

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-178149

(P2018-178149A)

(43) 公開日 平成30年11月15日(2018.11.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C23C 24/04 (2006.01)	C23C 24/04	4F033
B05B 7/14 (2006.01)	B05B 7/14	4K044

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2017-74481 (P2017-74481)	(71) 出願人	594062640
(22) 出願日	平成29年4月4日 (2017.4.4)		ブラズマ技研工業株式会社
			埼玉県大里郡寄居町今市4-1
		(74) 代理人	100124327
			弁理士 吉村 勝博
		(74) 代理人	100143786
			弁理士 根岸 宏子
		(74) 代理人	100169247
			弁理士 小野 佳世
		(72) 発明者	深沼 博隆
			埼玉県大里郡寄居町大字今市4-1 プラ
			ズマ技研工業株式会社内
		Fターム(参考)	4F033 QA01 QB02Y QB05 QB12Y QB13Y
			QB19 QD02 QD15 QE09 QF07Y
			QG33 QG39 QH02
			4K044 CA23 CA24 CA71

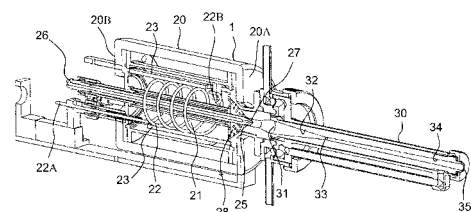
(54) 【発明の名称】 コールドスプレーガン及びそれを備えたコールドスプレー装置

(57) 【要約】

【課題】装置の小型軽量化を実現しつつ、原料粉末を安定して所定の高温に加熱することができるコールドスプレーガンおよびそれを用いたコールドスプレー装置を提供することを目的とする。

【解決手段】この目的を達成するため、搬送ガスにより搬送された原料粉末を、当該原料粉末の融点又は軟化点以下の作動ガスと共に超音速流でノズル出口から噴出して、当該原料粉末を固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成するコールドスプレーガンであって、当該ノズルに送出する当該作動ガスを収容するチャンバーを備え、当該チャンバー内に、通電により抵抗発熱する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管を配置し、当該ガス加熱配管内部に流入する作動ガスを加熱することを特徴とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

搬送ガスにより搬送された原料粉末を、当該原料粉末の融点又は軟化点以下の作動ガスと共に超音速流でノズル出口から噴出して、当該原料粉末を固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成するコールドスプレーガンであって、

当該ノズルに送出する当該作動ガスを収容するチャンバーを備え、当該チャンバー内に、通電により抵抗発熱する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管を配置し、当該ガス加熱配管内部に流入する作動ガスを加熱することを特徴とするコールドスプレーガン。

【請求項 2】

前記ガス加熱配管は、内部に作動ガス流路が形成されたコイルヒータである請求項 1 に記載のコールドスプレーガン。

10

【請求項 3】

前記ガス加熱配管は、作動ガス入口側端部が前記チャンバー外に引き出され、作動ガス出口側端部が当該チャンバー内で開口する請求項 1 又は請求項 2 に記載のコールドスプレーガン。

【請求項 4】

前記ガス加熱配管は、前記チャンバー内に絶縁部材を介して保持されると共に、前記作動ガス端部が前記チャンバー内壁に当接して配置される請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載のコールドスプレーガン。

【請求項 5】

請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載のコールドスプレーガンを備えたことを特徴とするコールドスプレー装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本件出願に係る発明は、原料粉末を作動ガスと共にノズルから高速で噴出し、固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成するコールドスプレーガン及びそれを備えたコールドスプレー装置に関する。本件出願に係る発明は、特に、当該作動ガスの加熱に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、種々の金属部材には、耐摩耗性や耐食性の向上を目的として、ニッケル、銅、アルミニウム、クロムまたはこれら合金等の皮膜を形成する技術が採用されている。一般的な皮膜形成方法としては、電気めっき法、無電解めっき法、スパッタリング蒸着法やプラズマ溶射法等がある。近年では、これらの方法に変わる手法として、溶射法や、コールドスプレー法が注目されている。

30

【0003】

溶射法は、減圧プラズマ溶射（LPPS）、フレイム溶射、高速フレイム溶射（HVOF）、大気プラズマ溶射等がある。これらの溶射法では、皮膜形成材料を加熱し、溶融または半溶融の微粒子の状態で、基材表面に高速度で衝突させることにより、皮膜を形成する。

40

【0004】

これに対して、コールドスプレー法は、高圧の作動ガスが供給されているコールドスプレーガンのチャンバー内に、パウダーポートから搬送ガスにより搬送された原料粉末を噴出させて投入し、当該原料粉末を含む作動ガスを超音速流として噴出し、当該原料粉末を固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成する方法である。このとき、コールドスプレーガン内の作動ガスの温度は、皮膜を形成する金属、合金、金属間化合物、セラミックス等の原料粉末の融点または軟化点よりも低い温度に設定している。よって、コールドスプレー法を用いて形成した金属皮膜は、上述したような従来の手法を用いて形成した同種の金属皮膜に比べて酸化や熱変質が少なく、緻密、高密度で密着性が良好であると同時に導電性、熱伝導率が高くなることが知られている。

50

【0005】

図4に、従来のコールドスプレー装置100の概略構成を示す模式図を示す。窒素ガス、ヘリウムガス、空気等の高圧ガスが貯蔵されている圧縮ガスボンベ2からのガス供給ライン3は、作動ガスライン4と、搬送ガスライン5とに分岐される。作動ガスライン4には、内部に作動ガス流路が形成された電気抵抗発熱体からなるヒータ101が介設されている。作動ガスライン4に流入した作動ガスは、当該ヒータ101において原料粉末の融点又は軟化点以下の温度まで加熱された後、コールドスプレーガン102のチャンバー103内に導入される。

【0006】

搬送ガスライン5には、原料粉末供給装置6が設けられ、搬送ガスライン5に流入した搬送ガスは、原料粉末供給装置6に導入されて原料粉末を同伴して、コールドスプレーガン102のチャンバー103内のパウダーポート104から作動ガス中に供給される。

【0007】

当該チャンバー103の先端には、コールドスプレーノズル30が装着されている。よって、チャンバー103内の作動ガスは、パウダーポート104から供給された原料粉末を同伴して、当該コールドスプレーノズル30の円錐状の先細部32からスロート部33を通過して超音速流となり、さらに円錐状の膨張部34の先端に位置するノズル出口35から噴出する。コールドスプレーノズル30から噴出された原料粉末は、固相状態のまま、基材40の表面に衝突して堆積し、皮膜41を形成する。

【0008】

このコールドスプレー法では、基材に衝突する原料粉末粒子の速度と温度が皮膜付着効率が大きく影響する。具体的に、原料粉末粒子の速度は、ガス速度に依存し、ガス速度はチャンバー内のガス温度の平方根に比例して増加する。コールドスプレー皮膜の特性は、原料粉末粒子の衝突速度に大きく影響を受け、一般的には衝突速度が速いほど緻密で密着力の高い皮膜を形成することができる。より高速の粒子速度を得るためには、ガス温度をできるだけ高温にすることが望ましい。また、ガス圧力も原料粉末粒子の速度に影響を与える。具体的には、流速が等しく圧力が異なるガスの流れの中に粒子が投入されたとき、圧力の高いガス流、すなわち、ガス密度の高いガス流は、圧力の低いガス流、すなわち、ガス密度の低いガス流に比べて粒子を加速する力が強いので、粒子はより高速になる。

【0009】

例えば、特許文献1には、金属、合金、ポリマーおよび金属の機械的混合物からなる群から選択された少なくとも1つの第1の材料の粉末の粒子をガス中に導入することを含む、物品にコーティングを施すためのガスダイナミックスプレー方法において、予混合チャンバに供給するガス加熱のための手段として、ガスが流れる薄肉管の螺旋状の抵抗体合金製の発熱素子を用いることが開示されている。

【0010】

また、特許文献2には、加熱対象のガス流が貫流する筒状圧力容器および該圧力容器の内部に配置された加熱ヒータを有する高圧ガス加熱器と、内部を通過するガス流に外部から粒子供給管を介して粒子を供給可能な混合チャンバーと、下流に向かって収斂する収斂通路、次いでノズルスロート部を介して拡散通路へと続くラバルノズルとを備え、高圧ガス加熱器と、混合チャンバーと、ラバルノズルとがガス流の上流側から順に連設され、高圧ガス加熱器と混合チャンバーの内部におけるガス流との接触面の少なくとも一部が断熱されているコールドガススプレーガンが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】米国第5302414号公報

【特許文献2】特表2009-531167号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0012】

しかしながら、特許文献1に示されるようなガス加熱に用いる螺旋状の抵抗体合金製の配管では、内部を流れる作動ガスが高圧であるため、当該配管を高温に加熱すると、配管内外での圧力差がより大きくなり、変形や破裂の危険性がある。特に、加熱に用いる配管の温度が、当該配管を構成する材料の降伏応力が低くなる温度以上に高くなると、配管内外での圧力差によって配管が破裂する危険性が高くなる。そのため、当該配管内の圧力は、高くても5MPaに抑えなければならない。

【0013】

また、当該配管は、所定の耐圧構造を備えていることから、管厚が厚く、熱容量が大きい。そのため、内部を流れる作動ガスの温度を安定させるまでに、多くの電力が必要となるばかりか、ケーシングを設けた場合であっても、当該配管表面からの放熱による熱損失が大きい。よって、特許文献1に示されるような加熱手段は、エネルギー効率が悪いという問題があった。また、必要となる熱量を確保するためには、加熱手段の容量を大きくする必要があり、装置全体の大型化を招く問題があった。

10

【0014】

そこで、特許文献2に示されるように、圧力容器の内部に加熱ヒータを設けたコールドガススプレーガンが開発されているが、当該特許文献2では、加熱ヒータが多数のフィラメント形態の電熱線から成るフィラメントヒータであるため、断線し易いという問題がある。そのため、長時間安定した運転を行うことが困難となる問題がある。

【0015】

また、特許文献1や特許文献2に代表されるような従来のコールドスプレー装置は、融点や軟化点が1000℃以下の金属材料等を用いて皮膜形成する場合、十分な皮膜特性を実現することができるが、融点や軟化点がより高い金属材料を用いて皮膜形成するためには、不向きであった。緻密で密着力の高い皮膜を形成するためには、用いる金属材料等の融点や軟化点により近い温度にまで作動ガスを加熱する必要がある。しかし、従来のコールドスプレー装置において、作動ガスを1000℃より高い温度に加熱することは、事実上、多くの障害があり、融点や軟化点が1000℃を超える金属材料等については、十分な皮膜特性を実現することは困難であった。

20

【0016】

以上のことから、装置の小型軽量化を実現しつつ、原料粉末を安定して所定の高温に加熱することができるコールドスプレーノズルおよびそれを用いたコールドスプレー装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0017】

そこで、本件発明者等は、鋭意研究の結果、本発明に係るコールドスプレーガン及びそれを用いたコールドスプレー装置に想到した。以下、「コールドスプレーガン」と「コールドスプレー装置」に分けて述べる。

【0018】

＜本発明に係るコールドスプレーガン＞

本発明に係るコールドスプレーガンは、搬送ガスにより搬送された原料粉末を、当該原料粉末の融点又は軟化点以下の作動ガスと共に超音速流でノズル出口から噴出して、当該原料粉末を固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成するものであって、当該ノズルに送出する当該作動ガスを収容するチャンバーを備え、当該チャンバー内に、通電により抵抗発熱する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管を配置し、当該ガス加熱配管内部に流入する作動ガスを加熱することを特徴とする。

40

【0019】

本発明に係るコールドスプレーガンにおいて、前記ガス加熱配管は、コイル形状であることが好ましい。

【0020】

本発明に係るコールドスプレーガンにおいて、前記ガス加熱配管は、作動ガス入口側端

50

部が前記チャンバー外に引き出され、作動ガス出口側端部が当該チャンバー内で開口することが好ましい。

【0021】

本発明に係るコールドスプレーガンにおいて、前記ガス加熱配管は、前記チャンバー内に絶縁部材を介して保持されると共に、前記作動ガス出口側端部が前記チャンバー内壁に当接して配置されることが好ましい。

【0022】

<本発明に係るコールドスプレー装置>

本発明に係るコールドスプレー装置は、上述したコールドスプレーガンを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

本発明のコールドスプレーガンによれば、内部に作動ガスが流通する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管が、ノズルに送出する作動ガスを収容するチャンバー内に配置されているため、ガス加熱配管内とチャンバー内との圧力差が小さくなり、ガス加熱配管にかかる負荷が小さくなる。よって、ガス加熱配管内の作動ガスの圧力を高く設定しても、当該ガス加熱配管が変形や破裂するおそれが少ない。ゆえに、従来と比べて加熱配管内外の圧力差が極めて低いため、ガス加熱温度を、当該ガス加熱配管の材料の降伏応力が極めて低くなる温度、例えば1200℃まで上げても当該加熱配管が破壊されることを回避することができる。例えば従来の加熱方式では、ヒータの温度を1000℃とした場合、加熱配管内外の圧力差は5MPa程度が限界であったが、本発明によれば、ガス加熱配管の内外の圧力差が0.5MPa程度とすることができ、当該ガス加熱配管温度を1200℃まで上げても当該加熱配管が破壊されるおそれがない。よって、本発明によれば、作動ガスの温度を従来よりも高温に設定できるため、従来と比べて100～150m/s程度速い粒子速度を実現することができる。したがって、より緻密で機械的特性に優れた皮膜形成を実現することができる。

【0024】

また、本発明のコールドスプレーガンは、高温高圧の作動ガスが収容されるチャンバー内にガス加熱配管を配置するため、ガス加熱配管の熱損失が少ない。さらに、上述したように、ガス加熱配管の温度を従来よりも高く設定することができるため、作動ガスの流速を速めることができる。よって、ガス加熱配管の内壁と作動ガスとの境膜の厚さを薄くすることができる、ガス加熱配管から当該ガス加熱配管内を流れる作動ガスへの熱伝達効率をさらに向上させることができる。したがって、チャンバーの外に作動ガスを加熱する装置が設けられている場合と比べてエネルギー消費量を大幅に削減することができ、装置全体の小型軽量化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本実施の形態に係るコールドスプレー装置の概略構成を示す模式図である。

【図2】本実施の形態に係るコールドスプレーガンの概略断面図である。

【図3】図2のコールドスプレーガンの断面斜視図である。

【図4】従来のコールドスプレー装置の概略構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

本発明は、搬送ガスにより搬送された原料粉末を、当該原料粉末の融点又は軟化点以下の作動ガスと共に超音速流でノズル出口から噴出して、当該原料粉末を固相状態のまま基材に衝突させて皮膜を形成するコールドスプレーガンであって、当該ノズルに送出する当該作動ガスを収容するチャンバーを備え、当該チャンバー内に、通電により抵抗発熱する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管を配置し、当該ガス加熱配管内部に流入する作動ガスを加熱することを特徴とするものである。以下、本発明のコールドスプレーガンを用いたコールドスプレー装置の実施形態を、図面を参照して説明する。

【0027】

図1は本実施の形態に係るコールドスプレー装置Cの概略構成を示す模式図である。本実施の形態に係るコールドスプレー装置Cは、本発明にかかるコールドスプレーガン1と、当該コールドスプレーガン1に原料粉末を搬送ガスと共に供給する原料粉末供給装置6と、コールドスプレーガン1に所定の圧力の作動ガスを供給し、原料粉末供給装置6に所定の圧力の搬送ガスを供給する圧縮ガス供給部とを備えている。

【0028】

圧縮ガス供給部は、高圧ガスをコールドスプレーガン1や原料粉末供給装置6に供給可能とするものであれば、いずれのものを採用することができ、本実施の形態では、高圧ガスが貯蔵された圧縮ガスボンベ2を用いている。よって、本発明において、当該圧縮ガス供給部は、例えば、圧縮機等から供給するものであってもよい。

10

【0029】

圧縮ガス供給部からコールドスプレーガン1に供給される作動ガスや、原料粉末供給装置6に供給される搬送ガスとして用いられるガスは、ヘリウム、窒素、空気、アルゴン、これらの混合ガス等を用いることができる。皮膜形成に用いる原料粉末に応じて、任意に選択することができる。高い流速を実現する場合には、ヘリウムを用いることが好ましい。

【0030】

本実施の形態において、圧縮ガスボンベ2に接続されたガス供給ライン3は、コールドスプレーガン1に接続される作動ガスライン4と、原料粉末供給装置6に接続される搬送ガスライン5とに分岐される。

20

【0031】

作動ガスライン4の端部は、コールドスプレーガン1のチャンバー21内に配設されたガス加熱配管22の入口側端部22Aに接続されている。当該作動ガスライン4には、圧力調整器11、流量計12が介設されており、圧縮ガスボンベ2からガス加熱配管22に供給される作動ガスの圧力及び流量が調整される。

【0032】

搬送ガスライン5の端部は、原料粉末供給装置6に接続されている。原料粉末供給装置6は、原料粉末が収容されたホッパー13と、当該ホッパー13から供給された原料粉末を計量する計量器14と、当該計量された原料粉末を搬送ガスライン5から供給された搬送ガスと共にコールドスプレーガン1のチャンバー21内に搬送する原料粉末供給ライン15を備えている。当該搬送ガスライン5には、圧力調整器16、流量計17、圧力計18が介設されており、圧縮ガスボンベ2から原料粉末供給装置6に供給される搬送ガスの圧力及び流量が調整される。

30

【0033】

本発明において用いられる原料粉末としては、金属、合金、金属間化合物等を挙げることができる。具体的には、ニッケル、鉄、銀、クロム、チタン、銅、又は、これらの合金の粉末を例示することができる。

【0034】

次に、本発明にかかるコールドスプレーガン1の実施の形態について、図2及び図3を参照して詳しく説明する。図2は本実施の形態に係るコールドスプレーガン1の概略断面図、図3は図2のコールドスプレーガン1の断面斜視図である。

40

【0035】

コールドスプレーガン1は、内部に高圧の作動ガスが収容されるチャンバー21が構成された本体20と、当該チャンバー21の先端に接続されたコールドスプレーノズル30とを備えている。なお、図中、28は、チャンバー21内の作動ガス流を整流して乱流にならないようにするための部材である。本体20は、例えば、3MPa～10MPaの高圧に耐えられるような耐圧性能を備えた有底筒状部材により構成されている。当該本体20は、例えば、導電性を備えたステンレス合金或いはニッケル基耐熱合金により構成されていることが好ましい。

50

【0036】

そして、当該チャンバー21内には、通電により抵抗発熱して内部に流入する作動ガスを上述した原料粉末の融点又は軟化点以下の高温に加熱する発熱抵抗体で構成されたガス加熱配管22が配置されている。本発明において、当該ガス加熱配管22を構成する発熱抵抗体は、通電により発熱する材料であれば、金属や導電性セラミックス等から選択されるいずれの材料も用いることができる。しかし、形状加工の自由度と機械強度とを勘案すると、合金材料を用いて作製することが好ましい。合金材料はその合金を構成する純金属よりも耐蝕性と耐熱性に優れており、電気抵抗も大きいのが通常だからである。

【0037】

中でも、鉄基合金系であるステンレススチール系は種類も多く、その加工技術も確立されているため、コスト面では有利である。しかし、作動ガスを1200℃以上に加熱することを考慮すると、ステンレススチール系では耐熱性と耐蝕性に不安がある。そこで、発熱抵抗体は、ニッケル基合金であるインコネル600と同等以上の耐熱特性を備える鉄基合金系やコバルト基合金系等から選択される耐熱耐蝕材料を用いて作製することが好ましい。具体的には、使用する作動ガスの種類や、圧量、そして作動ガスを加熱する最高温度と製作コスト等を勘案して最適な材料を選択すればよい。インコネル系以外の合金では、例えば、ニッケル基合金系ではハステロイ、鉄基合金系ではインコロイ、コバルト基合金系ではS810等が使用可能である。

【0038】

ところで、発熱抵抗体のガス加熱配管22を用いる作動ガスの加熱方式では、通電量を一定とすれば、作動ガスの温度は電気抵抗、すなわち、発熱抵抗体の長さから一義的に決定されることが通常である。しかし、発熱抵抗体が短いと、作動ガスと発熱抵抗体との接触時間が短くなるため、十分な加熱ができない場合がある。一般に、ガス加熱配管22内の作動ガスの流速は速いほど境界層が薄くなり、ガス加熱配管22から作動ガスへの熱伝達は大きくなるため、ガス加熱配管22の距離を短くしても所定のガス温度を得ることができる。また、ガス加熱配管22の内径を細くすれば、ガス加熱配管22内の作動ガスの流速を速くすることができるが、ガス加熱配管22内の圧力損失が大きくなる。そのため、当該ガス加熱配管22は、適正な内径と長さを採用することが好ましい。

【0039】

具体的には、当該ガス加熱配管22の管長は、目的とする作動ガスの加熱温度に応じて任意に設定することが好ましい。作動ガスの流量を毎分1000SLM程度を想定する場合には、ガス加熱配管22の管長は0.8m～1.2mの長さが好ましい。

【0040】

また、当該ガス加熱配管22の肉厚は、0.5mm～3.0mmとすることが好ましい。ガス加熱配管22の肉厚が0.5mmを下回る場合には、機械強度が低下し、ハンドリング時に折れや凹みなどの外観損傷が発生しやすくなるからである。ガス加熱配管22の肉厚が3.0mmを超えて厚くなると、電気抵抗が小さくなって、所望の発熱量を得るために必要な通電量が大きくなるからである。また、ガス加熱配管22の質量も大きくなって取扱いが困難になると同時に、通電用の電力源と発熱抵抗体自身に対して大きな費用が必要となるため好ましくないからである。

【0041】

さらに、当該ガス加熱配管22の内径は、3mm～16mmとすることが好ましく、4mm～10mmとすることがより好ましい。例えば、コールドスプレーガンの後述するスロート部の内径が2mm程度であると、当該スロート部から噴出する作動ガスの流速は、ほぼ音速である。そのため、ガス加熱配管22の内径が3mmを下回ると、当該ガス加熱配管22の内部を流れる作動ガスの流速は、音速の1/4以上の高速となり、圧力損失が大きくなる。この場合、作動ガスの供給源である圧縮ガスボンベ2内の圧力が低下すると、当該ガス加熱配管22の内部を流れる作動ガスの流速に変動が見られるようになる。作動ガス流速の変動は、形成される皮膜の品質ばらつきに大きな影響を及ぼすため好ましくない。一方、ガス加熱配管22の内径が16mmを超えると、ガス加熱配管22の内部を

流れる作動ガスの流速は内径が 4 mm の場合と比べて約 1 / 16 以下になるため、圧力損失に起因する問題はない。しかし、ガス加熱配管 22 と作動ガスとの接触面積が減少する。さらに、流速が小さくなると、ガス加熱配管 22 の内壁と作動ガスとの境膜の厚さが厚くなり、ガス加熱配管 22 から作動ガスへの伝熱速度が小さくなる。その結果、伝熱効率が低下する傾向が見られるようになるため好ましくない。

【0042】

また、当該コイル形状の巻数は、3 ~ 10 とすることが好ましい。当該コイル形状の巻数が 3 より小さいと、コイル径が大きくなり、既存のチャンバー 21 内に配置することが困難となるからである。一方、コイル形状の巻数が 10 を超えると、コイル径が小さくなるが、コイル形状のピッチが狭くなり、隣接する配管が接触する危険性が増加するからである。

10

【0043】

当該ガス加熱配管 22 は、入口側端部 22A が、チャンバー 21 の外側に引き出され、上述した圧縮ガスポンプ 2 から高圧の作動ガスが供給される作動ガスライン 4 に接続されている。そして、当該ガス加熱配管 22 の出口側端部 22B は、チャンバー 21 内にて開口している。本実施の形態において、当該ガス加熱配管 22 の出口側端部 22B は、筒状を呈するチャンバー 21 の軸方向であって、コールドスプレーノズル 30 が設けられる側とは反対側に向けて開口していることが好ましい。当該ガス加熱配管 22 から噴射された作動ガスの圧力をチャンバー 21 内において均一化するためである。

【0044】

本実施の形態において、当該ガス加熱配管 22 は、入口側端部 22A と、出口側端部 22B 以外の部分でショートすることを防止するため、絶縁部材 23 を介してチャンバー 21 内に配置されており、当該ガス加熱配管 22 の出口側端部 22B のみが、チャンバー 21 の内壁のいずれかに当接して配置されている。当該絶縁部材 23 は、絶縁性、耐熱性、耐圧性に優れたものであれば、特に、限定されるものではなく、例えば、セラミックスなどを採用することができる。

20

【0045】

そして、チャンバー 21 の外側に引き出されたガス加熱配管 22 の入口側端部 22A と、出口側端部 22B が当接したチャンバー 21 が構成される導電性の本体 20 との間に、電源 24 から電圧が印可されて、当該ガス加熱配管 22 は通電により抵抗発熱を生じる。よって、当該ガス加熱配管 22 の発熱により、内部を通過する作動ガスが、用いる原料粉末の融点又は軟化点以下の高温に加熱されると共に、当該ガス加熱配管 22 が配設されるチャンバー 21 内に収容される作動ガスも加熱される。外部に作動ガスを加熱するためのヒータが設けられる場合と異なり、作動ガスが収容されるチャンバー 21 内にガス加熱配管 22 が設けられることで、放熱による熱損失を大幅に抑制することができる。当該ガス加熱配管 22 の温度及び作動ガス温度は、当該ガス加熱配管 22 に流す電流で制御することが可能である。

30

【0046】

このガス加熱配管 22 が配設されたコールドスプレーガン 1 の本体 20 の一面 20A には、チャンバー出口 25 が形成されており、当該チャンバー出口 25 には、本体 20 内部のチャンバー 21 と連通するコールドスプレーノズル 30 が接続されている。そして、当該コールドスプレーノズル 30 が接続される一面 20A と対向する本体 20 の他面 20B には、上述した原料粉末供給ライン 15 が接続される原料粉末供給ノズル 26 が挿入されている。当該原料粉末供給ノズル 26 は、本体の一面 20A に接続されるコールドスプレーノズル 30 の中心軸と同軸上となるように、当該チャンバー 21 内に挿入されていることが好ましい。当該原料粉末供給ノズル 26 先端のパウダーポート 27 は、チャンバー 21 のチャンバー出口 25 付近にて開口している。このとき、パウダーポート 27 は、チャンバー出口 25 よりも径が小さくなるように形成されているが、当該チャンバー出口 25 は、出口にいくにしたがって先細り形状とされていることが好ましい。パウダーポート 27 から噴出された原料粉末がチャンバー 21 内に逆流してチャンバー 21 内を飛散する不

40

50

都合を抑制することができるからである。

【0047】

コールドスプレーノズル30は、先端のノズル入口31から延在方向にわたって先細りの円錐状に形成された先細部32と、当該先細部32に続く狭小なスロート部33と、当該スロート部33から他端のノズル出口35にわたって先広がり円錐状に形成された膨張部34とを備えている。本発明において、当該コールドスプレーノズル30は、既存のものをを用いることができ、材質や形状等について、特に限定されない。

【0048】

以上の構成により、本実施の形態におけるコールドスプレー装置Cを用いて皮膜を形成する動作について説明する。まず、高圧ガス供給部としての圧縮ガスポンプ2からガス供給ライン3及び作動ガスライン4を介して高圧の作動ガスをガス加熱配管22内に供給する。当該ガス加熱配管22は、コールドスプレーガン1のチャンバー21内に配設されており、入口側端部22Aと出口側端部22Bとの間に電源24により通電することで、抵抗発熱を生じる。ガス加熱配管22の大きさや材質、チャンバー21内の容積、作動ガスの種類や流量、目的とする加熱温度等にもよるが、当該ガス加熱配管22は、例えば、500A、30V～40Vの直流電流を供給してもよい。

【0049】

よって、当該ガス加熱配管22の入口側端部22Aから流入した作動ガスは、当該ガス加熱配管22内を通過する過程で、当該皮膜の形成に用いる原料粉末の融点又は軟化点以下の高温に加熱され、当該チャンバー21内にて開口した出口側端部22Bからチャンバー21内に噴射される。

【0050】

チャンバー21内に噴射された作動ガスは、当該チャンバー21が所定の容積を備えているため、流速が一定に調整される。特に、当該ガス加熱配管22の出口側端部22Bは、チャンバー21の出口に相当するコールドスプレーノズル30の接続側とは反対に向けて開口して形成されていることにより、圧縮ガスポンプ2からの圧力変動や配管振動に大きく影響されることなく、作動ガス流の流速を一定に調整した状態で、チャンバー出口25からコールドスプレーノズル30に噴射することができる。

【0051】

一方、原料粉末供給装置6には、高圧ガス供給部としての圧縮ガスポンプ2からガス供給ライン3及び搬送ガスライン5を介して高圧の搬送ガスが供給される。当該高圧の搬送ガスは、原料粉末供給装置6において、計量器14によって計量された所定量の原料粉末を同伴して、原料粉末供給ライン15を介して、コールドスプレーガン1に設けられた原料粉末供給ノズル26に流入する。この原料粉末供給ノズル26の先端に形成されたパウダーポート27は、チャンバー出口25付近において、当該コールドスプレーノズル30に向けて開口されている。そのため、チャンバー出口25付近の高速の作動ガス流に、原料粉末を伴った搬送ガスが供給される。

【0052】

パウダーポート27から供給された原料粉末を伴った高速の作動ガス流は、コールドスプレーノズル30の先細部32からスロート部33を通過して、超音速流となり、さらに先広がり円錐状に形成された膨張部34の先端に位置するノズル出口35から噴出する。このコールドスプレーノズル30から噴出された原料粉末は、固相状態のまま、基材40の表面に衝突して堆積し、皮膜41を形成する。

【0053】

本発明におけるコールドスプレーガンは、このように、高圧の作動ガスが流れるガス加熱配管22が、高圧の作動ガスを収容するチャンバー21内に配置されているため、ガス加熱配管22内とチャンバー21内との圧力差が小さくなり、ガス加熱配管22にかかる負荷が小さくなる。よって、ガス加熱配管22内の作動ガスの圧力を、例えば、5MPa～10MPa等に高く設定しても、当該ガス加熱配管22が変形や破裂するおそれが少ない。ゆえに、従来と比べて加熱配管内外の圧力差が極めて低いため、ガス加熱温度を当該

ガス加熱配管の材料の降伏応力が極めて低くなる温度、例えば1200℃まで上げてても当該加熱配管が破壊されることを回避することができる。例えば従来の加熱方式では、ヒータの温度を1000℃とした場合、加熱配管内外の圧力差は5MPa程度が限界であったが、本発明によれば、ガス加熱配管の内外の圧力差が0.5MPa程度とすることができるため、当該ガス加熱配管温度を1200℃まで上げてても当該加熱配管が破壊されるおそれがない。よって、本発明によれば、作動ガスの温度を従来よりも高温に設定できるため、従来と比べて100～150m/s程度速い粒子速度を実現することができる。したがって、付着効率が高く、より緻密で機械的特性に優れた皮膜形成を実現することができる。

【0054】

また、高温高压の作動ガスが収容されるチャンバー21内にガス加熱配管22を配置するため、当該ガス加熱配管22からの放熱によっても、加熱され、当該ガス加熱配管22の熱損失が少ない。さらに、上述したように、ガス加熱配管22のガス温度を従来よりも高く設定することができるため、作動ガスの流速を速めることができる。よって、ガス加熱配管22の内壁と作動ガスとの境界膜の厚さを薄くすることができ、ガス加熱配管22から当該ガス加熱配管22内を流れる作動ガスへの熱伝達効率をさらに向上させることができる。したがって、チャンバー21の外に作動ガスを加熱する装置が設けられている場合と比べてエネルギー消費量を大幅に削減することができ、従来と同じ加熱温度を実現する場合であっても、装置全体の小型軽量化を実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0055】

本件発明にかかるコールドスプレーガン及びコールドスプレー装置は、作動ガスを加熱するガス加熱配管がチャンバー内に配設されているため、作動ガスの加熱効率が高く、また、作動ガスをより高压、高温に設定することができる。よって、コールドスプレー装置全体の小型軽量化を実現しつつ、原料粉末を安定して所定の高温に加熱することができる。

【符号の説明】

【0056】

- C コールドスプレー装置
- 1 コールドスプレーガン
- 2 圧縮ガスボンベ（高压ガス供給部）
- 3 ガス供給ライン
- 4 作動ガスライン
- 5 搬送ガスライン
- 6 原料粉末供給装置
- 15 原料粉末供給ライン
- 20 本体
- 21 チャンバー
- 22 ガス加熱配管
- 22A 入口側端部
- 22B 出口側端部
- 23 絶縁部材
- 24 電源
- 25 チャンバー出口
- 26 原料粉末供給ノズル
- 27 パウダーポート
- 30 コールドスプレーノズル
- 31 ノズル入口
- 32 先細部
- 33 スロート部

10

20

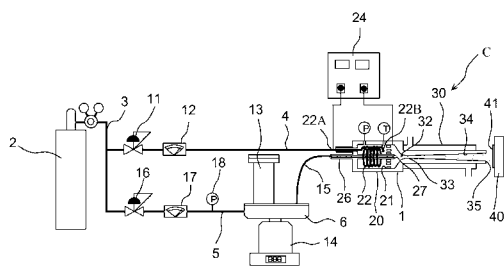
30

40

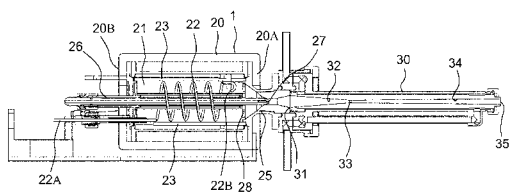
50

- 3 4 膨張部
- 3 5 ノズル出口
- 4 0 基材
- 4 1 皮膜

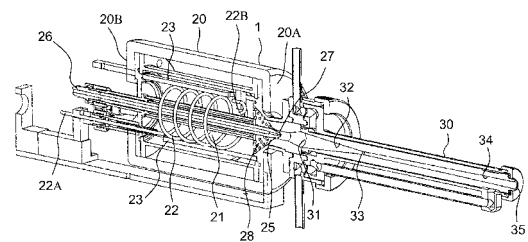
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

