

明 細 書

発明の名称：

プラズマトーチ、プラズマ溶射装置、およびプラズマトーチの制御方法 技術分野

[0001] 本発明は、プラズマトーチ、プラズマ溶射装置、およびプラズマトーチの制御方法に関する。

背景技術

[0002] 基材表面に耐熱性、耐食性、耐摩耗性などを付与する皮膜を形成する方法として、プラズマトーチで発生させたプラズマアークの輻射熱により、金属、合金、無機材料、またはセラミックスなどの溶射材料の粉体を熔融させ、これを金属基板などの対象物の表面に吹き付けることで、対象物の表面に皮膜を作成する、プラズマ溶射などが実用化されている。

[0003] プラズマトーチは、例えば、リング陰極と、該リング陰極との間に放電空間を隔てて囲繞的に配設された陽極と、放電空間に中心軸を含む面内で交叉する磁束を形成させる複数の磁石とを備えている。

[0004] このプラズマトーチでは、リング陰極の周囲にプラズマ発生用ガスを供給しつつ、プラズマトーチ内の電極間に電圧を印加することにより、電極間において放電させて柱状のプラズマアークを発生させ、発生させたプラズマアークを複数の磁石によりプラズマトーチの周方向に高速回転させ、プラズマジェットを発生させる。

[0005] ここで、例えば、このプラズマジェット中に、ガスを媒体としてリング陰極の中空から放電空間のほぼ中心軸に沿って、溶射材料の粉体を供給して、発生したプラズマアークで溶射材料を熔融させると共に対象物の表面に吹き付けるようにしている（例えば、特許文献 1、2 参照）。

[0006] 上記特許文献 1、2 に記載のように、単にプラズマアークを回転させるだけのプラズマトーチでは、プラズマジェット中にプラズマ発生用ガスが供給されると、リング陰極の中心部の溶射材料供給口から投入した溶射材料の粉

体が回転するプラズマ発生用ガスのガス流の影響で放電空間の中心軸から外れ、溶融した溶射材料が陽極の内面（放電面）に付着する可能性がある。特に、溶射材料の粉体の比重や粒子径など溶射材料の性質によっては、回転するガス流の影響で溶融した溶射材料は陽極の放電面にさらに付着しやすい。また、このような従来のプラズマトーチでは、溶射材料の溶融効率が低く、溶射材料が皮膜の形成に十分利用されていない可能性がある。なお、溶融効率とは、溶融した溶射材料がプラズマトーチから放出される割合をいう。

[0007] そのため、プラズマを利用して基材表面に対して種々の溶射材料からなる皮膜の形成の更なる効率化を図る上で、安定的に溶射材料の溶融効率を向上させつつ電極の消耗を抑制することができるプラズマトーチが希求されている。

[0008] そこで、例えば、特許文献3に記載のようなプラズマトーチが提案されている。この特許文献3に記載のプラズマトーチにおけるプラズマを発生させるための電極と磁石の配置では、放電の極点の回転方向と力の大きさを決める電流と磁界の磁束のベクトルとが直行していない。このため、当該電流と磁界の磁束のベクトル積が不安定になり、極点の回転方向が反転、若しくは極点が回転せず、極点が固着して熱集中する問題がある。

[0009] さらに、上記特許文献3に記載のプラズマトーチにおいて、当該電流と磁界の磁束のベクトル積が不安定である場合、放電空間に溶射材料を供給する溶射材料導入管（インジェクター）が瞬間的に放電の通路になり、当該溶射材料導入管に放電電流が流入して、溶射材料導入管が溶融する問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開平8－319552号公報

特許文献2：特開2011－071081号公報

特許文献3：特許第5799153号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 本発明は、上述した問題に鑑みてなされたものであり、プラズマを生成するための電流と磁界の磁束のベクトル積の直交を維持させて放電の極点の回転を安定化させることができると共に、溶射材料導入管の消耗を抑制することができるプラズマトーチ、プラズマ溶射装置、およびプラズマトーチの制御方法を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0012] 上述の課題を解決するため、本発明によるプラズマトーチは、
発生させたプラズマを中心軸に沿って回転させながら軸方向に噴出させ、且つ前記プラズマにより溶射材料の粉体を溶融させて前方のノズル口から外部に放出させるプラズマトーチであって、

中央に前記軸方向に延在する第1貫通穴を有する円筒状に形成された第1電極であって、前記第1貫通穴の前方側の端部の周囲に連続的に形成された第1放電面を有する第1電極と、

中央に前記軸方向に延在する第2貫通穴を有する円筒状に形成され、前記第1電極の前方側に位置する第2電極であって、前記第1電極の前記第1放電面に対向するように、前記第2貫通穴の後方側の端部の周囲に連続的に形成された第2放電面を有する第2電極と、

前記第1電極の前記第1放電面とは反対の後方側に設けられた第1磁石と、

前記第2電極の外周に設けられた第2磁石と、

前記第2電極の前記第2放電面とは反対の前方側に設けられた第3磁石と、

前記第1電極の外周に設けられ、前記軸方向に前記第2磁石と対向する第4磁石と、

前記中心軸に沿って前記第1貫通穴に摺動可能に設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に形成される放電空間に溶射材料の粉体を供給口から供給する溶射材料導入管と、

前記放電空間に、前記第 1 電極の外周側からプラズマ発生用ガスを供給するプラズマ発生用ガス供給通路と、

を備え、

前記プラズマを生成させるために前記第 1 電極の前記第 1 放電面と前記第 2 電極の前記第 2 放電面との間に流す電流のベクトルと、前記第 1 磁石、前記第 2 磁石、前記第 3 磁石、及び、前記第 4 磁石による合成された磁界の磁束のベクトルと、が直交する

ことを特徴とする。

[0013] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第 1 電極は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間を通り且つ前記中心軸に垂直な平面に関して、前記第 2 電極とは鏡像的に配置されているとともに、

前記第 1 電極の前記第 1 放電面は、前記平面に関して、前記第 2 磁石の前記第 2 放電面とは鏡像的に位置している

ことを特徴とする。

[0014] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第 1 磁石は、前記平面に関して、前記第 3 磁石とは鏡像的に配置されるときともに、前記第 1 磁石の磁界の磁束のベクトルは、前記平面に関して、前記第 3 磁石の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に位置している

ことを特徴とする。

[0015] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第 2 磁石は、前記平面に関して、前記第 4 磁石とは鏡像的に配置されるときともに、前記第 2 磁石の磁界の磁束のベクトルは、前記平面に関して、前記第 4 磁石の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的になっている

ことを特徴とする。

[0016] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第 1 磁石は、前記第 1 電極の内部であって前記第 1 貫通穴と外周の間の領域に、配置され、

前記第3磁石は、前記第2電極の内部であって前記第2貫通穴と外周の間の領域に、配置されている

ことを特徴とする。

[0017] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第4磁石は、前記第1電極の前方側の端部の周囲を囲むように連続的に形成され、前記第2磁石は、前記第2電極の後方側の端部の周囲を囲むように連続的に形成されている

ことを特徴とする。

[0018] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第1磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有し、

前記第2磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有し、

前記第3磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有し、

前記第4磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する

ことを特徴とする。

[0019] 前記プラズマトーチにおいて、

前記第1電極の前記第1放電面と前記第2電極の前記第2放電面との間における間隙が前記中心軸に向かって広がるように、前記第1電極の前記第1放電面及び前記第2電極の前記第2放電面は傾斜している

ことを特徴とする。

[0020] 前記プラズマトーチにおいて、

前記中心軸に垂直な前記平面に対する前記第1放電面の傾きの大きさは、前記平面に対する前記第2放電面の傾きの大きさと同じである

ことを特徴とする。

[0021] 前記プラズマトーチにおいて、

前記プラズマ発生用ガス供給通路は、前記第4磁石と前記第1電極の外周と間から、前記第1電極の前記第1放電面と前記第2電極の前記第2放電面との間に向けて、前記プラズマ発生用ガスを供給することを特徴とする。

[0022] 前記プラズマトーチにおいて、
前記溶射材料導入管の前記供給口の周囲から前記放電空間に向けて、シースガスをシースガス供給口から供給するシースガス供給通路をさらに備えることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

[0023] 前記プラズマトーチにおいて、
前記シースガス供給通路の前記シースガス供給口は、前記溶射材料導入管の前記供給口の周囲に、等間隔で複数個設けられていることを特徴とする。

[0024] 前記プラズマトーチにおいて、
前記シースガスは、前記プラズマ発生用ガスと同じガス、又は、前記プラズマ発生用ガス45と異なるガスであることを特徴とする。

[0025] 前記プラズマトーチにおいて、
前記シースガスが、希ガス元素、窒素、および水素を含む群から選択される1種以上を含むガスである、ことを特徴とする。

[0026] 前記プラズマトーチにおいて、
前記溶射材料導入管の前記供給口の位置が、前記溶射材料の種類に応じて調整されることを特徴とする。

[0027] 前記プラズマトーチにおいて、
前記溶射材料導入管の前記供給口の位置が、前記放電空間内となるように調整されることを特徴とする。

[0028] 上述の課題を解決するため、本発明によるプラズマ溶射装置は、
前記プラズマトーチと、
前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を付与する電源と、
前記溶射材料導入管に前記溶射材料を搬送する溶射材料搬送部と、
を備える
ことを特徴とする。

[0029] 上述の課題を解決するため、本発明によるプラズマトーチの制御方法は、
前記プラズマトーチを用いて、前記溶射材料導入管を前記軸方向に摺動さ
せて、前記溶射材料導入管の供給口の位置を前記溶射材料の種類に応じて調
整し、前記溶射材料の粉体を溶融させる
ことを特徴とする。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、プラズマを生成するための電流と磁界の磁束のベクトル
積の直交を維持させて放電の極点の回転を安定化させることができると共に
、溶射材料導入管の消耗を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]図 1 は、本発明の実施形態によるプラズマトーチの構成を示す図である
。

[図2]図 2 は、図 1 に示すプラズマトーチの領域Qの部分拡大図である。

[図3]図 3 は、図 1 に示す第 1 磁石の形状を示す図である。

[図4]図 4 は、プラズマジェットの温度分布の一例を示す図である。

[図5]図 5 は、図 1 に示すプラズマトーチ 1 1 のプラズマを発生させた状態を
示す説明図である。

[図6]図 6 は、図 1 に示すプラズマトーチ 1 1 の磁束の状態を示す説明図であ
る。

[図7A]図 7 Aは、正極性の電極配置の一例を示す図である。

[図7B]図 7 Bは、逆極性の電極配置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、本発明を実施するための形態（以下、実施形態という）を図面に基づいて詳細に説明する。本実施形態においては、プラズマトーチがプラズマ溶射装置に適用される場合について説明する。なお、下記実施形態により本発明が限定されるものではない。すなわち、本発明に係るプラズマトーチは、溶射、溶解、ガス加熱など用途は多岐にわたって適用が可能である。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0033] <プラズマ溶射装置>

本発明の実施形態によるプラズマトーチを適用したプラズマ溶射装置について説明する。

[0034] 図1は、本発明の実施形態によるプラズマトーチの構成を示す図である。また、図2は、図1に示すプラズマトーチの領域Qの部分拡大図である。また、図3は、図1に示す第1磁石の形状を示す図である。また、図4は、プラズマジェットの温度分布の一例を示す図である。また、図5は、図1に示すプラズマトーチ11のプラズマを発生させた状態を示す説明図である。また、図6は、図1に示すプラズマトーチ11の磁束の状態を示す説明図である。

例えば、図1、2に示すように、本実施形態によるプラズマ溶射装置10は、プラズマトーチ11と、電源12と、溶射材料搬送装置（溶射材料搬送部）13とを有している。

[0035] [プラズマトーチ]

プラズマトーチ11は、トーチ本体21と、陰極ブロック22と、絶縁部23と、陽極ブロック24と、溶射材料導入管25と、プラズマ発生用ガス供給通路26と、冷却水供給通路27-1～27-3と、シースガス供給通路101と、を備えている。なお、トーチ本体21と陰極ブロック22との間は、電氣的且つ熱的に絶縁されている。

[0036] なお、本実施形態においては、陰極ブロック22および陽極ブロック24

でそれぞれ使用される電極の円筒形の中心軸の方向を「軸方向」とし、電極の円筒形の径の方向を「径方向」とする。

[0037] そして、プラズマトーチ 11 は、例えば、図 1、図 2、図 5、図 6 に示すように、発生させたプラズマ P を中心軸 T に沿って回転させながら軸方向に噴出させ、且つプラズマ P により溶射材料の粉体を溶融させて前方のノズル口 21-a から外部に放出させるようになっている。

[0038] トーチ本体 21 は、円筒形に形成されている。トーチ本体 21 は、その先端（図 1 中示左端）にノズル口 21 a が設けられた外筒 31 と、外筒 31 内に設けられる内筒 32 とを備える。トーチ本体 21 は、熱伝導、電気伝導の良い銅合金などを用いて形成される。トーチ本体 21 と陽極ブロック 24 との間には、絶縁層を設けてもよい。トーチ本体 21 は、その一方の端部がキャップ 33 で覆われている。

[0039] 内筒 32 は、その内部に、プラズマ発生用ガス供給通路 26 と、冷却水供給通路 27-1 ~ 27-3 とを備えている。

[0040] 例えば、図 1、図 2 に示すように、陰極ブロック 22 は、陰極（第 1 電極）36 と、第 1 磁石 37 と、第 4 磁石 M4 と、を有している。

[0041] そして、陰極 36 は、例えば、図 1、図 2 に示すように、中央に軸方向に延在する第 1 貫通穴 K1 を有する円筒状に形成されている。さらに、この陰極 36 は、第 1 貫通穴 K1 の前方側の端部の周囲に連続的に形成された第 1 放電面 39 を有する。

[0042] また、第 1 磁石 37 は、例えば、図 1、図 2 に示すように、陰極 36 よりも後方に設けられている。すなわち、第 1 磁石 37 は、例えば、図 1、図 2 に示すように、陰極 36 の第 1 放電面 39 とは反対の後方側に設けられている。特に、第 1 磁石 37 は、陰極 36 の内部であって第 1 貫通穴 K1 と外周の間の領域に、第 1 磁石 M1 がキュリー点温度を超えないように周囲の冷却水路の冷却水で冷却されるようにして、配置されている。

[0043] この第 1 磁石 37 は、図 1、図 2 の例では、中心軸 T を中心として軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する。

- [0044] ここで、第1磁石37は、例えば、図3に示すように、中央に貫通穴を有し、円筒状（リング状）に形成されている。なお、図3では、第1磁石37の中心軸に沿って一方をN極とし、他方をS極（図3中の上方向をN極、下方向をS極）としているが、一方をS極とし、他方をN極としてもよい。
- [0045] また、第4磁石M4は、例えば、図1、図2に示すように、陰極36の外周に設けられ、軸方向に第2磁石42と対向するように配置されている。特に、第4磁石M4は、陰極36の先端部の周囲を囲むように連続的に形成されている。そして、この第4磁石M4は、円筒状（リング状）に複数配置されているようにしてもよい。なお、本実施形態においては、第4磁石M4が径方向に1列設けられているが、適宜任意の数とすることができる。
- [0046] なお、第4磁石M4は、第1磁石37と同様、円筒状に形成されていてもよい。この場合、第4磁石M4は、中心軸Tを中心として軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する。
- [0047] また、絶縁部23は、溶射材料導入管25の外周に設けられている。絶縁部23としては、耐熱性を有する絶縁材料が用いられる。
- [0048] また、陽極ブロック24は、陽極（第2電極）41と、第2磁石42と、第3磁石M3と、を有する。
- [0049] そして、陽極41は、例えば、図1、図2に示すように、トーチ本体21の内周壁に設けられ、中央に軸方向に延在する第2貫通穴K2を有する円筒状に形成され、陰極36の前方側に位置する。さらに、この陽極41は、陰極36の第1放電面39に対向するように、第2貫通穴K2の後方側の端部の周囲に連続的に形成された第2放電面49を有する。
- [0050] また、第2磁石42は、例えば、図1、図2に示すように、陽極41の外周に設けられている。特に、第2磁石42は、陽極41の先端部の周囲を囲むように連続的に形成されている。そして、この第2磁石42は、円筒状（リング状）に複数配置されているようにしてもよい。なお、本実施形態においては、第2磁石42が径方向に1列設けられているが、適宜任意の数とすることができる。

- [0051] なお、第2磁石42は、第1磁石37と同様、円筒状に形成されていてもよい。この場合、この第2磁石42は、中心軸Tを中心として軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する。
- [0052] なお、図1、図2の例では、この第2磁石42および第4磁石M4の円筒状の内径は、同じになっている。
- [0053] また、第3磁石M3は、例えば、図1、図2に示すように、陽極41の第2放電面49とは反対の前方側に設けられている。特に、この第3磁石M3は、陽極41の内部であって第2貫通穴K2と外周の間の領域に、第3磁石M3がキュリー一点温度を超えないように周囲の冷却水路の冷却水で冷却されるようにして、配置されている。
- [0054] なお、第3磁石M3は、第1磁石37と同様、円筒状に形成されていてもよい。この場合、第3磁石M3は、中心軸Tを中心として軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する。
- [0055] なお、図1、図2の例では、この円筒状の第3磁石M3および第1磁石37の内径は、同じになっている。
- [0056] ここで、例えば、図1、図2、図6に示すように、既述の陰極36は、陰極36と陽極41との間を通り且つ中心軸Tに垂直な平面Rに関して、陽極41とは鏡像的に（面対称に）配置されている。さらに、図2に示すように、陰極36記第1放電面39は、平面Rに関して、第2磁石41の第2放電面49とは鏡像的に（面対称に）位置している。
- [0057] ここで、従来技術では、例えば、間隙を有する電極間に直流放電を開始するには、初めに電極間に高い高周波電圧を印加して電極空間の絶縁を破り火花放電を惹起し、直後に直流電圧を電極間に重畳し直流放電に移行する。通常、この電極間の間隙は直流電源の定格電圧に見合う大きさに設定されるが、この間隙が大きい場合、高周波火花放電が困難になるため、着火時は小さな間隙、直流放電開始したら定格電圧に見合う間隙に移行するように機械的操作により設定される。

しかしながら、本実施形態では、例えば、図1、図2に示すように、陰極

36の第1放電面39と陽極41の第2放電面49との間における間隙が（径方向において）、高周波火花放電による着火ができる大きさから定格電圧に見合う大きさになるようにして外周側から中心軸Tに向かって広がるように、陰極36の第1放電面39及び陽極41の第2放電面49は傾斜している。

これにより、本実施形態では、従来技術のような機械的操作を実行することなく、高周波火花放電による着火から定格電圧の印加への移行を実現している。

[0058] そして、例えば、図1、図2に示すように、中心軸Tに垂直な平面Rに対する第1放電面39の傾きの大きさは、平面Rに対する第2放電面49の傾きの大きさと同じになっている。

[0059] さらに、例えば、図1、図2、図6に示すように、第1磁石37は、平面Rに関して、第3磁石M3とは鏡像的に（面对称に）配置される。さらに、第1磁石37の磁界の磁束のベクトルは、平面Rに関して、第3磁石M3の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0060] 特に、例えば、図1、図2、図6に示すように、第2磁石42は、平面Rに関して、第4磁石M4とは鏡像的に（面对称に）配置される。特に、第2磁石42の磁界の磁束のベクトルは、平面Rに関して、第4磁石M4の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0061] このような構成により、例えば、図6に示すように、プラズマPを生成させるために陰極36の第1放電面39と陽極41の第2放電面49との間に流す電流Xのベクトルと、第1磁石37、第2磁石42、第3磁石M3、及び、第4磁石M4による合成された磁界の磁束のベクトルと、が直交するようになっている。

[0062] また、溶射材料導入管25は、例えば、図1、図2に示すように、中心軸Tに沿って第1貫通穴K1に摺動可能に設けられ、陰極36と陽極41との間に形成される放電空間Sに溶射材料の粉体を供給口25-aから供給するようになっている。

- [0063] より詳しくは、溶射材料導入管25は、例えば、図1、図2に示すように、絶縁部23を介して、陰極36の内周に設けられ、溶射材料導入管25の軸心は陰極36の軸心と一致するように設けられている。溶射材料導入管25は、その先端に陰極36の中心軸T上に溶射材料の粉体（溶射粉体）を供給する供給口25-aを備えている。溶射材料導入管25は、溶射材料搬送装置13に連結されており、溶射材料搬送装置13から溶射粉体が搬送ガスに同伴されて溶射材料導入管25を通して、陰極36の中心軸T上に溶射粉体が供給される。
- [0064] なお、溶射材料としては、例えば、アルミナ、ジルコニア、チタニアなどの酸化物系セラミックス、タングステンカーバイド（WC）などの炭化物系セラミックス、窒化ケイ素などの非酸化物セラミックス、アルミニウム、ニオブ、シリコンなどの金属などを用いることができる。
- [0065] そして、溶射材料導入管25は、陰極36の貫通穴に溶射材料導入管25の軸方向に対して摺動可能に設けられている。溶射材料導入管25の供給口25-aの位置は、使用する材料に応じて調整される。溶射材料導入管25は、エアシリンダー、電動シリンダーなどを用いて、溶射材料導入管25を摺動させることができる。これにより、溶射材料導入管25を摺動させつつ、溶射材料導入管25の供給口25-aの位置決めを簡易かつ連続的に行うことができる。
- [0066] また、溶射材料導入管25を、陰極36の貫通穴および絶縁部23内を溶射材料導入管25の軸方向に対して摺動させるため、溶射材料導入管25は、その表面の摺動抵抗が小さくなるように表面加工しておくことが好ましい。表面加工の方法としては、例えば、施盤などを用いた研削、バフ研磨、研石を用いた研磨、電解研磨、化学洗浄などを用いることができる。表面加工は、これらの1種単独、またはこれらを組み合わせてもよい。
- [0067] 本実施形態においては、溶射材料導入管25の供給口25-aは、溶射材料導入管25を軸方向に摺動させて位置を決定した後、固定部材で固定される。

- [0068] ここで、溶射材料導入管25の供給口25-aの位置は、溶射材料の種類、平均粒子径、物性（例えば、融点、比熱、熱伝導率など）などに応じて調整される。既述のように、プラズマジェットの温度分布の一例を図4に示す。図4に示すように、プラズマジェットの中心部分は、10,000℃以上の超高温状態になっており、その周辺部分は1500～2000℃程度の高温状態である。そのため、溶射材料の種類、平均粒子径、物性（例えば、融点、比熱、熱伝導率など）などに応じて、溶射粉体を効率よく溶融させることができるように供給口25-aの位置を調整することにより、基材Mの表面に溶射粉体の皮膜Cを効率的に形成することができる。
- [0069] 本実施形態においては、溶射材料導入管25の供給口25-aの位置は、予め作成された、溶射材料の種類、平均粒子径、物性（例えば、融点、比熱、熱伝導率など）などと、溶射材料導入管25から供給される溶射材料が溶融された状態で噴出する位置との相関関係を示す図（相関図）を用いることにより、求めることができる。
- [0070] このような相関図は、例えば、以下のように得られる。まず、特定の溶射材料の種類、平均粒子径、物性（例えば、融点、比熱、熱伝導率など）などから、特定の溶射材料をプラズマ中に投入した場合に溶射材料が芯まで溶融するのに必要な時間を求める。
- [0071] そして、溶射材料が溶融するまでに必要な時間に基づいて、溶射材料導入管25から供給される溶射材料が溶融された状態で噴出する位置を求める。これにより、上記のような相関図が得られる。
- [0072] また、相関図に登録されている溶射材料以外の、他の溶射材料を用いる場合でも、他の溶射材料が溶融するまでに必要な時間を求め、得られた時間と、相関図に蓄積されている溶射材料が溶融するまでに必要な時間との比から、溶射材料が溶融された状態で噴出する位置を求めることができる。
- [0073] 例えば、溶射材料が金属粉体などの場合には、金属の融点は、一般にセラミックなどに比べて融点が低いため、溶射材料導入管25の供給口25-aは、平面R位置より陽極ブロック24側に設けられることが好ましい。

[0074] また、溶射材料がセラミック粉体などの場合には、セラミックの融点は、一般に金属などに比べて融点が高いため、溶射材料導入管 25 の供給口 25-a は、平面 R 位置より陰極ブロック 22 側に設けることが好ましい。

[0075] このように、溶射材料の種類に応じて、溶射材料導入管 25 の供給口 25-a の位置を調整することで、溶射粉体をより確実に溶融させて放出することができる。

[0076] なお、本実施形態によるプラズマトーチ 11 が対象とする金属粉体の融点は、例えば、650～2500℃程度である。金属粉体として、例えば、アルミニウム（融点：約 660℃）、ニオブ（融点：約 2468℃）などが用いられる。

また、プラズマ溶射装置 10 が対象とするセラミック粉体の融点は、例えば、2000～2450℃程度である。セラミックス粉体として、例えば、アルミナ（融点：約 2015℃）、ジルコニア（融点：約 2420℃）などが用いられる。

また、溶射材料が融点に達する時間は用いる材料によって推定できるが、この時間は溶射材料の平均粒子径などにより変動する。なお、平均粒子径とは、有効径による体積平均径をいい、平均粒子径は、例えば、レーザー回折・散乱法または動的光散乱法などによって測定される。

[0077] また、溶射材料導入管 25 の供給口 25-a の調整は、プラズマ溶射装置 10 を稼動する時のみ行うようにしてもよいが、溶射粉体をより効率よく溶融させ、基材 M の表面に溶射粉体の皮膜 C をより効率的に形成できるようにするため、溶射粉体の溶融具合などに応じて、稼動後、定期的又は連続的に行うこととしてもよい。

[0078] プラズマ発生用ガス供給通路 26 は、陰極 36 の外周側から、陽極 41 と陰極 36 との間に形成される放電空間 S にプラズマ発生用ガス 45 を供給するための通路である。プラズマ発生用ガス供給通路 26 は、内筒 32 および陽極 41 の内部に形成されている。

[0079] 特に、このプラズマ発生用ガス供給通路 26 は、例えば、図 1、図 2 に示

すように、第4磁石M4と陰極36の外周と間から、陰極36の第1放電面39と陽極41の第2放電面49との間に向けて、プラズマ発生用ガス45を供給するようになっている。

[0080] ここで、プラズマ発生用ガス45としては、希ガス元素、窒素(N_2)、水素(H_2)、および CO_2 を含む群から選択される1種以上を含むガスを使用することができる。希ガス元素としては、アルゴン(Ar)やヘリウム(He)などを用いることができる。 N_2 や H_2 などのように2原子分子で構成される成分を含むガスは、陰極36または陽極41に与える損傷が激しいため、陰極36または陽極41の寿命が短くなることを抑制する観点から、一般的に使用するのは好ましくない。

[0081] しかし、後述するように、本実施形態では、プラズマアークを径方向に回転させ、陰極36および陽極41のそれぞれの放電点を陰極36および陽極41の一点に集中させないようにしているため、プラズマ発生用ガス45として、 N_2 ガスや H_2 ガスなどのように2原子分子で構成される成分を含むガスも有効に用いることができる。

[0082] また、放電空間Sに生じるプラズマジェットの温度はノズル口21aに近くなるほど低下して、ノズル口21aから先の領域では急激に低下するが、 N_2 ガス、 H_2 ガスなどの2原子分子で構成される成分からなるガスは、プラズマ状態から元の中性ガスに戻る過程の温度降下が激しい、希ガス元素のような単原子分子で構成される成分からなるガスに比べて温度降下が緩やかである。

[0083] そのため、プラズマ発生用ガス45として、2原子分子で構成される成分からなるガスを使用することにより、溶射粉体を溶融させるのに有効な加熱領域を広くできるため、陰極36および陽極41の損耗を抑制しつつ溶射粉体が溶融されるプラズマの有効加熱領域を長引かせることができる。

[0084] また、シースガス供給通路101は、例えば、図1、図2に示すように、溶射材料導入管25の供給口25-aの周囲から放電空間Sに向けて、シースガスSGをシースガス供給口101-aから供給するようになっている。

- [0085] なお、このシースガス供給通路101のシースガス供給口101aは、例えば、溶射材料導入管25の供給口25-aの周囲に、等間隔で複数個設けられているようにしてもよい。
- [0086] なお、シースガスSGは、例えば、希ガス元素、窒素、および水素を含む群から選択される1種以上を含むガスである。すなわち、シースガスSGは、既述のプラズマ発生用ガス45と同じガスであってもよい。しかしながら、シースガスSGは、プラズマ発生用ガス45と異なるガスであってもよい。
- [0087] このようにシースガス供給通路101が、溶射材料導入管25の供給口25-aの周囲から放電空間Sに向けて、シースガスSGをシースガス供給口101aから供給することにより、発生したプラズマが不安定である場合であっても、溶射材料導入管25が瞬間的に放電の通路になるのが回避されて、当該溶射材料導入管に放電電流が流入されないこととなり、溶射材料導入管25が溶融するのを抑制することができる。
- [0088] また、冷却水供給通路27-1～27-3は、例えば、図1、図2に示すように、プラズマトーチ11を構成する部材を冷却するための通路であり、本実施形態では、冷却水供給通路27-1が、内管32の内部と、陽極41の内外と、外筒31と内筒32との間とに形成され、冷却水供給通路27-2が内筒32の内部と陰極36内部に形成され、冷却水供給通路27-3が溶射材料導入管25の内部に形成されている。
- [0089] また、例えば、図1に示すように、トーチ本体21の他端には、溶射材料導入管25の径方向の外周に、プラズマ発生用ガス45を供給するプラズマ発生用ガス導入ジョイント51、陽極41に冷却水Wを供給する第1給水ジョイント52、陽極41で熱交換に用いた冷却水Wを排出する図示しない第1排水ジョイント、冷却水Wを供給する図示しない第2給水ジョイント、および陰極36で熱交換に用いた冷却水Wを排出する図示しない第2排水ジョイント、溶射材料導入管25内に冷却水Wを供給する給水通路53、および溶射材料導入管25で熱交換に用いた冷却水Wを排出する排水通路54がそ

れぞれ接続されている。

[0090] 給水ジョイント52-aに供給された冷却水Wは、内筒32の内部と、陽極41の外側と、外筒31と内筒32との間とを通過して熱交換に利用された後、排水ジョイント52-bを通過して、排出される。また、給水ジョイント52-cに供給された冷却水Wは、内筒32と陰極36の内部を通過して熱交換に利用された後、排水ジョイント52-dを通過して、排出される。また、給水通路53に供給された冷却水Wは、溶射材料導入管25の内部を通過して熱交換に利用された後、排水通路54を通過して、排出される。

[0091] [電源]

電源12は、陰極36と陽極41との間に電圧を付与する直流電源である。

[0092] [溶射材料搬送装置]

溶射材料搬送装置13は、溶射材料導入管25に溶射材料の粉体を搬送するものであり、溶射粉体を搬送ガスGに同伴させて、溶射材料導入管25に供給している。

[0093] このようなプラズマ溶射装置10のプラズマトーチ11では、陰極36と陽極41との間に電源12より電圧が印加されることにより放電空間Sにアーク放電が生じている。この放電空間Sにプラズマ発生用ガス45を供給することで、プラズマ発生用ガス45はエネルギーを与えられ、プラズマ状態になり電極間に電流（放電電流）Xが発生する。放電電流Xの発生直後、陰極36および陽極41の表面上のエネルギー消費が最小になる地点に柱状のプラズマアークが発生する。

[0094] 例えば、陰極36と陽極41との間のプラズマアークは、例えば、図5に示すように、陰極36および陽極41の表面で生じる。一方、放電空間Sの径方向の外側に配置された第1ないし第4磁石37、42、M3、M4により、陰極36と陽極41との間に磁束が生まれる。この電流と磁束とが交叉すると、フレミングの左手の法則により、磁界が電流に作用して回転力を生起する。この回転力により、プラズマアークは、陰極36の第1放電面39

に沿って放電点（陰極点）を移動して回転することにより、陽極４１の第２放電面４９に沿って陽極４１の放電点（陽極点）も同様に、移動して回転する。

[0095] このように、発生したプラズマアークは、磁界の作用により、プラズマトーチ１１の中心軸Ｔに対して周方向に回転する。

[0096] ここで、既述のように、陰極３６は、陰極３６と陽極４１との間を通り且つ中心軸Ｔに垂直な平面Ｒに関して、陽極４１とは鏡像的に（面对称に）配置されている。さらに、図２に示すように、陰極３６の第１放電面３９は、平面Ｒに関して、第２磁石４１の第２放電面４９とは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0097] さらに、第１磁石３７は、平面Ｒに関して、第３磁石Ｍ３とは鏡像的に（面对称に）配置される。さらに、第１磁石３７の磁界の磁束のベクトルは、平面Ｒに関して、第３磁石Ｍ３の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0098] さらに、第２磁石４２は、平面Ｒに関して、第４磁石Ｍ４とは鏡像的に（面对称に）配置される。さらに、第２磁石４２の磁界の磁束のベクトルは、平面Ｒに関して、第４磁石Ｍ４の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0099] このような構成により、例えば、図６に示すように、プラズマＰを生成させるために陰極３６の第１放電面３９と陽極４１の第２放電面４９との間に流す電流Ｘのベクトルと、第１磁石３７、第２磁石４２、第３磁石Ｍ３、及び、第４磁石Ｍ４による合成された磁界の磁束のベクトルと、が直交するようになっている。

[0100] これにより、プラズマアークは連続してより安定して回転することができ、すなわち、プラズマを生成するための電流と磁界の磁束のベクトル積の直交を維持させて放電の極点の回転を安定化させることができると共に、溶射材料導入管への放電電流の流入が回避されて当該溶射材料導入管の消耗を抑制することができるものである。

- [0101] このようなプラズマトーチ 11 の機能により、安定して高速回転するプラズマアークは、陰極 36 の円形端面から発生するプラズマジェットとなり、ノズル口 21 a から噴出する。
- [0102] また、プラズマトーチ 11 は、溶射材料導入管 25 の供給口 25 - a を陰極 36 の中心軸上に位置し、溶射粉体が供給口 25 - a からプラズマジェットの中心軸 T 上に供給されるように調整しているため、プラズマジェットの中心軸 T 上に溶射粉体を供給することができる。プラズマジェットの温度分布は、上述の通り、プラズマジェットの中心部分が 10,000℃ 以上の超高温状態になっており、その周辺部分が 1500～2000℃ 程度の高温状態である。そのため、プラズマジェットの後方からプラズマジェットの中心軸上に溶射粉体を供給することにより、溶射粉体は高速回転するプラズマアークの渦流の中心に取り込まれるため、溶射粉体はプラズマジェットの中心部分の超高温の熱で熔融させて、ノズル口 21 a から放出させることができる。
- [0103] そして、本実施形態によれば、プラズマトーチ 11 は、溶射粉体の種類に応じて、溶射粉体が放電空間 S 内に供給される位置を調整することにより、溶射材料の熔融の難易度によらず、溶射材料搬送装置 13 から供給された溶射材料の例えば 90% 以上を放電空間 S の内壁に付着させることなく、完全に熔融させた状態でノズル口 21 a から放出して、基板 M に向かわせ、皮膜の形成に用いることができる。
- [0104] このように、プラズマトーチ 11 は、陰極 36 内に溶射材料導入管 25 を設け、溶射材料の種類に応じて予め定められた溶射粉体の熔融が完了する位置に基づいて、溶射材料導入管 25 の先端の位置を調整している。
- [0105] そして、プラズマを回転させつつ、陰極 36 の中心軸上に位置する供給口 25 a からプラズマジェットの中心軸 T 上に溶射材料が供給されるように制御している。これにより、プラズマトーチ 11 は、プラズマジェットの中心軸 T 上に供給した溶射粉体を高速回転するプラズマアークの渦流の中心に取り込ませて熔融し、熔融した溶射粉体を陽極 41 の放電面 41 - a に付着す

ることを抑制しつつノズル口21-aから放出させて皮膜を形成することができる。

[0106] このため、プラズマトーチ11は、溶射材料搬送装置13から供給される溶射粉体を、例えば、溶射材料の溶融の難易度によらず、溶射粉体の溶融効率を例えば90%以上と高くすることができるため、安定的に溶射材料の溶融効率を向上させることができると共に、陰極36および陽極41の消耗を抑制することができる。

[0107] また、プラズマアークの陽極点および陰極点が強制的に駆動されて移動することにより、極点の集中により陰極36および陽極41に損傷が生じることが抑制されるため、陰極36および陽極41の寿命を向上させることができると共に、陰極36および陽極41の消耗に伴うコンタミの発生を抑制することができる。

[0108] さらに、プラズマアークが回転し、極点の集中を抑制できるため、プラズマ発生用ガス45として、 N_2 ガスや H_2 ガスなどのような2原子分子で構成される成分のガスを用いても、運転費用を削減しつつ、陰極36および陽極41への損傷を抑制することができる。

[0109] また、プラズマトーチ11は、プラズマ発生用ガス45として、2原子分子で構成される成分のガスを用いることにより、溶射粉体を溶融させる領域を広くできるため、陰極36および陽極41の損耗を抑制しつつ溶射材料が溶融されるプラズマの有効加熱領域を長引かせることができる。

[0110] このように、プラズマトーチ11を備えるプラズマ溶射装置10は、プラズマを利用して基材Mの表面に対して種々の溶射材料の皮膜をさらに効率良く形成することができ、溶射効率をさらに向上させることができる。

[0111] そして、既述のように、陰極36と陽極41との間を通り且つ中心軸Tに垂直な平面Rに関して、陰極36と陽極41とは鏡像的に（面对称に）配置され、さらに、第1磁石37と第3磁石M3とは鏡像的に（面对称に）配置されて、第1磁石37の磁界の磁束のベクトルと第3磁石M3の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置し、さらに、第2磁石42と第4

磁石M4とは鏡像的に（面对称に）配置されて、第2磁石42の磁界の磁束のベクトルと第4磁石M4の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に（面对称に）位置している。

[0112] ここで、図7A、図7Bを用いて、本実施形態における電極と磁石の形状配置がプラズマ空間の電流と同空間磁界のベクトル積安定につながる理由について説明する。

[0113] 例えば、陰極、陽極部に各々配置された磁石セット第一、四及び第三、二によって生起する左右の鏡像的合成磁界は、陰極、陽極間隙左右対称面で密にぶつかり合い上方（図7A）又は下方（図7B）に向い両極間を流れる電流と直交的交叉する。そして、電極間に電圧が印加されると電極間の上端最小間隙部にて放電開始、生起したプラズマを流れる電流は上方から電極間に流れ込むガス圧に押され下方に移動するが電極下端を流れるシースガスと粉体搬送ガス圧力に押し返され圧力均衡する位置に留まり放電を維持、その位置における電流と磁界のベクトル積で表わされる方向と大きさの力を受け回転することとなる。図7Aの例ではその力は紙面から手前、つまり左方から見れば時計回りに、図7Bの例は極性が左右入替わっているが、同時に磁界も上下入替わり作用する力の大きさと向きは不変、回転方向時計回りになるものである。

[0114] このような構成により、プラズマPを生成させるために陰極36の第1放電面39と陽極41の第2放電面49との間に流す電流Xのベクトルと、第1磁石37、第2磁石42、第3磁石M3、及び、第4磁石M4による合成された磁界の磁束のベクトルと、が直交することとなる。

[0115] これにより、プラズマアークは連続してより安定して回転することができ、すなわち、プラズマを生成するための電流と磁界の磁束のベクトル積の直交を維持させて放電の極点の回転を安定化させることができると共に、溶射材料導入管への放電電流の流入が回避されて当該溶射材料導入管の消耗を抑制することができるものである。

[0116] さらに、既述のように、シースガス供給通路101が、溶射材料導入管2

5の供給口25-aの周囲から放電空間Sに向けて、シースガスSGをシースガス供給口101-aから供給することにより、発生したプラズマが不安定である場合であっても、溶射材料導入管25が瞬間的に放電の通路になるのが回避されて、当該溶射材料導入管に放電電流が流入されないこととなり、溶射材料導入管25が溶融するのを抑制することができる。

[0117] 以上のように、本発明は、プラズマを生成するための電流と磁界の磁束のベクトル積の直交を維持させて放電の極点の回転を安定化させることができると共に、溶射材料導入管の消耗を抑制することができるものであり、溶射材料導入管から溶射材料を陽極の放電面に付着させることなく溶射粉体を外部に放出でき、溶射材料の溶融効率を向上させることから、例えば、カレンダーロール表面への耐摩耗溶射コーティング、太陽電池用シリコンの精製、大型プラズマディスプレイパネルの絶縁コーティングなどに好適に適用することができる。

また、既述のように、すなわち、本発明に係るプラズマトーチは、溶射装置に限られて適用されるものではなく、溶解、ガス加熱など用途は多岐にわたって適用が可能である。

[0118] なお、本実施形態においては、陰極（第1電極）および陽極（第2電極）をそれぞれ陰極と陽極として用いているが、当該第1電極と当該第2電極とは、電源の極性を入れ替えて、これらの電極の極性を変換してもよい。

[0119] また、本実施形態においては、プラズマトーチがプラズマ溶射装置に適用される場合について説明したが、これに限定されるものではなく、本発明は、プラズマトーチを微粒子製造装置に適用することもできる。

符号の説明

- [0120]
- 10 プラズマ溶射装置
 - 11 プラズマトーチ
 - 12 直流電源
 - 13 溶射材料搬送装置（溶射材料搬送部）
 - 21 トーチ本体

S 放電空間

請求の範囲

- [請求項1] 発生させたプラズマを中心軸に沿って回転させながら軸方向に噴出させ、且つ前記プラズマにより溶射材料の粉体を溶融させて前方のノズル口から外部に放出させるプラズマトーチであって、
- 中央に前記軸方向に延在する第1貫通穴を有する円筒状に形成された第1電極であって、前記第1貫通穴の前方側の端部の周囲に連続的に形成された第1放電面を有する第1電極と、
- 中央に前記軸方向に延在する第2貫通穴を有する円筒状に形成され、前記第1電極の前方側に位置する第2電極であって、前記第1電極の前記第1放電面に対向するように、前記第2貫通穴の後方側の端部の周囲に連続的に形成された第2放電面を有する第2電極と、
- 前記第1電極の前記第1放電面とは反対の後方側に設けられた第1磁石と、
- 前記第2電極の外周に設けられた第2磁石と、
- 前記第2電極の前記第2放電面とは反対の前方側に設けられた第3磁石と、
- 前記第1電極の外周に設けられ、前記軸方向に前記第2磁石と対向する第4磁石と、
- 前記中心軸に沿って前記第1貫通穴に摺動可能に設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に形成される放電空間に溶射材料の粉体を供給口から供給する溶射材料導入管と、
- 前記放電空間に、前記第1電極の外周側からプラズマ発生用ガスを供給するプラズマ発生用ガス供給通路と、
- を備え、
- 前記プラズマを生成させるために前記第1電極の前記第1放電面と前記第2電極の前記第2放電面との間に流す電流のベクトルと、前記第1磁石、前記第2磁石、前記第3磁石、及び、前記第4磁石による合成された磁界の磁束のベクトルと、が直交する

ことを特徴とする、プラズマトーチ。

[請求項2] 前記第1電極は、前記第1電極と前記第2電極との間を通り且つ前記中心軸に垂直な平面に関して、前記第2電極とは鏡像的に配置されているとともに、

前記第1電極の前記第1放電面は、前記平面に関して、前記第2磁石の前記第2放電面とは鏡像的に位置している

ことを特徴とする請求項1に記載のプラズマトーチ。

[請求項3] 前記第1磁石は、前記平面に関して、前記第3磁石とは鏡像的に配置されるとともに、前記第1磁石の磁界の磁束のベクトルは、前記平面に関して、前記第3磁石の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的に位置している

ことを特徴とする請求項2に記載のプラズマトーチ。

[請求項4] 前記第2磁石は、前記平面に関して、前記第4磁石とは鏡像的に配置されるとともに、前記第2磁石の磁界の磁束のベクトルは、前記平面に関して、前記第4磁石の磁界の磁束のベクトルとは鏡像的になっている

ことを特徴とする請求項3に記載のプラズマトーチ。

[請求項5] 前記第1磁石は、前記第1電極の内部であって前記第1貫通穴と外周の間の領域に、配置され、

前記第3磁石は、前記第2電極の内部であって前記第2貫通穴と外周の間の領域に、配置されている

ことを特徴とする請求項2ないし4のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

[請求項6] 前記第4磁石は、前記第1電極の前方側の端部の周囲を囲むように連続的に形成され、前記第2磁石は、前記第2電極の後方側の端部の周囲を囲むように連続的に形成されている

ことを特徴とする請求項5に記載のプラズマトーチ。

[請求項7] 前記第1磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫

通穴を有する円筒状を有し、

前記第2磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有し、

前記第3磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有し、

前記第4磁石は、前記中心軸を中心として前記軸方向に延在する貫通穴を有する円筒状を有する

ことを特徴とする請求項6に記載のプラズマトーチ。

[請求項8]

前記第1電極の前記第1放電面と前記第2電極の前記第2放電面との間における間隙が前記中心軸に向かって広がるように、前記第1電極の前記第1放電面及び前記第2電極の前記第2放電面は傾斜している

ことを特徴とする請求項2ないし7のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

[請求項9]

前記中心軸に垂直な前記平面に対する前記第1放電面の傾きの大きさは、前記平面に対する前記第2放電面の傾きの大きさと同じである

ことを特徴とする請求項2ないし8のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

[請求項10]

前記プラズマ発生用ガス供給通路は、前記第4磁石と前記第1電極の外周と間から、前記第1電極の前記第1放電面と前記第2電極の前記第2放電面との間に向けて、前記プラズマ発生用ガスを供給する

ことを特徴とする請求項1ないし9のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

[請求項11]

前記溶射材料導入管の前記供給口の周囲から前記放電空間に向けて、シースガスをシースガス供給口から供給するシースガス供給通路をさらに備える

ことを特徴とする請求項1ないし10のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。

- [請求項12] 前記シースガス供給通路の前記シースガス供給口は、前記溶射材料導入管の前記供給口の周囲に、等間隔で複数個設けられていることを特徴とする請求項11に記載のプラズマトーチ。
- [請求項13] 前記シースガスは、前記プラズマ発生用ガスと同じガス、又は、前記プラズマ発生用ガスと異なるガスであることを特徴とする請求項11又は12に記載のプラズマトーチ。
- [請求項14] 前記シースガスが、希ガス元素、窒素、および水素を含む群から選択される1種以上を含むガスである、ことを特徴とする請求項11ないし13のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。
- [請求項15] 前記溶射材料導入管の前記供給口の位置が、前記溶射材料の種類に応じて調整されることを特徴とする、請求項1ないし14のいずれか一項に記載のプラズマトーチ。
- [請求項16] 前記溶射材料導入管の前記供給口の位置が、前記放電空間内となるように調整されることを特徴とする、請求項15に記載のプラズマトーチ。
- [請求項17] 請求項1ないし16のいずれか一項に記載の前記プラズマトーチと、
、
前記第1電極と前記第2電極との間に電圧を付与する電源と、
前記溶射材料導入管に前記溶射材料を搬送する溶射材料搬送部と、
を備える
ことを特徴とする、プラズマ溶射装置。
- [請求項18] 請求項1ないし16のいずれか一項に記載の前記プラズマトーチを用いて、前記溶射材料導入管を前記軸方向に摺動させて、前記溶射材料導入管の供給口の位置を前記溶射材料の種類に応じて調整し、前記溶射材料の粉体を熔融させることを特徴とする、プラズマトーチの制御方法。