

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7375868号
(P7375868)

(45)発行日 令和5年11月8日(2023.11.8)

(24)登録日 令和5年10月30日(2023.10.30)

(51)国際特許分類

F I

C 2 3 C	24/04	(2006.01)	C 2 3 C	24/04	
B 0 5 D	1/02	(2006.01)	B 0 5 D	1/02	Z
B 0 5 D	7/24	(2006.01)	B 0 5 D	7/24	3 0 1 A
B 0 5 D	7/14	(2006.01)	B 0 5 D	7/24	3 0 2 A
F 0 1 L	3/02	(2006.01)	B 0 5 D	7/14	P

請求項の数 5 (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2022-129600(P2022-129600)
 (22)出願日 令和4年8月16日(2022.8.16)
 (62)分割の表示 特願2021-510636(P2021-510636)
)の分割
 原出願日 平成31年3月29日(2019.3.29)
 (65)公開番号 特開2022-171663(P2022-171663)
 A)
 (43)公開日 令和4年11月11日(2022.11.11)
 審査請求日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(73)特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74)代理人 110000486
 弁理士法人とこしえ特許事務所
 (72)発明者 柴山 博久
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日
 産自動車株式会社内
 (72)発明者 鎌田 恒吉
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日
 産自動車株式会社内
 (72)発明者 田井中 直也
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日
 産自動車株式会社内
 (72)発明者 内海 貴人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 成膜方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに連続しない複数の被成膜部を有するワークと、コールドスプレー装置のノズルとを、前記複数の被成膜部に対する軌跡と、当該複数の被成膜部に対する軌跡を連結する接続軌跡とで構成される連続した移動軌跡に沿って、前記ノズルから原料粉末を連続して噴射しながら、相対的に移動させ、

前記複数の被成膜部のそれぞれに、コールドスプレー法により原料粉末を噴射して皮膜を形成する成膜方法において、

一つの被成膜部に対する軌跡は、両者がラップする成膜始点と成膜終点とを含み、

前記移動軌跡のうち前記ワークと前記ノズルとの相対速度が低くなる折り返し点を、前記接続軌跡の上に設定し、

前記接続軌跡は、前記折り返し点から前記成膜始点に向かう軌跡を含む成膜方法。

【請求項2】

前記移動軌跡のうち前記ワークと前記ノズルとの相対速度がゼロになる折り返し点を、前記接続軌跡の上に設定した請求項1に記載の成膜方法。

【請求項3】

前記被成膜部は、シリンダヘッドの吸気ポート又は排気ポートの開口部の全周であり、前記折り返し点を前記シリンダヘッドのシリンダブロックとの取付面の上に設定した請求項1又は2に記載の成膜方法。

【請求項4】

前記折り返し点において、ノズルと被成膜部との距離を大きくする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の成膜方法。

【請求項 5】

前記被成膜部の前記成膜始点より上流側に設定する折り返し点は、前記接続軌跡の上に設定し、

前記被成膜部の前記成膜終点に設定する折り返し点は、前記被成膜部に対する軌跡の上に設定する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コールドスプレー法による成膜方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

エンジンバルブの着座部に、コールドスプレー法により金属等の原料粉末を吹き付けることにより、優れた高温耐磨耗性を有するバルブシートを形成できるようにした摺動部材の製造方法が知られている（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第 2017/022505 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

自動車用エンジンは、マルチバルブ化により複数の吸気バルブ及び排気バルブを備える。そのため、複数のバルブの着座部に、コールドスプレー法によってバルブシートを形成する場合には、シリンダヘッドとコールドスプレー装置のノズルとを相対的に移動させて、複数の着座部とノズルとを順次に対向させるとともに、ノズルに対向された着座部にノズルから原料粉末を吐出して吹き付ける必要がある。

【0005】

コールドスプレー装置は、原料粉末の噴射を中断すると、再び原料粉末が安定して吹き付けられるようになるまでに数分間の待機時間を必要とする。そのため、原料粉末の噴射を中断することなくできる限り連続して行うようにすることが望ましい。しかしながら、一つのバルブシート膜を形成する場合、360°の円を描くようにノズルとシリンダヘッドとを相対移動させるが、円軌跡の成膜始点と成膜終点でラップ部分が生じたり、成膜終点から次のバルブシート膜を形成するためにノズルの移動速度がゼロになる折り返し点が生じたりする。

【0006】

ここで、ラップ部分の 1 層目に折り返し点が生じる軌跡では、1 層目の始点の表面の傾斜角度が急峻となり、ここに 2 層目を噴射すると原料粉末の偏平化が阻害され、疎な皮膜となる。

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、疎な皮膜が形成されるのを抑制することができるコールドスプレー式の成膜方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、互いに連続しない複数の被成膜部に対する軌跡と、当該複数の被成膜部に対する軌跡を連結する接続軌跡とで構成される連続した移動軌跡に沿って、原料粉末を連続して噴射し、皮膜を形成する成膜方法において、一つの被成膜部に対する軌跡は、両者がラップする成膜始点と成膜終点とを含み、前記移動軌跡のうち前記ワークと前記ノズルとの相対速度が低くなる折り返し点を、前記接続軌跡の上に設定し、前記接続軌跡は、前記

10

20

30

40

50

折り返し点から前記成膜始点に向かう軌跡を含むことによって上記課題を解決する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、移動軌跡のうちワークとノズルとの相対速度が低くなる折り返し点が接続軌跡上に設定されているので、折り返し点がラップ部の1層目の皮膜となることはない。この結果、疎な皮膜が形成されるのを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係るコールドスプレー装置を用いてバルブシート膜を形成するシリンダヘッドを示す断面図である。

10

【図2】図1のバルブ周辺の拡大断面図である。

【図3】本発明に係るコールドスプレー装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図4】本発明に係るコールドスプレー装置の一実施の形態のスプレーガンを示す正面図である。

【図5】図4のV-V線に沿う断面図である。

【図6】図4のスプレーガンをオフセットした状態を示す正面図である。

【図7】本発明に係るコールドスプレー装置を含む成膜工場を示す正面図である。

【図8】図7の平面図である。

【図9】本発明に係るコールドスプレー装置を用いてシリンダヘッドを製造する手順を示す工程図である。

20

【図10】本発明に係るコールドスプレー装置を用いてバルブシート膜が形成されるシリンダヘッド粗材の斜視図である。

【図11】図10のXI-XI線に沿う吸気ポートを示す断面図である。

【図12】図11の吸気ポートに切削工程で環状バルブシート部を形成した状態を示す断面図である。

【図13】図12の吸気ポートにバルブシート膜を形成する状態を示す断面図である。

【図14】バルブシート膜が形成された吸気ポートを示す断面図である。

【図15】図9の仕上工程後の吸気ポートを示す断面図である。

【図16】本発明に係る成膜方法において、コールドスプレー装置のノズルがポートの開口部上を移動する際の移動軌跡の一例を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

30

【図17】図16の一つの吸気ポートに対する移動軌跡を示す平面図である。

【図18】図17の移動軌跡にて成膜した場合の皮膜断面を示す図である。

【図19】一つの吸気ポートに対する移動軌跡の他の例を示す平面図である。

【図20】成膜始点及び成膜終点のラップ部に折り返し点を設定して成膜した比較例の移動軌跡を示す図である。

【図21】図20の比較例の移動軌跡にて成膜した皮膜断面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の一実施の形態を図面に基づいて説明する。初めに、本実施形態のコールドスプレー装置を適用して好ましい、バルブシート膜を備える内燃機関1について説明する。図1は、内燃機関1の断面図であり、主にシリンダヘッド周りの構成を示す。

40

【0012】

内燃機関1は、シリンダブロック11と、シリンダブロック11の上部に組み付けられたシリンダヘッド12とを備える。この内燃機関1は、例えば、直列4気筒のガソリンエンジンであり、シリンダブロック11は、図面奥行き方向に配列された4つのシリンダ11aを有する。各シリンダ11aは、図中の上下方向に往復移動するピストン13を収容し、各ピストン13は、コネクティングロッド13aを介して、図面奥行き方向に延びるクランクシャフト14と連結している。

【0013】

シリンダヘッド12のシリンダブロック11への取付面12aであって、各シリンダ1

50

1 a に対応する位置には、各気筒の燃焼室 1 5 を構成する 4 つの凹部 1 2 b が形成されている。燃焼室 1 5 は、燃料と吸入空気との混合気を燃焼させるための空間であり、シリンダヘッド 1 2 の凹部 1 2 b と、ピストン 1 3 の頂面 1 3 b と、シリンダ 1 1 a の内周面とで構成される。

【0014】

シリンダヘッド 1 2 は、燃焼室 1 5 と、シリンダヘッド 1 2 の一方の側面 1 2 c とを連通する吸気ポート 1 6 を備える。吸気ポート 1 6 は、屈曲した略円筒形状とされ、側面 1 2 c に接続したインテークマニホールド（不図示）からの吸入空気を燃焼室 1 5 内へ案内する。また、シリンダヘッド 1 2 は、燃焼室 1 5 と、シリンダヘッド 1 2 の他方の側面 1 2 d とを連通する排気ポート 1 7 を備える。排気ポート 1 7 は、吸気ポート 1 6 と同様に
10 屈曲した略円筒形状とされ、燃焼室 1 5 で生じた排気を、側面 1 2 d に接続したエキゾーストマニホールド（不図示）へ排出する。なお、本実施形態の内燃機関 1 は、1 つのシリンダ 1 1 a に対し、吸気ポート 1 6 と排気ポート 1 7 とを 2 つずつ備える。

【0015】

シリンダヘッド 1 2 は、燃焼室 1 5 に対して吸気ポート 1 6 を開閉する吸気バルブ 1 8 と、燃焼室 1 5 に対して排気ポート 1 7 を開閉する排気バルブ 1 9 とを備える。吸気バルブ 1 8 及び排気バルブ 1 9 のそれぞれは、丸棒状のバルブステム 1 8 a , 1 9 a と、バルブステム 1 8 a , 1 9 a の先端に設けられた円盤状のバルブヘッド 1 8 b , 1 9 b と、を
20 備える。バルブステム 1 8 a , 1 9 a は、シリンダヘッド 1 2 に組み付けた略円筒形状のバルブガイド 1 8 c , 1 9 c にスライド自在に挿通されている。これにより、吸気バルブ 1 8 及び排気バルブ 1 9 のそれぞれは、燃焼室 1 5 に対し、バルブステム 1 8 a , 1 9 a の軸方向に沿って移動自在となる。

【0016】

図 2 に、燃焼室 1 5 と、吸気ポート 1 6 及び排気ポート 1 7 との連通部分を拡大して示す。吸気ポート 1 6 は、燃焼室 1 5 との連通部分に略円形の開口部 1 6 a を備える。この開口部 1 6 a の環状縁部に、吸気バルブ 1 8 のバルブヘッド 1 8 b と当接する環状のバルブシート膜 1 6 b が形成されている。そして、吸気バルブ 1 8 が、バルブステム 1 8 a の軸方向に沿って上方に移動すると、バルブヘッド 1 8 b の上面がバルブシート膜 1 6 b に当接して吸気ポート 1 6 を閉塞する。逆に、吸気バルブ 1 8 が、バルブステム 1 8 a の軸方向に沿って下方に移動すると、バルブヘッド 1 8 b の上面とバルブシート膜 1 6 b との
30 間に隙間が形成されて吸気ポート 1 6 を開放する。

【0017】

排気ポート 1 7 は、吸気ポート 1 6 と同様に燃焼室 1 5 との連通部分に略円形の開口部 1 7 a を備え、この開口部 1 7 a の環状縁部に、排気バルブ 1 9 のバルブヘッド 1 9 b と当接する環状のバルブシート膜 1 7 b が形成されている。そして、排気バルブ 1 9 が、バルブステム 1 9 a の軸方向に沿って上方に移動すると、バルブヘッド 1 9 b の上面がバルブシート膜 1 7 b に当接して排気ポート 1 7 を閉塞する。逆に、排気バルブ 1 9 が、バルブステム 1 9 a の軸方向に沿って下方に移動すると、バルブヘッド 1 9 b の上面とバルブシート膜 1 7 b との間に隙間が形成されて排気ポート 1 7 を開放する。なお、吸気ポート 1 6 の開口部 1 6 a の直径は、排気ポート 1 7 の開口部 1 7 a の直径より大きく設定されて
40 いる。

【0018】

4 サイクルの内燃機関 1 においては、ピストン 1 3 の下降時に吸気バルブ 1 8 のみを開き、これにより吸気ポート 1 6 からシリンダ 1 1 a 内に混合気を導入する（吸気行程）。続いて、吸気バルブ 1 8 および排気バルブ 1 9 を閉じた状態とし、ピストン 1 3 を略上死点まで上昇させてシリンダ 1 1 a 内の混合気を圧縮する（圧縮行程）。そして、ピストン 1 3 が略上死点に達したときに、点火プラグにより圧縮した混合気に点火することで当該混合気が爆発する。この爆発によりピストン 1 3 は下死点まで下降し、連結されたクランクシャフト 1 4 を介して爆発を回転力に変換する（燃焼・膨張行程）。最後に、ピストン 1 3 が下死点に達し、再び上昇を開始すると、排気バルブ 1 9 のみを開き、シリンダ 1 1
50

a内の排気を排気ポート17へ排出する(排気行程)。内燃機関1は、以上のサイクルを繰り返し行うことにより出力を発生する。

【0019】

バルブシート膜16b, 17bは、シリンダヘッド12の開口部16a, 17aの環状縁部にコールドスプレー法によって直接形成したものである。コールドスプレー法とは、原料粉末の融点又は軟化点よりも低い温度の作動ガスを超音速流とし、作動ガス中に搬送ガスによって搬送された原料粉末を投入してノズル先端より噴射し、固相状態のまま基材に衝突させ、原料粉末の塑性変形により皮膜を形成するものである。このコールドスプレー法は、材料を溶融させて基材に付着させる溶射法に比べ、大気中で酸化のない緻密な皮膜が得られ、材料粒子への熱影響が少ないので熱変質が抑えられ、成膜速度が速く、厚膜化が可能であり、付着効率が高いといった特性を有する。特に成膜速度が速く、厚膜が可能なることから、内燃機関1のバルブシート膜16b, 17bのような構造材料としての用途に適している。

10

【0020】

図3は、上記のバルブシート膜16b, 17bの形成に用いられる本実施形態のコールドスプレー装置2を模式的に示した図である。本実施形態のコールドスプレー装置2は、作動ガス及び搬送ガスを供給するガス供給部21と、バルブシート膜16b, 17bの原料粉末を供給する原料粉末供給部22と、原料粉末をその融点以下の作動ガスを用いて超音速流として噴射するスプレーガン23と、ノズル23dを冷却する冷媒循環回路27と、を備える。

20

【0021】

ガス供給部21は、圧縮ガスポンペ21a、作動ガスライン21b及び搬送ガスライン21cを備える。作動ガスライン21b及び搬送ガスライン21cは、それぞれ圧力調整器21d、流量調節弁21e、流量計21f及び圧力ゲージ21gを備える。圧力調整器21d、流量調節弁21e、流量計21f及び圧力ゲージ21gは、圧縮ガスポンペ21aからの作動ガス及び搬送ガスのそれぞれの圧力及び流量の調整に供される。

【0022】

作動ガスライン21bには、テープヒータなどのヒータ21iが設置され、当該ヒータ21iは、電力源21hから電力供給線21j, 21jを介して電力が供給されることにより、作動ガスライン21bを加熱する。作動ガスは、ヒータ21iによって原料粉末の融点又は軟化点より低い温度に加熱された後、スプレーガン23のチャンバ23a内に導入される。チャンバ23aには、圧力計23bと温度計23cが設置され、それぞれの信号線23g, 23gを介して検出された圧力値と温度値がコントローラ(不図示)に出力され、圧力及び温度のフィードバック制御に供される。

30

【0023】

一方、原料粉末供給部22は、原料粉末供給装置22aと、これに付設される計量器22b及び原料粉末供給ライン22cを備える。圧縮ガスポンペ21aからの搬送ガスは、搬送ガスライン21cを通り、原料粉末供給装置22aに導入される。計量器22bにより計量された所定量の原料粉末は、原料粉末供給ライン22cを経て、チャンバ23a内に搬送される。

40

【0024】

スプレーガン23は、搬送ガスによりチャンバ23a内に搬送された原料粉末Pを、作動ガスにより超音速流としてノズル23dの先端から噴射し、固相状態又は固液共存状態で基材24に衝突させて皮膜24aを形成する。本実施形態では、基材24としてシリンダヘッド12を適用し、このシリンダヘッド12の開口部16a, 17aの環状縁部にコールドスプレー法によって原料粉末Pを噴射することにより、バルブシート膜16b, 17bを形成する。

【0025】

ノズル23dは、その内部に水などの冷媒が流れる流路(不図示)を備える。ノズル23dは、その先端に、流路へ冷媒を導入する冷媒導入部23eを備え、その基端に、流路

50

内の冷媒を排出する冷媒排出部 23f を備える。ノズル 23d は、冷媒導入部 23e から流路に冷媒を導入し、流路内に冷媒を流し、冷媒排出部 23f から冷媒を排出することにより、ノズル 23d を冷却する。

【0026】

ノズル 23d の流路に冷媒を循環させる冷媒循環回路 27 は、冷媒を貯留するタンク 271 と、上述した冷媒導入部 23e に接続された導入管 274 と、導入管 274 に接続され、タンク 271 とノズル 23d との間で冷媒を流動させるポンプ 272 と、冷媒を冷却する冷却器 273 と、冷媒排出部 23f に接続された排出管 275 と、を備える。冷却器 273 は、例えば、熱交換機等からなり、ノズル 23d を冷却して温度が上昇した冷媒を空気や水、ガスなどの冷媒との間で熱交換させて、冷媒を冷却する。

10

【0027】

冷媒循環回路 27 は、ポンプ 272 によってタンク 271 に貯留された冷媒を吸引し、冷却器 273 を介して冷媒導入部 23e に冷媒を供給する。冷媒導入部 23e に供給された冷媒は、ノズル 23d 内の流路を先端側から後端側に向かって流動し、その間にノズル 23d と熱交換することでノズル 23d を冷却する。流路の後端側まで流れた冷媒は、冷媒排出部 23f から排出管 275 に排出され、タンク 271 に戻る。このように、冷媒循環回路 27 は、冷媒を冷却しながら循環させてノズル 23d を冷却するので、ノズル 23d の噴射通路への原料粉末 P の付着を抑制することができる。

【0028】

シリンダヘッド 12 のバルブシートには、燃焼室 15 内におけるバルブからの叩き入力に耐え得る高い耐熱性及び耐磨耗性と、燃焼室 15 の冷却のための高い熱伝導性とが要求される。これらの要求に対し、例えば、析出硬化型銅合金の粉末により形成したバルブシート膜 16b, 17b によれば、鋳物用アルミ合金で形成したシリンダヘッド 12 よりも硬く、耐熱性及び耐磨耗性に優れたバルブシートを得ることができる。

20

【0029】

また、バルブシート膜 16b, 17b は、シリンダヘッド 12 に直接形成しているので、ポート開口部に別部品のシートリングを圧入して形成する従来のバルブシートに比べ、高い熱伝導性を得ることができる。さらには、別部品のシートリングを利用する場合に比べ、冷却用のウォータジャケットとの近接化を図ることができる他、吸気ポート 16 及び排気ポート 17 のスロート径の拡大、ポート形状の最適化によるタンブル流の促進などの副次的効果も得ることができる。

30

【0030】

バルブシート膜 16b, 17b の形成に用いる原料粉末 P としては、鋳物用アルミ合金よりも硬質で、バルブシートに必要な耐熱性、耐磨耗性及び熱伝導性が得られる金属であることが好ましく、例えば、上述した析出硬化型銅合金を用いることが好ましい。また、析出硬化型銅合金としては、ニッケル及びケイ素を含むコルソン合金や、クロムを含むクロム銅、ジルコニウムを含むジルコニウム銅等を用いてもよい。さらに、例えば、ニッケル、ケイ素及びクロムを含む析出硬化型銅合金、ニッケル、ケイ素及びジルコニウムを含む析出硬化型銅合金、ニッケル、ケイ素、クロム及びジルコニウムを含む析出硬化型合金、クロム及びジルコニウムを含む析出硬化型銅合金等を適用することもできる。

40

【0031】

また、複数種類の原料粉末、例えば、第 1 の原料粉末と第 2 の原料粉末とを混合してバルブシート膜 16b, 17b を形成してもよい。この場合、第 1 の原料粉末には、鋳物用アルミ合金よりも硬質で、バルブシートに必要な耐熱性、耐磨耗性及び熱伝導性が得られる金属を用いることが好ましく、例えば、上述した析出硬化型銅合金を用いることが好ましい。また、第 2 の原料粉末としては、第 1 の原料粉末よりも硬質な金属を用いることが好ましい。この第 2 の原料粉末には、例えば、鉄基合金、コバルト基合金、クロム基合金、ニッケル基合金、モリブデン基合金等の合金や、セラミックス等を適用してもよい。また、これらの金属の 1 種を単独で、または 2 種以上を適宜組み合わせ用いてもよい。

【0032】

50

第1の原料粉末と、第1の原料粉末よりも硬質な第2の原料粉末とを混合して形成したバルブシート膜は、析出硬化型銅合金のみで形成したバルブシート膜よりも優れた耐熱性、耐磨耗性を得ることができる。このような効果が得られるのは、第2の原料粉末により、シリンダヘッド12の表面に存在する酸化皮膜が除去されて新生界面が露出形成され、シリンダヘッド12と金属皮膜との密着性が向上するためと考えられる。また、第2の原料粉末がシリンダヘッド12にめり込むことによるアンカー効果により、シリンダヘッド12と金属皮膜との密着性が向上するためとも考えられる。さらには、第1の原料粉末が第2の原料粉末に衝突したときに、その運動エネルギーの一部が熱エネルギーに変換され、あるいは第1の原料粉末の一部が塑性変形する過程で発生する熱により、第1の原料粉末として用いた析出硬化型銅合金の一部における析出硬化がより促進されるためとも考えられる。

10

【0033】

本実施形態のコールドスプレー装置2は、バルブシート膜16b, 17bが形成されるシリンダヘッド12を基台45に固定する一方、スプレーガン23のノズル23dの先端を、シリンダヘッド12の開口部16a, 17aの環状縁部に沿って回転させることで原料粉末を噴射する。シリンダヘッド12は回転させないので、大きい占有スペースは不要になるとともに、シリンダヘッド12に比べてスプレーガン23の方が、慣性モーメントが小さいので、回転の過渡特性や応答性に優れる。ただし、スプレーガン23には、図3に示すように、作動ガスライン21bを構成する高压配管(高压ホース)が接続されるので、スプレーガン23を回転させたときの作動ガスライン21bのホースの捩れによる変形剛性が回転の過渡特性や応答性を阻害する可能性がある。そこで、本実施形態のコールドスプレー装置2は、図4~図8に示すように構成することで、回転の過渡特性や応答性を高めるようにしている。

20

【0034】

図4は、本発明に係るコールドスプレー装置2の一実施の形態のスプレーガン23を示す正面図、図5は、図4のVI-VI線に沿う断面図、図6は、図4のスプレーガン23をオフセットした状態を示す正面図、図7は、本発明に係るコールドスプレー装置2を含む成膜工場を示す正面図、図8は、図7の平面図である。

【0035】

ワークであるシリンダヘッド12は、図7~図8に示す成膜工場4の成膜ブース42の基台45に所定の姿勢で載置される。たとえば、図13に示すように、シリンダヘッド12の凹部12bが上面になるようにシリンダヘッド12を基台45に固定し、吸気ポート16の開口部16aの中心線又は排気ポート17の開口部17aの中心線が鉛直方向になるように基台45を傾斜させる。

30

【0036】

なお、成膜工場4は、成膜処理を実行する成膜ブース42と、搬送ブース41とを備え、成膜ブース42に、シリンダヘッド12を載置する基台45と、スプレーガン23を保持する産業用ロボット25が設置されている。そして、成膜ブース42の前段に搬送ブース41を設け、外部とのシリンダヘッド12の搬入・搬出はドア43により行い、搬送ブース41と成膜ブース42との間のシリンダヘッド12の搬入・搬出はドア44により行う。たとえば、成膜ブース42において一つのシリンダヘッド12に対する成膜処理を行っている間に、その前に処理を終了したシリンダヘッド12を搬送ブース41から外部へ搬出する。コールドスプレー装置2による成膜処理は、超音速流の衝撃波による騒音が発生したり、原料粉末が飛散したりするため、搬送ブース41を設置して、ドア44を閉めて成膜処理を行うことで、処理後のシリンダヘッド12の搬出や、処理前のシリンダヘッド12の搬入など、成膜処理と同時に他の作業を行うことができる。

40

【0037】

スプレーガン23は、図7~図8に示す成膜工場4の成膜ブース42に設置された産業用ロボット25のハンド251に固定されたベースプレート26に回転可能に装着されている。以下、本実施形態のスプレーガン23の構成について、図4~図6を参照しながら

50

説明する。まず図4に示すように、産業用ロボット25のハンド251にはブラケット252が固定され、当該ブラケット252に対して回転可能にベースプレート26が取り付けられ、当該ベースプレート26にスプレーガン23が固定されている。

【0038】

より詳細には、図4及び図5に示すように、産業用ロボット25のハンド251にはブラケット252が固定され、このブラケット252にモータ29の本体が固定され、モータ29の駆動軸291は、図示しないプリー及びベルトを介して第1ベースプレート261に接続され、当該第1ベースプレート261をブラケットに対して回転させる。モータ29は、たとえば最大360°の範囲を往復回転する。たとえば、一つの吸気ポート16の開口部16aに対して、時計回りに360°駆動軸291を回転させたら、次の吸気ポート16の開口部16aに対しては、反時計回りに360°駆動軸291を回転させ、以降、これを繰り返す。

10

【0039】

ベースプレート26は、第1ベースプレート261と第2ベースプレート262からなり、これら第1ベースプレート261と第2ベースプレート262は、リニアガイド281を介して回転軸Cに直交する方向(図4の左右方向)にスライド可能に設けられている。そして、流体圧シリンダ282を駆動することにより、第1ベースプレート261に対する第2ベースプレート262のオフセット量を調節し、膜形成材料の噴射径Dを設定する。

【0040】

第2ベースプレート262には、カバー263が装着され、その下端部にスプレーガン23が固定されている。スプレーガン23は、ノズル23dの噴射方向が回転軸Cに向かうように、カバー263を介して第2ベースプレート262に固定されている。ただし、第2ベースプレート262は、上述したリニアガイド281及び流体圧シリンダ282により、第1ベースプレート261に対してオフセット可能であるため、スプレーガン23のノズル23dの先端の位置を、回転軸Cに対して水平方向に調節することができる。

20

【0041】

このように、ノズル23dの先端の位置を、図4に示す回転軸Cの線上から、図6に示すように回転軸Cから離れた位置に設定すると、ガン距離が同じである場合に、噴射径Dが小さくなる。吸気ポート16の開口部16aは、排気ポート17の開口部17aに比べて大径であるため、吸気ポート16の開口部16aにバルブシート膜16bを形成する場合には図4に示す回転軸C側の位置とし、排気ポート17の開口部17aにバルブシート膜17bを形成する場合には図6に示す回転軸Cから離れた位置とすればよい。

30

【0042】

図3に示す圧縮ガスポンペ21aから供給される3~10MPaの高圧ガスをスプレーガン23へ案内する作動ガスライン21bは、後述する他の配管類とともに一つの管束20とされ、図7に示すように産業用ロボット25のハンド251に装着されたベースプレート26の上部から垂下され、スプレーガン23に至る。その間のベースプレート26の近傍において、図4に示すように、スイベルジョイントなどの回転継手21kを介して分離接続され、その下部にヒータ21iが設けられている。図4に示す回転継手21kからチャンバ23aに至る作動ガスライン21bは、3~10MPaの高圧に耐え得る高圧ホースから構成され、同図に示すように、回転軸Cに沿ってこれを包囲するように配策されている。作動ガスライン21bは、回転軸Cを包囲するように、予め、たとえば螺旋状に成形加工してもよいが、3~10MPaの高圧に耐え得る高圧ホースは硬くて形状保持性を有するので、高圧ホースが螺旋形状に倣うように形状保持型を外周に設けてもよい。

40

【0043】

図3に示す原料粉末供給装置22aから供給される原料粉末をスプレーガン23へ案内する原料粉末供給ライン22cは、図7に示す管束20として産業用ロボット25の周囲に配策され、ベースプレート26の上部から垂下され、スプレーガン23に至る。その間のベースプレート26の下方において、原料粉末供給ライン22cは、図4に示すように

50

、金属管と金属継手を含む配管にて構成され、スプレーガン 2 3 のチャンバ 2 3 a に接続されている。

【 0 0 4 4 】

図 3 に示す電力源 2 1 h から供給される電力をヒータ 2 1 i へ導く電力供給線 2 1 j , 2 1 j は、図 7 に示す管束 2 0 として産業用ロボット 2 5 の周囲に配策され、ベースプレート 2 6 の上部から垂下され、ヒータ 2 1 i に接続されている。また、図 3 に示す圧力計 2 3 b からの検出信号をコントローラ (不図示) に出力する信号線 2 3 g 及び温度計 2 3 c からの検出信号をコントローラ (不図示) に出力する信号線 2 3 h は、スプレーガン 2 3 のチャンバ 2 3 a から、金属管と金属継手を含む配管の中を挿通した状態で、スプレーガン 2 3 のチャンバ 2 3 a から第 2 ベースプレート 2 6 2 へ導かれ、他の作動ガスライン 2 1 b、原料粉末供給ライン 2 2 c、電力供給線 2 1 j などとともに、ベースプレート 2 6 の上部から産業用ロボット 2 5 の周囲へ配策されている。

10

【 0 0 4 5 】

図 3 に示す冷媒循環回路 2 7 から供給される冷媒をスプレーガン 2 3 のノズル 2 3 d に案内する導入管 2 7 4 及び排出管 2 7 5 は、図 7 に示す管束 2 0 として産業用ロボット 2 5 の周囲に配策され、ベースプレート 2 6 の上部から垂下され、ノズル 2 3 d の先端の冷媒導入部 2 3 e と、ノズル 2 3 d の基端の冷媒排出部 2 3 f に接続されている。その間のベースプレート 2 6 の下方において、導入管 2 7 4 及び排出管 2 7 5 は、図 4 に示すように、金属管と金属継手を含む配管にて構成され、スプレーガン 2 3 のノズル 2 3 d に接続されている。

20

【 0 0 4 6 】

上述したように、硬くて変形剛性の高い高圧ホースで構成される作動ガスライン 2 1 b は、その回転継手 2 1 k が、図 4 に示すように回転軸 C の線上に配置され、回転継手 2 1 k より下方が回転軸 C に沿ってこれを包囲するように配策されている。また、作動ガスライン 2 1 b 以外の、電力供給線 2 1 j , 2 1 j、原料粉末供給ライン 2 2 c、冷媒の導入管 2 7 4 及び排出管 2 7 5、信号線 2 3 g , 2 3 h は、図 5 に示すように、回転軸 C の周りであって作動ガスライン 2 1 b を包囲する位置に配置されている。

【 0 0 4 7 】

次に、バルブシート膜 1 6 b、1 7 b を備えるシリンダヘッド 1 2 の製造方法を説明する。図 9 は、本実施形態のシリンダヘッド 1 2 の製造方法におけるバルブ部位の加工工程を示す工程図である。同図に示すように、本実施形態のシリンダヘッド 1 2 の製造方法は、鑄造工程 S 1 と、切削工程 S 2 と、被覆工程 S 3 と、仕上工程 S 4 とを備える。なお、バルブ部位以外の加工工程は、説明の簡略化のため省略する。

30

【 0 0 4 8 】

鑄造工程 S 1 では、砂中子がセットされた金型に鑄物用アルミ合金を流し込み、本体部に吸気ポート 1 6 や排気ポート 1 7 等が形成されたシリンダヘッド粗材を鑄造成形する。吸気ポート 1 6 及び排気ポート 1 7 は砂中子で形成され、凹部 1 2 b は金型で形成される。図 1 0 は、鑄造工程 S 1 で鑄造成形したシリンダヘッド粗材 3 を、シリンダブロック 1 1 への取付面 1 2 a 側から見た斜視図である。シリンダヘッド粗材 3 は、4 つの凹部 1 2 b と、各凹部 1 2 b に 2 つずつ設けた吸気ポート 1 6 及び排気ポート 1 7 を備える。各凹部 1 2 b の 2 つの吸気ポート 1 6 及び 2 つの排気ポート 1 7 は、シリンダヘッド粗材 3 内で 1 本に集合し、シリンダヘッド粗材 3 の両側面に設けた開口にそれぞれ連通している。

40

【 0 0 4 9 】

図 1 1 は、図 1 0 の XI-XI 線に沿うシリンダヘッド粗材 3 の断面図であり、吸気ポート 1 6 を示す。吸気ポート 1 6 には、シリンダヘッド粗材 3 の凹部 1 2 b 内に露呈された円形の開口部 1 6 a が設けられている。

【 0 0 5 0 】

次の切削工程 S 2 では、シリンダヘッド粗材 3 にエンドミルやボールエンドミル等によるフライス加工を施し、図 1 2 に示すように、吸気ポート 1 6 の開口部 1 6 a に環状バルブシート部 1 6 c を形成する。環状バルブシート部 1 6 c は、バルブシート膜 1 6 b のベ

50

ース形状となる環状溝であり、開口部 16 a の外周に形成される。本実施形態のシリンダヘッド 12 の製造方法では、環状バルブシート部 16 c にコールドスプレー法によって原料粉末 P を噴射して皮膜を形成し、この皮膜を基にしてバルブシート膜 16 b を形成する。そのため、環状バルブシート部 16 c は、バルブシート膜 16 b よりも一回り大きなサイズで形成されている。

【0051】

被覆工程 S3 では、シリンダヘッド粗材 3 の環状バルブシート部 16 c に、本実施形態のコールドスプレー装置 2 を利用して原料粉末 P を噴射し、バルブシート膜 16 b を形成する。より具体的には、この被覆工程 S3 では、図 13 に示すように、環状バルブシート部 16 c と、スプレーガン 23 のノズル 23 d とを同じ姿勢で一定距離に保ちながら、原料粉末 P が環状バルブシート部 16 c の全周に吹き付けられるように、シリンダヘッド粗材 3 を固定する一方で、スプレーガン 23 を一定速度で回転する。

10

【0052】

スプレーガン 23 のノズル 23 d の先端は、基台 45 に固定されたシリンダヘッド 12 の上方で、産業用ロボット 25 のハンド 251 に保持されている。基台 45 又は産業用ロボット 25 は、図 4 に示すように、バルブシート膜 16 b が形成される吸気ポート 16 の中心軸 Z が垂直になって、回転軸 C に重なるようにシリンダヘッド 12 又はスプレーガン 23 の位置を設定する。この状態でノズル 23 d から環状バルブシート部 16 c に原料粉末 P を吹き付けながら、モータ 29 によりスプレーガン 23 を C 軸周りに回転することにより、環状バルブシート部 16 c の全周に皮膜を形成する。

20

【0053】

この被覆工程 S3 が実施されている間、ノズル 23 d は、冷媒循環回路 27 から供給された冷媒を、冷媒導入部 23 e から流路に導入する。冷媒は、ノズル 23 d の内部に形成された流路の先端側から後端側に向かって流れる間にノズル 23 d を冷却する。流路の後端側まで流れた冷媒は、冷媒排出部 23 f によって流路から排出されて回収される。

【0054】

スプレーガン 23 が C 軸の周りに 1 回転してバルブシート膜 16 b の形成が終了すると、スプレーガン 23 の回転を一旦停止する。この回転停止中に、産業用ロボット 25 は、次にバルブシート膜 16 b が形成される吸気ポート 16 の中心軸 Z が産業用ロボット 25 の基準軸に一致するように、スプレーガン 23 を移動する。モータ 29 は、産業用ロボット 25 によるスプレーガン 23 の移動終了後、スプレーガン 23 の回転を再開させ、次の吸気ポート 16 にバルブシート膜 16 b を形成する。以降、この動作を繰り返すことにより、シリンダヘッド粗材 3 の全ての吸気ポート 16 及び排気ポート 17 にバルブシート膜 16 b、17 b が形成される。なお、吸気ポート 16 と排気ポート 17 との間でバルブシート膜の形成対象が切り替わる際には、基台 45 によってシリンダヘッド粗材 3 の傾きが変更される。

30

【0055】

さて、図 16 は、本発明に係る成膜方法において、コールドスプレー装置 2 のノズル 23 d が吸気ポート 16 及び排気ポート 17 の各開口部を移動する際の移動軌跡 M T の一例を示すシリンダヘッド粗材 3 の平面図である。図 16 に示すシリンダヘッド粗材 3 の 8 つの吸気ポート 16 の開口部 16 a 及び 8 つの排気ポート 17 の開口部 17 a に対し、矢印にて示す移動軌跡 M T に沿ってノズル 23 d を相対移動させる。なお、以下においては、吸気ポート 16 に対する移動軌跡 M T を説明するが、排気ポート 17 に対する移動軌跡も同様に設定される。

40

【0056】

上述したとおり、ノズル 23 d は、一つの吸気ポート 16 に対して時計回りに 360° 回転したら、次の吸気ポート 16 に対しては、反時計回りに 360° 回転する。そして、ノズル 23 d は、8 つの吸気ポート 16 に対して、時計回りと反時計回りとを繰り返しながら移動する。すなわち、ノズル 23 d は、図 16 に示す 4 つの吸気ポートの開口部 16 a 8, 16 a 6, 16 a 4, 16 a 2 に対しては、反時計回りに回転し、残りの 4 つの吸

50

気ポートの開口部 1 6 a 7 , 1 6 a 5 , 1 6 a 3 , 1 6 a 1 に対しては、時計回りに回転する。

【 0 0 5 7 】

ここで、8つの吸気ポート 1 6 に対する移動軌跡 M T は、各吸気ポート 1 6 の環状バルブシート部 1 6 c のそれぞれに対する円形の軌跡 T と、隣接する円形の軌跡 T 同士を接続する接続軌跡 C T とから構成され、一連の連続した軌跡とされている。そして、ノズル 2 3 d から原料粉末を中断することなく連続して噴射しながら、ノズル 2 3 d を移動軌跡 M T に沿って移動させる。なお、一つの環状バルブシート部 1 6 c に対する円形の軌跡 T は、成膜始点から始まり、時計回り又は反時計回りに移動したのち、成膜始点にてラップし、このラップ部を成膜終点とする。

10

【 0 0 5 8 】

図 2 0 は、図 1 6 の右下に位置する一つの吸気ポート 1 6 の開口部 1 6 a 8 に対する、比較例に係る移動軌跡 M T を拡大して示す平面図である。この吸気ポート 1 6 の開口部 1 6 a 8 の環状バルブシート部 1 6 c に対しては、ノズル 2 3 d を反時計回りに回転させるので、図 2 0 に示す比較例に係る移動軌跡 M T は、同図の右端から左に向かって、ノズル 2 3 d を環状バルブシート部 1 6 c まで直線状に移動させ、ここを成膜始点として円形の軌跡 T にてノズル 2 3 d を反時計回りに回転させたのち、成膜始点に重なる成膜終点において向きを変え、ノズル 2 3 d を図 2 0 の左方向に移動させるものである。このような比較例に係る移動軌跡 M T では、環状バルブシート部 1 6 c の成膜始点にてノズル 2 3 d の移動速度がゼロになる折り返し点 T P 1 が発生し、成膜終点にてノズル 2 3 d の移動速度がゼロになる折り返し点 T P 2 が発生する。なお、折り返し点 T P 1 , T P 2 とは、ノズル 2 3 d の移動速度がゼロ又はゼロに近い値まで低くなる移動軌跡 M T 上の点をいい、移動軌跡が直角又は鋭角 (90°) に変化する点をいう。

20

【 0 0 5 9 】

図 2 1 は、図 2 0 の比較例の移動軌跡 M T にて成膜した場合のラップ部の皮膜断面を示す図である。成膜始点に発生する 1 回目の折り返し点 T P 1 では、ノズル 2 3 d の速度が一時的にゼロになるが、原料粉末の噴射は継続されるため、図 2 1 に示すように 1 層目を構成するバルブシート膜 1 6 b 1 の端部傾斜 S は急峻になる。コールドスプレー法は、原料粉末を固相状態のまま超音速で基材に衝突させて塑性変形させるものであるから、端部傾斜 S が急峻な 1 層目の面上に 2 層目を噴射すると、2 層目の原料粉末が十分に偏平化せず、2 層目のバルブシート膜 1 6 b 2 の層内の空孔径が大きくなる。この種の偏平率不足による空孔率の増加不具合は、1 層目を構成するバルブシート膜 1 6 b 1 の端部傾斜 S が急峻になることが原因とされる。換言すれば、被成膜部である環状バルブシート部 1 6 c の円形の軌跡のうち、成膜始点から成膜終点の範囲 (端点を含む) であって 1 層目に折り返し点が含まれると、その点において端部傾斜 S が急峻になる。ただし、ラップ部の 2 層目の軌跡に折り返し点が含まれても、1 層目のバルブシート膜 1 6 b 2 の端部傾斜 S が急峻でない限り、偏平率不足の問題は生じない。

30

【 0 0 6 0 】

そこで、本実施形態の成膜方法では、円形の軌跡 T の 1 層目に折り返し点 T P 1 が含まれないように、折り返し点 T P 1 を、円形の軌跡 T の上ではなく、接続軌跡 C T の上に設定する。図 1 7 は、図 1 6 の一つの吸気ポート 1 6 の開口部 1 6 a 8 に対する移動軌跡 M T を示す平面図である。図 1 7 に示す本例に係る移動軌跡 M T は、同図の右端から左に向かって、ノズル 2 3 d を環状バルブシート部 1 6 c の左下方のシリンダヘッド粗材 3 のシリンダブロック 1 1 との取付面 1 2 a まで直線状に移動させ、ここを 1 層目の折り返し点 T P 1 に設定する。そして、当該折り返し点 T P 1 において向きを変え、環状バルブシート部 1 6 c に向かって斜め右上方向にノズル 2 3 d を移動したのち、ここを成膜始点として円形の軌跡 T にてノズル 2 3 d を反時計回りに回転させ、成膜始点に重なる成膜終点を 2 層目の折り返し点 T P 2 として向きを変え、ノズル 2 3 d を図 2 0 の左方向に移動させるものである。

40

【 0 0 6 1 】

50

図 18 は、図 17 の移動軌跡 M T にて成膜した場合のラップ部の皮膜断面を示す図である。この環状バルブシート部 16 c のラップ部を見ると、1 層目のバルブシート膜 16 b 1 の成膜始点においては、ノズル 23 d の移動速度がゼロではない速度であるため、1 層目のバルブシート膜 16 b 1 の表面が平坦に成膜される。したがって、このバルブシート膜 16 b 1 の上に成膜終点となる 2 層目のバルブシート膜 16 b 2 が重なっても、衝突方向が 1 層目のバルブシート膜 16 b 1 の表面に対して略垂直となるため、2 層目の原料粉末が十分に扁平化し、バルブシート膜 16 b 2 の層内の空孔径は充分小さくなる。なお、ラップ部の 1 層目となる可能性がある折り返し点 T P 1、すなわち環状バルブシート部 16 c の成膜始点より上流側に設定する折り返し点は、接続軌跡 C T の上に設定するが、ラップ部の 2 層目となる折り返し点 T P 2 は、その端部傾斜 S が急峻になってもよいので、円形の軌跡 T の上に設定する。

10

【0062】

ちなみに、図 17 に示す本例の移動軌跡 M T に沿ってノズル 23 d を相対移動させる場合において、接続軌跡 C T の上に設定された折り返し点 T P 1 において、ノズル 23 d とシリンダヘッド粗材 3 の取付面 12 a との距離、いわゆるガン距離を大きくしてもよい。この場合、折り返し点 T P 1 に近づくにつれてガン距離を徐々に大きくしたのち、折り返し点 T P 1 から遠ざかるにつれて元のガン距離に徐々に戻してもよい。ノズル 23 d と取付面 12 a とのガン距離を大きくすることで、取付面 12 a に形成される余剰皮膜の膜厚が薄くなるので、仕上工程 S 4 における余剰皮膜の除去深さを浅くすることができる。

【0063】

図 19 は、一つの吸気ポート 16 の開口部 16 a 8 に対する移動軌跡 M T の他の例を示す平面図である。図 17 に示す移動軌跡 M T では、2 層目の折り返し点 T P 2 を環状バルブシート部 16 c に対する円形の軌跡 T の上に設定したが、1 層目の折り返し点 T P 1 と同様に、図 19 に示すように、シリンダヘッド粗材 3 の取付面 12 a の上に設定してもよい。

20

【0064】

図 9 に戻り、仕上工程 S 4 では、バルブシート膜 16 b、17 b と、吸気ポート 16 及び排気ポート 17 の仕上加工が行われる。バルブシート膜 16 b、17 b の仕上加工では、ボールエンドミルを用いたフライス加工によりバルブシート膜 16 b、17 b の表面を切削し、バルブシート膜 16 b を所定形状に整える。また、吸気ポート 16 の仕上加工では、開口部 16 a から吸気ポート 16 内にボールエンドミルを挿入し、図 14 に示す加工ライン P L に沿って吸気ポート 16 の開口部 16 a 側の内周面を切削する。加工ライン P L は、吸気ポート 16 内に原料粉末 P が飛散して付着した余剰皮膜 S F が比較的厚く形成される範囲、より具体的には、余剰皮膜 S F が吸気ポート 16 の吸気性能に影響を及ぼす程度に厚く形成される範囲である。

30

【0065】

このように、仕上工程 S 4 により、鑄造成形による吸気ポート 16 の表面荒れが解消されるとともに、被覆工程 S 3 で形成された余剰皮膜 S F を除去することができる。図 15 に、仕上工程 S 4 後の吸気ポート 16 を示す。なお、排気ポート 17 は、吸気ポート 16 と同様に、鑄造成形による排気ポート 17 内への小径部の形成、切削加工による環状バルブシート部の形成、環状バルブシート部へのコールドスプレー、仕上加工を経てバルブシート膜 17 b が形成される。そのため、排気ポート 17 に対するバルブシート膜 17 b の形成手順については、詳しい説明を省略する。

40

【0066】

以上のとおり、本実施形態のコールドスプレー装置 2 を用いた成膜方法は、互いに連続しない複数の環状バルブシート部 16 c を有するシリンダヘッド粗材 3 と、コールドスプレー装置 2 のノズル 23 d とを、環状バルブシート部 16 c に対する円形の軌跡 T と、当該複数の円形の軌跡 T を連結する接続軌跡 C T とで構成される連続した移動軌跡 M T に沿って、ノズル 23 d から原料粉末を連続して噴射しながら、相対的に移動させ、複数の環状バルブシート部 16 c のそれぞれに、コールドスプレー法により原料粉末を噴射してバ

50

ルブシート膜 16b を形成する成膜方法において、移動軌跡 MT のうちシリンダヘッド粗材 3 とノズル 23d との相対速度がゼロ又はゼロに近い値まで低くなる折り返し点 TP1 を、円形の軌跡 T の上ではなく、接続軌跡 CT の上に設定する。これにより、バルブシート膜 16b1 の上に成膜終点となる 2 層目のバルブシート膜 16b2 が重なっても、衝突方向が 1 層目のバルブシート膜 16b1 の表面に対して略垂直となるため、2 層目の原料粉末が十分に扁平化し、バルブシート膜 16b2 の層内の空孔径は充分小さくなる。

【0067】

本実施形態のコールドスプレー装置 2 を用いた成膜方法は、被成膜部としては、シリンダヘッド 12 の吸気ポート 16 又は排気ポート 17 の開口部 16a, 17a の全周であり、折り返し点 TP1 をシリンダヘッド粗材 3 のシリンダブロック 11 との取付面 12a に設定する。これにより、接続軌跡 CT に沿ってシリンダヘッド粗材 3 のシリンダブロック 11 との取付面 12a に形成された余剰皮膜は、後工程である仕上工程 S4 にて、他の部分とともに容易に除去することができる。

10

【0068】

本実施形態のコールドスプレー装置 2 を用いた成膜方法によれば、折り返し点 TP1 において、ノズル 23d とシリンダヘッド粗材 3 とのガン距離を大きくするので、取付面 12a に形成される余剰皮膜の膜厚が薄くなり、仕上工程 S4 における余剰皮膜の除去深さを浅くすることができる。

【0069】

本実施形態のコールドスプレー装置 2 を用いた成膜方法によれば、環状バルブシート部 16c の成膜終点に設定する折り返し点 TP2 は、環状バルブシート部 16c に対する円形の軌跡 T の上に設定する。環状バルブシート部 16c の成膜始点より上流側に設定する折り返し点は、接続軌跡 CT の上に設定するが、ラップ部の 2 層目となる折り返し点 TP2 は、その端部傾斜 S が急峻になってもよいので、円形の軌跡 T の上に設定することができる。

20

【0070】

上記環状バルブシート部 16c は本発明に係る被成膜部に相当する。

【符号の説明】

【0071】

1 ... 内燃機関

30

11 ... シリンダブロック

11a ... シリンダ

12 ... シリンダヘッド

12a ... 取付面

12b ... 凹部

12c, 12d ... 側面

13 ... ピストン

13a ... コネクティングロッド

13b ... 頂面

14 ... クランクシャフト

40

15 ... 燃焼室

16 ... 吸気ポート

16a ... 開口部

16b ... バルブシート膜

16c ... 環状バルブシート部

17 ... 排気ポート

17a ... 開口部

17b ... バルブシート膜

18 ... 吸気バルブ

18a ... バルブステム

50

1 8 b ...バルブヘッド	
1 8 c ...バルブガイド	
1 9 ...排気バルブ	
1 9 a ...バルブステム	
1 9 b ...バルブヘッド	
1 9 c ...バルブガイド	
2 ...コールドスプレー装置	
2 1 ...ガス供給部	
2 1 a ...圧縮ガスポンペ	
2 1 b ...作動ガスライン	10
2 1 c ...搬送ガスライン	
2 1 d ...圧力調整器	
2 1 e ...流量調節弁	
2 1 f ...流量計	
2 1 g ...圧力ゲージ	
2 1 h ...電力源	
2 1 i ...ヒータ	
2 1 j ...電力供給線	
2 1 k ...回転継手	
2 2 ...原料粉末供給部	20
2 2 a ...原料粉末供給装置	
2 2 b ...計量器	
2 2 c ...原料粉末供給ライン	
2 3 ...スプレーガン	
2 3 a ...チャンバ	
2 3 b ...圧力計	
2 3 c ...温度計	
2 3 d ...ノズル	
2 3 e ...冷媒導入部	
2 3 f ...冷媒排出部	30
2 3 g ...信号線	
2 4 ...基材	
2 4 a ...皮膜	
2 5 ...産業用ロボット	
2 5 1 ...ハンド	
2 5 2 ...ブラケット	
2 6 ...ベースプレート	
2 6 1 ...第1ベースプレート	
2 6 2 ...第2ベースプレート	
2 6 3 ...カバー	40
2 7 ...冷媒循環回路	
2 7 1 ...タンク	
2 7 2 ...ポンプ	
2 7 3 ...冷却器	
2 7 4 ...導入管	
2 7 5 ...排出管	
2 8 ...オフセット機構	
2 8 1 ...リニアガイド	
2 8 2 ...流体圧シリンダ	
2 9 ...モータ	50

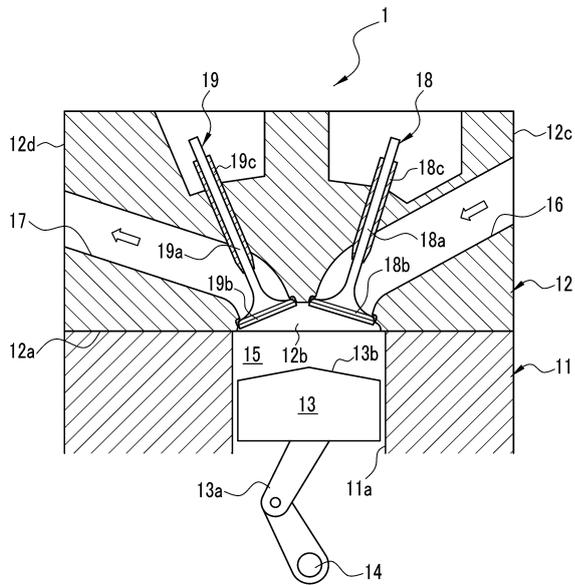
- 2 9 1 ... 駆動軸
- 3 ... シリンダヘッド粗材
- 4 ... 成膜工場
- 4 1 ... 搬送ブース
- 4 2 ... 成膜ブース
- 4 3 , 4 4 ... ドア
- 4 5 ... 基台
- M T ... 移動軌跡
- T ... 被成膜部の軌跡
- C T 1 , C T 2 ... 接続軌跡
- T P 1 , T P 2 ... 折り返し点
- S ... 端部傾斜

10

【 図面 】

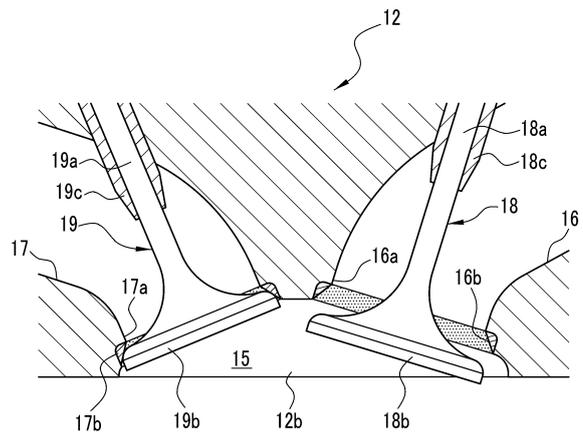
【 図 1 】

図 1



【 図 2 】

図 2



20

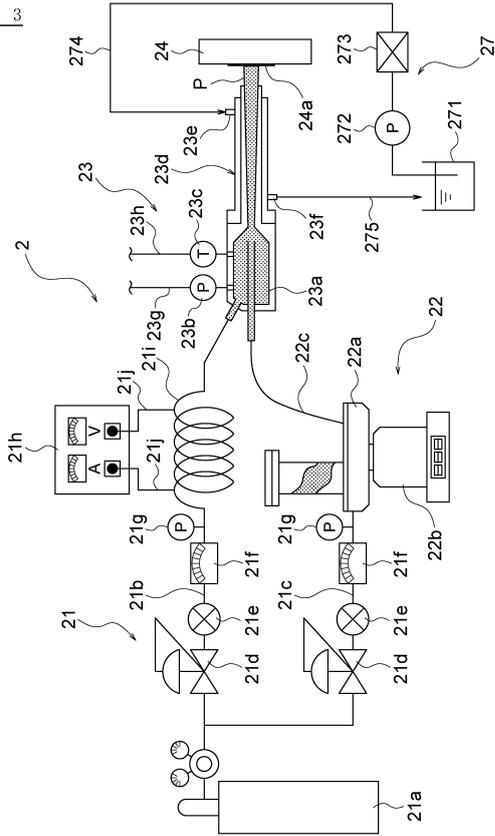
30

40

50

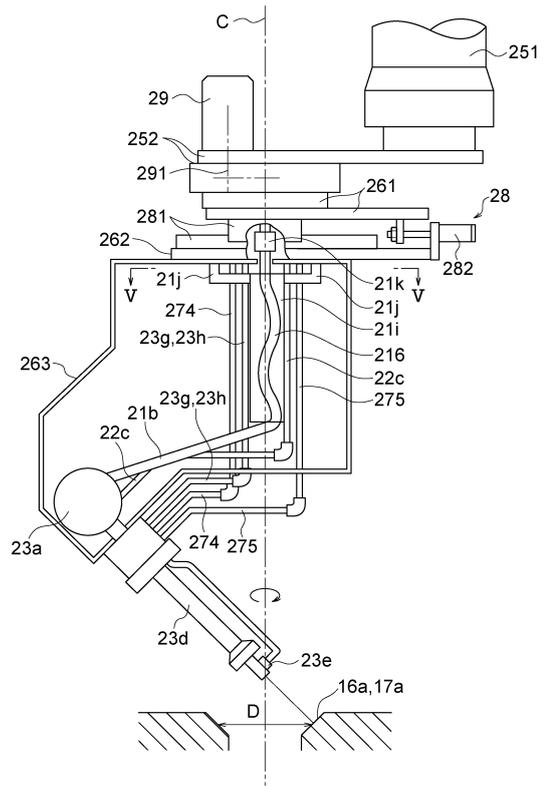
【図3】

図3



【図4】

図4

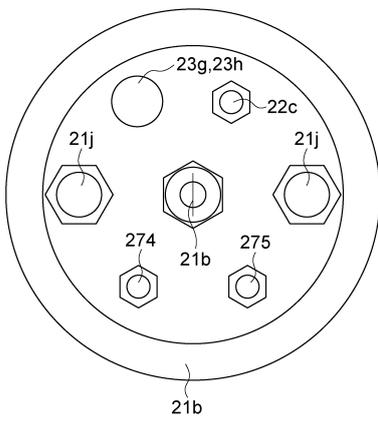


10

20

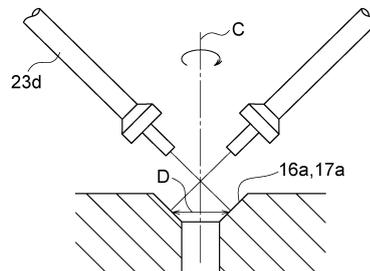
【図5】

図5



【図6】

図6



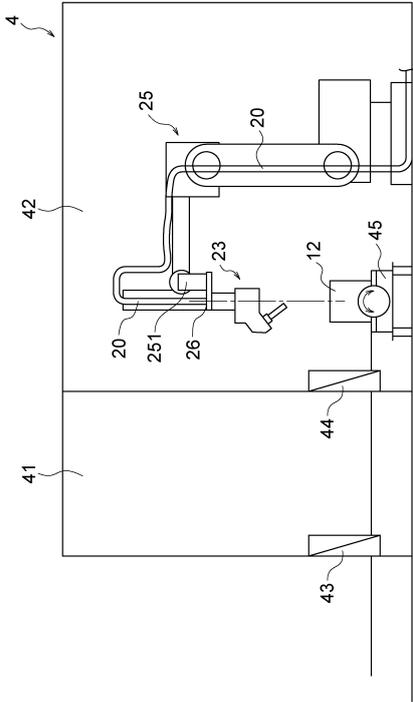
30

40

50

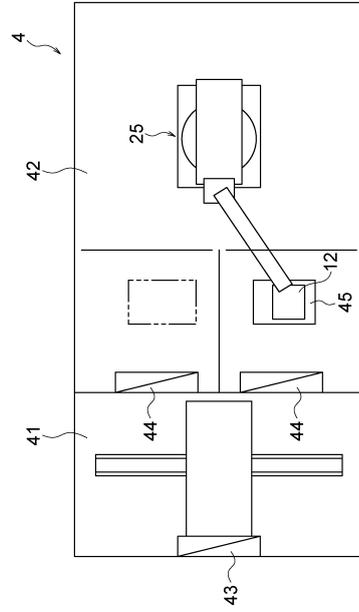
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8

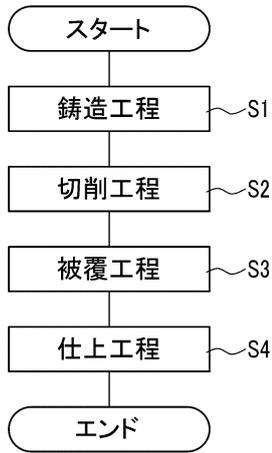


10

20

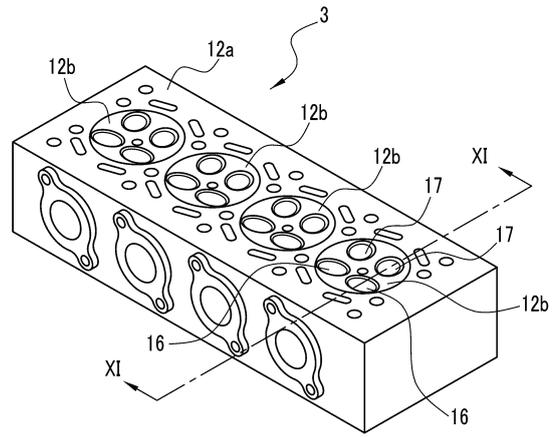
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10

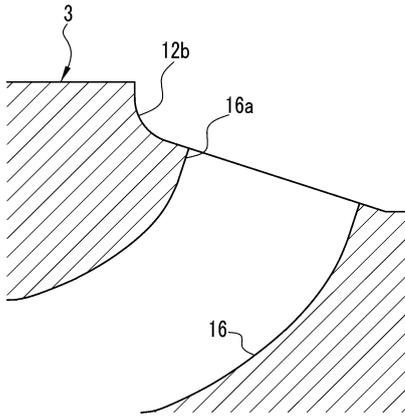


30

40

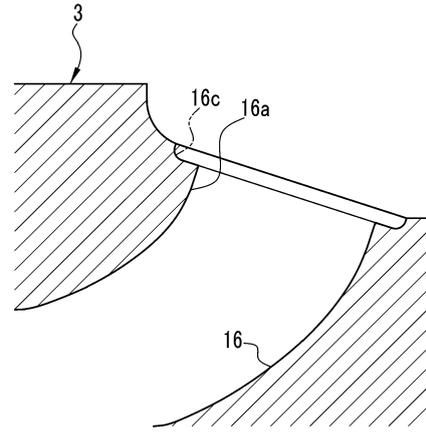
【図 1 1】

図 11



【図 1 2】

図 12

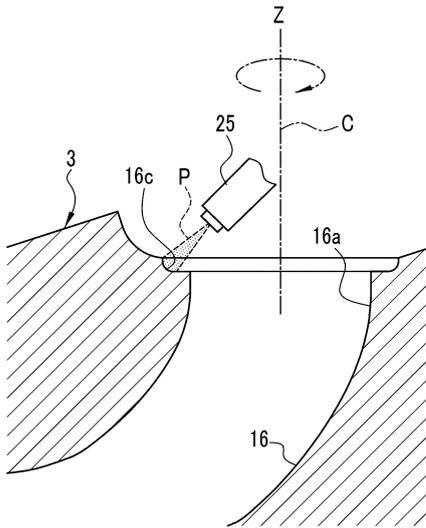


10

20

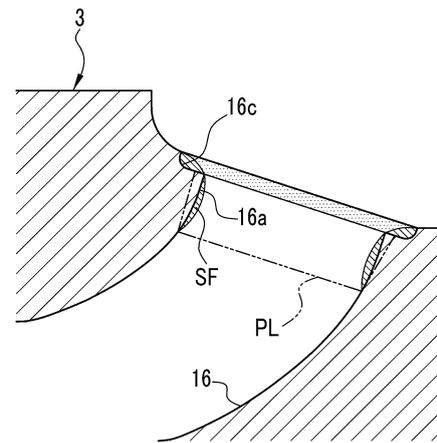
【図 1 3】

図 13



【図 1 4】

図 14



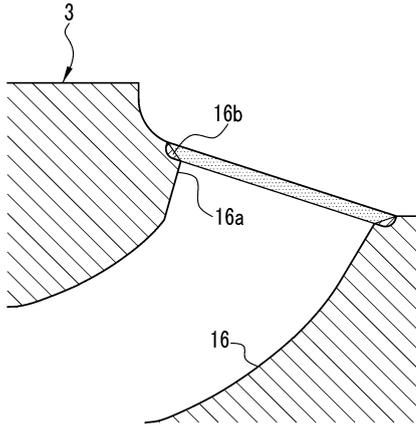
30

40

50

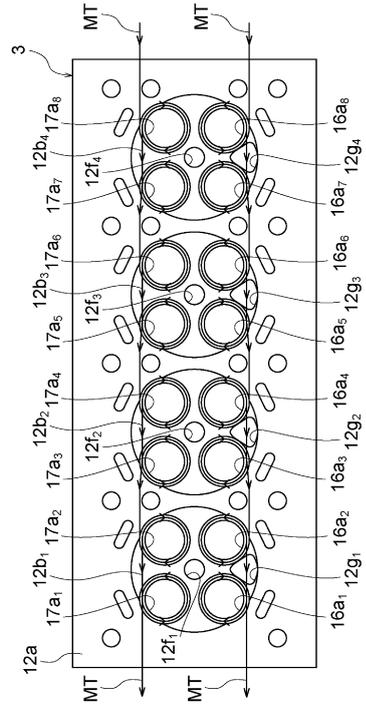
【 15 】

15



【 16 】

16

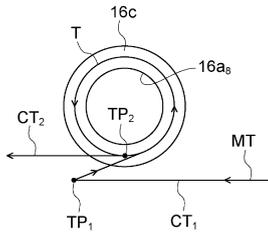


10

20

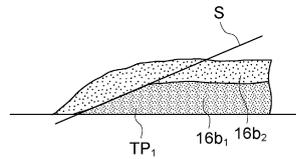
【 17 】

17



【 18 】

18



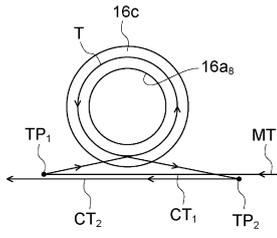
30

40

50

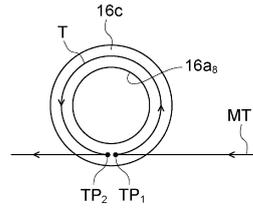
【 19】

 19



【 20】

 20

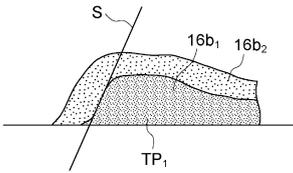


10

20

【 21】

 21



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
F 0 2 F	1/24 (2006.01)	F 0 1 L	3/02	H
		F 0 1 L	3/02	J
		F 0 2 F	1/24	M

(72)発明者 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
松山 秀信

(72)発明者 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
塩谷 英爾

(72)発明者 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
荻谷 俊夫

(72)発明者 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
鈴木 晴彦

審査官 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
祢屋 健太郎

(56)参考文献 特開2018-197370(JP,A)
特開2007-016737(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C 2 3 C	2 4 / 0 4
B 0 5 D	1 / 0 2
B 0 5 D	7 / 2 4
B 0 5 D	7 / 1 4
F 0 1 L	3 / 0 2
F 0 2 F	1 / 2 4