

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2020年3月26日(26.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/059003 A1

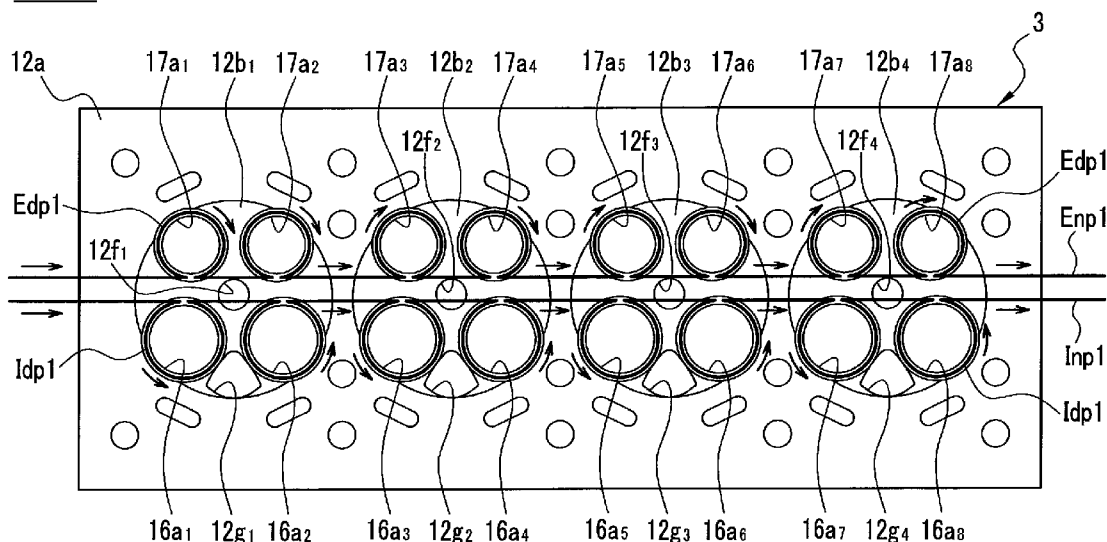
- (51) 国際特許分類:  
C23C 24/04 (2006.01) F02F 1/24 (2006.01)  
F01L 3/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/034350
- (22) 国際出願日: 2018年9月18日(18.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 柴山 博久 (SHIBAYAMA, Hirohisa); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 松山 秀信 (MATSUYAMA, Hidenobu); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

塩谷 英爾(SHIOTANI, Eiji); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 熨斗 良次(NOSHI, Yoshitsugu); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 鎌田 恒吉(KAMADA, Koukichi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 岡本 尚樹(OKAMOTO, Naoki); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 藤川 雅仁(FUJIKAWA, Masahito); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 濱崎 淳一(HAMASAKI, Junichi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 井野口 雅敏(INOBUCHI, Masatoshi); 〒2430123 神

(54) Title: FILM FORMATION METHOD

(54) 発明の名称: 成膜方法

図9A



(57) Abstract: When forming a valve sheet film in openings (16a<sub>1</sub>-16a<sub>8</sub>) of intake ports (16) provided in a cylinder block attachment surface (12a) of a cylinder head rough material (3), a nozzle of a cold spray device moves along an intake nozzle movement path (Inp1) which is set between the plurality of openings (16a<sub>1</sub>-16a<sub>8</sub>) while continuously spraying a raw material powder. When forming a valve seat film in openings (17a<sub>1</sub>-17a<sub>8</sub>) of exhaust ports (17), the nozzle moves along an exhaust nozzle movement path (Enp1) which is set between the plurality of openings (17a<sub>1</sub>-17a<sub>8</sub>) while continuously spraying the raw material powder.



WO 2020/059003 A1

奈川県厚木市森の里青山 1 - 1 日産自動車  
株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: とこしえ特許業務法人 (TOKOSHIE PATENT FIRM); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 2 2 番 2 7 号 西新宿 KNビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : コールドスプレー装置のノズルは、シリンダヘッド粗材 (3) のシリンダブロック取付面 (12 a) に設けられた吸気ポート (16) の開口部 (16 a<sub>1</sub>~16 a<sub>8</sub>) に、バルブシート膜を形成する場合に、原料粉末の吹き付けを継続しながら、複数の開口部 (16 a<sub>1</sub>~16 a<sub>8</sub>) の間に設定された吸気用ノズル移動経路 (I n p 1) を移動する。また、排気ポート (17) の開口部 (17 a<sub>1</sub>~17 a<sub>8</sub>) にバルブシート膜を形成する場合には、ノズルは、原料粉末の吹き付けを継続しながら、複数の開口部 (17 a<sub>1</sub>~17 a<sub>8</sub>) の間に設定された排気用ノズル移動経路 (E n p 1) を移動する。

## 明 細 書

**発明の名称**：成膜方法

**技術分野**

[0001] 本発明は、コールドスプレー法を用い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、優れた高温耐摩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] 特許文献1：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] 自動車などのエンジンは、マルチバルブ化により複数の吸気用及び排気用のエンジンバルブを備えている。そのため、複数のエンジンバルブの着座部に、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] しかしながら、コールドスプレー装置は、原料粉末の吐出を中断すると、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。したがって、コールドスプレー法により、着座部などの複数の被成膜部に皮膜を形成する場合に、被成膜部毎に原料粉末の吹き付けと、吹き付けの停止とを繰り返すと、コールドスプレー装置の待機時間によりサイクルタイムが長くなる。

[0006] 本発明が解決しようとする課題は、コールドスプレー法を用いて複数の被成膜部に皮膜を形成する際のサイクルタイムを、原料粉末の吹き付けと吹き

付け停止とを繰り返して複数の被成膜部に皮膜を形成する場合よりも短くすることができる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

[0007] 本発明は、コールドスプレー装置のノズルが相対的移動する際に、皮膜が形成された一の被成膜部から、次に皮膜が形成される他の被成膜部に至るノズル移動経路においては、ノズルからの原料粉末の吐出を継続することにより、上記課題を解決する。

### 発明の効果

[0008] 本発明によれば、原料粉末の吐出を停止せずに継続させながら、複数の被成膜部に順に皮膜を形成するので、原料粉末の吹き付けと吹き付け停止とを繰り返して複数の被成膜部に皮膜を形成する場合よりもサイクルタイムを短くすることができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態に係る成膜方法によりバルブシート膜が形成されたシリンダヘッドを備えるエンジンの構成を示す断面図である。

[図2]本発明の実施形態に係る成膜方法によりバルブシート膜が形成されたシリンダヘッドのバルブ周辺の構成を示す断面図である。

[図3]本発明の実施形態に係る成膜方法に使用されるコールドスプレー装置の構成を示す概略図である。

[図4]本発明の実施形態に係る成膜方法を利用してシリンダヘッドにバルブシート膜を形成するための工程図である。

[図5]本発明の実施形態に係る成膜方法によりバルブシート膜が形成されるシリンダヘッド粗材の構成を示す斜視図である。

[図6A]図5のV I - V I線に沿う吸気ポートを示す断面図である。

[図6B]図6A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6C]図6Bの環状バルブシート部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6D]図6Bの環状バルブシート部に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6E]図4に示す仕上工程後の吸気ポートを示す断面図である。

[図7]本発明の実施形態に係る成膜方法でシリンダヘッド粗材の移動に使用されるワーク回転装置の構成を示す斜視図である。

[図8A]コールドスプレー装置のノズルがバルブの開口部上を移動する際のノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図8B]コールドスプレー装置のノズルが図8Aに示すノズル移動経路を移動することにより形成される余剰皮膜を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図9A]本発明の第1実施形態に係る成膜方法により、吸気ポートと排気ポートとの間に設定されたノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図9B]コールドスプレー装置のノズルが図9Aに示すノズル移動経路を移動することにより形成される余剰皮膜を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図10]図9Aに示すシリンダヘッド粗材とノズル移動経路との一部を拡大して示す平面図である。

[図11]図9Aに示すノズル移動経路の成膜開始位置と成膜終了位置とが重なる位置に形成されるバルブシート膜を示す断面図である。

[図12]図9Bに示す余剰皮膜によりシリンダヘッド粗材のバルブの開口部の周囲に付与される圧縮残留応力の分布を示す断面図である。

[図13A]本発明の第2実施形態に係る成膜方法により、燃焼室上壁部と吸気ポート及び排気ポートとの間に設定されたノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図13B]コールドスプレー装置のノズルが図13Aに示すノズル移動経路を移動することにより形成される余剰皮膜を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図14]図13Aに示すシリンダヘッド粗材とノズル移動経路との一部を拡大して示す平面図である。

[図15]燃焼室上壁部の中央部にインジェクタ孔が設けられたシリンダヘッド粗材に、本発明の第2実施形態に係るノズル移動経路を設定した状態を示す平面図である。

[図16]本発明の第3実施形態に係る成膜方法により、吸気ポートと排気ポートとの間と、燃焼室上壁部と排気ポートとの間に設定されたノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図17]本発明の第3実施形態に係る成膜方法により、吸気ポートと排気ポートとの間と、燃焼室上壁部と吸気ポートとの間に設定されたノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図18A]本発明の第4実施形態に係る成膜方法により、複数の燃焼室上壁部毎にバルブシート膜を形成するためのノズル移動経路を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図18B]コールドスプレー装置のノズルが図18Aに示すノズル移動経路を移動することにより形成される余剰皮膜を示すシリンダヘッド粗材の平面図である。

[図19]図18Aに示すシリンダヘッド粗材とノズル移動経路との一部を拡大して示す平面図である。

[図20A]本発明の第1～第4実施形態に係る成膜方法において、原料粉末の吹き付け角度を示す断面図であり、(A)はバルブシート膜を形成する際の吹き付け角度を示し、(B)はノズル移動経路での吹き付け角度を示す。

[図20B]本発明の第5実施形態に係る成膜方法において、原料粉末の吹き付け角度を示す断面図であり、(A)はバルブシート膜を形成する際の吹き付け角度を示し、(B)はノズル移動経路での吹き付け角度を示す。

[図20C]本発明の第5実施形態に係る成膜方法において、原料粉末の吹き付け角度を示す断面図であり、(A)はバルブシート膜を形成する際の吹き付け角度を示し、(B)はノズル移動経路での吹き付け角度を示す。

[図21]本発明の第1～第5実施形態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成膜経路を移動する際の移動方向の別の例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。まず初めに、本実施形態に係る成膜方法を用いて形成されたバルブシート膜を備えるエンジン1について説明する。図1は、エンジン1の断面図であり、主にシリンダヘッド周りの構成を示している。

[0011] エンジン1は、シリンダブロック11と、シリンダブロック11の上部に組み付けたシリンダヘッド12とを備える。このエンジン1は、例えば、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した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を収容している。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。

[0012] シリンダヘッド12のシリンダブロック11への取り付け面であるシリンダブロック取付面12aには、各シリンダ11aに対応する位置に、各気筒の燃焼室15を構成する4つの燃焼室上壁部12bが設けられている。燃焼室15は、燃料と吸入空気との混合気を燃焼するための空間であり、シリンダヘッド12の燃焼室上壁部12bと、ピストン13の頂面13bと、シリンダ11aの内周面とで構成されている。

[0013] シリンダヘッド12は、燃焼室15と、シリンダヘッド12の一方の側面12cとを連通する吸気用のポート（以下、吸気ポートという）16を備えている。吸気ポート16は、屈曲した略円筒形状をしており、側面12cに接続したインテークマニホールド（図示せず）からの吸入空気を燃焼室15内へ供給する。燃焼室15に供給された空気は、図示しないインジェクタから供給されたガソリンと混合されて混合気が生成される。

[0014] また、シリンダヘッド12は、燃焼室15と、シリンダヘッド12の他方

の側面12dとを連通する排気用のポート（以下、排気ポートという）17を備えている。排気ポート17は、吸気ポート16と同様に屈曲した略円筒形状をしており、燃焼室15での混合気の燃焼によって生じた排気を、側面12dに接続したエキゾーストマニホールド（図示せず）へ排出する。なお、本実施形態のエンジン1は、マルチバルブタイプのエンジンであり、1つのシリンダ11aに対し、吸気ポート16と排気ポート17とを2つずつ備えている。

[0015] シリンダヘッド12は、燃焼室15に対して吸気ポート16を開閉する吸気バルブ18と、燃焼室15に対して排気ポート17を開閉する排気バルブ19とを備える。吸気バルブ18及び排気バルブ19は、丸棒状のバルブステム18a、19aと、バルブステム18a、19aの先端に設けた円盤状のバルブヘッド18b、19bとを備えている。バルブステム18a、19aは、シリンダヘッド12に組み付けた略円筒形状のバルブガイド18c、19c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18及び排気バルブ19は、燃焼室15に対し、バルブステム18a、19aの軸方向に沿って移動自在とされている。

[0016] 図2に、燃焼室15と、吸気ポート16及び排気ポート17との連通部分を拡大して示している。吸気ポート16は、燃焼室15との連通部分に略円形の開口部16aを備える。この開口部16aの環状縁部に、吸気バルブ18のバルブヘッド18bと当接する環状のバルブシート膜16bを備える。吸気バルブ18は、バルブステム18aの軸方向に沿って上方に移動した場合に、バルブヘッド18bの上面がバルブシート膜16bに当接して吸気ポート16を閉塞する。また、吸気バルブ18は、バルブステム18aの軸方向に沿って下方に移動した場合に、バルブヘッド18bの上面とバルブシート膜16bとの間に隙間を形成して吸気ポート16を開放する。

[0017] 排気ポート17は、吸気ポート16と同様に、燃焼室15との連通部分に略円形の開口部17aを備えており、この開口部17aの環状縁部に、排気バルブ19のバルブヘッド19bと当接する環状のバルブシート膜17bを



備えている。排気バルブ19は、バルブステム19aの軸方向に沿って上方に移動した場合に、バルブヘッド19bの上面がバルブシート膜17bに当接して排気ポート17を閉塞する。また、排気バルブ19は、バルブステム19aの軸方向に沿って下方に移動した場合に、バルブヘッド19bの上面とバルブシート膜17bとの間に隙間を形成して排気ポート17を開放する。

[0018] たとえば、4サイクルのエンジン1は、ピストン13の下降時に吸気バルブ18のみが開き、吸気ポート16からシリンダ11a内に混合気が導入される。なお、筒内噴射方式、いわゆる、直噴方式のエンジンでは、インジェクタからシリンダ11a内にガソリンが噴射され、吸気ポート16からシリンダ11a内に空気が導入されて混合気が生成される。続いて吸気バルブ18および排気バルブ19が閉じた状態でピストン13が上昇してシリンダ11a内の混合気を圧縮し、ピストン13が略上死点に達したときに図示しない点火プラグにより点火して混合気が爆発する。この爆発によりピストン13は下死点まで下降し、連結されたクランクシャフト14を介して爆発を回転力に変換する。ピストン13が下死点に達し、再び上昇を開始すると、排気バルブ19のみが開き、シリンダ11a内の排気を排気ポート17へ排出する。エンジン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、付着効率が低いといった特性を有する。

特に成膜速度が速く、厚膜が可能なことから、エンジン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。

[0020] 図3は、コールドスプレー法に用いられるコールドスプレー装置の概略構成を示している。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、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コールドスプレーガン23とを備える。

[0021] ガス供給部21は、圧縮ガスポンベ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を備えている。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、圧縮ガスポンベ21aからの作動ガス及び搬送ガス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、電力源21hにより加熱されるヒータ21iを設置している。作動ガスは、ヒータ21iによって原料の融点又は軟化点より低い温度に加熱した後、コールドスプレーガン23中のチャンバ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、圧力及び温度のフィードバック制御に供される。

[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を備えている。圧縮ガスポンベ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。

[0024] コールドスプレーガン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

一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を形成している。

[0025] 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。

[0026] 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、冷却用のウォーター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。

[0027] バルブシート膜16b、17bの形成に用いる原料粉末としては、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銅合金等を適用することもできる。

[0028] 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て用いてもよい。

[0029] 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。このような効果を得られるのは、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と原料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。

[0030] 次に、本実施形態のシリンダヘッド12の製造方法について説明する。図4は、シリンダヘッド12の製造工程のうち、吸気ポート16と排気ポート17とにバルブシート膜16b、17bを形成するための手順を示す工程図である。この工程図に示すように、本実施形態のシリンダヘッド12は、鋳造工程（ステップS1）と、切削工程（ステップS2）と、成膜工程（ステップS3）と、仕上工程（ステップS4）とによって、バルブシート膜16b、17bが形成される。なお、バルブシート膜16b、17bを形成するための工程以外の工程については、説明の簡略化のため詳しい説明は省略する。

- [0031] 鋳造工程S1では、砂中子がセットされた金型に鋳物用アルミ合金を流し込み、本体部に吸気ポート16や排気ポート17等が形成されたシリンダヘッド粗材3（図5参照）を鋳造成形する。吸気ポート16及び排気ポート17は砂中子により形成され、燃焼室上壁部12bは金型で形成される。
- [0032] 図5は、鋳造工程S1で鋳造成形されたシリンダヘッド粗材3を、シリンダブロック取付面12a側から見た斜視図である。シリンダヘッド粗材3は、4気筒ガソリンエンジンのシリンダヘッド粗材であり、シリンダブロック取付面12aには、その長手方向に沿って配列するように、4つの燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>が設けられている。シリンダブロック取付面12aには、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>の周囲に、冷却水が流されるウォータージャケットの複数の開口部12eが設けられている。ウォータージャケットの開口部12eは、シリンダヘッド12がシリンダブロック11に取り付けられた際に、シリンダブロック11のウォータージャケットの開口部と連通する。
- [0033] 燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>は、略円形状をしており、シリンダブロック取付面12aに対して凹状に窪んでいる。燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>には、吸気ポート16の2つの開口部16a<sub>1</sub>、16a<sub>2</sub>と、排気ポート17の2つの開口部17a<sub>1</sub>、17a<sub>2</sub>と、プラグ孔12f<sub>1</sub>と、インジェクタ孔12g<sub>1</sub>とが設けられている。同様に、燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>には、吸気ポート16の2つの開口部16a<sub>3</sub>、16a<sub>4</sub>と、排気ポート17の2つの開口部17a<sub>3</sub>、17a<sub>4</sub>と、プラグ孔12f<sub>2</sub>と、インジェクタ孔12g<sub>2</sub>とが設けられている。また、燃焼室上壁部12b<sub>3</sub>には、吸気ポート16の2つの開口部16a<sub>5</sub>、16a<sub>6</sub>と、排気ポート17の2つの開口部17a<sub>5</sub>、17a<sub>6</sub>と、プラグ孔12f<sub>3</sub>と、インジェクタ孔12g<sub>3</sub>とが設けられている。燃焼室上壁部12b<sub>4</sub>には、吸気ポート16の2つの開口部16a<sub>7</sub>、16a<sub>8</sub>と、排気ポート17の2つの開口部17a<sub>7</sub>、17a<sub>8</sub>と、プラグ孔12f<sub>4</sub>と、インジェクタ孔12g<sub>4</sub>とが設けられている。
- [0034] プラグ孔12f<sub>1</sub>～12f<sub>4</sub>は、点火プラグを取り付けるための孔であり、

燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ の略中央に配置されている。したがって、シリンダヘッド粗材3に設けられている4つのプラグ孔 $12f_1 \sim 12f_4$ は、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って配列されている。

[0035] 吸気ポート16の2つの開口部 $16a_1$ 、 $16a_2$ は、燃焼室上壁部 $12b_1$ の縁部に接する位置で、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿うように配列されている。また、開口部 $16a_3 \sim 16a_8$ も同様に、燃焼室上壁部 $12b_2 \sim 12b_4$ の縁部に接する位置で、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿うように配列されている。したがって、シリンダヘッド粗材3に設けられている8つの吸気用の開口部 $16a_1 \sim 16a_8$ は、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って配列されている。各燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ にそれぞれ設けられた2本の吸気ポート16は、シリンダヘッド粗材3内で1本に集合され、シリンダヘッド粗材3の側面まで連通されている。

[0036] また、排気ポート17の2つの開口部 $17a_1$ 、 $17a_2$ は、燃焼室上壁部 $12b_1$ の開口部 $16a_1$ 、 $16a_2$ に対し、プラグ孔 $12f_1$ を挟んだ反対側の縁部に接する位置で、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿うように配列されている。また、開口部 $17a_3 \sim 17a_8$ も同様に、燃焼室上壁部 $12b_2 \sim 12b_4$ の縁部に接する位置で、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿うように配列されている。したがって、シリンダヘッド粗材3に設けられている8つの排気用の開口部 $17a_1 \sim 17a_8$ は、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って配列されている。各燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ にそれぞれ設けられた2本の排気ポート17は、シリンダヘッド粗材3内で1本に集合され、シリンダヘッド粗材3の側面まで連通されている。

[0037] インジェクタ孔 $12g_1 \sim 12g_4$ は、燃料噴射用のインジェクタ装置を取り付けるための孔である。インジェクタ孔 $12g_1$ は、2つの開口部 $16a_1$ 、 $16a_2$ の間で、かつ、燃焼室上壁部 $12b_1$ の縁部に接するように配置されている。また、インジェクタ孔 $12g_1$ と同様に、インジェクタ孔 $12g_2 \sim 12g_4$ も燃焼室上壁部 $12b_2 \sim 12b_4$ に配置されている。したがって、シリンダヘッド粗材3に設けられた4つのインジェクタ孔 $12g_1 \sim 12g_4$

は、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って配列されている。

[0038] 次に、切削工程S2について説明する。図6Aは、図5のV1-V1線に沿うシリンダヘッド粗材3の断面図であり、燃烧室上壁部12b<sub>1</sub>の吸気ポート16の断面形状を示している。吸気ポート16には、シリンダヘッド粗材3の燃烧室上壁部12b<sub>1</sub>内に露呈された円形の開口部16a<sub>1</sub>が設けられている。切削工程S2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6Bに示すように、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>の環状縁部に環状バルブシート部16cが形成される。環状バルブシート部16cは、バルブシート膜16bのベース形状となる環状溝であり、開口部16a<sub>1</sub>の外周に形成される。

[0039] 本実施形態のシリンダヘッド12は、環状バルブシート部16cにコールドスプレー法により原料粉末Pを吹き付けて皮膜を形成し、この皮膜を基にしてバルブシート膜16b（図6D参照）を形成する。そのため、環状バルブシート部16cは、バルブシート膜16bよりも一回り大きなサイズで形成されている。

[0040] 成膜工程S3では、シリンダヘッド粗材3の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>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を吹き付けて、バルブシート膜16bが形成される。シリンダヘッド粗材3は、本発明の成膜対象部品に相当し、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>は、本発明の被成膜部に相当する。成膜工程S3では、環状バルブシート部16cと、コールドスプレーガン23のノズル23d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16cの全周に吹き付けられるように、シリンダヘッド粗材3とノズル23dとを一定速度で相対的に移動させる。

[0041] この実施形態では、例えば、図7に示すワーク回転装置4を利用し、シリンダヘッド粗材3を、固定配置されたコールドスプレーガン23のノズル23dに対して移動させる。ワーク回転装置4は、シリンダヘッド粗材3を保持するワークテーブル41と、チルトステージ部42と、XYステージ部4

3と、回転ステージ部44と、コントローラ45とを備える。

[0042] チルトステージ部42は、ワークテーブル41を支持し、ワークテーブル41を水平方向に配したA軸の周りで回転させて、シリンダヘッド粗材3を傾けるステージである。XYステージ部43は、チルトステージ部42を支持するY軸ステージ43aと、Y軸ステージ43aを支持するX軸ステージ43bとを備える。Y軸ステージ43aは、水平方向に配したY軸に沿ってチルトステージ部42を移動する。X軸ステージ43bは、水平面上においてY軸に直交するX軸に沿って、Y軸ステージ43aを移動する。これにより、XYステージ部43は、シリンダヘッド粗材3をX軸及びY軸に沿って任意の位置に移動する。回転ステージ部44は、その上面にXYステージ部43を支持する回転テーブル44aを有し、この回転テーブル44aを回転することにより、シリンダヘッド粗材3を略垂直方向のZ軸の周りで回転する。

[0043] コントローラ45は、チルトステージ部42と、XYステージ部43と、回転ステージ部44との移動を制御する制御装置である。コントローラ45には、シリンダヘッド粗材3をコールドスプレー装置2のノズル23dに対して移動させるティーチングプログラムがインストールされている。

[0044] コールドスプレーガン23のノズル23dの先端は、チルトステージ部42の上方で、回転ステージ部44のZ軸の近傍に固定配置されている。コントローラ45は、図6Cに示すように、チルトステージ部42により、バルブシート膜16bが形成される吸気ポート16の中心軸Cが垂直になるようにワークテーブル41を傾ける。また、コントローラ45は、XYステージ部43により、バルブシート膜16bが形成される吸気ポート16の中心軸Cが、回転ステージ部44のZ軸に一致するようにシリンダヘッド粗材3を移動する。この状態で、ノズル23dから環状バルブシート部16cに原料粉末Pを吹き付け、回転ステージ部44によりシリンダヘッド粗材3をZ軸周りで回転させることにより、環状バルブシート部16cの全周にバルブシート膜16bを形成する。



- [0045] コントローラ45は、シリンダヘッド粗材3がZ軸の周りで1回転して、開口部16a<sub>1</sub>に対するバルブシート膜16bの形成が終了すると、回転ステージ部44の回転を一旦停止する。この回転停止中に、XYステージ部43は、次にバルブシート膜16bが形成される開口部16a<sub>2</sub>の中心軸Cが回転ステージ部44のZ軸に一致するように、シリンダヘッド粗材3を移動する。コントローラ45は、XYステージ部43によるシリンダヘッド粗材3の移動終了後、回転ステージ部44の回転を再開させ、次の開口部16a<sub>2</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシート膜16b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の全ての開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>にバルブシート膜16b、17b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、排気ポート17の中心軸が垂直になるように、チルトステージ部42によってシリンダヘッド粗材3の傾きが変更される。
- [0046] 仕上工程S4では、バルブシート膜16b、17b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16b、17b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16b、17bの表面を切削し、バルブシート膜16bを所定形状に整える。
- [0047] また、吸気ポート16の仕上加工では、開口部16a<sub>1</sub>から吸気ポート16内にボールエンドミルを挿入し、図6Dに示す加工ラインPLに沿って吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>側の内周面を切削する。加工ラインPL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Sfが比較的厚く形成される範囲、より具体的には、余剰皮膜Sf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。
- [0048] このように、仕上工程S4により、鋳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、成膜工程S3で形成された余剰皮膜Sfを除去することができる。図6Eに、仕上工程S4後の吸気ポート16を示す。
- [0049] なお、排気ポート17は、吸気ポート16と同様に、鋳造成形による排気

ポート17の形成、切削加工による環状バルブシート部17c（図2参照）の形成、コールドスプレー法によるバルブシート膜16b、17bの形成、仕上加工を経てバルブシート膜17b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17bの形成手順については、詳しい説明を省略する。

[0050] 《第1実施形態》

ところで、以上で説明した成膜工程S3には、（1）成膜工程のサイクルタイムが長くなる、（2）余剰皮膜が形成される、という2つの問題がある。問題（1）は、コールドスプレー装置2の特性によるものである。すなわち、コールドスプレー装置2は、原料粉末Pの吹き付けをいったん停止すると、再び原料粉末P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、複数の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>にバルブシート膜16b、17bを形成する場合に、開口部毎に原料粉末Pの吹き付けと、吹き付けの停止とを繰り返すと、成膜工程S3のサイクルタイムが長くなる。

[0051] 問題（2）は、問題（1）を解決するために、本発明を適用することによって発生する問題である。すなわち、本発明の実施形態では、成膜工程S3のサイクルタイムに関する問題（1）を解決するために、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出を継続したまま、ノズル23dを開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>の間で移動させるものである。これによれば、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出を停止しないので、待機時間は不要となり、成膜工程S3のサイクルタイムは短くなるが、シリンダヘッド粗材3の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>以外の部分に原料粉末Pが付着して余剰皮膜が形成される、という問題（2）が発生する。特に、余剰皮膜が吸気ポート16及び排気ポート17の加工ラインPLよりも奥に形成されると、後加工で余剰皮膜を除去することができないので、エンジン性能に影響を及ぼす可能性がある。

[0052] 図8Aは、上述した問題（2）が発生する吸気用ノズル移動経路lnp、

及び排気用ノズル移動経路E n pを示している。吸気用ノズル移動経路I n pは、ノズル23 dにより吸気ポート16の開口部16 a<sub>1</sub>～16 a<sub>8</sub>にバルブシート膜16 bを形成する際に、シリンダヘッド粗材3に対して移動されるノズル23 dの移動経路である。また、排気用ノズル移動経路E n pは、ノズル23 dにより排気ポート17の開口部17 a<sub>1</sub>～17 a<sub>8</sub>にバルブシート膜17 bを形成する際に、シリンダヘッド粗材3に対して移動されるノズル23 dの移動経路である。吸気用ノズル移動経路I n p、及び排気用ノズル移動経路E n pは、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿うように設定されている。

[0053] ノズル23 dは、吸気用ノズル移動経路I n pに沿って移動する間に、吸気ポート16の開口部16 a<sub>1</sub>～16 a<sub>8</sub>に対し、順にバルブシート膜16 bを形成する。また、ノズル23 dは、バルブシート膜16 bの形成を終えた開口部（例えば、開口部16 a<sub>1</sub>）から、次にバルブシート膜16 bが形成される開口部（例えば、開口部16 a<sub>2</sub>）へ移動する際に、バルブシート膜16 bの形成を終えた開口部（例えば、開口部16 a<sub>1</sub>）の上方を移動する。同様に、ノズル23 dは、排気用ノズル移動経路E n pに沿って移動する間に、排気ポート17の開口部17 a<sub>1</sub>～17 a<sub>8</sub>に対し、順にバルブシート膜17 bを形成する。また、ノズル23 dは、バルブシート膜17 bの形成を終えた開口部（例えば、開口部17 a<sub>1</sub>）から、次にバルブシート膜17 bが形成される開口部（例えば、開口部17 a<sub>2</sub>）へ移動する際に、バルブシート膜17 bの形成を終えた開口部（例えば、開口部17 a<sub>1</sub>）の上方を移動する。

[0054] 図8 Bは、吸気用ノズル移動経路I n p、及び排気用ノズル移動経路E n pに沿って移動されたノズル23 dにより、バルブシート膜16 b、17 bが形成されたシリンダヘッド粗材3のシリンダブロック取付面12 aを示している。この図8 Bに示すように、ノズル23 dが開口部16 a<sub>1</sub>～16 a<sub>8</sub>及び開口部17 a<sub>1</sub>～17 a<sub>8</sub>の上方を移動するので、吸気ポート16及び排気ポート17の加工ラインPLよりも奥には、除去できない余剰皮膜S fが形成されてしまう。

[0055] 本実施形態に係る成膜工程S3は、本発明に係る成膜方法を実施する一実施の形態であり、上述した問題(1)、(2)を解決するために、図9Aに示すように、図8Aの吸気用ノズル移動経路 $l_{np}$ 、及び排気用ノズル移動経路 $E_{np}$ とは異なる吸気用ノズル移動経路 $l_{np1}$ 、及び排気用ノズル移動経路 $E_{np1}$ を設定している。ここで、ノズル移動経路とは、バルブシート膜が形成された開口部から、次にバルブシート膜が形成される開口部へと至るノズル23dの移動経路である。このノズル移動経路には、ノズル23dがシリンダヘッド粗材3の外部から、最初にバルブシート膜が形成される開口部(例えば、開口部16a<sub>1</sub>)まで移動する経路と、最後にバルブシート膜が形成された開口部(例えば、開口部16a<sub>8</sub>)から、シリンダヘッド粗材3の外部まで移動する経路とが含まれる。また、以下では、開口部にバルブシート膜を形成するために、ノズル23dが開口部の上をなぞるように移動する経路を成膜経路と言う。

[0056] 図9Aは、シリンダヘッド粗材3のシリンダブロック取付面12aを示す平面図であり、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>にバルブシート膜16bを形成するための吸気用ノズル移動経路 $l_{np1}$ と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>にバルブシート膜17bを形成するための排気用ノズル移動経路 $E_{np1}$ とを示している。また、図10は、図9Aに示すシリンダヘッド粗材3のうち、左端の燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>を拡大して示している。

[0057] 吸気用ノズル移動経路 $l_{np1}$ は、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間で、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>に接するように、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されている。ノズル23dは、図中左方から右方に向かって、吸気用ノズル移動経路 $l_{np1}$ 上を移動する。この吸気用ノズル移動経路 $l_{np1}$ により、ノズル23dは、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との上方を移動せず、その代わりに、シリンダブロック取付面12aの上方と、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>

の上方とを移動する。

[0058] このように設定された吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$  に対し、各開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  の環状バルブシート部  $16c$  の上には、環状の吸気用成膜経路  $l_{dp1}$  が吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$  に接するように設定されている。また、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$  と吸気用成膜経路  $l_{dp1}$  とが接する位置には、ノズル  $23d$  により、開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  の環状バルブシート部  $16c$  に対する原料粉末  $P$  の吹き付けが開始される成膜開始位置  $l_{s1}$  と、環状バルブシート部  $16c$  に対する原料粉末  $P$  の吹き付けが終了される成膜終了位置  $l_{e1}$  とが設定されている。

[0059] 排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  は、吸気ポート  $16$  の開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  と排気ポート  $17$  の開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との間で、開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  に接するように、開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  の配列方向に沿って直線状に設定されている。ノズル  $23d$  は、図中左方から右方に向かって、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  上を移動する。この排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  により、ノズル  $23d$  は、吸気ポート  $16$  の開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  と、排気ポート  $17$  の開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との上方を移動せず、その代わりに、シリンダブロック取付面  $12a$  の上方と、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の上方とを移動する。

[0060] このように設定された排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  に対し、各開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  の環状バルブシート部  $17c$  の上には、環状の排気用成膜経路  $E_{dp1}$  が排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  に接するように設定されている。また、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  と排気用成膜経路  $E_{dp1}$  とが接する位置には、ノズル  $23d$  により、開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  の環状バルブシート部  $17c$  に原料粉末  $P$  の吹き付けが開始される成膜開始位置  $E_{s1}$  と、環状バルブシート部  $17c$  に対する原料粉末  $P$  の吹き付けが終了される成膜終了位置  $E_{e1}$  とが設定されている。

[0061] なお、図  $9A$  では、吸気用成膜経路  $l_{dp1}$  の成膜開始位置  $l_{s1}$  と、成膜終了位置  $l_{e1}$  とを離れた位置に描いているが、実際には、成膜開始位置

l s 1 の上に成膜終了位置 l e 1 が重なるように設定されている。図 1 1 は、開口部 1 6 a<sub>1</sub> の環状バルブシート部 1 6 c に、バルブシート膜 1 6 b を形成した直後の成膜開始位置 l s 1 と、成膜終了位置 l e 1 とを示す断面図である。この断面図に示すように、成膜開始位置 l s 1 と成膜終了位置 l e 1 は同じ位置に設定されており、成膜開始位置 l s 1 で形成されたバルブシート膜 1 6 b の端部 1 6 b<sub>1</sub> の上に、成膜終了位置 l e 1 で形成されたバルブシート膜 1 6 b の端部 1 6 b<sub>2</sub> が重なるように形成されている。したがって、バルブシート膜 1 6 b は、開口部 1 6 a<sub>1</sub> ~ 1 6 a<sub>8</sub> の全周に渡って隙間なく形成される。なお、成膜開始位置 l s 1 と成膜終了位置 l e 1 とが重なる位置では、他の部分よりも皮膜は厚くなるが、仕上工程 S 4 で厚みが均一になるように切削される。また、排気用成膜経路 E d p 1 における成膜開始位置 E s 1 と成膜終了位置 E e 1 との位置関係は、吸気用成膜経路 l d p 1 の成膜開始位置 l s 1 と成膜終了位置 l e 1 との位置関係と同様であるため、詳しい説明は省略する。

[0062] ノズル 2 3 d は、吸気用ノズル移動経路 l n p 1 及び吸気用成膜経路 l d p 1 を次のように移動する。なお、本実施形態では、実際にはノズル 2 3 d が固定されて、シリンダヘッド粗材 3 が移動されているが、吸気用ノズル移動経路 l n p 1 及び吸気用成膜経路 l d p 1 におけるノズル 2 3 d の動きを明確にするために、以下では、ノズル 2 3 d が移動している状態として説明している。

[0063] ノズル 2 3 d は、原料粉末 P の吹き付けを行いながら、開口部 1 6 a<sub>1</sub> ~ 1 6 a<sub>8</sub> の配列方向、すなわち、シリンダヘッド粗材 3 の長手方向に沿って、吸気用ノズル移動経路 l n p 1 上を直線的に移動する。ノズル 2 3 d は、シリンダヘッド粗材 3 の外部からシリンダブロック取付面 1 2 a の上方に移動すると、シリンダブロック取付面 1 2 a の上方を通過して最初の開口部 1 6 a<sub>1</sub> の上方まで移動する。ノズル 2 3 d は、最初の成膜開始位置 l s 1 に到達すると、逆方向に折り返すようにして進行方向を転換し、吸気用成膜経路 l d p 1 に沿って、環状バルブシート部 1 6 c の上をなぞるように反時計周りに

移動し、開口部16a<sub>1</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する。

[0064] ノズル23dは、最初の成膜終了位置le1まで移動すると、逆方向に折り返すようにして進行方向を転換し、再び吸気用ノズル移動経路lnp1に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置ls1まで移動する。ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置ls1に到達すると、吸気用成膜経路ldp1に沿って、2つ目の開口部16a<sub>2</sub>をなぞるように開口部16a<sub>2</sub>の上方を図中反時計周りに移動し、開口部16a<sub>2</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する。

[0065] ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜終了位置le1まで移動すると、再び吸気用ノズル移動経路lnp1に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、次の燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>の開口部16a<sub>3</sub>の成膜開始位置ls1に移動する。以後、燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>~12b<sub>4</sub>の開口部16a<sub>3</sub>~16a<sub>8</sub>に対し、開口部16a<sub>1</sub>、16a<sub>2</sub>と同様にバルブシート膜16bを形成する。ノズル23dは、最後の開口部16a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成を終えた後、吸気用ノズル移動経路lnp1に沿って燃焼室上壁部12b<sub>4</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、シリンダヘッド粗材3の外部に移動される。

[0066] 吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成を終えると、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成が開始される。ノズル23dは、原料粉末Pの吹き付けを行いながら、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の配列方向、すなわち、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って、排気用ノズル移動経路Enp1上を直線的に移動する。ノズル23dは、シリンダヘッド粗材3の外部からシリンダブロック取付面12aの上方に移動すると、シリンダブロック取付面12aの上方を通過して最初の開口部17a<sub>1</sub>の上方まで移動する。ノズル23dは、最初の成膜開始位置Es1に到達すると、逆方向に折り返すようにして進行方向を転換し、排気用成膜経路Edp1に沿って、環状バルブシート部

の上をなぞるように時計周りに移動し、開口部 17 a<sub>1</sub>の環状バルブシート部 17 c にバルブシート膜 16 b を形成する。

[0067] ノズル 23 d は、開口部 17 a<sub>1</sub>の成膜終了位置 E e 1 まで移動すると、再び、排気用ノズル移動経路 E n p 1 に沿って燃焼室上壁部 12 a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部 17 a<sub>2</sub>の成膜開始位置 E s 1 まで移動する。ノズル 23 d は、次の開口部 17 a<sub>2</sub>の成膜開始位置 E s 1 に到達すると、排気用成膜経路 E d p 1 に沿って、2つ目の開口部 17 a<sub>2</sub>をなぞるように開口部 17 a<sub>2</sub>の上方を図中時計周りに移動し、開口部 17 a<sub>2</sub>の環状バルブシート部 17 c にバルブシート膜 17 b を形成する。

[0068] ノズル 23 d は、開口部 17 a<sub>2</sub>の成膜終了位置 E e 1 まで移動すると、再び排気用ノズル移動経路 E n p 1 に沿って燃焼室上壁部 12 a<sub>1</sub>の上方と、シリンダブロック取付面 12 a の上方とを移動し、次の燃焼室上壁部 12 b<sub>2</sub>の開口部 16 a<sub>3</sub>の成膜開始位置 E s 1 に移動する。以後、燃焼室上壁部 12 b<sub>2</sub>~12 b<sub>4</sub>の開口部 17 a<sub>3</sub>~17 a<sub>8</sub>に対し、開口部 17 a<sub>1</sub>、17 a<sub>2</sub>と同様にバルブシート膜 17 b を形成する。ノズル 23 d は、最後の開口部 17 a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜 17 b の形成を終えた後、排気用ノズル移動経路 E n p 1 に沿って燃焼室上壁部 12 b<sub>4</sub>の上方と、シリンダブロック取付面 12 a の上方とを移動し、シリンダヘッド粗材 3 の外部に移動される。

[0069] 図 9 B は、バルブシート膜 16 b、17 b が形成された後のシリンダヘッド粗材 3 のシリンダブロック取付面 12 a を示す。この図 9 B に示すように、吸気ポート 16 の開口部 16 a<sub>1</sub>~16 a<sub>8</sub>にはバルブシート膜 16 b が形成され、排気ポート 17 の開口部 17 a<sub>1</sub>~17 a<sub>8</sub>にはバルブシート膜 17 b が形成される。また、シリンダブロック取付面 12 a と、燃焼室上壁部 12 b<sub>1</sub>~12 b<sub>4</sub>とに余剰皮膜 S f が形成されるが、吸気ポート 16 及び排気ポート 17 の奥には余剰皮膜 S f は形成されない。

[0070] このように、ノズル 23 d による原料粉末 P の吹き付けを継続しながら、ノズル 23 d を開口部 16 a<sub>1</sub>~16 a<sub>8</sub>及び開口部 17 a<sub>1</sub>~17 a<sub>8</sub>の間で移動させるので、原料粉末 P の吹き付けと、吹き付け停止とを繰り返して複



数の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>にバルブシート膜16b、17bを形成する場合よりも、成膜工程S3のサイクルタイムを短くすることができる。

[0071] また、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1は、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との上方を移動せず、その代わりに、シリンダブロック取付面12aの上方と、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>の上方とを移動するように設定されているので、余剰皮膜Sfが吸気ポート16や排気ポート17の奥の除去できない位置に形成されるのを防ぐことができる。

[0072] また、シリンダブロック取付面12aの上には余剰皮膜Sfが形成されるが、シリンダブロック取付面12aは、平面度を高めるために従来からフライス盤などで後加工されているので、新たな工程を設けなくてもシリンダブロック取付面12aに形成された余剰皮膜Sfは除去することが可能である。さらに、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>にも余剰皮膜Sfは形成されるが、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>は外部に露呈されているので、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>の余剰皮膜Sfは比較的簡単に除去することができる。なお、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に形成された余剰皮膜Sfは、エンジン1の燃焼性能に影響を及ぼさない場合には、除去せずに残しておいてもよい。

[0073] また、吸気用ノズル移動経路Inp1は、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>に接するように、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されており、吸気用ノズル移動経路Inp1上に成膜開始位置Is1と、成膜終了位置Ie1とが設定されている。同様に、排気用ノズル移動経路Enp1は、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>に接するように、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されており、排気用ノズル移動経路Enp1上に成膜開始位置Es1と、成膜終了位置Ee1とが設定されている。したがって、ノズル23dから原料粉末Pが無駄に吐出する距離、すなわち、余剰皮膜Sfが形成される距離を短くすることができる。これにより、原料粉末P

の無駄が抑えられるとともに、余剰皮膜 S f を除去するための工数を削減することができる。

[0074] さらに、吸気ポート 16 の開口部  $16 a_1 \sim 16 a_8$  と排気ポート 17 の開口部  $17 a_1 \sim 17 a_8$  との間に、吸気用ノズル移動経路  $l n p 1$  及び排気用ノズル移動経路  $E n p 1$  を設定して、原料粉末 P を吹き付けて余剰皮膜 S f を形成することにより、吸気ポート 16 と排気ポート 17 との間に圧縮残留応力を付与し、開口部  $16 a_1 \sim 16 a_8$  と開口部  $17 a_1 \sim 17 a_8$  との間の強度をより高めることが可能である。

[0075] シリンダヘッド 12 は、シリンダブロック 11 に取り付けられた拘束状態で高温の繰返し加熱を受けるので、熱疲労現象により、吸気ポート 16 の開口部  $16 a_1 \sim 16 a_8$  と、排気ポート 17 の開口部  $17 a_1 \sim 17 a_8$  との間に亀裂が発生する可能性がある。すなわち、シリンダヘッド 12 のシリンダブロック取付面  $12 a$  は、燃焼室 15 からの熱を受けて加熱されることにより伸びようとするが、シリンダヘッド 12 はシリンダブロック 11 に拘束されているので、圧縮荷重を受けて降伏し、圧縮応力が発生する。このような状態で、エンジン 1 が停止されてシリンダヘッド 12 が冷却されると、シリンダヘッド 12 のシリンダブロック取付面  $12 a$  は縮もうとするので、シリンダブロック取付面  $12 a$  の降伏面には引張応力が発生する。この圧縮応力と引張応力との繰返しにより、最も熱的に厳しい条件下にさらされる開口部  $16 a_1 \sim 16 a_8$  と開口部  $17 a_1 \sim 17 a_8$  との間に、亀裂が発生する場合がある。

[0076] このような問題に対し、本実施形態では、開口部  $16 a_1 \sim 16 a_8$  と開口部  $17 a_1 \sim 17 a_8$  との間に、吸気用ノズル移動経路  $l n p 1$  及び排気用ノズル移動経路  $E n p 1$  を設定して余剰皮膜 S f を形成することにより、ショットピーニング加工を行った場合と同様に、圧縮残留応力を付与することができる。図 12 は、バルブシート膜  $16 b$  を形成した後の吸気ポート 16 の開口部  $16 a_1$  を示す断面図である。この図 12 に示すように、開口部  $16 a_1$  に形成されたバルブシート膜  $16 b$  には、圧縮残留応力  $C s 1$  (例えば、3

50～467 Mpa)が発生し、バルブシート膜16bの外側には、圧縮残留応力 $C_{s2}$ (例えば、23～118 Mpa)が発生する。これに対し、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>と排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>の間には、バルブシート膜16bの外側よりも大きな、圧縮残留応力 $C_{s3}$ (例えば、34～223 Mpa)が発生する。したがって、この圧縮残留応力により、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>との間の強度が向上するので、亀裂の発生を防ぐことができる。

[0077] また、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1は、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>との間に設定されているので、インジェクタ孔12g<sub>1</sub>～12g<sub>4</sub>内には余剰皮膜Sfは形成されない。なお、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1を利用することにより、プラグ孔12f<sub>1</sub>～12f<sub>4</sub>内に余剰皮膜Sfが形成されるが、プラグ孔12f<sub>1</sub>～12f<sub>4</sub>は、点火プラグ用のネジ孔を形成するために必ず後加工されるので、この後加工により余剰皮膜Sfは除去することができる。

[0078] 《第2実施形態》

次に、ノズル移動経路に関する第2実施形態について説明する。図13Aは、シリンダヘッド粗材3のシリンダブロック取付面12aを示す平面図であり、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>にバルブシート膜16bを形成するための吸気用ノズル移動経路Inp2と、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>にバルブシート膜17bを形成するための排気用ノズル移動経路Enp2とを示している。また、図14は、図13Aに示すシリンダヘッド粗材3のうち、左端の燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>を拡大して示している。

[0079] 吸気用ノズル移動経路Inp2は、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>の縁部と、開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>との間で、開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>に接するよう、開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されている。ノズル23dは、図中左方から右方に向かって、吸気用ノズル移動経路I

n p 2上を移動する。この吸気用ノズル移動経路 I n p 2により、ノズル 2 3 dは、吸気ポート 1 6の開口部 1 6 a<sub>1</sub>~1 6 a<sub>8</sub>と、排気ポート 1 7の開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>との上方を移動せず、その代わりに、シリンダブロック取付面 1 2 aの上方と、燃焼室上壁部 1 2 b<sub>1</sub>~1 2 b<sub>4</sub>の上方とを移動する。

[0080] このように設定された吸気用ノズル移動経路 I n p 2に対し、各開口部 1 6 a<sub>1</sub>~1 6 a<sub>8</sub>の環状バルブシート部 1 6 cの上には、環状の吸気用成膜経路 I d p 2が吸気用ノズル移動経路 I n p 2に接するように設定されている。また、吸気用ノズル移動経路 I n p 2と吸気用成膜経路 I d p 2とが接する位置には、ノズル 2 3 dにより、開口部 1 6 a<sub>1</sub>~1 6 a<sub>8</sub>の環状バルブシート部 1 6 cに対する原料粉末 Pの吹き付けが開始される成膜開始位置 I s 2と、環状バルブシート部 1 6 cに対する原料粉末 Pの吹き付けが終了される成膜終了位置 I e 2とが設定されている。

[0081] 排気用ノズル移動経路 E n p 2は、燃焼室上壁部 1 2 b<sub>1</sub>~1 2 b<sub>4</sub>の縁部と、開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>との間で、開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>に接するように、開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されている。ノズル 2 3 dは、図中左方から右方に向かって、排気用ノズル移動経路 E n p 2上を移動する。この排気用ノズル移動経路 E n p 2により、ノズル 2 3 dは、吸気ポート 1 6の開口部 1 6 a<sub>1</sub>~1 6 a<sub>8</sub>と、排気ポート 1 7の開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>との上方を移動せず、その代わりに、シリンダブロック取付面 1 2 aの上方と、燃焼室上壁部 1 2 b<sub>1</sub>~1 2 b<sub>4</sub>の上方とを移動する。

[0082] このように設定された排気用ノズル移動経路 E n p 2に対し、各開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>の環状バルブシート部 1 7 cの上には、環状の排気用成膜経路 E d p 2が排気用ノズル移動経路 E n p 2に接するように設定されている。また、排気用ノズル移動経路 E n p 2と排気用成膜経路 E d p 2とが接する位置には、ノズル 2 3 dにより、開口部 1 7 a<sub>1</sub>~1 7 a<sub>8</sub>の環状バルブシート部 1 7 cに対する原料粉末 Pの吹き付けが開始される成膜開始位置 E s

2と、環状バルブシート部17cに対する原料粉末Pの吹き付けが終了される成膜終了位置Ee2とが設定されている。

[0083] なお、吸気用ノズル移動経路Inp2の成膜開始位置Is2と、成膜終了位置Ie2は、第1実施形態の成膜開始位置Is1と成膜終了位置Ie1と同様に、皮膜が重なり合うように設定されている。したがって、バルブシート膜16bは、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>の全周に渡って隙間なく形成される。また、排気用ノズル移動経路Enp2の成膜開始位置Es2と、成膜終了位置Ee2は、第1実施形態の成膜開始位置Es1と成膜終了位置Ee1と同様に、皮膜が重なり合うように設定されている。したがって、バルブシート膜17bは、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の全周に渡って隙間なく形成される。

[0084] ノズル23dは、吸気用ノズル移動経路Inp2及び吸気用成膜経路Idp2を次のように移動する。ノズル23dは、原料粉末Pの吹き付けを行いながら、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>の配列方向、すなわち、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って、吸気用ノズル移動経路Inp2上を直線的に移動する。ノズル23dは、シリンダヘッド粗材3の外部からシリンダブロック取付面12aの上方に移動すると、シリンダブロック取付面12aの上方を通過して最初の開口部16a<sub>1</sub>の上方まで移動する。ノズル23dは、最初の成膜開始位置Is2に到達すると、逆方向に折り返すようにして進行方向を転換し、吸気用成膜経路Idp2に沿って、環状バルブシート部16cの上をなぞるように時計周りに移動し、開口部16a<sub>1</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する。

[0085] ノズル23dは、最初の成膜終了位置Ie2まで移動すると、再び、吸気用ノズル移動経路Inp2に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置Is2まで移動する。ノズル23dは、次の開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置Is2に到達すると、吸気用成膜経路Idp2に沿って、2つ目の開口部16a<sub>2</sub>をなぞるように開口部16a<sub>2</sub>の上方を図中時計周りに移動し、開口部16a<sub>2</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシ

ート膜16bを形成する。

[0086] ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜終了位置le<sub>2</sub>まで移動すると、再び吸気用ノズル移動経路lnp<sub>2</sub>に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、次の燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>の開口部16a<sub>3</sub>の成膜開始位置ls<sub>2</sub>に移動する。以後、燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>~12b<sub>4</sub>の開口部16a<sub>3</sub>~16a<sub>8</sub>に対し、開口部16a<sub>1</sub>、16a<sub>2</sub>と同様にバルブシート膜16bを形成する。ノズル23dは、最後の開口部16a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成を終えた後、吸気用ノズル移動経路lnp<sub>2</sub>に沿って燃焼室上壁部12b<sub>4</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、シリンダヘッド粗材3の外部に移動される。

[0087] 吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成を終えると、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成が開始される。ノズル23dは、原料粉末Pの吹き付けを行いながら、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の配列方向、すなわち、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って、排気用ノズル移動経路Enp<sub>2</sub>上を直線的に移動する。ノズル23dは、シリンダヘッド粗材3の外部からシリンダブロック取付面12aの上方に移動すると、シリンダブロック取付面12aの上方を通過して最初の開口部17a<sub>1</sub>の上方まで移動する。ノズル23dは、最初の成膜開始位置Es<sub>2</sub>に到達すると、逆方向に折り返すようにして進行方向を転換し、排気用成膜経路Edp<sub>2</sub>に沿って、環状バルブシート部17cの上をなぞるように反時計周りに移動し、開口部17a<sub>1</sub>の環状バルブシート部17cにバルブシート膜17bを形成する。

[0088] ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜終了位置Ee<sub>2</sub>まで移動すると、再び、排気用ノズル移動経路Enp<sub>2</sub>に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部17a<sub>2</sub>の成膜開始位置Es<sub>2</sub>まで移動する。ノズル23dは、次の開口部17a<sub>2</sub>の成膜開始位置Es<sub>2</sub>に到達すると、排気用成膜経路Edp<sub>2</sub>に沿って、2つ目の開口部17a<sub>2</sub>をなぞるように開口部17a<sub>2</sub>の上方を図中反時計周りに移動し、開口部17a<sub>2</sub>の環状バルブシート部17c

にバルブシート膜 17 b を形成する。

[0089] ノズル 23 d は、開口部 17 a<sub>2</sub> の成膜終了位置 E e 2 まで移動すると、再び排気用ノズル移動経路 E n p 2 に沿って燃焼室上壁部 12 a<sub>1</sub> の上方と、シリンダブロック取付面 12 a の上方とを移動し、次の燃焼室上壁部 12 b<sub>2</sub> の開口部 16 a<sub>3</sub> の成膜開始位置 E s 2 に移動する。以後、燃焼室上壁部 12 b<sub>2</sub> ~ 12 b<sub>4</sub> の開口部 17 a<sub>3</sub> ~ 17 a<sub>8</sub> に対し、開口部 17 a<sub>1</sub>、17 a<sub>2</sub> と同様にバルブシート膜 17 b を形成する。ノズル 23 d は、最後の開口部 17 a<sub>8</sub> に対するバルブシート膜 17 b の形成を終えた後、排気用ノズル移動経路 E n p 2 に沿って燃焼室上壁部 12 b<sub>4</sub> の上方と、シリンダブロック取付面 12 a の上方とを移動し、シリンダヘッド粗材 3 の外部に移動される。

[0090] 図 13 B は、バルブシート膜 16 b、17 b が形成された後のシリンダヘッド粗材 3 のシリンダブロック取付面 12 a を示す。この図 13 B に示すように、吸気ポート 16 の開口部 16 a<sub>1</sub> ~ 16 a<sub>8</sub> にはバルブシート膜 16 b が形成され、排気ポート 17 の開口部 17 a<sub>1</sub> ~ 17 a<sub>8</sub> にはバルブシート膜 17 b が形成される。また、シリンダブロック取付面 12 a と、燃焼室上壁部 12 b<sub>1</sub> ~ 12 b<sub>4</sub> とに余剰皮膜 S f が形成されるが、吸気ポート 16 及び排気ポート 17 の奥には余剰皮膜 S f は形成されない。

[0091] このように、本実施形態は、ノズル 23 d による原料粉末 P の吹き付けを継続しながら、ノズル 23 d を開口部 16 a<sub>1</sub> ~ 16 a<sub>8</sub> 及び開口部 17 a<sub>1</sub> ~ 17 a<sub>8</sub> の間で移動させるとともに、ノズル 23 d を開口部 16 a<sub>1</sub> ~ 16 a<sub>8</sub> 及び開口部 17 a<sub>1</sub> ~ 17 a<sub>8</sub> の上方で移動させないようにしているので、第 1 実施形態と同様に問題 (1)、(2) を解消することができる。

[0092] なお、本実施形態では、開口部 16 a<sub>1</sub> ~ 16 a<sub>8</sub> と、開口部 17 a<sub>1</sub> ~ 17 a<sub>8</sub> との間に余剰皮膜 S f は形成されないため、圧縮残留応力による強度の向上を図ることはできない。しかしながら、吸気用ノズル移動経路 l n p 2 と、排気用ノズル移動経路 E n p 2 とを、燃焼室上壁部 12 b<sub>1</sub> ~ 12 b<sub>4</sub> を挟む離れた位置に設定しているので、コールドスプレー時に発生する熱を分散し、残留応力が溜まりにくいバルブシート膜 16 b、17 b を形成すること

ができる。

[0093] また、本実施形態では、成膜開始位置  $l_{s2}$ 、 $E_{s2}$  と成膜終了位置  $l_{e2}$ 、 $E_{e2}$  とを、エンジン 1 の稼働中の温度が高く、かつ熱負荷が大きくなる燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の中央部には配置せず、中央部よりも温度が低く、中央部よりも熱負荷が小さくなる燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の縁部側に設定している。したがって、バルブシート膜  $16b$  の成膜開始位置  $l_{s2}$  及び成膜終了位置  $l_{e2}$  と、バルブシート膜  $17b$  の成膜開始位置  $E_{s2}$  及び成膜終了位置  $E_{e2}$  との強度が、予め設定していた所定の強度よりも低くなった場合でも、バルブシート膜  $16b$ 、 $17b$  の性能に影響は生じない。

[0094] さらに、本実施形態では、吸気用ノズル移動経路  $l_{np2}$  を燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の縁部と、開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  との間に設定し、排気用ノズル移動経路  $E_{np2}$  を、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の縁部と開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との間に設定しているので、プラグ孔  $12f_1 \sim 12f_4$  内には余剰皮膜  $S_f$  は形成されない。

[0095] なお、筒内噴射方式のエンジンには、燃焼室の略中心上方から燃料室内に燃料を下向きに噴射するようにインジェクタを配置した、スプレーガイド式（センター噴射式）エンジンがある。このようなスプレーガイド式エンジンのシリンダヘッド粗材  $3A$  は、図 15 に示すように、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の中央部に、プラグ孔  $12f_1 \sim 12f_4$  と並んでインジェクタ孔  $12g_1 \sim 12g_4$  が配置されている。本実施形態の吸気用ノズル移動経路  $l_{np2}$  及び排気用ノズル移動経路  $E_{np2}$  は、このようなスプレーガイド式エンジンのシリンダヘッド粗材  $3A$  に適用することにより、吸気ポート  $16$  及び排気ポート  $17$  内だけでなく、プラグ孔  $12f_1 \sim 12f_4$  及びインジェクタ孔  $12g_1 \sim 12g_4$  に対する余剰皮膜  $S_f$  の形成を抑制することができる。

[0096] 《第 3 実施形態》

次に、ノズル移動経路に関する第 3 実施形態について説明する。この実施形態は、第 1 実施形態で説明した吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$  及び排気用



ノズル移動経路  $E_{np1}$  と、第2実施形態で説明した吸気用ノズル移動経路  $I_{np2}$  及び排気用ノズル移動経路  $E_{np2}$  とを組み合わせたものである。例えば、図16に示すシリンダヘッド粗材3では、吸気ポート16に第1実施形態の吸気用ノズル移動経路  $I_{np1}$  を適用し、排気ポート17に第2実施形態の排気用ノズル移動経路  $E_{np2}$  を適用している。また、図17に示すシリンダヘッド粗材3では、吸気ポート16に第2実施形態の吸気用ノズル移動経路  $I_{np2}$  を適用し、排気ポート17に第1実施形態の排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$  を適用している。

[0097] この実施形態によれば、ノズル23dによる原料粉末Pの吹き付けを継続しながら、ノズル23dを開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  及び開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  の間で移動させるとともに、ノズル23dを開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  及び開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  の上方で移動させないようにしているので、第1実施形態及び第2実施形態と同様に、問題(1)、(2)を解消することができる。

[0098] また、図16に示す実施形態では、第1実施形態の効果と、第2実施形態の効果とを組み合わせた効果を得ることができる。すなわち、開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  と、開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との間に原料粉末Pを吹き付けて余剰皮膜を形成することにより、圧縮残留応力を付与して、強度の向上を図ることができる。また、排気ポート17においては、コールドスプレー時に発生する熱を分散し、残留応力が溜まりにくいバルブシート膜17bを形成することができる。さらに、インジェクタ孔  $12g_1 \sim 12g_4$  内への余剰皮膜Sfの形成を防ぐことができる。

[0099] また、図17に示す実施形態でも、第1実施形態の効果と、第2実施形態の効果とを組み合わせた効果を得ることができる。すなわち、開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  と、開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との間に原料粉末Pを吹き付けて余剰皮膜を形成することにより、圧縮残留応力を付与して、強度の向上を図ることができる。また、吸気ポート16においては、コールドスプレー時に発生する熱を分散し、残留応力が溜まりにくいバルブシート膜16bを形成する

ことができる。さらに、プラグ孔 $12f_1 \sim 12f_4$ 内への余剰皮膜 $Sf$ の形成を防ぐことができる。

[0100] 《第4実施形態》

次に、ノズル移動経路に関する第4実施形態について説明する。図18Aは、シリンダヘッド粗材3のシリンダブロック取付面 $12a$ を示す平面図であり、吸気ポート16の開口部 $16a_1 \sim 16a_8$ と、排気ポート17の開口部 $17a_1 \sim 17a_8$ とに、バルブシート膜 $16b$ 、 $17b$ を形成するためのノズル移動経路 $Np$ を示している。また、図19は、図18Aに示すシリンダヘッド粗材3のうち、左端の燃焼室上壁部 $12b_1$ を拡大して示している。

[0101] ノズル移動経路 $Np$ は、シリンダヘッド粗材3が複数の燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ を有し、複数の燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ のそれぞれに、複数の開口部 $16a_1 \sim 16a_8$ 及び開口部 $17a_1 \sim 17a_8$ をそれぞれ備える場合に、燃焼室上壁部 $12b_1 \sim 12b_4$ 毎にバルブシート膜 $16b$ 、 $17b$ を形成するものである。ノズル移動経路 $Np$ には、開口部 $16a_1 \sim 16a_8$ にバルブシート膜 $16b$ を形成するための吸気用成膜経路 $ldp_4$ と、開口部 $17a_1 \sim 17a_8$ にバルブシート膜 $17b$ を形成するための排気用成膜経路 $Edp_4$ とが接続されている。

[0102] 具体的には、ノズル $23d$ は、ノズル移動経路 $Np$ を次のように移動する。ノズル $23d$ は、原料粉末 $P$ の吹き付けを行いながら、開口部 $16a_1 \sim 16a_8$ の配列方向、すなわち、シリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って、ノズル移動経路 $Np$ 上を直線的に移動する。ノズル $23d$ は、シリンダヘッド粗材3の外部からシリンダブロック取付面 $12a$ の上方に移動すると、シリンダブロック取付面 $12a$ の上方を通過して最初の開口部 $16a_1$ の上方まで移動する。ノズル $23d$ は、ノズル移動経路 $Np$ と吸気用成膜経路 $ldp_4$ とが接する最初の成膜開始位置 $ls_4$ に到達すると、吸気用成膜経路 $ldp_4$ に沿って、開口部 $16a_1$ をなぞるように開口部 $16a_1$ の上方を図中時計周りに移動し、開口部 $16a_1$ の環状バルブシート部 $16c$ にバルブシート膜 $16b$ を形成する。

- [0103] ノズル23dは、開口部16a<sub>1</sub>の成膜終了位置le4まで移動すると、シリンダヘッド粗材3の幅方向に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部17a<sub>1</sub>の成膜開始位置Es4まで移動する。ノズル23dは、開口部17a<sub>1</sub>の成膜開始位置Es4に到達すると、排気用成膜経路Edp4に沿って、開口部17a<sub>1</sub>をなぞるように開口部17a<sub>1</sub>の上方を図中時計周りに移動し、開口部17a<sub>1</sub>の環状バルブシート部17cにバルブシート膜17bを形成する。
- [0104] ノズル23dは、開口部17a<sub>1</sub>の成膜終了位置Ee4まで移動すると、再びシリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部17a<sub>2</sub>の成膜開始位置Es4に移動する。ノズル23dは、開口部17a<sub>2</sub>の成膜開始位置Es4に到達すると、排気用成膜経路Edp4に沿って、開口部17a<sub>2</sub>をなぞるように開口部17a<sub>2</sub>の上方を図中時計周りに移動し、開口部17a<sub>2</sub>の環状バルブシート部17cにバルブシート膜17bを形成する。
- [0105] ノズル23dは、開口部17a<sub>2</sub>の成膜終了位置Ee4まで移動すると、再びシリンダヘッド粗材3の幅方向に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方を移動し、次の開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置ls4に移動する。ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜開始位置ls4に到達すると、吸気用成膜経路ldp4に沿って、開口部16a<sub>2</sub>をなぞるように開口部16a<sub>2</sub>の上方を図中反時計周りに移動し、開口部16a<sub>2</sub>の環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する。
- [0106] ノズル23dは、開口部16a<sub>2</sub>の成膜終了位置le4まで移動すると、再びシリンダヘッド粗材3の長手方向に沿って燃焼室上壁部12a<sub>1</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、次の燃焼室上壁部12a<sub>2</sub>の開口部16a<sub>3</sub>の成膜開始位置ls4に移動する。以後、ノズル23dは、燃焼室上壁部12b<sub>2</sub>~12b<sub>4</sub>の開口部16a<sub>3</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>3</sub>~17a<sub>8</sub>に対し、開口部16a<sub>1</sub>、16a<sub>2</sub>、17a<sub>1</sub>、17a<sub>2</sub>と同様にバルブシート膜16b、17bを形成する。ノズル23dは、最後の開口部16

a<sub>8</sub>に対するバルブシート膜16bの形成を終えた後、ノズル移動経路Npに沿って燃焼室上壁部12b<sub>4</sub>の上方と、シリンダブロック取付面12aの上方とを移動し、シリンダヘッド粗材3の外部に移動される。

[0107] 図18Bは、バルブシート膜16b、17bが形成された後のシリンダヘッド粗材3のシリンダブロック取付面12aを示す。この図18Bに示すように、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>にはバルブシート膜16bが形成され、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>にはバルブシート膜17bが形成される。また、シリンダブロック取付面12aと、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>とに余剰皮膜Sfが形成されるが、吸気ポート16及び排気ポート17の奥には余剰皮膜Sfは形成されない。

[0108] この実施形態によれば、ノズル23dによる原料粉末Pの吹き付けを継続しながら、ノズル23dを開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の間で移動させるとともに、ノズル23dを開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>の上方で移動させないようにしているので、第1実施形態及び第2実施形態と同様に、問題(1)、(2)を解消することができる。また、吸気ポート16及び排気ポート17内だけでなく、プラグ孔12f<sub>1</sub>~12f<sub>4</sub>及びインジェクタ孔12g<sub>1</sub>~12g<sub>4</sub>に対する余剰皮膜Sfの形成を抑制することができる。

[0109] さらに、コールドシート法では、皮膜が形成される被成膜部の温度が高いほど被成膜部と原料粉末Pとが塑性変形しやすくなるので、皮膜が形成される被成膜部の温度が高いほど、原料粉末Pを強固に付着させることができる。本実施形態によれば、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>毎にバルブシート膜16b、17bを形成することにより、バルブシート膜16b、17bが形成されている燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>の温度を高い状態で維持することができるので、原料粉末Pが強固に付着させて、優れた高温耐磨耗性を有するバルブシート膜16b、17bを形成することができる。

[0110] さらに、本実施形態では、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>毎にバルブシート膜16b、17bを形成するので、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>毎にバ

ルブシート膜 16b、17bの補修を行うこともできる。

[0111] 《第5実施形態》

次に、ノズル移動経路に関する第5実施形態について説明する。この実施形態では、ノズル23dがノズル移動経路を移動する際に、原料粉末Pが吐出される吐出面に対する原料粉末Pの吐出角度、すなわち、シリンダブロック取付面12aや燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に対する原料粉末Pの吐出角度を、被成膜部である開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>又は開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>に対する原料粉末Pの吐出角度 $\theta_1$ と異ならせることにより、シリンダブロック取付面12aや燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に形成される余剰皮膜の幅や厚さを変更するものである。以下では、ノズル移動経路において、シリンダブロック取付面12aや燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に対する原料粉末Pの吐出角度を略水平にするパターン(1)と、シリンダブロック取付面12aや燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に対する原料粉末Pの吹き付け角度を略垂直にするパターン(2)について説明する。

[0112] まず、第1実施形態の原料粉末Pの吐出角度について説明する。第1実施形態では、ノズル23dを開口部16a<sub>1</sub>上の吸気用成膜経路ldp1上で移動させ、環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する際に、図20A(A)に示すように、環状バルブシート部16cに対して略垂直な方向から原料粉末Pが吹き付けられるように、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出角度 $\theta_1$ を設定している。また、第1実施形態では、ノズル23dを吸気用ノズル移動経路lnp1上で移動させる際に、図20A(B)に示すように、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出角度 $\theta_1$ を変更しない。したがって、シリンダブロック取付面12aには、吐出角度 $\theta_1$ に応じた幅W1、厚みT1で余剰皮膜Sf1が形成される。

[0113] これに対し、本実施形態のパターン(1)では、ノズル23dを開口部16a<sub>1</sub>上の吸気用成膜経路ldp1上で移動させ、環状バルブシート部16cにバルブシート膜16bを形成する際には、図20B(A)に示すように、第1~第4実施形態と同様に、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出角度を

$\theta 1$  に設定している。しかしながら、本実施形態では、ノズル 23 d を吸気用ノズル移動経路  $l n p 1$  上で移動させる際には、図 20 B (B) に示すように、シリンダブロック取付面 12 a に対する原料粉末 P の吐出角度  $\theta 2$  を、吐出角度  $\theta 1$  よりも小さく、例えば、できるだけシリンダブロック取付面 12 a に対して平行に近くなるようにしている。これにより、シリンダブロック取付面 12 a に形成される余剰皮膜 S f 2 の幅  $W 2$  は、第 1 ~ 第 4 実施形態の幅  $W 1$  よりも広くなるが、厚み  $T 2$  は、余剰皮膜 S f 1 の厚み  $T 1$  よりも薄くなる。

[0114] また、本実施形態のパターン (2) では、ノズル 23 d を開口部 16 a<sub>1</sub> 上の吸気用成膜経路  $l d p 1$  上で移動させ、環状バルブシート部 16 c にバルブシート膜 16 b を形成する際には、図 20 C (A) に示すように、パターン (1) と同様に、ノズル 23 d による原料粉末 P の吐出角度を  $\theta 1$  に設定している。しかしながら、本実施形態では、ノズル 23 d を吸気用ノズル移動経路  $l n p 1$  上で移動させる際には、図 20 C (B) に示すように、シリンダブロック取付面 12 a に対する原料粉末 P の吐出角度  $\theta 3$  を、吐出角度  $\theta 1$  よりも大きく、例えば、シリンダブロック取付面 12 a に対して略垂直にしている。これにより、シリンダブロック取付面 12 a に形成される余剰皮膜 S f 3 の幅  $W 3$  は、第 1 ~ 第 4 実施形態の幅  $W 1$  よりも狭くなるが、厚み  $T 3$  は、余剰皮膜 S f 1 の厚み  $T 1$  よりも厚くなる。

[0115] 本実施形態のパターン (1) によれば、余剰皮膜 S f 2 を除去するためにシリンダヘッド粗材 3 に施す後加工の面積は、余剰皮膜 S f 2 の幅  $W 2$  が余剰皮膜 S f 1 の幅  $W 1$  よりも広いので、第 1 実施形態よりも広くなる。しかしながら、余剰皮膜 S f 2 の厚み  $T 2$  は、余剰皮膜 S f 1 の厚み  $T 1$  よりも薄いので、後加工の深さは第 1 実施形態よりも浅くなる。したがって、仕上工程 S 4 で全面が切削されるシリンダブロック取付面 12 a に余剰皮膜 S f 2 が形成されるようにすれば、第 1 実施形態よりも後加工が容易になる。

[0116] また、本実施形態のパターン (2) によれば、余剰皮膜 S f 3 を除去するためにシリンダヘッド粗材 3 に施す後加工の深さは、余剰皮膜 S f 3 の厚み

T3が余剰皮膜Sf1の厚みT1よりも厚いので、第1実施形態よりも深くなる。しかしながら、余剰皮膜Sf3の幅W3は、余剰皮膜Sf1の幅W1よりも狭いので、後加工の面積は第1実施形態よりも狭くなる。したがって、シリンダブロック取付面12aよりも面積が狭く、曲面や傾斜面を有する燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>に余剰皮膜Sf3が形成されるようにすれば、第1実施形態よりも後加工が容易になる。

[0117] なお、詳しくは図示しないが、本実施形態は、排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>にバルブシート膜17bを形成する際にも適用される。また、第2~第4実施形態でノズル23dを移動させる際にも適用可能である。さらに、本実施形態は、シリンダブロック取付面12aと、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>との両方にパターン(1)を適用してもよいし、シリンダブロック取付面12aと、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>との両方にパターン(2)を適用してもよい。また、シリンダブロック取付面12aにパターン(1)を適用し、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>にパターン(2)を適用してもよい。

[0118] 上記の第5実施形態では、ノズル23dがノズル移動経路を移動する際に、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出角度を変化させるようにしたが、例えば、ノズル23dがノズル移動経路を移動する際に、ノズル23dの移動速度をバルブシート膜16b、17bを形成する際の移動速度よりも速くしてもよい。これによれば、シリンダブロック取付面12aと、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>とに形成される余剰皮膜の厚みを薄くすることができる。

[0119] なお、上記の第1~第5実施形態では、例えば、図10に示すように、ノズル23dが成膜開始位置is1に到達した場合に、ノズル23dの移動方向を略逆方向に切り換えて吸気用成膜経路ldp1に移動させ、吸気用成膜経路ldp1を移動したノズル23dが成膜終了位置le1に到達した場合に、再びノズル23dの移動方向を略逆方向に切り換えて吸気用ノズル移動経路lnp1に移動させている。これにより、ノズル23dの移動方向を略逆方向に切り換えるタイミングを調整することで、バルブシート膜16bが

重なって厚く形成される幅を変化させることができる。しかしながら、図21に示すように、ノズル23dが成膜開始位置is1に到達した場合に、そのままノズル23dの移動方向を略逆方向に切り換えずに吸気用成膜経路ldp1に移動させ、ノズル23dが成膜開始位置is1に到達した場合に、ノズル23dの移動方向を略逆方向に切り換えずに吸気用ノズル移動経路lnp1に移動させてもよい。

[0120] また、上記の第1～第5実施形態では、成膜対象部品の複数の被成膜部として、シリンダヘッド粗材3の吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>、及び排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>を例に挙げて説明したが、本発明は、その他の成膜対象部品に対しても適用することが可能である。

[0121] 例えば、図1に示すシリンダブロック11において、図面奥行き方向に配列されている4つのシリンダ11aの内周面に、コールドスプレー装置2を利用して皮膜を形成する際に、本発明を適用してもよい。具体的には、ノズル23dで4つのシリンダ11aの内周面に皮膜を形成する際に、皮膜が形成されたシリンダ11aから、次に皮膜が形成される隣のシリンダ11aまでノズル23dを移動させる際に、このノズル移動経路上でノズル23dによる原料粉末Pの吐出を継続することにより、サイクルタイムの短縮を図ることが可能である。

[0122] また、図1に示すクランクシャフト14において、図面奥行き方向に設けられている複数のジャーナル部14aに、コールドスプレー装置2を利用して皮膜を形成する際に、本発明を適用してもよい。具体的には、ノズル23dで複数のジャーナル部14aに皮膜を形成する際に、皮膜が形成されたジャーナル部14aから、次に皮膜が形成される隣のジャーナル部14aまでノズル23dを移動させる際に、このノズル移動経路上でノズル23dによる原料粉末Pの吐出を継続することにより、サイクルタイムの短縮を図ることが可能である。また、ジャーナル部14aの間に配置されているクランクピン14bに余剰皮膜が形成されないように、ノズル移動経路と、クランクシャフト14の回転位置とを調整しながら成膜を行うことが好ましい。



[0123] 以上で説明したように、本発明の実施形態に係る成膜方法は、シリンダヘッド粗材3やシリンダブロック11、あるいはクランクシャフト14などの成膜対象部品に設けられている、互いに連続しない複数の被成膜部のそれぞれに皮膜を形成するために、成膜対象部品とコールドスプレー装置2のノズル23dとを相対的に移動させて、複数の被成膜部とノズル23dとを順次対向させるとともに、ノズル23dに対向した被成膜部にノズル23dによって原料粉末Pを吹き付ける成膜方法であり、ノズル23dが、皮膜が形成された被成膜部から、次に皮膜が形成される被成膜部へ相対的に移動されるノズル移動経路にあるときに、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出を継続するものである。これにより、原料粉末Pの吹き付けと、吹き付け停止とを繰り返して複数の被成膜部に皮膜を形成する場合に比べ、サイクルタイムを短くすることができる。

[0124] また、本発明の第1～第5実施形態に係る成膜方法によれば、成膜対象部品であるシリンダヘッド粗材3において、複数の被成膜部である開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>の環状縁部にバルブシート膜16b、17bを形成する際に、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23dとを相対的に移動させて、複数の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>の環状縁部とノズル23dとを順次対向させるとともに、ノズル23dに対向された開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>の環状縁部に、ノズル23dによって原料粉末Pを吹き付けている。そして、ノズル23dが、バルブシート膜が形成された開口部から、次にバルブシート膜が形成される開口部へ相対的に移動される吸気用ノズル移動経路Inp1、Inp2と、排気用ノズル移動経路Enp1、Enp2と、ノズル移動経路Npとにあるときに、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出を継続している。これにより、原料粉末Pの吹き付けと、吹き付け停止とを繰り返して複数の開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>及び開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>にバルブシート膜16b、17bを形成する場合よりも、成膜工程S3のサイクルタイムを短くすることができる。

- [0125] また、第1～第5実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$ 、 $l_{np2}$  と、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$ 、 $E_{np2}$  と、ノズル移動経路  $N_p$  は、ノズル  $23d$  が、吸気ポート  $16$  の開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  と、排気ポート  $17$  の開口部  $17a_1 \sim 17a_8$  との上方を移動しないように設定されているので、余剰皮膜  $S_f$  が吸気ポート  $16$  や排気ポート  $17$  の奥の除去できない位置に形成されるのを防ぐことができる。
- [0126] また、第1～第5実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$ 、 $l_{np2}$  と、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$ 、 $E_{np2}$  と、ノズル移動経路  $N_p$  は、ノズル  $23d$  がシリンダブロック取付面  $12a$  の上方を移動するように設定されているので、シリンダブロック取付面  $12a$  の上には余剰皮膜  $S_f$  が形成される。しかしながら、シリンダブロック取付面  $12a$  は、平面度を高めるために従来からフライス盤などで後加工されているので、新たな工程を設けなくてもシリンダブロック取付面  $12a$  に形成された余剰皮膜  $S_f$  は除去することが可能である。
- [0127] また、第1～第5実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$ 、 $l_{np2}$  と、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$ 、 $E_{np2}$  と、ノズル移動経路  $N_p$  は、ノズル  $23d$  が燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の上方を移動するように設定されているので、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の上には余剰皮膜  $S_f$  が形成される。しかしながら、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  は外部に露呈されているので、燃焼室上壁部  $12b_1 \sim 12b_4$  の余剰皮膜  $S_f$  は比較的簡単に除去することができ、エンジン  $1$  の燃焼性能に影響がなければ、除去する必要もないので、シリンダヘッド粗材  $3$  のサイクルタイムに対する影響は生じない。
- [0128] また、第1～第5実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$ 、 $l_{np2}$  は、開口部  $16a_1 \sim 16a_8$  の配列方向に沿って直線状に設定されており、吸気用ノズル移動経路  $l_{np1}$ 、 $l_{np2}$  上に成膜開始位置  $l_{s1}$ 、 $l_{s2}$  と、成膜終了位置  $l_{e1}$ 、 $l_{e2}$  とが設定されている。同様に、排気用ノズル移動経路  $E_{np1}$ 、 $E_{np2}$  は、開口部  $17a_1 \sim$

17a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されており、排気用ノズル移動経路Enp1、Enp2上に成膜開始位置Es1、Es2と、成膜終了位置Ee1、Ee2とが設定されている。また、ノズル移動経路Npは、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>の配列方向に沿って直線状に設定されており、ノズル移動経路Np上に成膜開始位置Is4と成膜終了位置Ie4とが設定されている。したがって、ノズル23dから原料粉末Pが無駄に吐出る距離、すなわち、余剰皮膜Sfが形成される距離を短くすることができる。これにより、原料粉末Pの無駄が抑えられるとともに、余剰皮膜Sfを除去するための工数を削減することができる。

[0129] また、第1実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1は、吸気ポート16の開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と排気ポート17の開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間に設定されているので、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間に原料粉末を吹き付けて余剰皮膜Sfを形成し、圧縮残留応力を付与することができる。これにより、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間の強度をより高めることが可能である。

[0130] また、第1実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1は、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>と開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間に設定されているので、インジェクタ孔12g<sub>1</sub>~12g<sub>4</sub>内には余剰皮膜Sfは形成されない。なお、吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1を利用することにより、プラグ孔12f<sub>1</sub>~12f<sub>4</sub>内に余剰皮膜Sfが形成されるが、プラグ孔12f<sub>1</sub>~12f<sub>4</sub>は、点火プラグ用のネジ孔を形成するために必ず後加工されるので、この後加工により余剰皮膜Sfは除去することができる。

[0131] また、第2実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路Inp2は、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>の縁部と、開口部16a<sub>1</sub>~16a<sub>8</sub>との間に設定されている。同様に、排気用ノズル移動経路Enp2は、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>~12b<sub>4</sub>の縁部と、開口部17a<sub>1</sub>~17a<sub>8</sub>との間に設定

されている。したがって、コールドスプレー時に発生する熱を分散し、残留応力が溜まりにくいバルブシート膜16b、17bを形成することができる。

[0132] また、第3実施形態に係る成膜方法によれば、第1実施形態の吸気用ノズル移動経路Inp1及び排気用ノズル移動経路Enp1と、第2実施形態の吸気用ノズル移動経路Inp2及び排気用ノズル移動経路Enp2とを適宜組み合わせることにより、第1実施形態により得られる効果と、第2実施形態により得られる効果とを組み合わせられた効果を得ることができる。すなわち、開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>と開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>との間に原料粉末を吹き付けて余剰皮膜Sfを形成することにより、圧縮残留応力を付与して、開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>と開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>との間の強度をより高めるとともに、コールドスプレー時に発生する熱を分散し、残留応力が溜まりにくいバルブシート膜16bまたはバルブシート膜17bを形成することができる。

[0133] また、第4実施形態に係る成膜方法によれば、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>毎にバルブシート膜16b、17bを形成することにより、バルブシート膜16b、17bが形成されている燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>の温度を高い状態で維持することができるので、原料粉末Pが強固に付着させて、優れた高温耐磨耗性を有するバルブシート膜16b、17bを形成することができる。また、燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>毎にバルブシート膜16b、17bの補修を行うこともできる。

[0134] また、第5実施形態に係る成膜方法によれば、吸気用ノズル移動経路Inp1、Inp2と、排気用ノズル移動経路Enp1、Enp2と、ノズル移動経路Npにおける、ノズル23dによる原料粉末Pの吐出角度θ<sub>2</sub>又はθ<sub>3</sub>を、被成膜部である開口部16a<sub>1</sub>～16a<sub>8</sub>又は開口部17a<sub>1</sub>～17a<sub>8</sub>に対する原料粉末Pの吐出角度θ<sub>1</sub>と異ならせることにより、シリンダブロック取付面12aや燃焼室上壁部12b<sub>1</sub>～12b<sub>4</sub>に形成される余剰皮膜の幅や厚さを変更することができる。したがって、余剰皮膜が形成される面の

形状や、後加工の有無等に応じて余剰皮膜の幅や厚さを変更することができるので、余剰皮膜の幅や厚さを適切に選択することで、余剰皮膜の除去が容易になる。

## 符号の説明

- [0135] 1…エンジン
- 1 1…シリンダブロック
    - 1 1 a…シリンダ
  - 1 2…シリンダヘッド
    - 1 2 a…シリンダブロック取付面
    - 1 2 b<sub>1</sub>～1 2 b<sub>4</sub>…燃焼室上壁部
    - 1 2 f<sub>1</sub>～1 2 f<sub>4</sub>…プラグ孔
    - 1 2 g<sub>1</sub>～1 2 g<sub>4</sub>…インジェクタ孔
  - 1 6…吸気ポート
    - 1 6 a<sub>1</sub>～1 6 a<sub>8</sub>…開口部
    - 1 6 b…バルブシート膜
    - 1 6 c…環状バルブシート部
  - 1 7…排気ポート
    - 1 7 a<sub>1</sub>～1 7 a<sub>8</sub>…開口部
    - 1 7 b…バルブシート膜
    - 1 7 c…環状バルブシート部
  - 1 8…吸気バルブ
  - 1 9…排気バルブ
  - 2…コールドスプレー装置
    - 2 3 d…ノズル
  - C s 1～C s 4…圧縮残留応力
  - l n p 1、l n p 2…吸気用ノズル移動経路
  - l d p 1、l d p 2、l d p 4…吸気用成膜経路
  - E n p 1、E n p 2…排気用ノズル移動経路

E d p 1、E d p 2、E d p 4…排気用成膜経路

N p…ノズル移動経路

P…原料粉末

S f、S f 1～S f 3…余剰皮膜

$\theta 1 \sim \theta 3$ …吐出角度

## 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成膜対象部品と、コールドスプレー装置のノズルと、を相対的に移動させながら、前記複数の被成膜部のそれぞれと前記ノズルとを順次対向させ、
- 前記ノズルに対向した前記被成膜部に、コールドスプレー法により原料粉末を吹き付けて前記複数の被成膜部のそれぞれに皮膜を形成する成膜方法であって、
- 皮膜が形成された一の被成膜部から、次に皮膜が形成される他の被成膜部に至る前記ノズルのノズル移動経路においては、前記ノズルからの前記原料粉末の吐出を継続する成膜方法。
- [請求項2] 前記成膜対象部品は、本体部に、シリンダブロック取付面と、前記シリンダブロック取付面に設けられた燃焼室上壁部と、前記燃焼室上壁部に設けられた複数の吸気用又は排気用のポートの開口部と、を有するシリンダヘッド粗材であり、
- 前記被成膜部である前記開口部の環状縁部に、前記皮膜としてバルブシート膜を形成する請求項1に記載の成膜方法。
- [請求項3] 前記ノズル移動経路は、前記ノズルが前記開口部の上方を移動しないように設定されている請求項2に記載の成膜方法。
- [請求項4] 前記ノズル移動経路は、前記ノズルが前記シリンダブロック取付面の上方を移動するように設定されている請求項3に記載の成膜方法。
- [請求項5] 前記ノズル移動経路は、前記ノズルが前記燃焼室上壁部の上方を移動するように設定されている請求項3又は4に記載の成膜方法。
- [請求項6] 前記ノズル移動経路は、前記複数の開口部が配列された配列方向に沿って直線状に設定されており、
- 前記ノズル移動経路には、前記開口部の環状縁部に前記ノズルによって前記原料粉末の吹き付けを開始する成膜開始位置と、前記開口部の環状縁部に対する前記ノズルによる前記原料粉末の吹き付けを終了する成膜終了位置とが設定されている請求項3～5のいずれか1項に

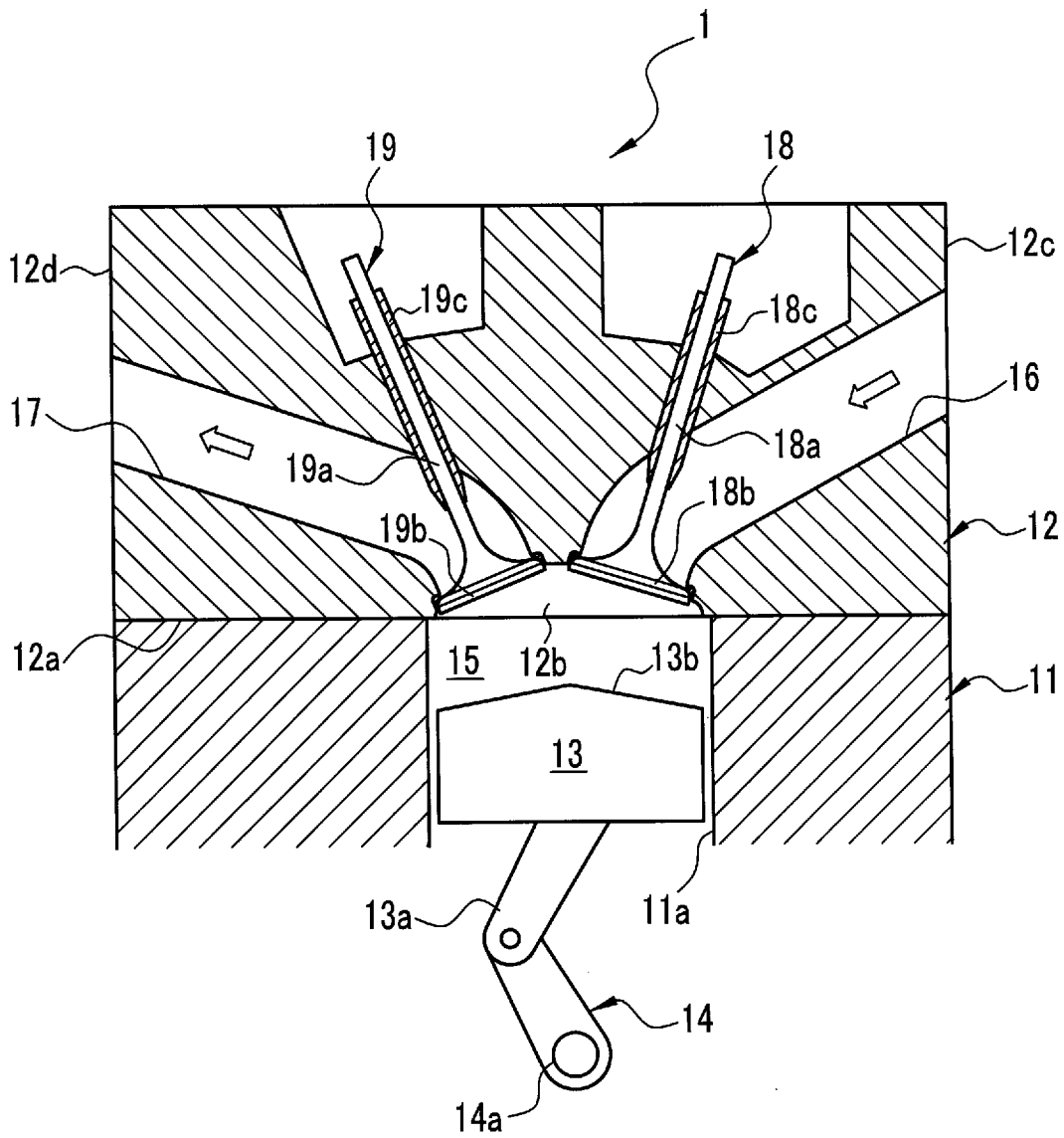
記載の成膜方法。

- [請求項7] 前記ノズル移動経路は、前記ノズルが、前記吸気用のポートの開口部と、前記排気用のポートの開口部との間を移動するように設定されている請求項3～6のいずれか1項に記載の成膜方法。
- [請求項8] 前記吸気用のポートの開口部と、前記排気用のポートの開口部との間に前記原料粉末を吹き付けて、圧縮残留応力を付与する請求項7に記載の成膜方法。
- [請求項9] 前記ノズル移動経路は、前記ノズルが、前記燃焼室上壁部の縁部と、前記開口部との間を移動するように設定されている請求項3～8のいずれか1項に記載の成膜方法。
- [請求項10] 前記シリンダヘッド粗材が複数の前記燃焼室上壁部を有し、前記複数の燃焼室上壁部のそれぞれに複数の前記開口部を備える場合に、前記燃焼室上壁部ごとに前記複数の開口部の環状縁部に前記バルブシート膜を形成する請求項3～9のいずれか1項に記載の成膜方法。
- [請求項11] 前記ノズル移動経路における、前記ノズルによる前記原料粉末の吐出角度は、前記被成膜部に対する前記原料粉末の吐出角度と異なる請求項1～10のいずれか1項に記載の成膜方法。

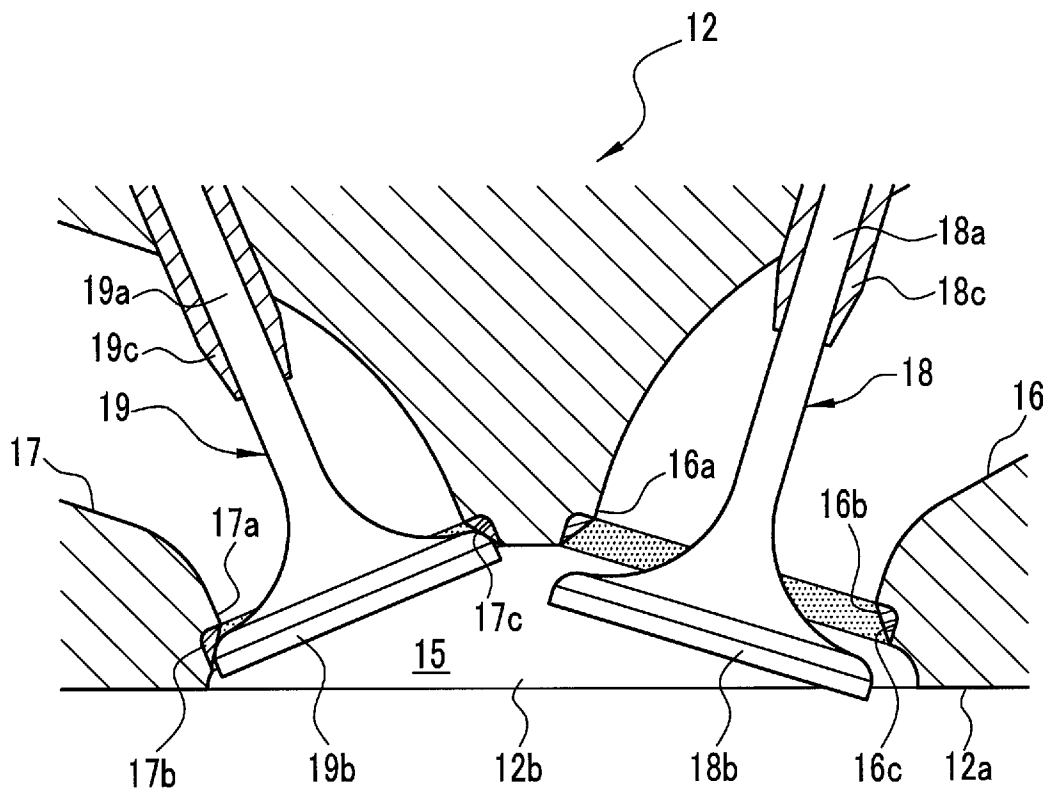


[図1]

[図1]

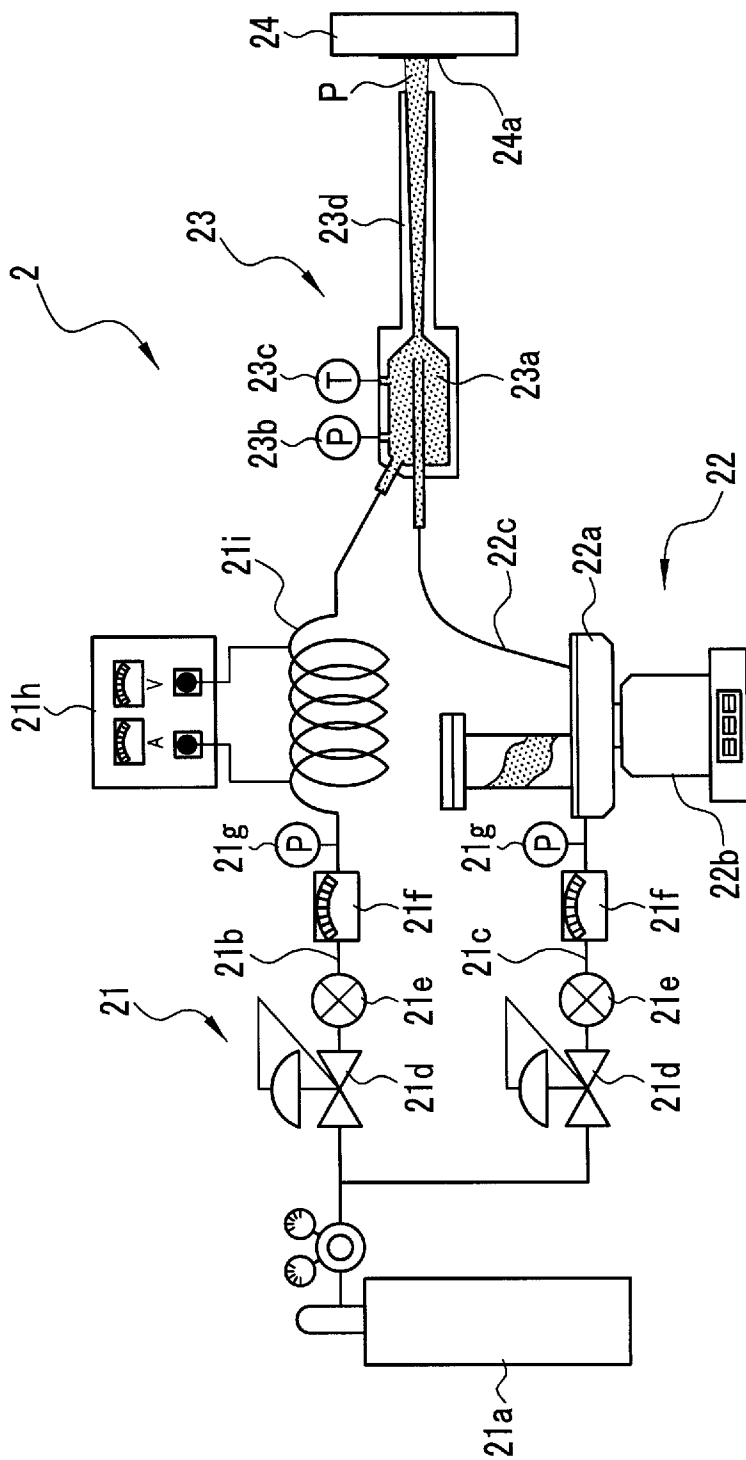


[図2]

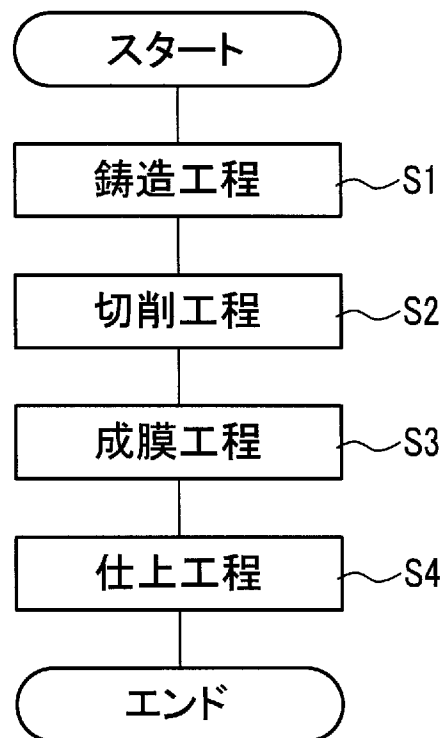
図2

[図3]

3

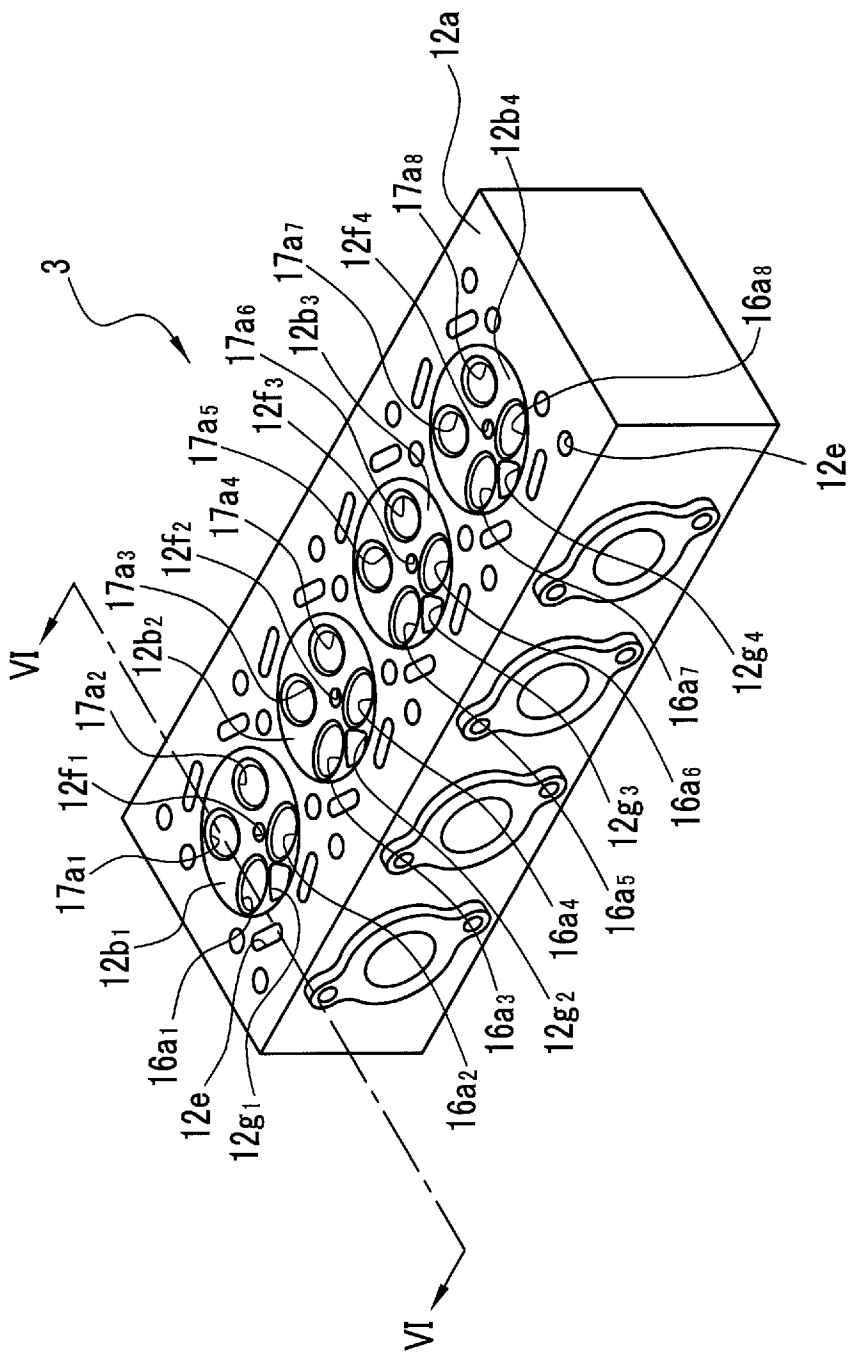


[図4]

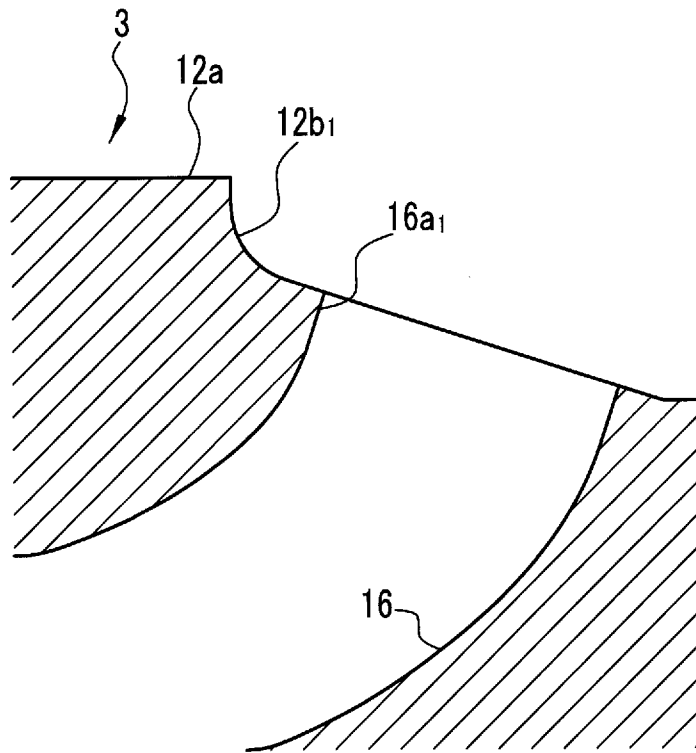
図4

[図5]

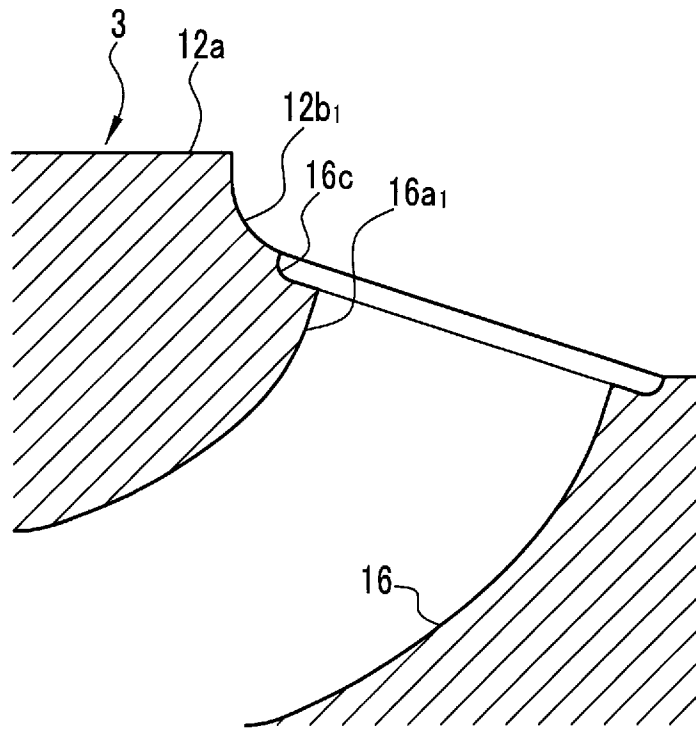
5



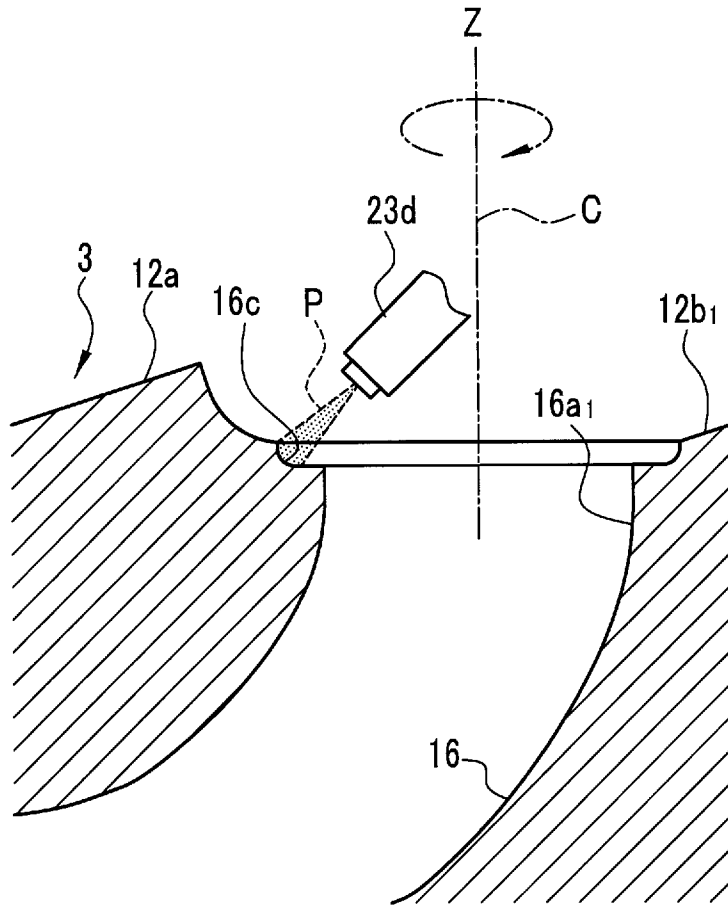
[図6A]

図6A

[図6B]

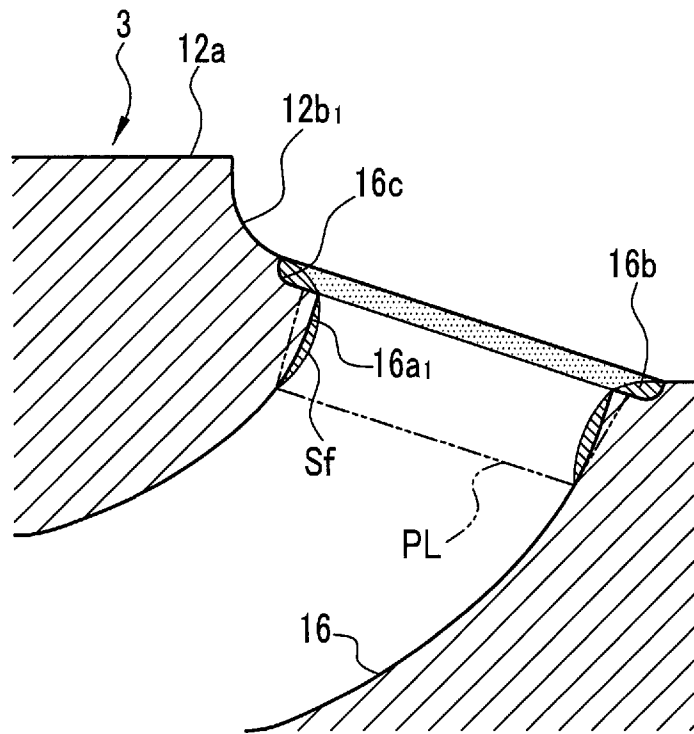
図6B

[図6C]

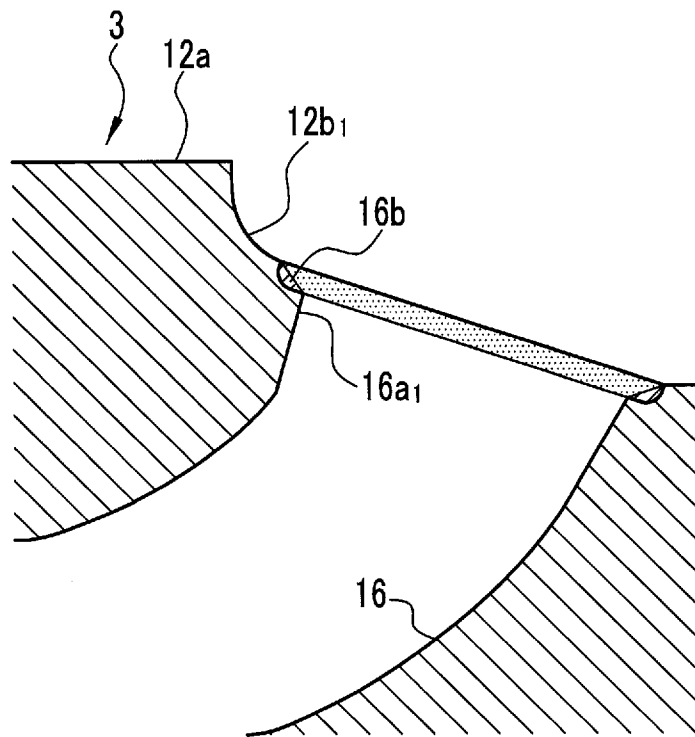
図6C



[図6D]

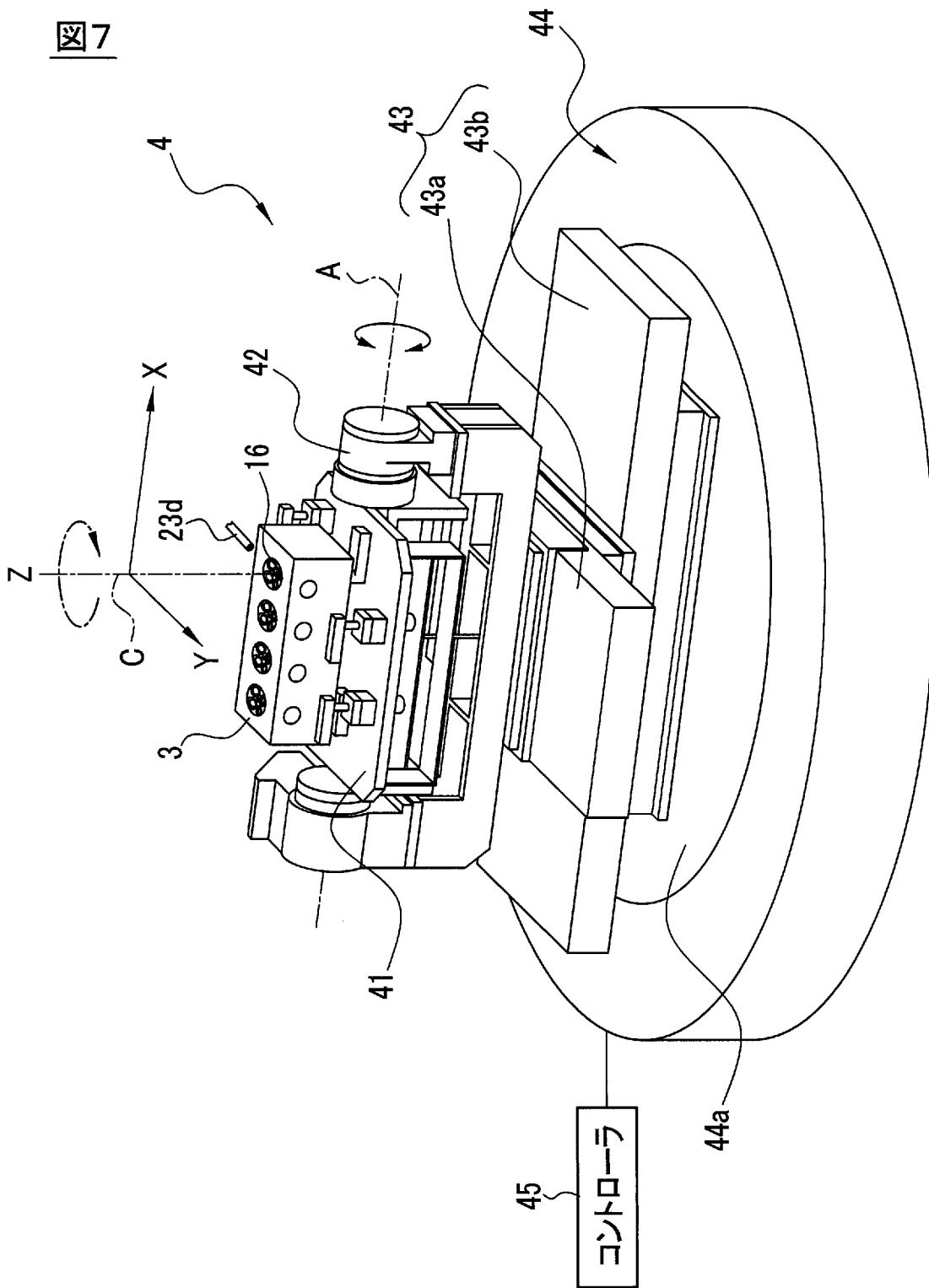
図6D

[図6E]


図6E

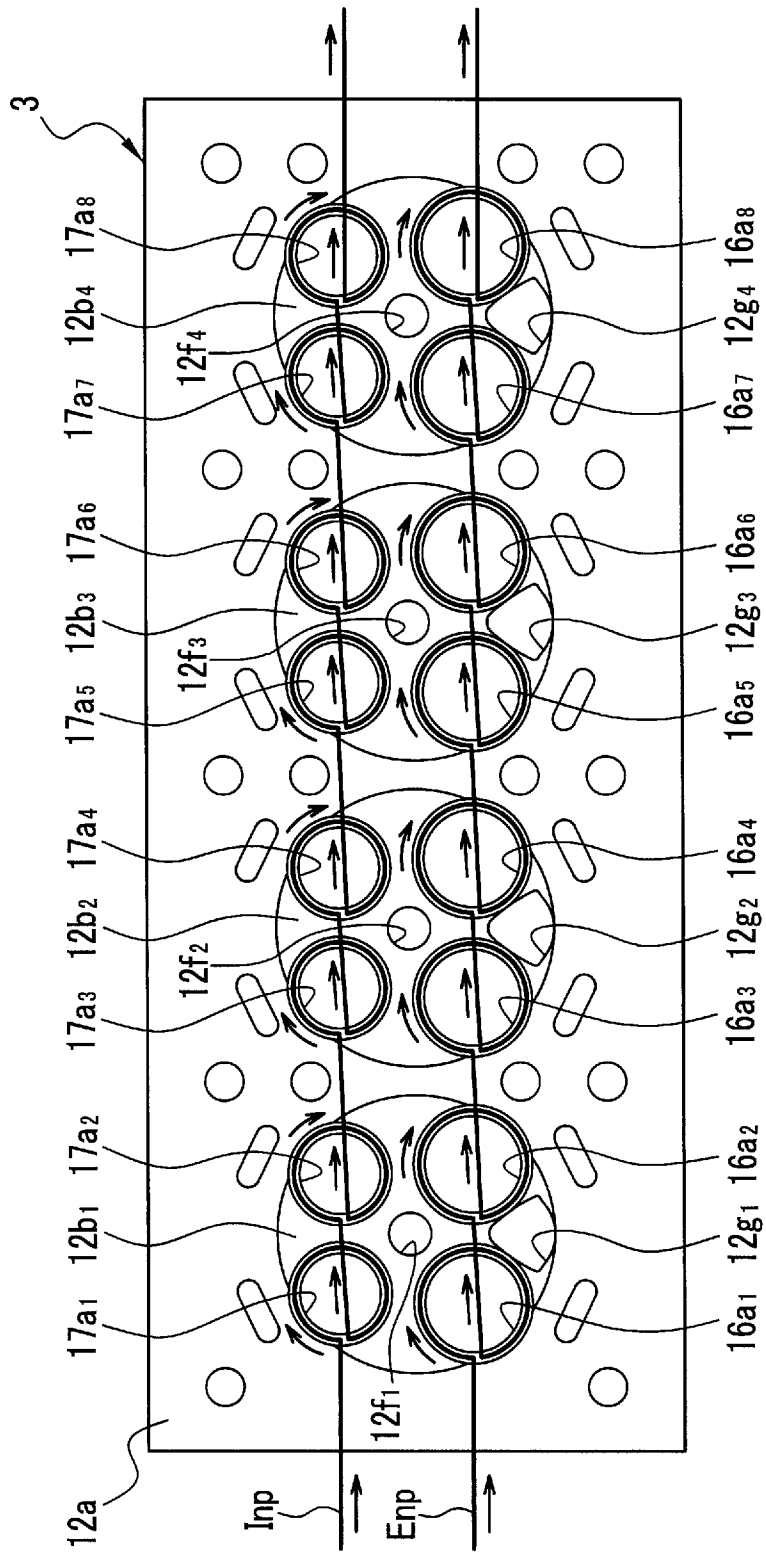
[図7]

図7



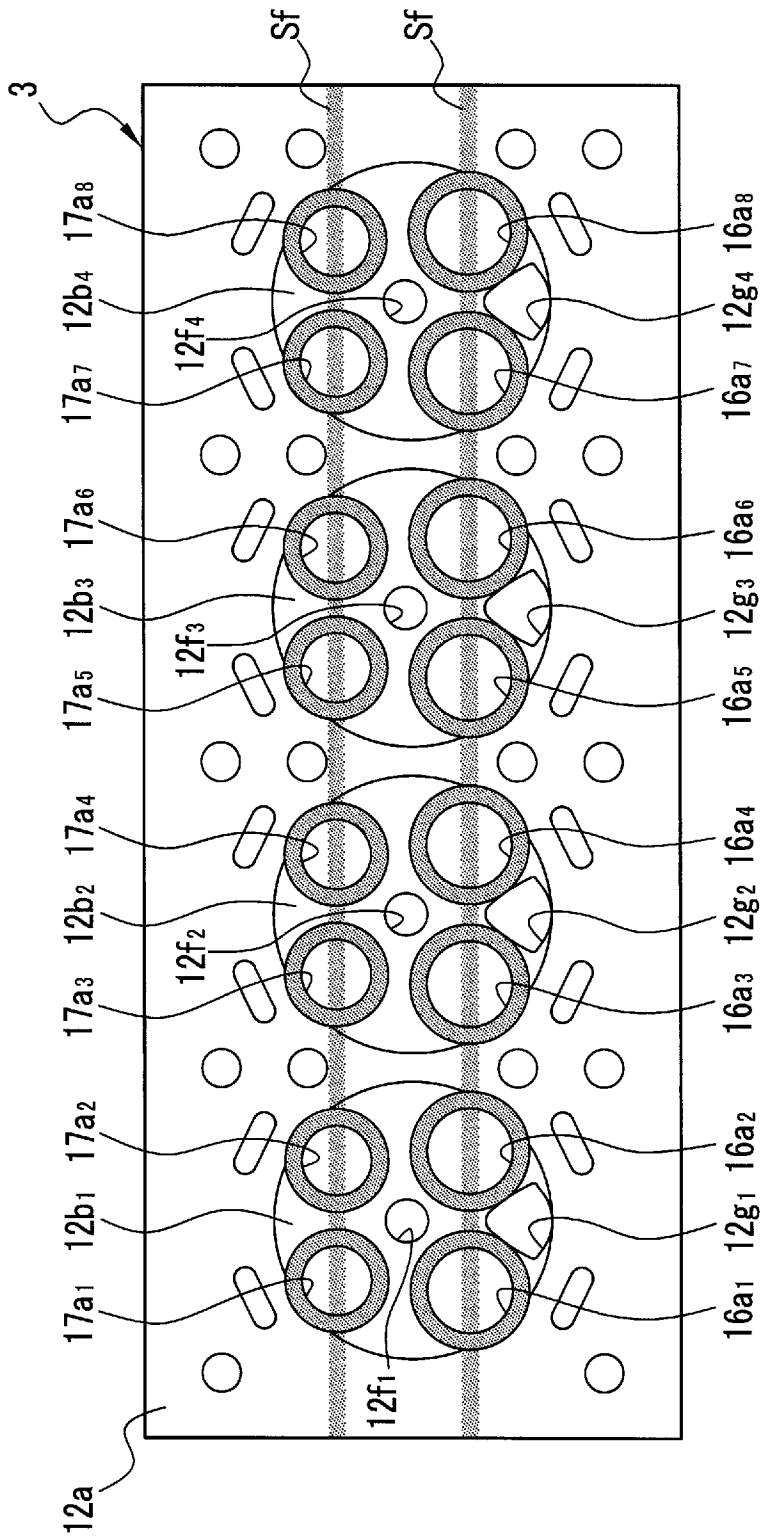
[8A]

8A




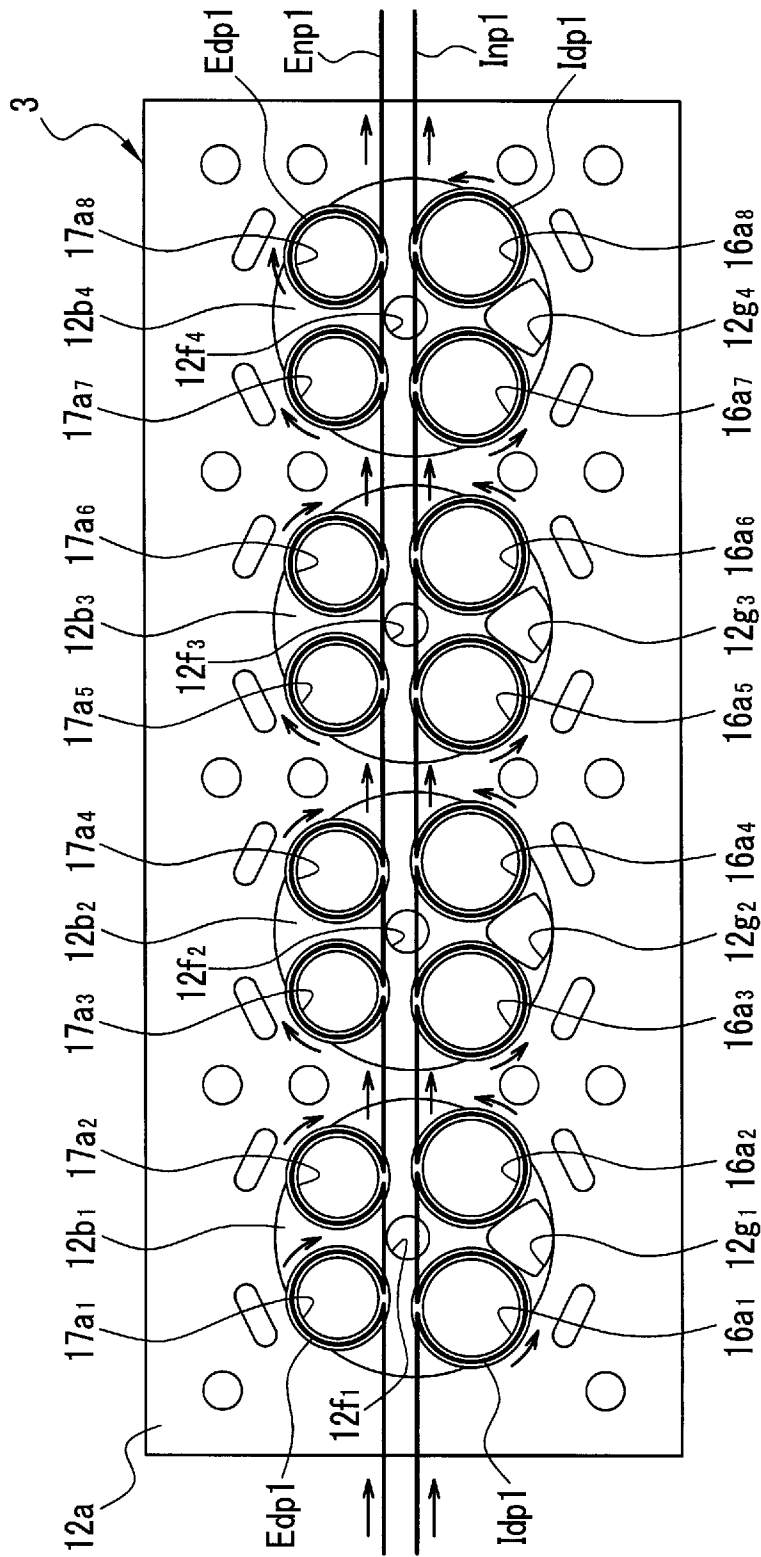
[8B]

8B




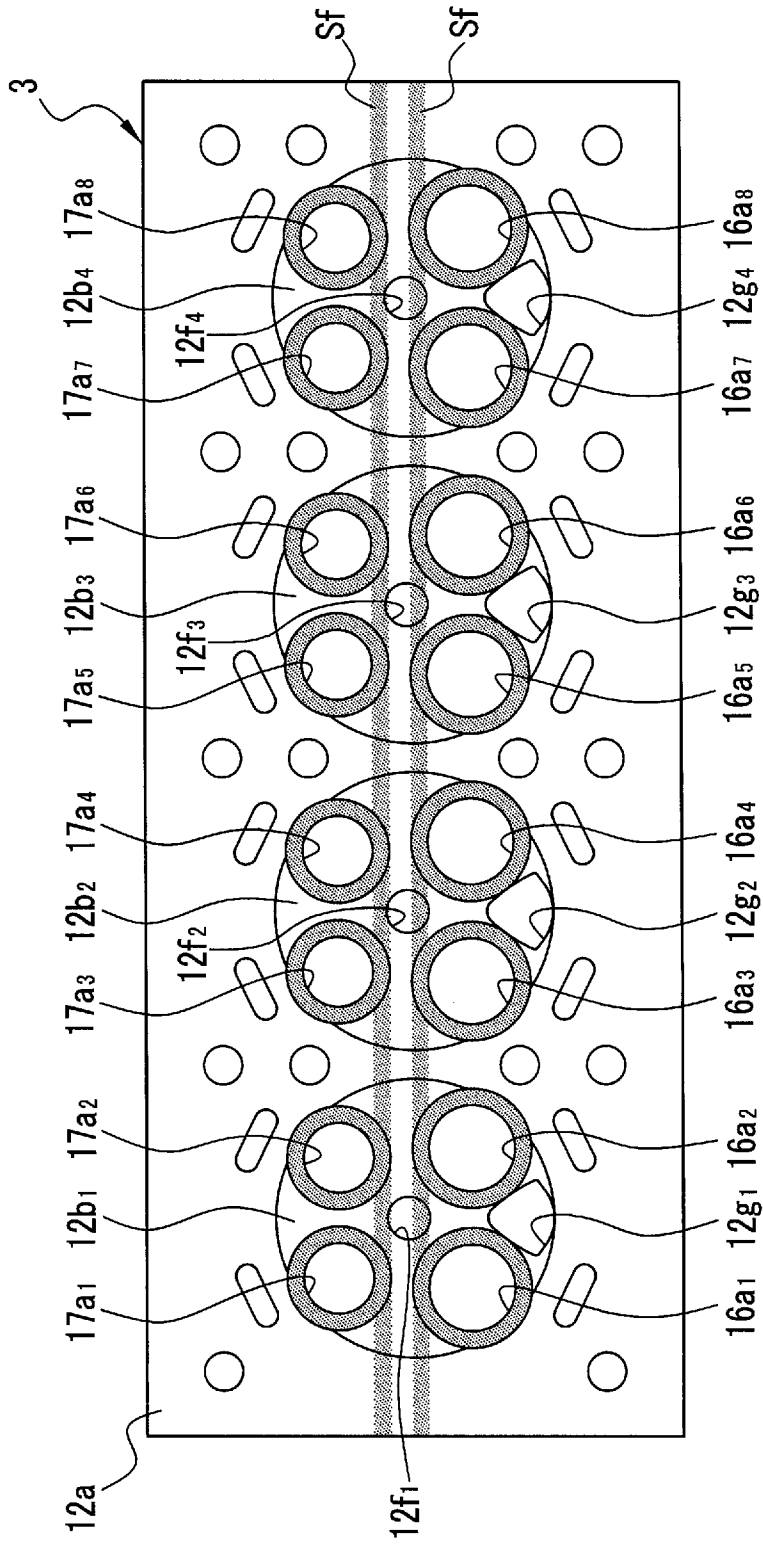
[ 9A]

[ 9A]



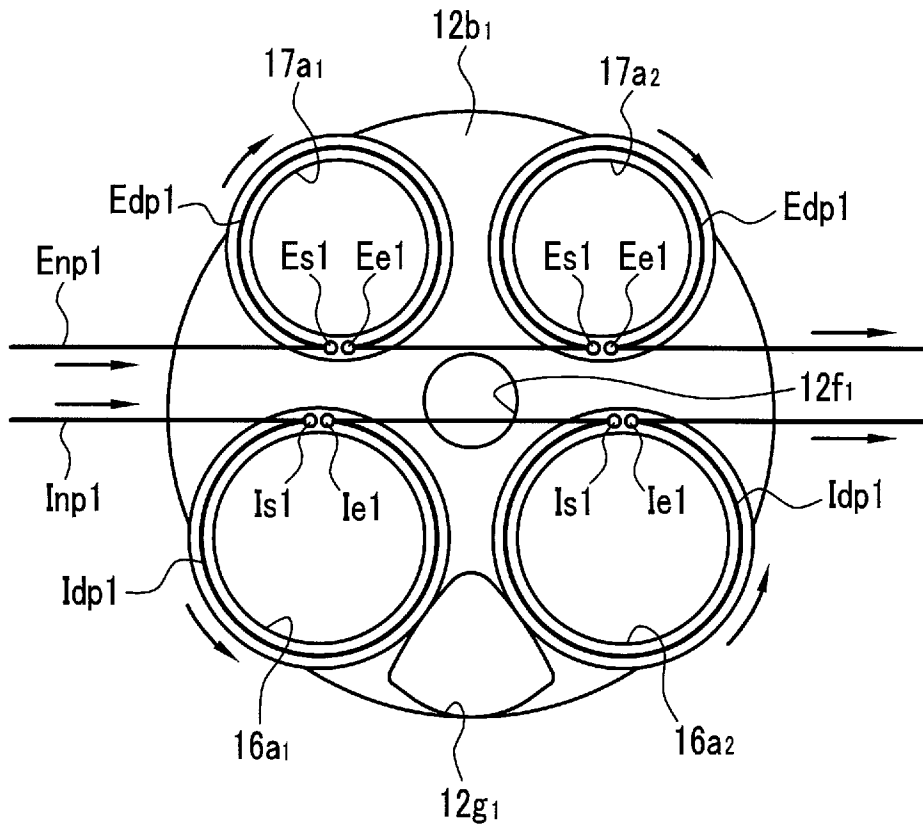
[9B]

9B



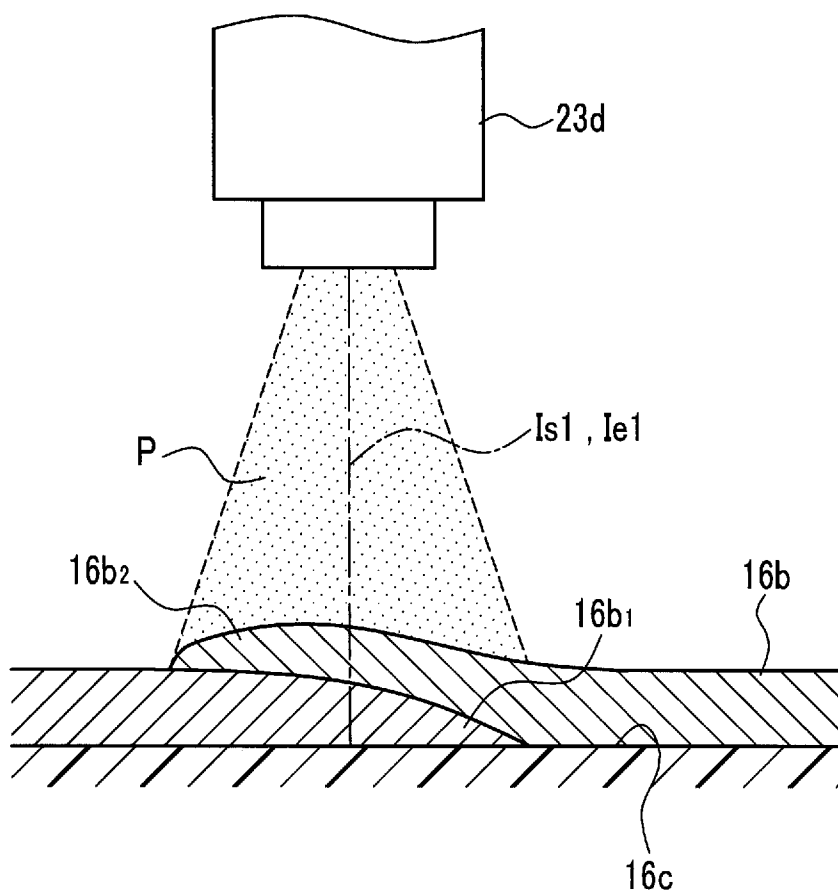
[図10]

[図10]

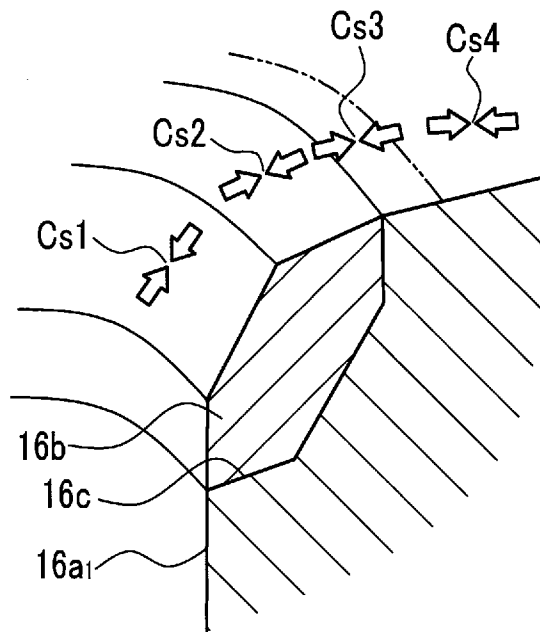






[図11]

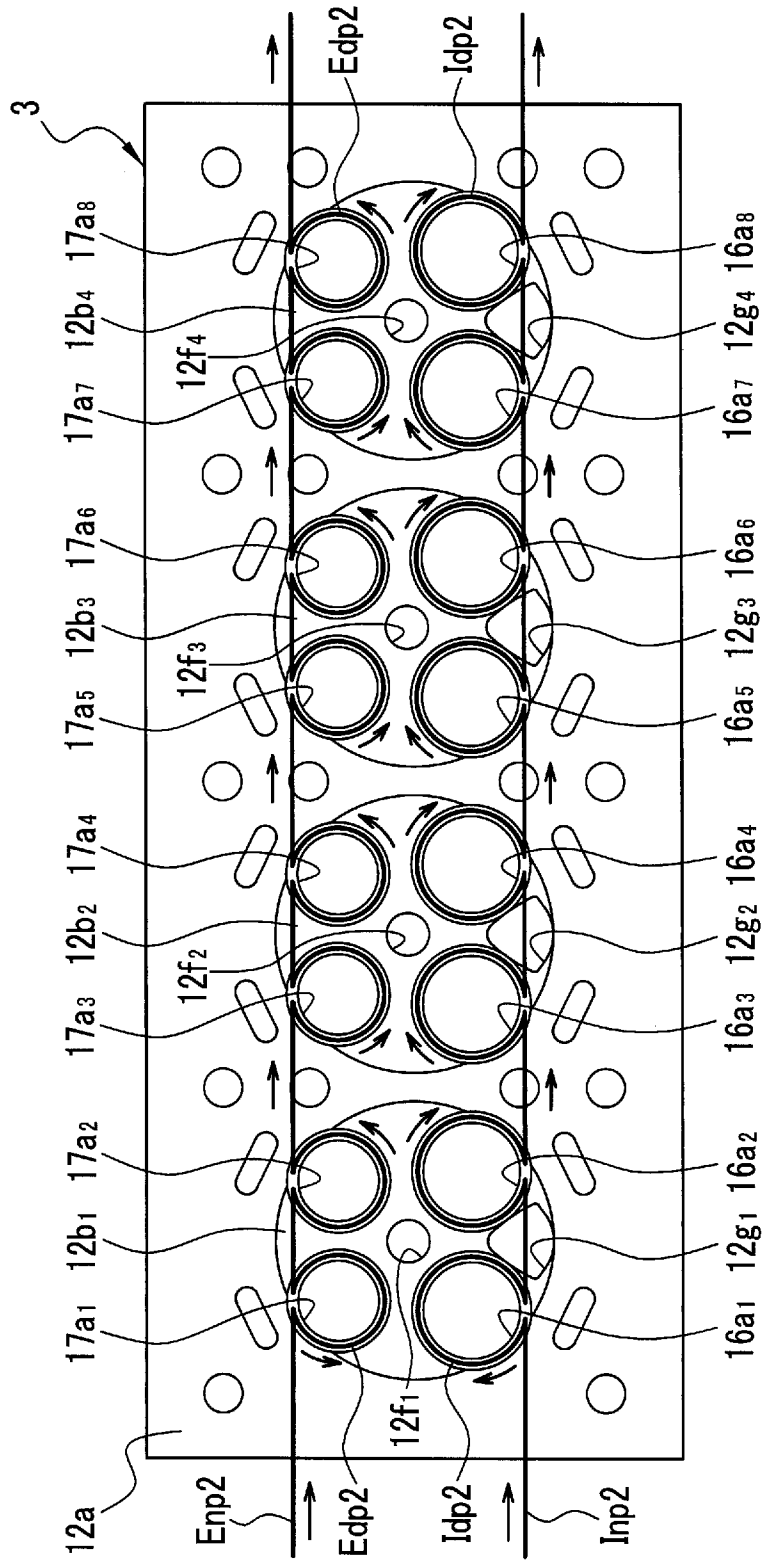
図 11


[図12]


図12

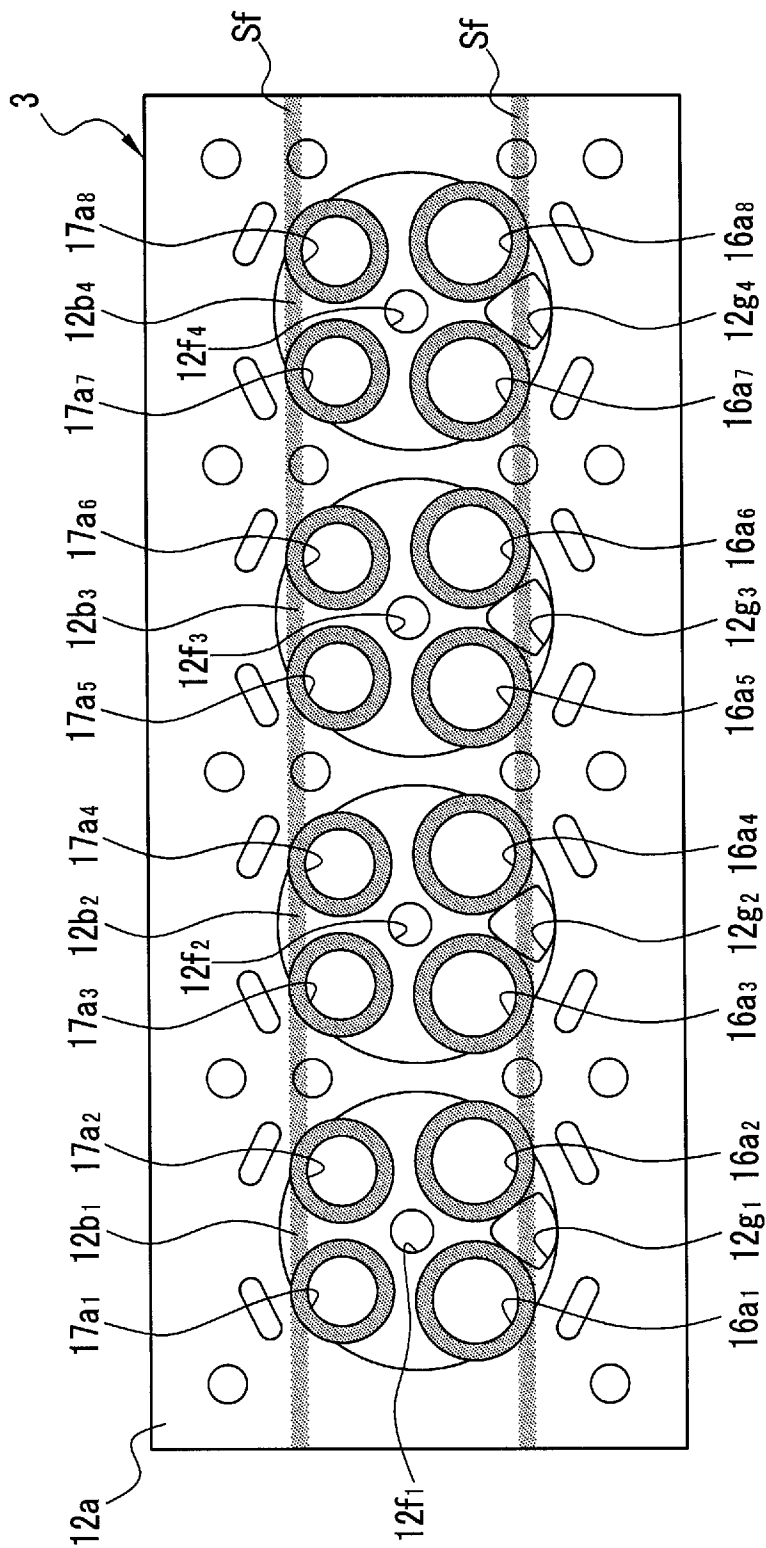
[] 13A

 13A



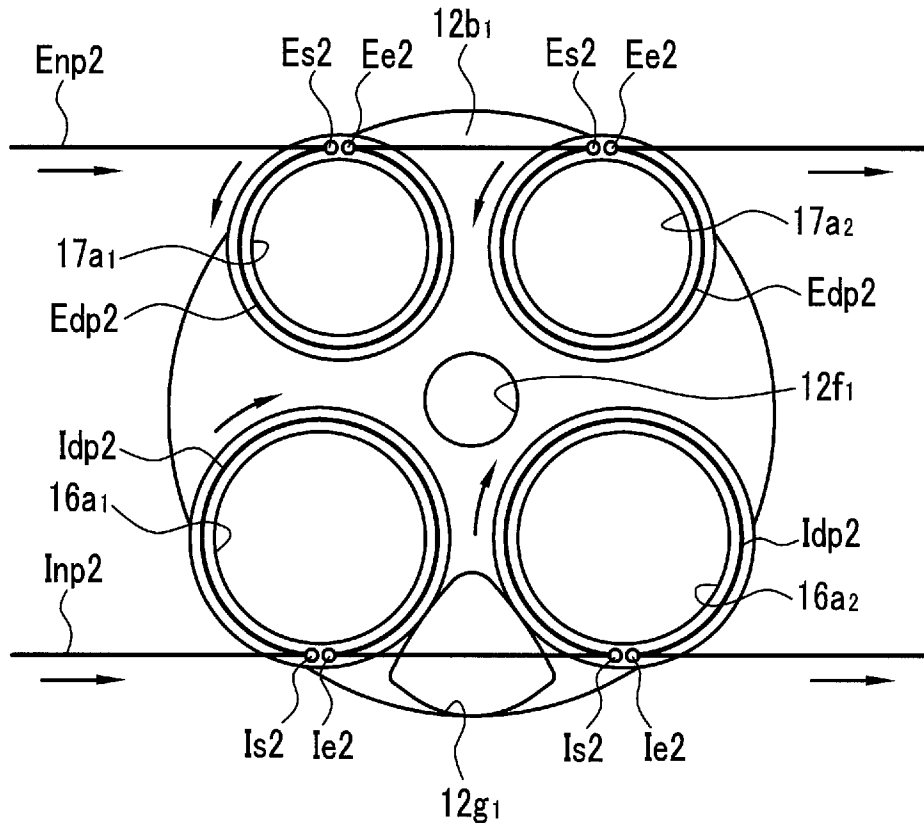
[ 13B]

 13B



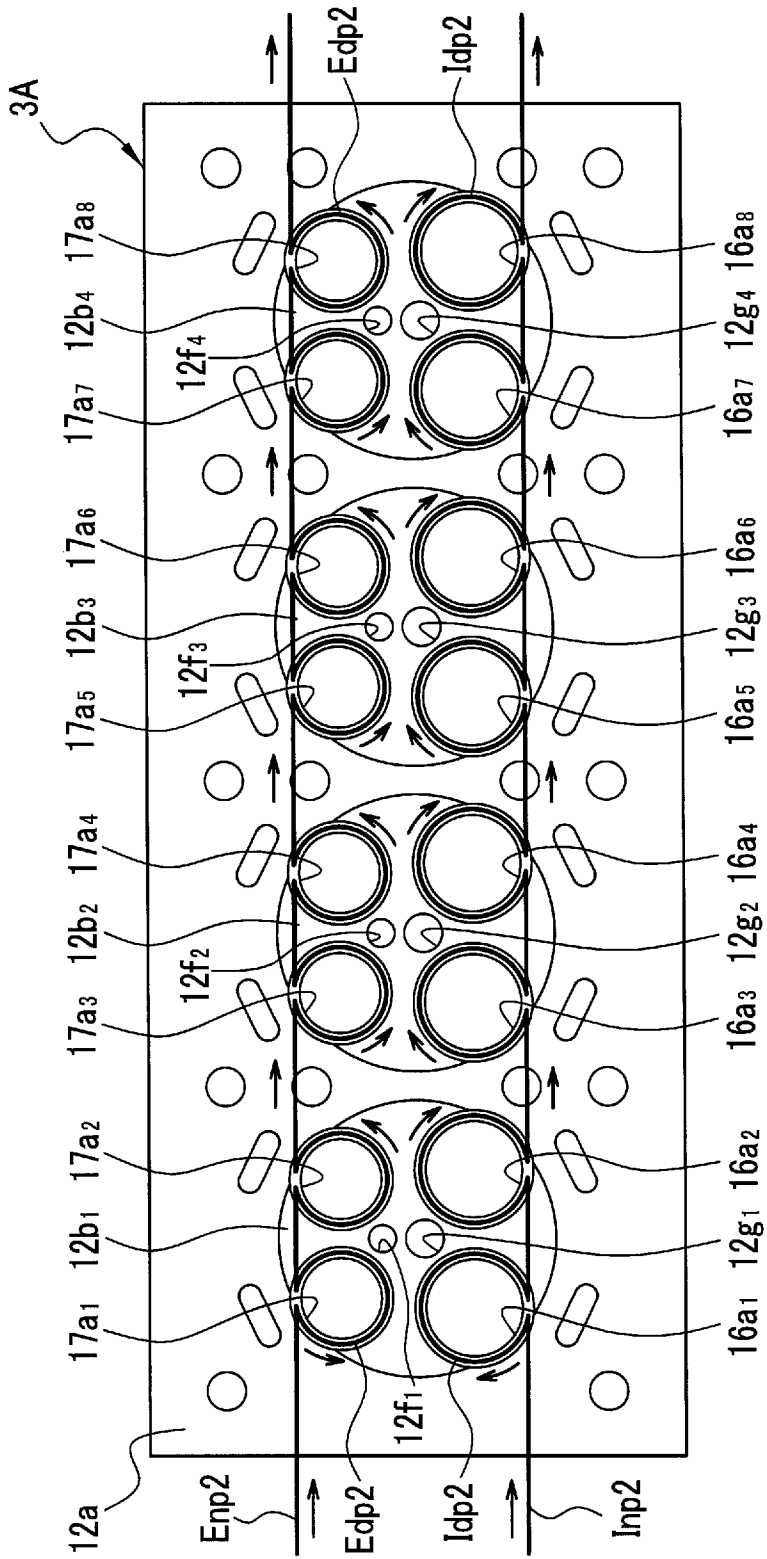
[図14]

[図14]




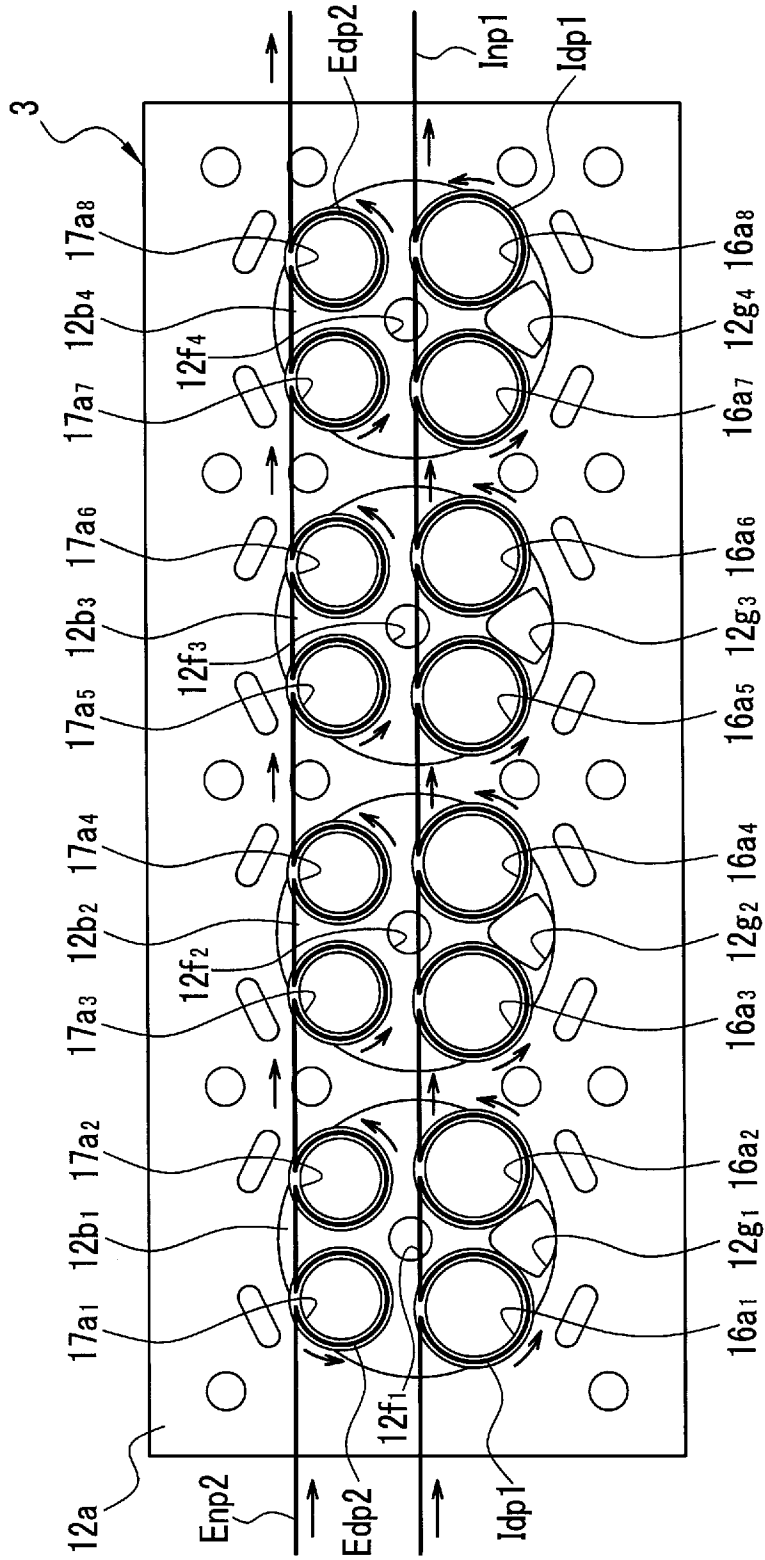
[図15]

図15



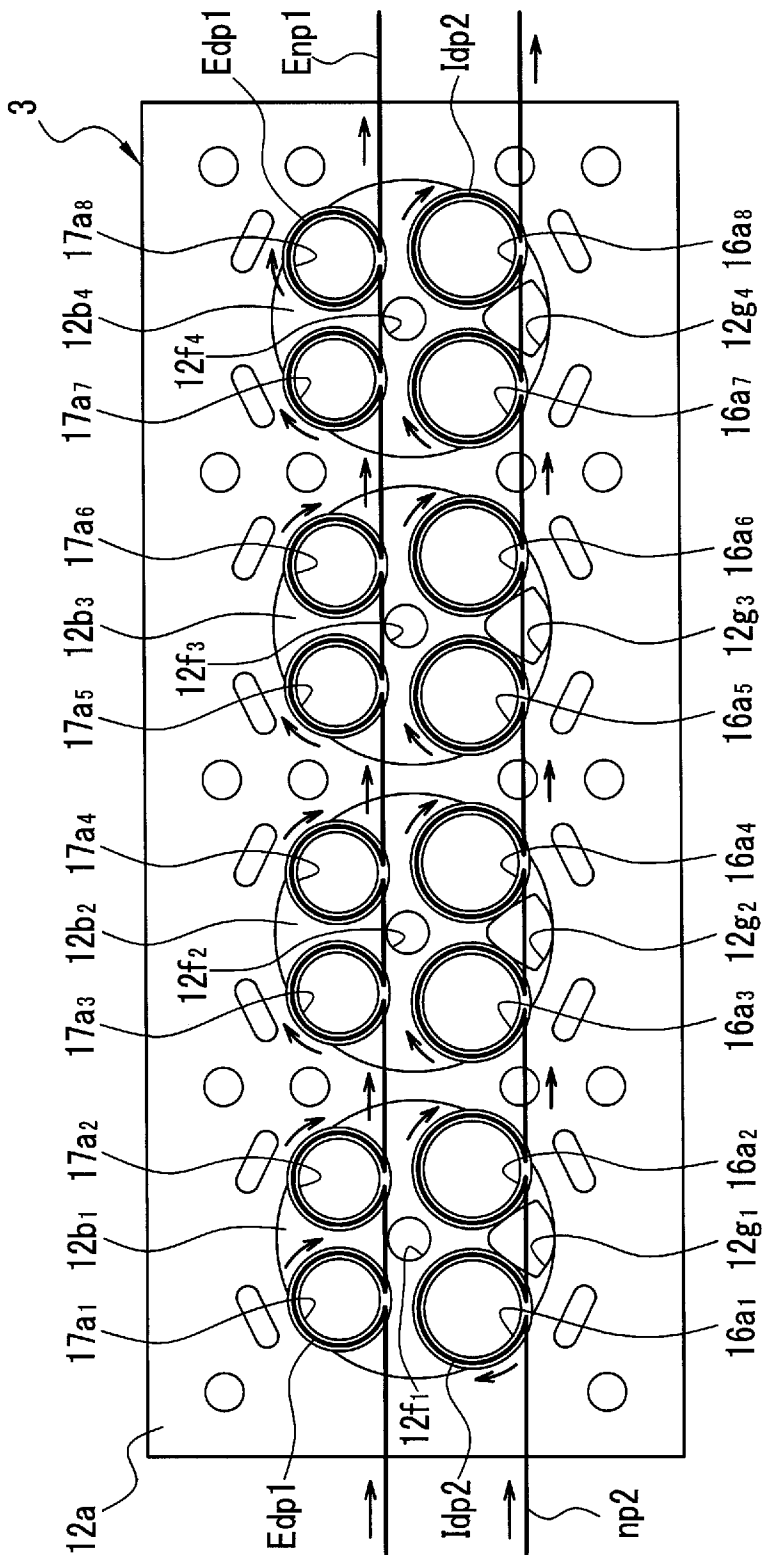
[ 16]

 16





[圖17]

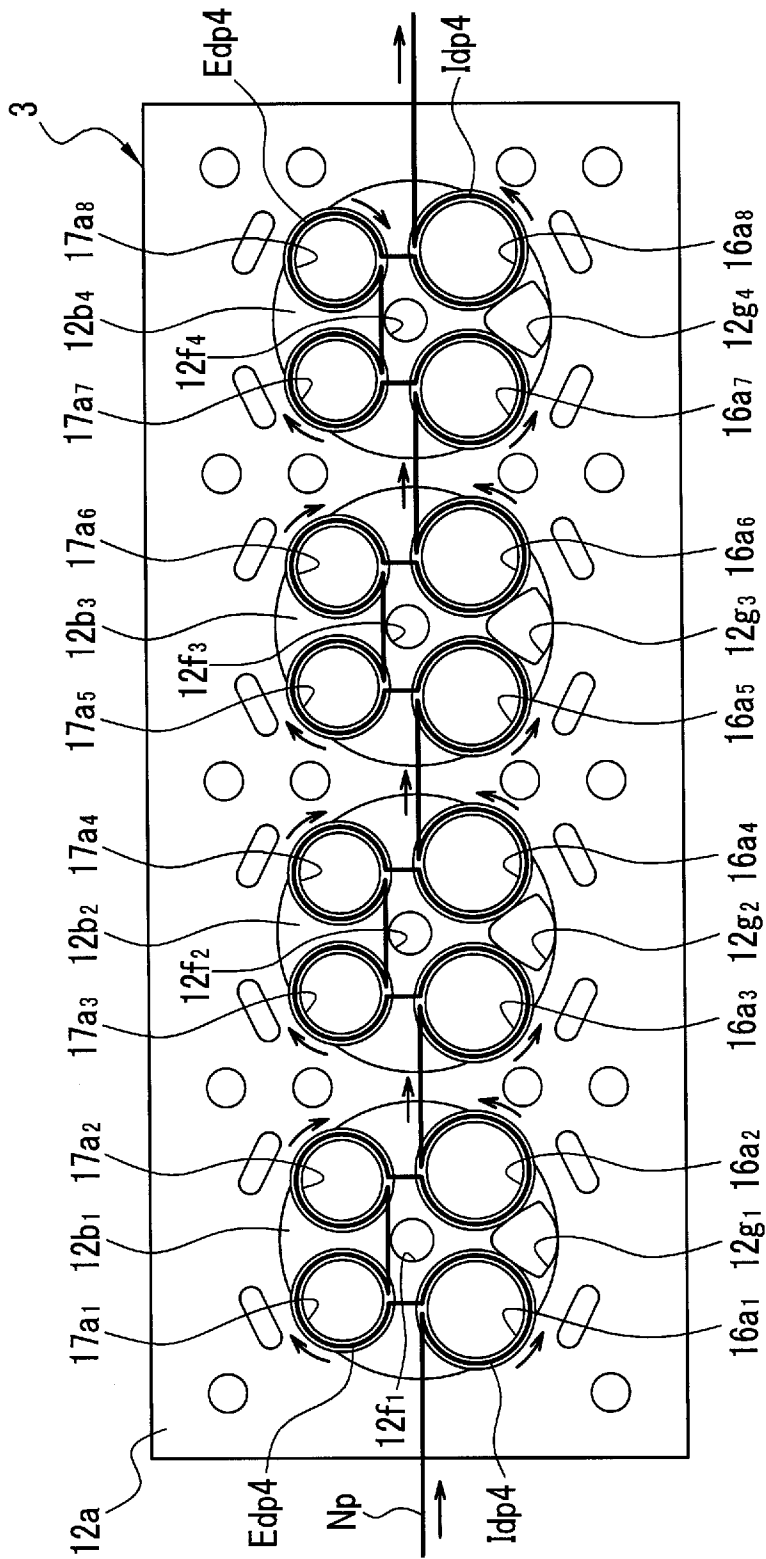
17






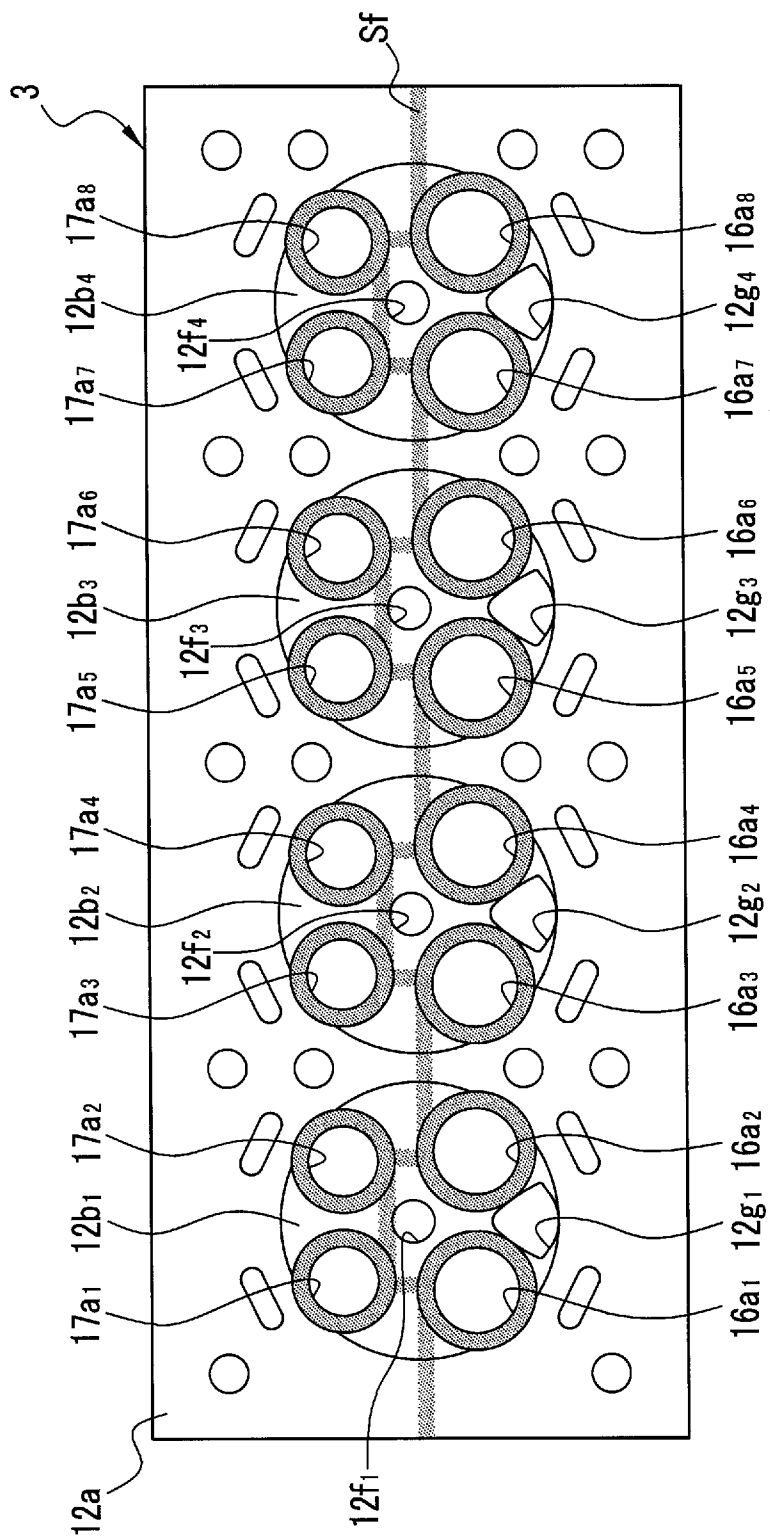
[ 18A]

 18A



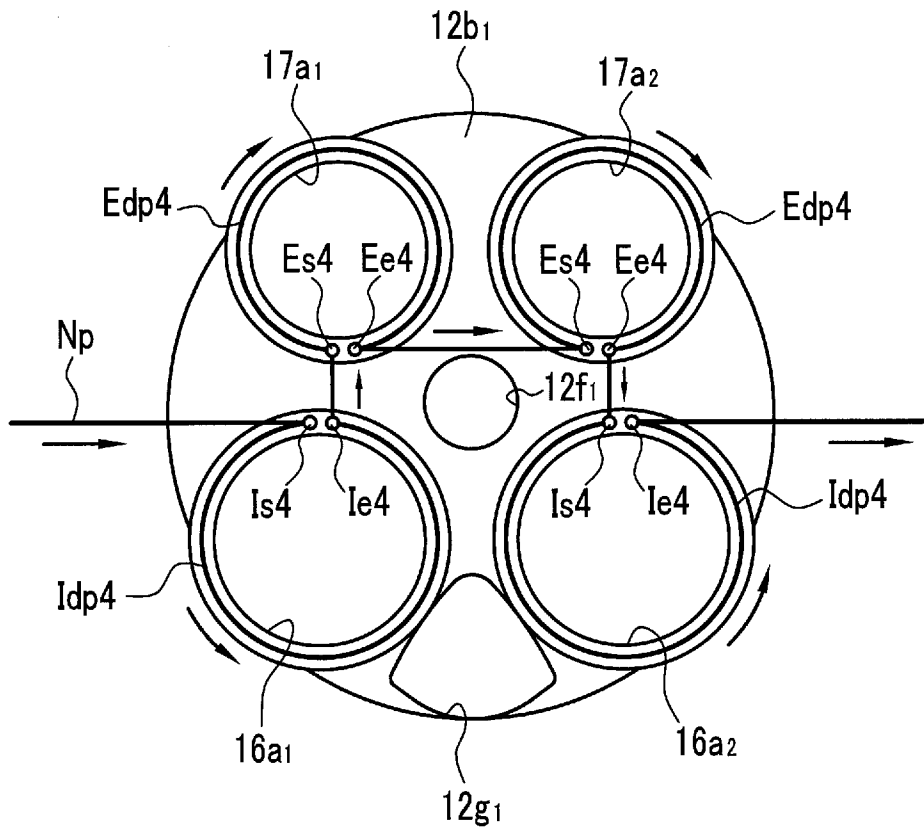
[ 18B]

 18B



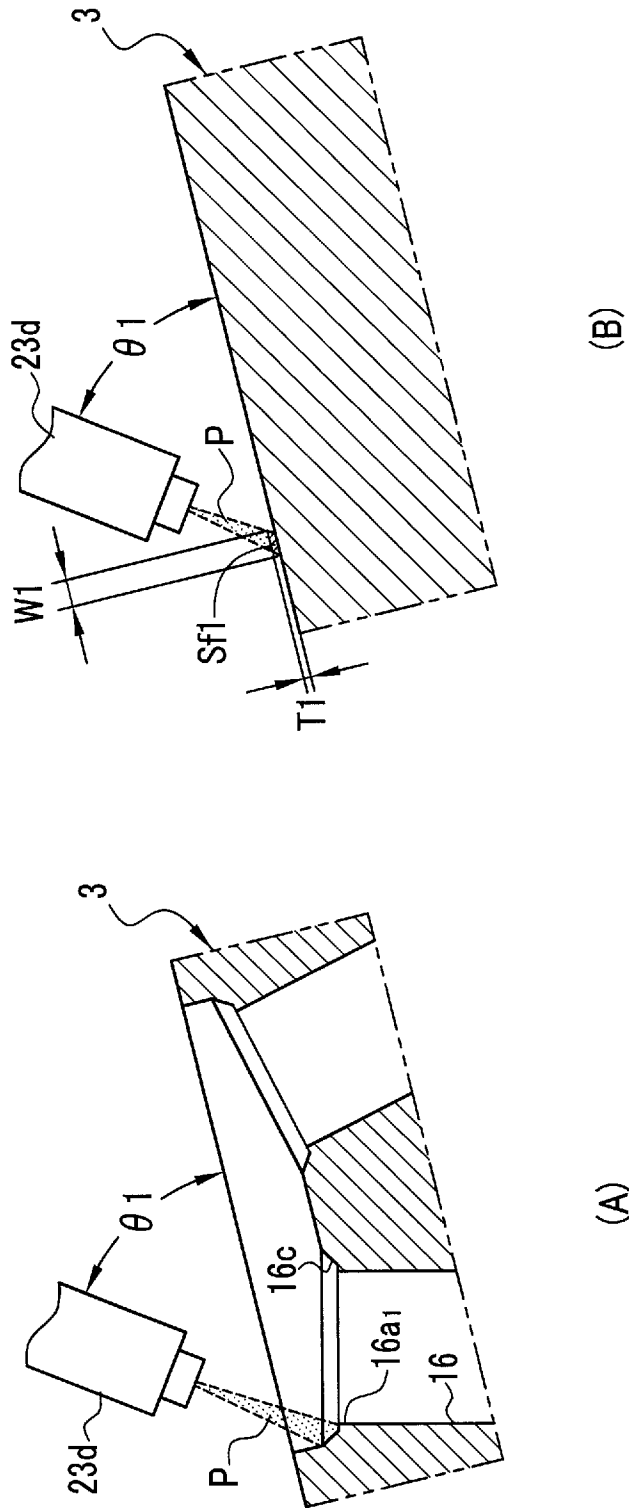
[図19]

[図19]



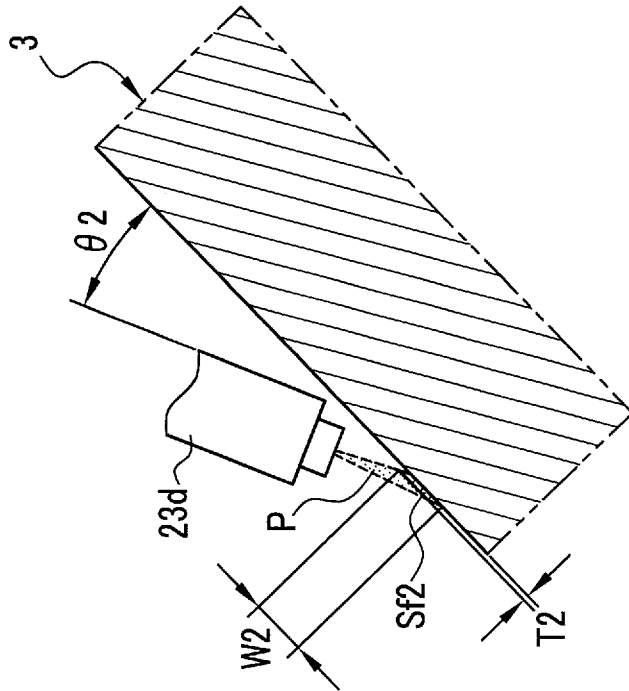
[図20A]

[図20A]

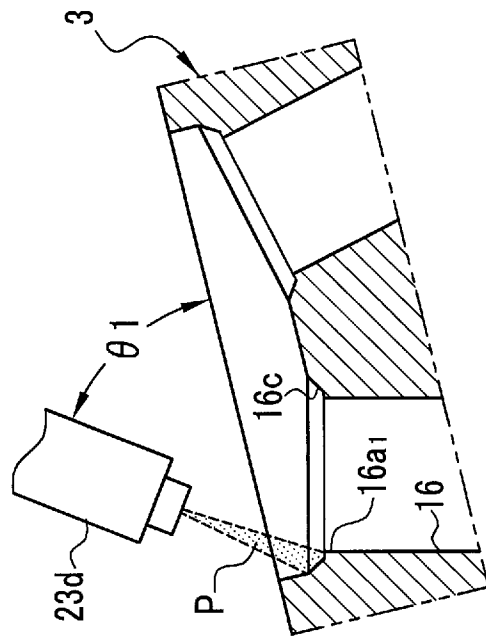


[図20B]

[図20B]



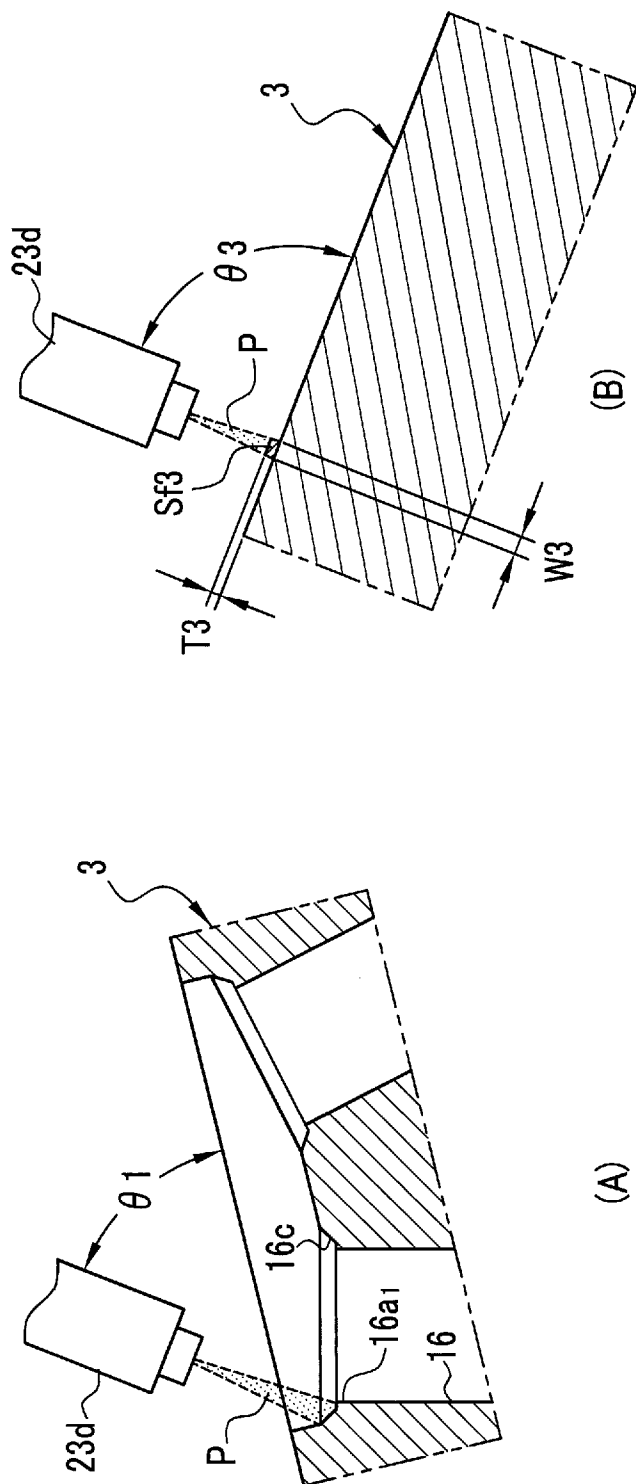
(B)



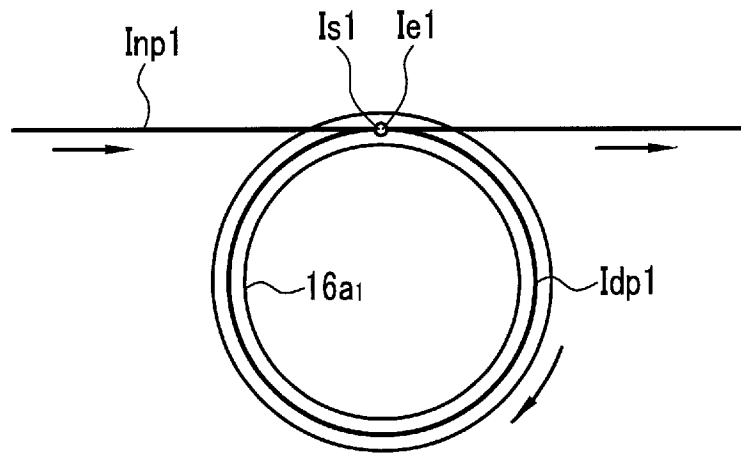
(A)

[図20C]

[図20C]



[図21]

図21

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/034350

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. C23C24/04 (2006.01) i, F01L3/04 (2006.01) i, F02F1/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. C23C24/04, F01L3/04, F02F1/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> A	US 2015/0197858 A1 (BRAYTON ENERGY CANADA, INC.) 16 July 2015, fig. 1, 2, paragraphs [0001]-[0014], [0020]-[0035], claims & GB 2504302 A & WO 2014/015418 A1	<u>1, 11</u> 2-10
<u>X</u> A	US 2017/0250122 A1 (UNIVERSITY OF THE WITWATERSRAND, JOHANNESBURG) 31 August 2017, fig. 4-6, paragraphs [0001]-[0023], [0069]-[0076], claims & WO 2016/059547 A2 & CN 107001028 A	<u>1, 11</u> 2-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
10.10.2018

Date of mailing of the international search report  
23.10.2018

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. C23C24/04(2006.01)i, F01L3/04(2006.01)i, F02F1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. C23C24/04, F01L3/04, F02F1/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2018年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2018年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2015/0197858 A1 (BRAYTON ENERGY CANADA, INC.) 2015.07.16, 図 1-2, 段落 0001-0014, 0020-0035, 特許請求の範囲	<u>1, 11</u>
A	& GB 2504302 A & WO 2014/015418 A1	2-10
X	US 2017/0250122 A1 (UNIVERSITY OF THE WITWATERSRAND, JOHANNESBURG) 2017.08.31,	<u>1, 11</u>
A	図 4-6, 段落 0001-0023, 0069-0076, 特許請求の範囲 & WO 2016/059547 A2 & CN 107001028 A	2-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
 10.10.2018

国際調査報告の発送日  
 23.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 裯屋 健太郎  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3425