

要 旨

従来のプラズマジェット発生トーチは、最も高温のジェット中心部へ目的材料を投入することが困難であった。そこで、軸方向に移動可能な穴あき陰極（ホローカソード）を採用し、作動ガス供給方式を軸流と旋回流に選択できる新しい多機能型トーチを開発した。ここでは、イオンまたはコロイド状の金属溶液を用いることを特徴とする液相溶射と呼ぶ薄膜作製法への適用例を紹介する。

1. はじめに

プラズマジェット熱源は、非移行型で高温・高速が容易に得られることから、高融点材料の溶射をはじめ、溶解、ガス分解炉などへの適応が検討されている。しかし、プラズマジェットを発生させる従来型のトーチでは、例えば溶射においては粉末状の材料をトーチノズル（陽極）端近傍から供給するのが一般的であり、粉末材料を最も高温なジェットの中心部に供給できないという難点がある。本研究では、軸方向に移動可能なホローカソードを採用したトーチを試作してその特性を明らかにし、次に液相溶射法と称する新しい薄膜作製法への本トーチの適用について検討している。

2. プラズマジェットトーチの開発

2.1 トーチの概要

試作したトーチは、ホローカソードの採用によってジェット中心部への材料の供給を可能にし、また軸方向にホローカソードを移動し、固定陽極（ノズル）との距離を可変することによって出力を制御できる。図1に試作トーチの全体構造、図2にホローカソードの概略を示す。試作トーチの特徴を陰極部と陽極部に分けて以下に示す。

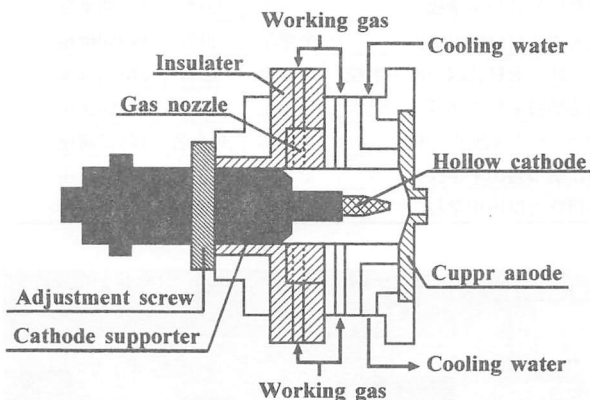


図1 プラズマジェットトーチの構造

(1) 陰極部

タンダステン製ホローカソード（外径6mm、内径1mm）の後方から粉末、液体、気体などを最も高温なジェット中心部へ送給できる。ホローカソードは脱着式であり内・外径の異なるもの、あるいは通常の中実（ソリッド）型陰極も使用できる。陰

1998年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集

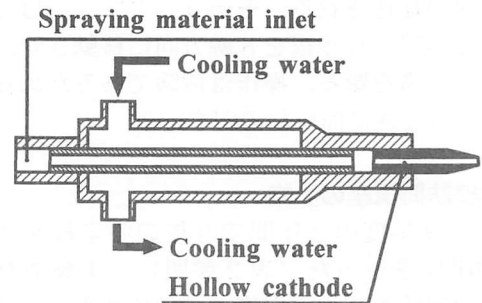


図2 ホローカソードの構造

極部全体はプラズマ発生中でも軸方向に移動可能なので、放電電圧をかなりの範囲で調節できる。

(2) 陽極部

プラズマガス（作動ガス）は4箇所から供給できるので、種類の異なるガスを同時に混合、加熱、分解できる。また、供給方式をセラミックス製のガスノズルによって旋回流と軸流とに選択できるので、プラズマの安定化あるいは数種類のガスの混合が可能となる。

2.2 雰囲気ガス制御用チャンバー

試作トーチは任意の雰囲気ガス、減圧下での使用が可能であり、溶射をはじめ有害物質の分解など、種々の分野への応用が期待できる。図3に雰囲気ガス制御用チャンバーにトーチを取り付けた状況を示す。

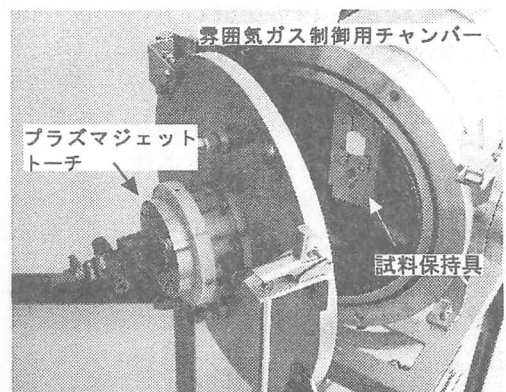
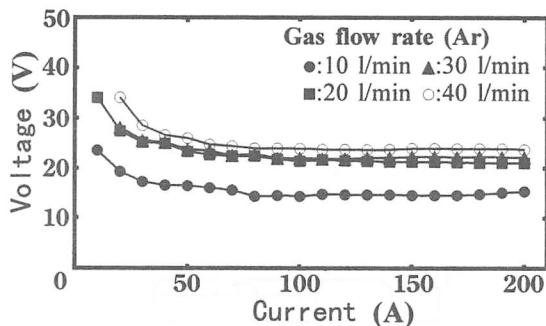


図3 試作トーチと雰囲気ガス制御用チャンバー

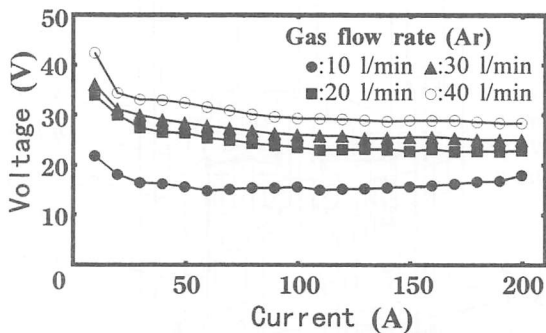
2.3 電流－電圧特性

試作トーチの動特性を把握するために、プラズマジェットを発生させた際の電流－電圧を測定し、その結果を図4に示す。動特性は作動ガスの種類

によって異なるが、ここではアルゴンガス (Ar) を使用し、流量を10~40 l/min、ホローカソード先端とノズル先端との距離を0~8 mm、電流を最大200Aとしている。電流-電圧は、小電流域では電流の増加に伴って電圧が低下する負特性を示し、60~70 A以上からはほぼ一定となっている。これは、中電流域以上から電流、作動ガス流量の増加に伴って電圧が上昇する正特性を示すことの多い従来型トーチとはやや異なっている。正特性がアーク柱での熱損失を平衡に保つサーマルピンチ効果によることを考慮すると、試作トーチでの熱損失は小さいと推測される。



(a) 電極間距離：2mm



(b) 電極間距離：8mm

図4 電流-電圧特性

3. 試作トーチの液相溶射法への適用

3.1 液相溶射法

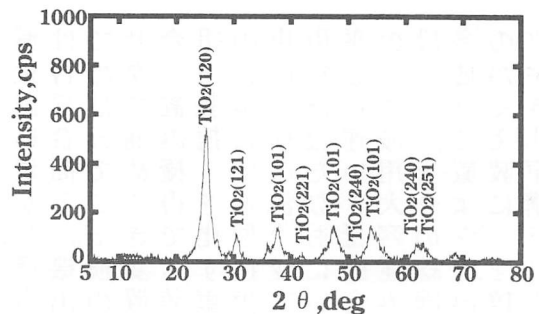
試作トーチは、ホローカソード、可動電極、多様なガス供給方式などを採用したことによって多目的な応用が期待できる。ここでは液相溶射法と命名した薄膜作製法への適用を試みた。同法は、金属化合物・金属塩などを純水またはアルコールに溶解させた液相・コロイド状態の溶液を用いることを特徴とする新しい薄膜作製法であり、平滑で緻密な薄膜を高速で形成できる。本法では溶媒をプラズマジェット中で完全に蒸発させる必要があるが、従来型トーチでは完全に蒸発・除去することは困難であった。

3.2 実験結果

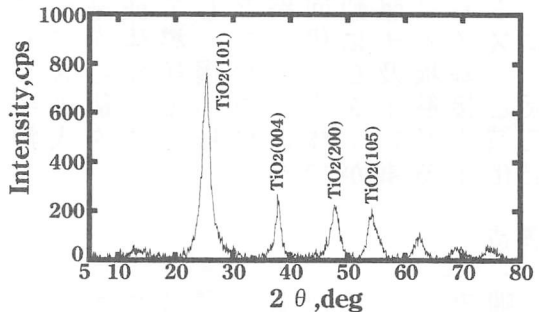
本研究ではチタンテトライソプロポキシドTTIPと純水を混合し加水分解したコロイド溶液 (以下、TTIP(A)と称す)、及びTTIPと酢酸を混合し加水分解した水溶性ゾル状溶液 (TTIP(B)と称す)の2種

類を用い大気雰囲気中で、電流値150 A、溶液供給量 2.00ml/min、溶射時間 10sの条件で、すりガラス基板への薄膜作製を試みた。溶液は、精密送給ポンプによってトーチ後端のパイプからホローカソード内に送られ、キャリアガス (Ar) によって霧化後、最も高温なジェット中心部へ供給される。

図5に得られた薄膜についてのX線回折分析結果を示す。薄膜の主成分は図から明らかなように酸化チタンで、その表面はかなり平滑である。また定性分析の結果によれば、TTIP(A)ではブルーカイト型、TTIP(B)ではアナターズ型の酸化チタンとなっている。



(a) TTIP(A)



(b) TTIP(B)

図5 X線回折分析結果

4. おわりに

多機能で多目的に応用可能なプラズマジェットトーチを試作して動特性を明らかにするとともに、液相溶射法への適用を検討した。その結果、試作トーチは、低電流域では負、中電流域以上では定特性を示し、ホローカソードの移動によって出力制御の可能なことが確認された。また、TTIP溶液を対象に、薄膜の生成と溶射条件の関係を調べ、従来の溶射法では不可能であったミクロンオーダーの酸化チタンの薄膜が容易に得られることを明らかにした。

プラズマ雰囲気制御することによって、例えば窒化チタンの薄膜創製が期待できることから、雰囲気制御を目的とした減圧チャンバーを設計、試作した。雰囲気制御した条件での薄膜作製については現在研究中である。

なお、本試作トーチでは供給ガスを完全に分解できるので、有害ガスの熱分解処理など多目的な応用が期待できる。