

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6059337号
(P6059337)

(45) 発行日 平成29年1月11日 (2017. 1. 11)

(24) 登録日 平成28年12月16日 (2016. 12. 16)

(51) Int. Cl.		F I
B 0 5 B	7/22	(2006. 01)
C 2 3 C	4/12	(2016. 01)
H 0 5 H	1/44	(2006. 01)
H 0 5 H	1/42	(2006. 01)

B O 5 B	7/22
C 2 3 C	4/12
H O 5 H	1/44
H O 5 H	1/42

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-508681 (P2015-508681)
 (86) (22) 出願日 平成26年3月27日 (2014. 3. 27)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/058794
 (87) 国際公開番号 W02014/157491
 (87) 国際公開日 平成26年10月2日 (2014. 10. 2)
 審査請求日 平成27年8月11日 (2015. 8. 11)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-69945 (P2013-69945)
 (32) 優先日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000211307
中国電力株式会社
広島県広島市中区小町4番33号
 (73) 特許権者 304020177
国立大学法人山口大学
山口県山口市吉田1677-1
 (74) 代理人 110000176
一色国際特許業務法人
 (72) 発明者 北村 智昭
広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内
 (72) 発明者 田中 誠
広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ溶射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中心軸の先端中央に溶射材料吐出孔を有する第1の電極と、前記第1の電極を囲む第1の外套と、前記第1の電極と前記第1の外套とを絶縁し、第1のプラズマガス導入口を有する第1の絶縁体と、を備える主トーチと、

第2の電極と、前記第2の電極を囲む第2の外套と、前記第2の電極と前記第2の外套とを絶縁し、第2のプラズマガス導入口を有する第2の絶縁体と、を備え、中心軸が前記主トーチの中心軸と交差する副トーチと、を備え、

前記第1の電極と前記第2の電極により、前記第1の電極の中心軸上に形成されるプラズマの軸中心に、前記溶射材料吐出孔から供給された溶射材料を溶融し、溶融した前記溶射材料を基材に吹き付けることにより前記溶射材料の被膜を形成するプラズマ溶射装置において、

前記第1の外套は、前記第1の電極の前記溶射材料吐出孔の下流側に設けられ、溶射材料吐出孔から吐出された溶射材料を前記第1の外套から吐出する開口部と、前記開口部と前記第1の絶縁体との間に設けられたテーパ部とを備え、

前記第1の外套は、前記開口部の入口側及び/又は前記テーパ部に、ガスを導入するガス導入部を備えることを特徴とするプラズマ溶射装置。

【請求項 2】

前記第1の電極が陽極であり、前記第2の電極が陰極であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ溶射装置。

10

20

【請求項 3】

前記開口部は、前記開口部の先端側に設けられた浮遊電極と第 1 の外套とを絶縁する第 3 の絶縁体を備え、

前記副トーチは、前記開口部の前記第 3 の絶縁体より出口側に設けられていることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ溶射装置。

【請求項 4】

前記第 1 の電極の陽極点と、前記溶射材料吐出孔とが互いに干渉することのない構造とすることを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ溶射装置。

【請求項 5】

前記第 1 の電極の先端面が中心軸上に内側に突の形状に形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ溶射装置。

10

【請求項 6】

前記第 1 の電極の先端に溶射材料の付着を防止するためのガス噴出孔が設けられていることを特徴とする請求項 3 ～ 5 のいずれかに記載のプラズマ溶射装置。

【請求項 7】

前記第 1 の外套のガス導入部は、前記開口部の入口側及び / 又は前記テーパ部に、ガスを導入するガス噴出孔を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のプラズマ溶射装置。

【請求項 8】

前記第 1 の外套のガス導入部は、ガスが前記開口部及び前記テーパ部の内部で旋回流となるよう、中心軸に対して円周方向の速度成分をもつように噴出されるガス噴出孔を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のプラズマ溶射装置。

20

【請求項 9】

前記第 1 の外套は多孔質金属により構成され、外部より導入されたガスが、前記多孔質金属内の孔を通して、前記第 1 の外套の内部方向にのみ噴出されることにより前記ガス導入部が構成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のプラズマ溶射装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

30

本発明は、主トーチ及び副トーチの電極により、主トーチの電極の中心軸上に形成されるプラズマの軸中心に溶射材料を供給することができ、かつ、主トーチの外套における開口部の内壁に溶射材料が付着するのを抑制できるプラズマ溶射装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、電極と、その電極を囲む外套と、電極と外套とを絶縁し、プラズマガス導入口を有する絶縁体とを有する主トーチ及び副トーチを備えるプラズマ溶射装置において、主トーチの電極の中心軸の先端中央に材料吐出孔を設け、材料吐出孔からプラズマ軸の中心に溶射材料を供給し、溶射材料を効率よく熔融させ、主トーチに溶着することなく、気孔が少ない緻密な溶射材料の膜を効率よく形成することができるプラズマ溶射装置が開発されている（例えば、特許第 3 7 3 3 4 6 1 号明細書、特許第 4 8 0 4 8 5 4 号明細書、特開 2 0 1 0 - 1 1 0 6 6 9 号公報などを参照）。

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

しかしながら、上述のようなプラズマ溶射装置であっても、主トーチの外套における開口部の内壁に溶射材料が付着し、開口部の閉塞を生じさせる恐れがあることが判明した。

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、主トーチ及び副トーチの電極により、主トーチの電極の中心軸上に形成されるプラズマの軸中心に溶射材料を供給することができ、かつ、主トーチの外套における開口部の内壁に溶射材料が付着するのを抑制できる

50

プラズマ溶射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、主トーチの外套における開口部の入口、あるいは開口部と絶縁体との間のテーパ部にガス導入部を設け、ガスを導入することにより、主トーチの外套における開口部の内壁に溶射材料が付着することを防止することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0005】

すなわち、本発明は、

(1) 中心軸の先端中央に溶射材料吐出孔を有する第1の電極と、前記第1の電極を囲む第1の外套と、前記第1の電極と前記第1の外套とを絶縁し、第1のプラズマガス導入口を有する第1の絶縁体と、を備える主トーチと、

10

第2の電極と、前記第2の電極を囲む第2の外套と、前記第2の電極と前記第2の外套とを絶縁し、第2のプラズマガス導入口を有する第2の絶縁体と、を備え、中心軸が前記主トーチの中心軸と交差する副トーチと、を備え、

前記第1の電極と前記第2の電極により、前記第1の電極の中心軸上に形成されるプラズマの軸中心に、前記溶射材料吐出孔から供給された溶射材料を溶融し、溶融した前記溶射材料を基材に吹き付けることにより前記溶射材料の被膜を形成するプラズマ溶射装置において、

前記第1の外套は、前記第1の電極の前記溶射材料吐出孔の下流側に設けられ、溶射材料吐出孔から吐出された溶射材料を前記第1の外套から吐出する開口部と、前記開口部と前記第1の絶縁体との間に設けられたテーパ部とを備え、

20

前記第1の外套は、前記開口部の入口側及び／又は前記テーパ部に、ガスを導入するガス導入部を備えることを特徴とするプラズマ溶射装置；

(2) 前記第1の電極が陽極であり、前記第2の電極が陰極であることを特徴とする上記(1)に記載のプラズマ溶射装置；

(3) 前記開口部は、前記開口部の先端側に設けられた浮遊電極と第1の外套とを絶縁する第3の絶縁体を備え、

前記副トーチは、前記開口部の前記第3の絶縁体より出口側に設けられていることを特徴とする上記(2)に記載のプラズマ溶射装置；

30

(4) 前記第1の電極の陽極点と、前記溶射材料吐出孔とが互いに干渉することのない構造とすることを特徴とする上記(3)に記載のプラズマ溶射装置；

(5) 前記第1の電極の先端面が中心軸上に内側に突の形状に形成されていることを特徴とする上記(3)に記載のプラズマ溶射装置；

(6) 前記第1の電極の先端に溶射材料の付着を防止するためのガス噴出孔が設けられていることを特徴とする上記(3)～(5)のいずれかに記載のプラズマ溶射装置；

(7) 前記第1の外套のガス導入部は、前記開口部の入口側及び／又は前記テーパ部に、ガスを導入するガス噴出孔を備えることを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載のプラズマ溶射装置；

(8) 前記第1の外套のガス導入部は、ガスが前記開口部及び前記テーパ部の内部で旋回流となるよう、中心軸に対して円周方向の速度成分をもつように噴出されるガス噴出孔を備えることを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載のプラズマ溶射装置；

40

(9) 前記第1の外套は多孔質金属により構成され、外部より導入されたガスが、前記多孔質金属内の孔を通して、前記第1の外套の内部方向にのみ噴出されることにより前記ガス導入部が構成されていることを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載のプラズマ溶射装置；

などである。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、主トーチ及び副トーチの電極により、主トーチの電極の中心軸上に形

50

成されるプラズマの軸中心に溶射材料を供給することができ、かつ、主トーチの外套における開口部の内壁に溶射材料が付着するのを抑制できるプラズマ溶射装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態として説明する、複合トーチ型プラズマ溶射装置100aの概略構成を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態として説明する、図1のIII-III'線の断面を示す図である。

【図3】本発明の他の一実施形態として説明する、ツインカソード型プラズマ溶射装置100bの概略構成を示す図である。 10

【図4】本発明の他の一実施形態として説明する、主トーチと副トーチの一体型プラズマ溶射装置100cの概略構成を示す図である。

【図5】本発明の好ましい一実施形態として説明する外套の概略構成を示す図である。

【図6】本発明の好ましい一実施形態として説明する主陽極の先端部の概略構成を示す図である。

【図7】本発明のより好ましい一実施形態として説明する主陽極の先端部の概略構成を示す図である。

【図8】本発明の特に好ましい一実施形態として説明する主陽極の先端部の概略構成を示す図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明に係るプラズマ溶射装置の好適な実施形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明の目的、特徴、利点、及びそのアイデアは、本明細書の記載により、当業者には明らかであり、本明細書の記載から、当業者であれば、容易に本発明を再現できる。以下に記載された発明の実施の形態及び図面等は、本発明の好ましい実施態様を示すものであり、例示又は説明のために示されているのであって、本発明をそれらに限定するものではない。本明細書で開示されている本発明の意図ならびに範囲内で、本明細書の記載に基づき、様々に修飾ができることは、当業者にとって明らかである。

【0009】

まず、本発明のプラズマ溶射装置として、主トーチと副トーチとを備える複合トーチ型プラズマ溶射装置について説明する。なお、本実施の形態においては、主トーチと副トーチとを備える複合トーチ型プラズマ溶射装置の好ましい例として、主トーチにおける電極が主陽極（アノード）であって、副トーチにおける電極が副電極（カソード）である複合トーチ型プラズマ溶射装置100aについて説明するが、主トーチと副トーチとを備えるプラズマ溶射装置は、主トーチにおける電極が主陰極であって、副トーチにおける電極が副陽極である複合トーチ型プラズマ溶射装置であってもよい。図1に、本発明の一実施形態として説明する複合トーチ型プラズマ溶射装置100aの概略構成を示す。 30

【0010】

主トーチ1は、主陽極3と、該主陽極3を囲む主外套4と、主陽極3と主外套4とを絶縁する絶縁体27などを備える。 40

主陽極3は、電気伝導率に優れた材料、例えば、銅などの金属により形成されている。主陽極3は、中心軸の先端中央に溶射材料吐出孔を有する材料送入管19を備える。主陽極3は、主外套4と、絶縁体27によって同心に保持されている。

【0011】

主外套4は、先端部の開口部（ノズル部）4aと、該開口部4aと絶縁体27との間に設けられたテーパ部4bとを備えている。テーパ部4bには、不活性ガス等を導入して旋回ガス流を形成するガス導入孔4cが設けられている。

【0012】

絶縁体27は、主プラズマガス6を導入する主プラズマガス導入口5と、導入した主プ 50

ラズマガス 6 の旋回流形成手段 5 0 を有している。主プラズマガス 6 は、図 2 に示すように、ガス環状室 5 1 へ導入され、4 個の旋回流形成孔 5 2 を通って、絶縁体 2 7 の内壁 5 3 (内壁 5 3 と主陽極 3 との間の空間) を旋回するようにして主外套 4 の開口部 4 a に向かって流れる。なお、上記旋回流形成孔 5 2 は、1 個配置されていても、複数個配置されていてもよく、複数個配置されている場合には、中心軸を中心に均等に配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、主電源 7 の正端子は主陽極 3 に接続され、主電源 7 の負端子はスイッチ手段 8 を介して主外套 4 に接続される。

【 0 0 1 4 】

副トーチ 2 は、副陰極 (副トーチ起動電極) 1 0 と、該副陰極 1 0 を囲む副外套 1 1 と、副陰極 1 0 と副外套 1 1 とを絶縁する絶縁体 2 8 などを備え、副トーチ 2 の中心軸、すなわち副陰極 1 0 の中心軸は、主トーチ 1 の中心軸、すなわち主陽極 3 の中心軸と、主陽極 3 と副陰極 1 0 との前方で交差するように配置されている。

副陰極 1 0 は、融点が高い材料、例えば、タングステンなどの材料により形成されている。副陰極 1 0 は、副外套 1 1 と、絶縁体 2 8 によって同心に保持されている。

【 0 0 1 5 】

副外套 1 1 は、先端部に孔 1 1 a を備えている。絶縁体 2 8 は、副プラズマガス 1 3 を導入する副プラズマガス導入口 1 2 と、主トーチ 1 の絶縁体 2 7 と同様の旋回流形成手段 5 0 を有している。

【 0 0 1 6 】

副電源 1 4 の正端子は、副外套 1 1 に接続され、副電源 1 4 の負端子は、スイッチ手段 1 5 を介して副陰極 1 0 に接続され、また、スイッチ手段 9 を介して主電源 7 の負端子に接続される。

【 0 0 1 7 】

次に、複合トーチ型プラズマ溶射装置 1 0 0 a を用いて溶射材料 (例えば、金属等の導電性材料、セラミックス等の絶縁性材料など。以下同じ。) をプラズマ溶射する方法について説明する。

アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを主プラズマガス 6 として、主プラズマガス導入口 5 から主トーチ 1 内に導入し、主プラズマガス 6 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 9 を開き、スイッチ手段 8 を閉じた状態で、主電源 7 により主陽極 3 と主外套 4 との間に高周波電圧を印加する。その結果、主陽極 3 の先端から主外套 4 の開口部 4 a の方に向かう主プラズマアーク 1 6 が形成され、これにより主プラズマガス 6 が加熱され、プラズマとなって主外套 4 の開口部 4 a から放出される。

【 0 0 1 8 】

加えて、アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを副プラズマガス 1 3 として、副プラズマガス導入口 1 2 から副トーチ 2 内に導入し、副プラズマガス 1 3 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 1 5 を閉じた状態で、副電源 1 4 により副陰極 1 0 と副外套 1 1 との間に高周波電圧を印加する。その結果、副陰極 1 0 の先端 1 0 a から副外套 2 4 の孔 1 1 a の方に向かう副プラズマアーク 1 7 が形成され、これにより副プラズマガス 1 3 が加熱され、プラズマとなって副外套 1 1 の孔 1 1 a から放出される。

【 0 0 1 9 】

主陽極 3 の中心軸と副陰極 1 0 の中心軸は、主陽極 3 と副陰極 1 0 の前方において、主トーチ 1 及び副トーチ 2 の外部で交差するため、スイッチ手段 9 を閉じ、スイッチ手段 8 , 1 5 を開くと、副陰極 1 0 の先端部 1 0 a から主陽極 3 の陽極点に至るヘアピン状のプラズマ 1 8 による導電路が形成される。

【 0 0 2 0 】

この場合、主トーチ 1 の構造と供給される主プラズマガス 6 、及び副トーチ 2 の構造と副トーチ 2 に供給される副プラズマガス 1 3 の量を適切に設定することにより、図 1 に示されたように、主トーチ 1 のほぼ同軸上にプラズマ炎 2 3 を形成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

材料送入管 1 9 から溶射材料吐出孔を介して吐出された溶射材料 2 0 は、主陽極 3 と副陰極 1 0 により、主陽極 3 の中心軸上に形成されるプラズマ 1 8 の軸中心に供給され、プラズマ炎 2 3 によって熔融される。本発明の実施の形態においては、溶射材料 2 0 が溶射材料吐出孔から吐出される際に、主外套 4 のテーパ部 4 b に設けたガス導入孔 4 c により不活性ガス等（例えば、アルゴンガスなどなどの不活性ガス、空気や酸素ガスなどの活性ガス）を導入して旋回ガス流を形成させる。このようにすることで、直接、中心軸に向かって不活性ガス噴出孔から不活性ガスを噴出させる場合よりも、主外套 4 の内部の空間において、主外套 4 の内壁から中心軸に向かって、負の圧力勾配を軸対称状に一樣に発生させることが可能となる。これにより、外套内部の空間でプラズマを安定かつ一樣に集束させると同時に、主外套 4 における開口部 4 a の内壁やテーパ部 4 b の先端部などの、不活性ガス噴出孔より離れた部位においても溶射材料 2 0 が付着するのを防止することができる。

10

また、溶射材料 2 0 の付着を防止することができるので、溶射材料 2 0 を効率よく熔融することができる。なお、本実施の形態においては、ガス導入孔 4 c を主外套 4 のテーパ部 4 b に設けることとしているが、主外套 4 の開口部 4 a の入口側に設けてもよいし、主外套 4 のテーパ部 4 b 及び開口部 4 a の入口側にそれぞれ設けてもよい。

また、旋回流を形成するためのガス噴出孔 4 c を設ける代わりに、図 5 に示すように、溶射材料付着防止のためのガス流を外套内部全面に形成するよう、主外套 4 を多孔質金属材料 M により構成し、主外套 4 に設けたガス導入口 4 d から供給されたガスを、多孔質金属材料 M 内の微細孔を通して、同図中に矢印で示すように、主外套 4 の内部方向にのみ噴出させるようにしてもよい。

20

【 0 0 2 2 】

溶射材料 2 0 が熔融された熔融物 2 1 は、プラズマ炎 2 3 とともに基材 2 5 に向かって進行する。基材 2 5 の直前で、連結管 2 6 上に設けられたプラズマ分離手段 2 2 によってプラズマ 1 8 のみを分離して、熔融物 2 1 を基材 2 5 に吹き付け、気孔が少ない緻密な溶射材料 2 0 の皮膜 2 4 を効率よく形成することができる。

【 0 0 2 3 】

次に、本発明のプラズマ溶射装置として、主トーチと 2 つの副トーチを備えるプラズマ溶射装置について説明する。なお、本実施の形態においては、主トーチと 2 つの副トーチを備えるプラズマ溶射装置の好ましい例として、主トーチにおける電極が主陽極（アノード）であって、副トーチにおける電極が副陰極（カソード）であるツインカソード型プラズマ溶射装置 1 0 0 b について説明するが、主トーチと 2 つの副トーチを備えるプラズマ溶射装置は、主トーチにおける電極が主陰極であって、副トーチにおける電極が副陽極であるツインアノード型プラズマ溶射装置であってもよい。図 3 に、本発明の他の一実施形態として説明するツインカソード型プラズマ溶射装置 1 0 0 b の概略構成を示す。

30

【 0 0 2 4 】

ツインカソード型プラズマ溶射装置 1 0 0 b が備える主トーチ 1 及び副トーチ 2 の構成は、複合トーチ型プラズマ溶射装置 1 0 0 a における主トーチ 1 及び副トーチ 2 と同じであるため、ここでは説明を省略する。

40

なお、主電源 7 の正端子は、主陽極 3 及びスイッチ手段 5 5 を介して副外套 1 1 に接続され、主電源 7 の負端子はスイッチ手段 8 を介して主外套 4 に接続される。また、副電源 4 2 からの副トーチ 2 の正端子は、スイッチ手段 4 5 を介して副外套 1 1 に接続され、副電源 4 2 からの副トーチ 2 の負端子は、スイッチ手段 4 6 を介して副陰極 1 0 に接続され、また、スイッチ手段 9 を介して主電源 7 の負端子に接続される。

【 0 0 2 5 】

本実施の形態においては、主トーチの中心軸に対して副トーチ 2 に対向する位置に、別の副トーチ 3 9 を配置させている。副トーチ 3 9 は、副陰極（副トーチ起動電極）4 0 と、該副陰極 4 0 を囲む副外套 4 1 と、副陰極 4 0 と副外套 4 1 とを絶縁する絶縁体 4 7 などを備え、副トーチ 3 9 の中心軸、すなわち副陰極 4 0 の中心軸は、主トーチ 1 の中心軸

50

、すなわち主陽極 3 の中心軸と、主陽極 3 と副陰極 4 0 との前方で交差するように配置されている。

副陰極 4 0 は、融点が高い材料、例えば、タングステンなどの材料により形成されている。副陰極 4 0 は、副外套 4 1 と、絶縁体 4 8 によって同心に保持されている。

【 0 0 2 6 】

副外套 4 1 は、先端部に孔 4 1 a を備えている。絶縁体 4 7 は、副プラズマガス 4 9 を導入する副プラズマガス導入口 4 8 と、主トーチ 1 の絶縁体 2 7 と同様の旋回流形成手段 5 0 を有している。

【 0 0 2 7 】

副電源 4 2 からの副トーチ 3 9 の正端子は、スイッチ手段 4 4 を介して副外套 4 1 に接続され、副電源 1 4 からの副トーチ 3 9 の負端子は、スイッチ手段 4 3 を介して副陰極 4 0 に接続され、また、スイッチ手段 9 , 4 6 を介して主電源 7 の負端子に接続される。

【 0 0 2 8 】

次に、ツインカソード型プラズマ溶射装置 1 0 0 b を用いて溶射材料をプラズマ溶射する方法について説明する。

アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを主プラズマガス 6 として、主プラズマガス導入口 5 から主トーチ 1 内に導入し、主プラズマガス 6 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 9 を開き、スイッチ手段 8 を閉じた状態で、主電源 7 により主陽極 3 と主外套 4 との間に高周波電圧を印加する。その結果、主陽極 3 の先端から主外套 4 の開口部 4 a の方向に向かう主プラズマアーク 1 6 が形成され、これにより主プラズマガス 6 が加熱され、プラズマとなって主外套 4 の開口部 4 a から放出される。

【 0 0 2 9 】

加えて、アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを副プラズマガス 1 3 として、副プラズマガス導入口 1 2 から副トーチ 2 内に導入し、副プラズマガス 1 3 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 4 3 , 4 4 を開き、スイッチ手段 4 5 , 4 6 を閉じた状態で、副電源 4 2 により副陰極 1 0 と副外套 1 1 との間に高周波電圧を印加する。その結果、副陰極 1 0 の先端 1 0 a から副外套 2 4 の孔 1 1 a の方向に向かう副プラズマアーク 1 7 が形成され、これにより副プラズマガス 1 3 が加熱され、プラズマとなって副外套 1 1 の孔 1 1 a から放出される。

【 0 0 3 0 】

主陽極 3 の中心軸と副陰極 1 0 の中心軸は、主陽極 3 と副陰極 1 0 の前方において、主トーチ 1 及び副トーチ 2 の外部で交差するため、スイッチ手段 9 を閉じた後に、スイッチ手段 4 5 , 4 6 を開くと、副陰極 1 0 の先端部 1 0 a から主陽極 3 の陽極点に至るヘアピン状のプラズマ 1 8 による導電路が形成される。

【 0 0 3 1 】

その後、アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを副プラズマガス 4 9 として、副プラズマガス導入口 4 8 から副トーチ 3 9 内に導入し、副プラズマガス 4 9 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 4 3 , 4 4 を閉じた状態で、副電源 4 2 により副陰極 4 0 と副外套 4 1 との間に高周波電圧を印加する。その結果、副陰極 4 0 の先端 4 0 a から副外套 4 1 の孔 4 1 a の方向に向かう副プラズマアーク 5 6 が形成され、これにより副プラズマガス 4 9 が加熱され、プラズマとなって副外套 4 1 の孔 4 1 a から放出される。

【 0 0 3 2 】

主陽極 3 の中心軸と副陰極 4 0 の中心軸は、主陽極 3 と副陰極 4 0 の前方において、主トーチ 1 及び副トーチ 3 9 の外部で交差するため、副外套 4 1 の孔 4 1 a から放出されたプラズマは、副陰極 1 0 の先端部 1 0 a から主陽極 3 の陽極点に至るヘアピン状のプラズマ 1 8 と交差する。この状態において、スイッチ手段 4 5 , 5 5 を閉じた後に、スイッチ手段 4 4 , 7 0 を開くと、副陰極 1 0 , 4 0 の先端部 1 0 a , 4 0 a から主陽極 3 の陽極点に至る T 字状のプラズマ 1 8 による導電路が形成され、主トーチ 1 の同軸上にプラズマ炎 2 3 が形成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

材料送入管 1 9 から溶射材料吐出孔を介して吐出された溶射材料 2 0 は、主陽極 3 と副陰極 1 0 により、主陽極 3 の中心軸上に形成されるプラズマ 1 8 の軸中心に供給され、プラズマ炎 2 3 によって熔融される。本発明の実施の形態においては、溶射材料 2 0 が溶射材料吐出孔から吐出される際に、主外套 4 のテーパ部 4 b に設けたガス導入孔 4 c によりガス（例えば、アルゴンガスなどの不活性ガス、空気や酸素ガスなどの活性ガス）を導入して旋回ガス流を形成させることにより、主外套 4 における開口部 4 a やテーパ部 4 b の先端部の内壁に溶射材料 2 0 が付着することを防止することができる。また、溶射材料 2 0 の付着を防止することができるので、溶射材料 2 0 を効率よく熔融することができる。なお、本実施の形態においては、ガス導入孔 4 c を主外套 4 のテーパ部 4 b に設けることとしているが、主外套 4 の開口部 4 a の入口側に設けてもよいし、主外套 4 のテーパ部 4 b 及び開口部 4 a の入口側にそれぞれ設けてもよい。

10

また、上述のように、ガス噴出孔 4 c を設ける代わりに、溶射材料付着防止のためのガス流を外套内部全面に形成するよう、主外套 4 を多孔質金属材料 M により構成し、主外套 4 に設けたガス導入口 4 d から供給されたガスを、多孔質金属材料 M 内の微細孔を通して、主外套 4 の内部方向にのみ噴出させるようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

溶射材料 2 0 が熔融された熔融物 2 1 は、プラズマ炎 2 3 とともに基材 2 5 に向かって進行する。基材 2 5 の直前で、連結管 2 6 上に設けられたプラズマ分離手段 2 2 によってプラズマ 1 8 のみを分離して、熔融物 2 1 を基材 2 5 に吹き付け、気孔が少ない緻密な溶射材料 2 0 の皮膜 2 4 を効率よく形成することができる。

20

【 0 0 3 5 】

なお、本実施の形態においては、プラズマ溶射装置 1 0 0 b において副トーチを 2 つ設けることとしているが、副トーチを 3 つ以上設けてもよい。副トーチを 2 つ以上設ける場合には、これらの副トーチは、それらの中心軸が、主トーチ 1 の外部において、主陽極 3 の前方かつ中心軸の一点で交差するように、配置されていることが好ましく、その交差する点を中心とした、中心軸に垂直な円の外周上に均一に配置されていることがより好ましい。また、プラズマ溶射装置 1 0 0 b において副トーチを 2 つ以上設ける場合には、各副トーチの中心軸が上記交差する点で主トーチ 1 の中心軸に垂直に交差するように、各副トーチが配置されていることが好ましい。

30

【 0 0 3 6 】

また、上述のプラズマ溶射装置 1 0 0 a , 1 0 0 b における主外套 4 の開口部 4 a の先端側に、電氣的に絶縁された浮遊電極を 1 又は複数設けてもよい。これにより、熱ピンチ効果を高め、高温のプラズマを形成することが可能となり、溶射材料 2 0 を効率的に熔融させることができるようになる。さらに、上記浮遊電極を設けた部分にガスを導入する孔をさらに設けて不活性ガス（例えばアルゴンガスなど）又は活性ガス（例えば、空気や酸素など）を導入することとしてもよい。これにより、浮遊電極より上流側において開口部 4 a の内壁に溶射材料 2 0 が付着することを防止するとともに、熱ピンチ効果を高め、より高温のプラズマを形成することができるようになる。また、同様に、副外套 1 1 , 4 1 の開口部（孔 1 1 a , 4 1 a の部分）の先端側に、電氣的に絶縁された浮遊電極を 1 又は複数設けてもよいし、さらに、浮遊電極を設けた部分にガスを導入する孔をさらに設けて不活性ガス（例えばアルゴンガスなど）又は活性ガス（例えば、空気や酸素など）を導入することとしてもよい。これにより、熱ピンチ効果を高め、より高温のプラズマを形成することができるようになる。

40

【 0 0 3 7 】

次に、本発明のプラズマ溶射装置として、主トーチの外套における開口部の出口側に副トーチが設けられた、主トーチと副トーチの一体型プラズマ溶射装置について説明する。なお、本実施の形態においては、主トーチと副トーチの一体型プラズマ溶射装置の好ましい例として、主トーチにおける電極が主陽極（アノード）であって、副トーチにおける電極が副陰極（カソード）である一体型プラズマ溶射装置 1 0 0 c について説明するが、主

50

トーチと副トーチの一体型プラズマ溶射装置は、主トーチにおける電極が主陰極であって、副トーチにおける電極が副陽極である一体型プラズマ溶射装置であってもよい。図3に、本発明の他の一実施形態として説明する一体型プラズマ溶射装置100cの概略構成を示す。

【0038】

主トーチ1は、主陽極3と、該主陽極3を囲む主外套4と、主陽極3と主外套4とを絶縁する絶縁体27などを備える。

主陽極3は、電気伝導率に優れた材料、例えば、銅などの金属により形成されている。主陽極3は、中心軸の先端中央に溶射材料吐出孔を有する材料送入管19を備える。主陽極3は、主外套4と、絶縁体27によって同心に保持されている。

10

【0039】

主外套4は、先端部の開口部（ノズル部）4aと、該開口部4aと絶縁体27との間に設けられたテーパ部4bとを備えている。開口部4aには、電氣的に絶縁された絶縁体60が設けられており、開口部4aの下流には、不活性ガスを導入して旋回ガス流を形成させる不活性ガス導入孔4cが設けられている。一方、開口部4aの上流には、副トーチ2が設けられている。

また、上記実施形態と同様に、旋回流を形成するためのガス噴出孔4cを設ける代わりに、溶射材料付着防止のためのガス流を外套内部全面に形成するように、主外套4を多孔質金属材料Mにより構成し、主外套4に設けたガス導入口4dから供給されたガスを、多孔質金属材料M内の微細孔を通して、主外套4の内部方向にのみ噴出させるようにしてもよい。

20

【0040】

副トーチ2は、副陰極（副トーチ起動電極）10と、該副陰極10を囲む副外套11と、副陰極10と副外套11とを絶縁する絶縁体28などを備え、副トーチ2の中心軸、すなわち副陰極10の中心軸は、主トーチ1の中心軸、すなわち主陽極3の中心軸と、主陽極3と副陰極10との前方で交差するように配置されている。

副陰極10は、融点が高い材料、例えば、タングステンなどの材料により形成されている。副陰極10は、副外套11と、絶縁体28によって同心に保持されている。

【0041】

副外套11は、先端部に孔を備えている。絶縁体28は、副プラズマガス13を導入する副プラズマガス導入口12と、主トーチ1の絶縁体27と同様の旋回流形成手段50を有している。

30

絶縁体27は、主プラズマガス6を導入する主プラズマガス導入口5と、主プラズマガス6の旋回流形成手段50を有している。

【0042】

主電源7の正端子は主陽極3に接続され、主電源7の負端子はスイッチ手段8を介して主外套4のテーパ部4bに接続される。

副電源14の正端子は、副外套11に接続され、副電源14の負端子は、スイッチ手段15を介して副陰極10に接続され、また、スイッチ手段9を介して主電源7の負端子に接続される。

40

【0043】

次に、一体型プラズマ溶射装置100cを用いて溶射材料をプラズマ溶射する方法について説明する。

アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを主プラズマガス6として、主プラズマガス導入口5から主トーチ1内に導入し、主プラズマガス6の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段9を開き、スイッチ手段8を閉じた状態で、主電源7により主陽極3と主外套4のテーパ部4bとの間に高周波電圧を印加する。その結果、主陽極3の先端から主外套4の開口部4aの方に向かう主プラズマアークが形成され、これにより主プラズマガス6が加熱される。

【0044】

50

加えて、アルゴン、ヘリウムなどのプラズマ化が可能な不活性ガスを副プラズマガス 13 として、副プラズマガス導入口 12 から副トーチ 2 内に導入し、副プラズマガス 13 の旋回流を形成させる。また、スイッチ手段 15 を閉じた状態で、副電源 14 により副陰極 10 と副外套 11 との間に高周波電圧を印加する。その結果、副陰極 10 の先端 10a から副外套 24 の孔 11a の方に向かう副プラズマアークが形成され、これにより副プラズマガス 13 が加熱される。

【0045】

主陽極 3 の中心軸と副陰極 10 の中心軸は、主陽極 3 と副陰極 10 の前方において交差するため、スイッチ手段 9 を閉じ、スイッチ手段 8, 15 を開くと、副陰極 10 の先端部から主陽極 3 の陽極点に至るヘアピン状のプラズマによる導電路が形成される。

10

【0046】

この場合、主トーチ 1 の構造と供給される主プラズマガス 6、及び副トーチ 2 の構造と副トーチ 2 に供給される副プラズマガス 13 の量を適切に設定することにより、図 4 に示されたように、主トーチ 1 のほぼ同軸上にプラズマ炎 23 を形成することができる。

【0047】

材料送入管 19 から溶射材料吐出孔を介して吐出された溶射材料 20 は、主陽極 3 と副陰極 10 により主陽極 3 の中心軸上に形成されるプラズマの軸中心に供給され、プラズマ炎 23 によって熔融される。本発明の実施の形態においては、副トーチ 2 を主トーチ 1 の主外套 4 の絶縁体 60 の上流（先端）に埋め込むことにより、プラズマアークを主トーチ 1 内に閉じ込めて熱ピンチ効果を高め、プラズマアークの入力を増大させることができる。また、溶射材料 20 が溶射材料吐出孔から吐出される際に、主外套 4 の開口部 4a の入口側に設けた不活性ガス導入口 4c によりガス（例えばアルゴンガスなどなどの不活性ガス、空気や酸素ガスなどの活性ガス）を導入して旋回ガス流を形成させることにより、主外套 4 における開口部 4a の内壁に溶射材料 20 が付着することを防止することができる。さらに、溶射材料 20 の付着を防止することができるので、溶射材料 20 を効率よく熔融することができる。溶射材料 20 が熔融された熔融物は、基材 25 に吹き付けられ、気孔が少ない緻密な溶射材料 20 の皮膜が効率よく形成される。なお、本実施の形態においては、ガス導入口 4c を主外套 4 の開口部 4a の入口側に設けることとしているが、主外套 4 のテーパ部 4b に設けてもよいし、主外套 4 のテーパ部 4b 及び開口部 4a の入口側にそれぞれ設けてもよい。

20

30

また、上記のように、旋回流を形成するためのガス噴出孔 4c を設ける代わりに、溶射材料付着防止のためのガス流を外套内部全面に形成するよう、主外套 4 を多孔質金属材料 M により構成し、主外套 4 に設けたガス導入口 4d から供給されたガスを、多孔質金属材料 M 内の微細孔を通して、主外套 4 の内部方向にのみ噴出させるようにしてもよい。

【0048】

次に、上述のプラズマ溶射装置 100a ~ 100c における主陽極 3 の好ましい実施形態を例に挙げて説明する。図 6 ~ 8 に、本発明の好ましい実施形態として説明する主陽極 3 の先端部の概略構成図を示す。

図 6 に示すように、主陽極 3 には、主陽極 3 の外周面と材料送入管 19 との間に、冷却水 W を循環させる冷却通路 3A が設けられている。

40

主陽極 3 の先端面 3f は、中心軸上に内側に突の形状（例えば、内側に突の円錐台状など）に形成されており、主陽極 3 の先端面 3f の中央に材料送入管 19 の出口である溶射材料吐出孔 19P が配置され、主陽極 3 の先端外周の突出部（先端の縁）が陽極点 3P となる。

【0049】

材料送入管 19 より送入された溶射材料 20 は、図 6 に示すように、主陽極 3 の陽極点 3P の位置を材料送入管 19 の溶射材料吐出孔 19P の位置より陰極点に近くなるように設けることにより、溶射材料 20 を供給する際には、溶射材料 20 とプラズマ（プラズマアーク）18 の陽極点とが干渉することない。また、主トーチ 1 の中心軸 C と同一直線上にプラズマ 18 の軸中心がくるため、プラズマ 18 の高温部に溶射材料 20 を供給し、ほ

50

ば完全に溶融することができる。供給する溶射材料 20 としては、金属等の導電性材料、セラミックス等の絶縁性材料などの粉末を用いることができる。なお、金属等の導電性材料を用いる場合には、材料送入管 19 は、耐熱性かつ絶縁性を有するセラミックス等の材質で作製することが好ましい。

【0050】

なお、主陽極 3 の先端部の構造は、陽極点 3 P が、溶射材料吐出孔 19 P より外周側に位置し、溶射材料吐出孔 19 P と互いに干渉することのないように配置されていれば、特に制限されるものではない。また、主陽極 3 の先端部は、図 7 に示すように、溶射材料吐出孔 19 P と陽極点 3 P がそれぞれ干渉することのない位置、例えば先端面 3 f における溶射材料吐出孔 19 P と陽極点 3 P の間の位置に外周面から貫通する、溶射材料の付着を防止するためのガス噴出孔 31 を 1 又は複数備えることが好ましい。さらに、主陽極 3 の先端部は、図 8 に示すように、円錐台状に形成されており、上記ガス噴出孔 31 を、先端面 3 f における溶射材料吐出孔 19 P と陽極点 3 P がそれぞれ干渉することのない位置に外周面から貫通するように設けることがより好ましい。

【符号の説明】

【0051】

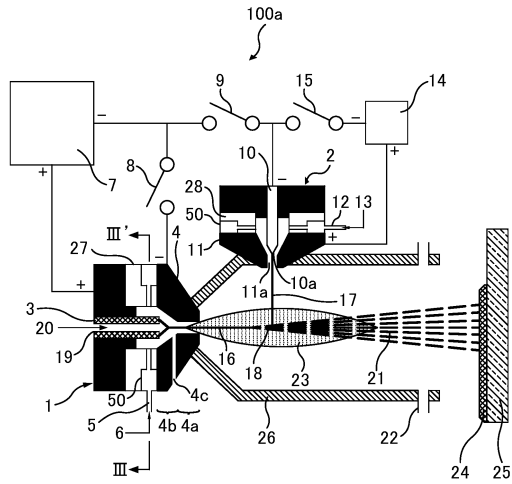
1 主トーチ、2 副トーチ、3 主陽極、3 A 冷却通路、3 f 先端面、3 P 陽極点、4 主外套、4 a 開口部、4 b テーパー部、4 c ガス導入孔、4 d ガス導入口、5 主プラズマガス導入口、6 主プラズマガス、7 主電源、8, 9 スイッチ手段、10 副陰極、10 a 副陰極の先端、11 副外套、11 a 孔、12 副プラズマガス導入口、13 副プラズマガス、14 副電源、15 スイッチ手段、16 主プラズマアーク、17 副プラズマアーク、18 プラズマ、19 材料送入管、19 P 溶射材料吐出孔、20 溶射材料、21 溶融物、22 プラズマ分離手段、23 プラズマ炎、24 皮膜、25 基材、26 連結管、27, 28 絶縁体、31 ガス噴出孔、39 副トーチ、40 副陰極、40 a 副陰極の先端、41 副外套、41 a 孔、42 副電源、43, 44, 45, 46 スイッチ手段、47 絶縁体、48 副プラズマガス導入口、49 副プラズマガス、50 旋回流形成手段、51 ガス環状室、52 旋回流形成孔、53 内壁、55 スイッチ手段、56 副プラズマアーク、60 絶縁体、70 スイッチ手段、100 a 複合トーチ型プラズマ溶射装置、100 b ツインカソード型プラズマ溶射装置、100 c 一体型プラズマ溶射装置、C 中心軸、M 多孔質金属体、W 冷却水

10

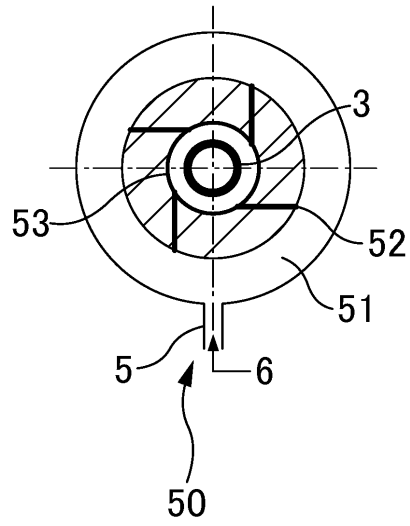
20

30

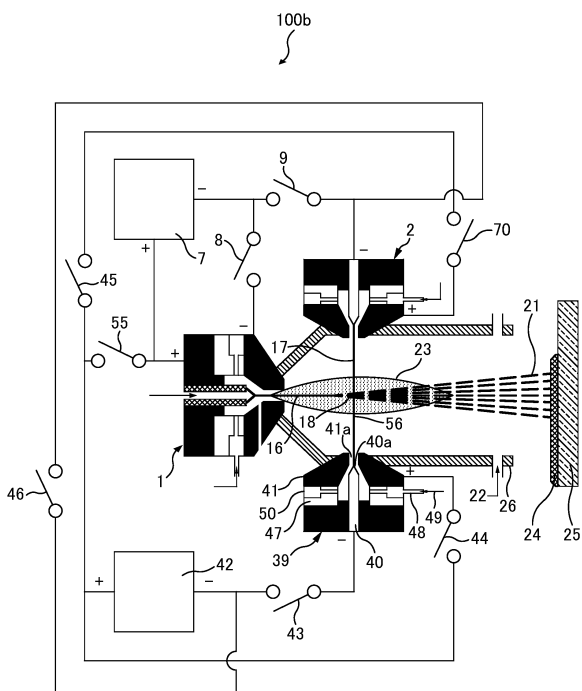
【図 1】



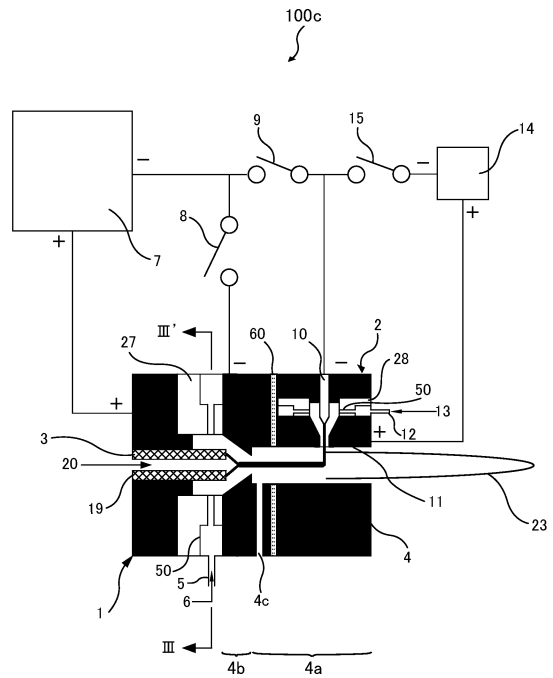
【図 2】



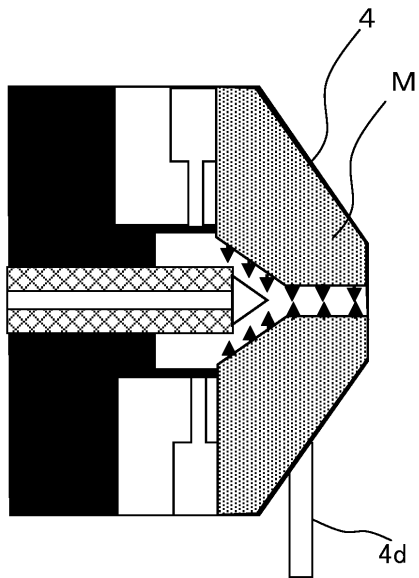
【図 3】



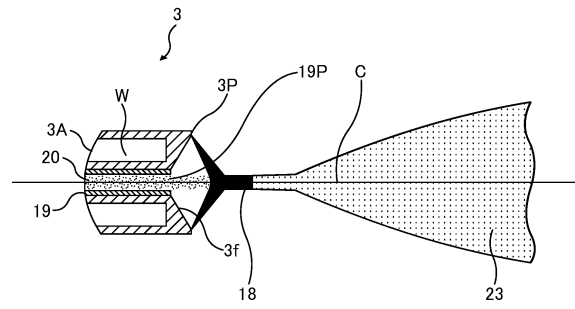
【図 4】



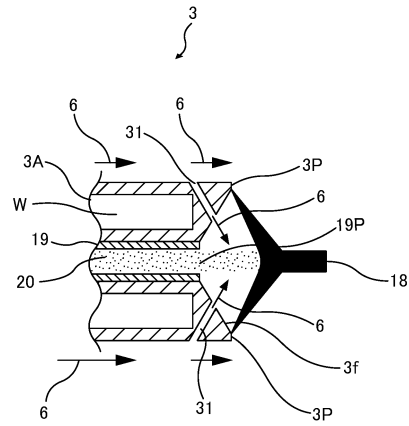
【図 5】



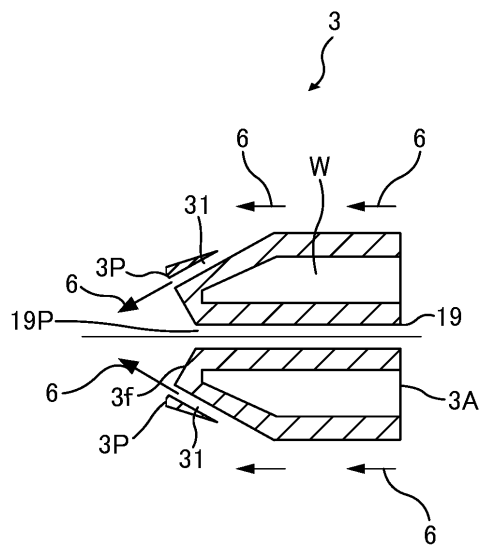
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 石丸 秀雄

広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内

(72)発明者 崎山 智司

山口県宇部市常盤台2丁目16-1 国立大学法人山口大学工学部内

審査官 平井 裕彰

(56)参考文献 特開平02-079400(JP,A)

特許第3733461(JP,B2)

特開2010-110669(JP,A)

特開昭63-091160(JP,A)

特開2009-195883(JP,A)

特開昭62-130777(JP,A)

特開昭61-259778(JP,A)

特公昭51-013473(JP,B1)

特開2004-082024(JP,A)

米国特許出願公開第2010/0314467(US,A1)

特許第4804854(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B05B7/00~7/32

C23C4/12

H05H1/42~1/44

JSTPlus/JST7580/JSTChina(JDreamIII)