鉄鋼生産プロセスにおけるタンディッシュ加熱熱源や廃棄物の2次処理熱源など，その利用は拡大しつつある。しかし，そのプラズマトーチに使用されるタングステン熱陰極の特性，とくに耐久性は十分でなく，この点の解決は重要かつ緊急の課題となっている。本研究は，比較的大電流領域において従来のタングステン材料に比べて，優れた耐久性を示す新しいタングステン陰極（タングステンに希土類酸化物およびホウ化物を添加した材料）を開発し，その優れた動作特性を確認するとともに，大電流での放電時の電極温度分布の計測，添加物質の挙動の材料学的解析などの基礎的実験による検討をもとに陰極の消耗特性を考察し，大電流アークプラズマトーチを設計する上で要求されるタングステン電極材料の組成や形状などの基本的因子とその影響を明らかにしている。

得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) タングステン電極の仕事関数の低下には添加物の添加量が0.05 wt %程度で効果を発揮するが，過剰添加は仕事関係の低下に対しては効果的である一方，電気抵抗の増加によるジュール発熱の増大のため電極先端部で著しい高温化を招く。

(2) アーク電流をパラメータとした消耗試験の結果，希土類酸化物添加のタングステン電極では断面電流密度が80アンペア/mm^2 以上の比較的大電流域では，電流値の増加とともに急激に消耗が進行し，これは低電流域で示す優位性（低消耗性，高点弧性）とは異なり，大電流アーク放電特有の現象であることを明らかにしている。また，大電流密度での急激な消耗の増加は電極内部の空孔の発生や，酸化物の消失することが原因であることを明らかにしている。この場合，電気的な特性に変化を生じるが，それ以前に電極温度分布に異常な現象が現れることを見いだしている。

(3) 結晶粒方向を変化させた電極での消耗試験や温度測定の結果，電極消耗は添加した希土類酸化物の先端への供給と蒸発のバランスに関係しており，低電流では両者のバランスが保たれるため効果が持続するが，大電流では電極温度が高温になるため，バランスが崩れ，供給に対して蒸発が上回るため，先端部で純タングステン化が進み短寿命になることを示唆している。また，結晶粒の方向が電極の温度分布に影響を与え，電極中の添加物の移動バランスが保たれる縦状結晶粒方向の電極の方が放電中の温度は低くなることも明らかにしている。

(4) 電極中の添加物は電極が低温時には，主として粒子拡散が支配的であるが，電極が高温に加熱された場合には溶融した酸化物の結晶粒界での毛管現象による移動が支配的になることを理論的に推定している。

(5) 鋭角な電極先端形状の場合，先端での電流密度の上昇とともに電極が加熱され高温になるため，先端部の添加物が集中的に蒸発し，純タングステン化するが，鈍角な先端形状では電流密度が低下するため放電中の温度も低下し，蒸発による純タングステン化は起こらないことを明らかにしている。

(6) 新たに開発した6ホウ化ランタン添加のタングステン電極（LaB_6-W）は希土類酸化物添加のタングステン電極に比較し良好な消耗特性を示し，特に大電流密度放電で使用する場合には優れた耐久性を示すことを明らかにしている。

(7) 電極の温度分布は電極の種類によって大きく変化し，LaB_6-W では先端部で平坦な温度勾配を示すが，希土類酸化物添加のタングステン電極では大きな温度勾配を示すことを明らかにしている。さらに，分光による蒸発物質の同定の結果，蒸発は添加した La など希土類元素が主要な成分でタングステン自体の蒸発はほとんどおこらないことを明らかにしている。

以上のように，本論文はタングステン熱陰極の特性を明確にし，詳細な材料学的検討により，タングステン内部の添加物の挙動とその開発された材料の実用性まで示唆しており，その成果は，プラズマ工学および溶接工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。