

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5219224号  
(P5219224)

(45) 発行日 平成25年6月26日(2013.6.26)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>B 2 3 P</b>	<b>17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 P	17/00	A
<b>B 2 4 C</b>	<b>1/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 4 C	1/10	Z
<b>C 2 3 G</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 G	3/00	Z
<b>B 0 8 B</b>	<b>3/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 0 8 B	3/02	A
<b>B 0 8 B</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 0 8 B	3/10	Z

請求項の数 19 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-531223 (P2009-531223)  
 (86) (22) 出願日 平成20年9月2日(2008.9.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/065724  
 (87) 国際公開番号 W02009/031517  
 (87) 国際公開日 平成21年3月12日(2009.3.12)  
 審査請求日 平成23年8月1日(2011.8.1)  
 (31) 優先権主張番号 特願2007-228276 (P2007-228276)  
 (32) 優先日 平成19年9月3日(2007.9.3)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 504147243  
 国立大学法人 岡山大学  
 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100080621  
 弁理士 矢野 寿一郎  
 (72) 発明者 大橋 一仁  
 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号  
 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究  
 科内  
 (72) 発明者 塚本 真也  
 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号  
 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究  
 科内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面処理方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流路途中に設けた絞り部を介して流体を吸引することにより、キャピテーション気泡を含む吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流内にて、前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる表面処理方法において、前記絞り部を片端に有する流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むようにして、該流体供給流路とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路を設け、該流体吸引流路内の流体を吸引手段で吸引することにより、前記絞り部の直下流に前記吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流を前記被処理面に対して略垂直に衝突させることにより、前記被処理面に表面処理を施すことを特徴とする表面処理方法。

10

【請求項 2】

前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させることを特徴とする請求項 1 に記載の表面処理方法。

【請求項 3】

前記流体吸引流路内の流体を前記吸引手段で吸引するとともに、前記流体供給流路内の流体を圧送手段で圧送することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の表面処理方法。

【請求項 4】

前記絞り部を予め閉じた状態で、前記流体供給流路内の流体を前記吸引手段により吸引

20

を行って、前記流体供給流路内の内圧を前記流体吸引流路内の内圧よりも高くした後で、前記絞り部を開くことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の表面処理方法。

【請求項 5】

前記流体の温度を、所定温度に制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の表面処理方法。

【請求項 6】

流体の流路途中に絞り部を設け、該絞り部を介して流体を吸引することにより、キャビテーション気泡を含む吸引キャビテーション流を発生させ、該吸引キャビテーション流にて、前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる構造を備えた表面処理装置において、前記絞り部を片端に有すると共に該絞り部に流体を供給可能な流体供給流路と、該流体供給流路内とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路と、該流体吸引流路内の流体を吸引する吸引手段とを備え、前記流体吸引流路は、前記流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むと共に、前記絞り部は、前記被処理面に対向配置したことを特徴とする表面処理装置。

10

【請求項 7】

前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させることを特徴とする請求項 6 に記載の表面処理装置。

【請求項 8】

20

内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する一重管体を設け、該一重管体の外側の前記流体吸引流路内に、前記被処理面を露出させることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の表面処理装置。

【請求項 9】

前記一重管体は、屈曲可能な自在管から成ることを特徴とする請求項 8 に記載の表面処理装置。

【請求項 10】

内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する内管と、該内管の外側面との間に前記流体吸引流路を有する外管とから成る一体的な二重管体を設け、前記絞り部近傍の流路内に、前記被処理面を露出させることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の表面処理装置。

30

【請求項 11】

前記外管は、絞り部から被処理面までの流路を覆うようにして延設することを特徴とする請求項 10 に記載の表面処理装置。

【請求項 12】

前記絞り部から被処理面までの距離を一定に保持可能な距離保持手段を備えることを特徴とする請求項 6 から請求項 11 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 13】

前記絞り部から被処理面までの距離を検出可能な距離センサを備えることを特徴とする請求項 12 に記載の表面処理装置。

40

【請求項 14】

前記被処理面の非処理部位には、マスク材を覆設することを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 15】

前記絞り部は、前記被処理面上を自在に移動可能な構成とすることを特徴とする請求項 6 から請求項 14 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 16】

前記絞り部の下流側開口部近傍に、複数の孔を有した多孔部材を配設することを特徴とする請求項 6 から請求項 15 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 17】

50

前記絞り部の下流側開口部近傍に吸引キャピテーション流を所定方向に誘導する誘導部材を配設することを特徴とする請求項 6 から請求項 16 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 18】

前記絞り部の下流側開口部近傍に流体旋回手段を配設することを特徴とする請求項 6 から請求項 17 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【請求項 19】

前記絞り部に、該絞り部の孔径を可変する孔径可変手段を配設することを特徴とする請求項 6 から請求項 18 のうちのいずれか一項に記載の表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、流路途中に設けた絞り部を介して流体を吸引あるいは吸引とともに噴射を行うことにより、キャピテーションを起こして気泡（以下、「キャピテーション気泡」とする）を発生させ、該キャピテーション気泡が圧潰して生じる衝撃力（以下、「圧潰衝撃力」とする）を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる表面処理方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、金属材料及び、プラスチック、ガラス、半導体等の非金属材料の表面に対し、研磨等の局所的な材料除去により加工を施し、あるいは圧力をかけて表面に圧縮応力を付与して疲労強度等の材料特性を向上させる表面改質を行い、あるいは付着している不純物を除去して洗浄する等の目的で、キャピテーション気泡を含む高圧の流体の噴流（以下、「噴射キャピテーション流」とする）を被処理物の表面（以下、「被処理面」とする）に向かって激しく噴射し、該被処理面にキャピテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させて、前記加工、表面改質、洗浄等の各種処理（以下、「表面処理」とする）を行う技術が知られている。該表面処理技術によると、これまでの、酸化性の強い腐食液を使用するウェットエッチングにおける環境汚染・装置腐食の問題、微細な研磨材等を高圧エアと一緒に強力に吹きつけるブラスト加工における厳しい作業環境・低強度部材への適用の困難性・表面粗化の問題、小さい穴に通した高圧水の噴流によって切断等を行うウォータジェット加工におけるポンプ等の大型化・高価な装置の問題、切削、研削、研磨等の機械加工における複雑な形状への適用困難性の問題等のいずれに対しても、十分に対応することができる。

20

30

【0003】

更に、本発明者等は、鋭意研究した結果、前記キャピテーション気泡を伴った流れを発生させるのに、加工液をポンプで吸引し、この吸引時の加工液の流動を、被加工面上に設けた絞り部によって局所的に制限することにより、該絞り部の下流側にキャピテーションを起こさせ、この際に発生するキャピテーション気泡を含む加工液の流れ（以下、「吸引キャピテーション流」とする）を被加工面に当てる表面処理技術について、開示している（例えば、非特許文献 1 参照）。該表面処理技術によると、前記噴射キャピテーション流を被加工面に向かって局所的に激しく噴射するこれまでの場合とは異なり、加工液の噴流による過大な局部圧の影響を最小限に止めることができ、被加工面の表面粗さを小さく維持しつつ、高精度で加工を施すことが可能となる。更に、加工液に微粒子を分散混入させることにより、キャピテーション気泡の圧潰衝撃力以外に、該圧潰衝撃力の作用した微粒子が被加工面に激しく衝突する際の衝突力が加わり、被加工面の加工効率を大きく向上させることができる。

40

【非特許文献 1】大橋一仁、外 3 名「吸引キャピテーション流を用いたマイクロ加工法」、2005 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、平成 17 年 3 月 1 日、P 1307 - 1308

【発明の開示】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、前記吸引キャビテーション流を用いた表面処理技術においては、加工液を満たしたチャンバ内に板状の被加工物を浸漬すると共に、前記チャンバの左右側壁間には、前記被加工物の被加工面上に近接して幅広の可動部材を配置し、該可動部材下部と前記被加工面との間に狭い隙間を設けて絞り部としている。更に、前記チャンバには、可動部材を挟んで前後方向一側に吸込口を、前後方向他側に供給口を設け、該供給口と前記吸込口との間を外部管路によって連通した上で、吸引ポンプによって吸込口から外部管路内に加工液を吸引することにより、チャンバ内の加工液が絞り部内を通過して吸込口に向かって流動し、絞り部の直下流に吸引キャビテーション流が発生する。この状態で、前記可動部材を被加工面に沿って略平行に前後移動させながら、該被加工面に対して吸引キャビテーション流による加工を施すようにしている。

10

**【0005】**

このため、前記制御構成においては、左右側壁の間隔を広げると加工液の流動状態が幅方向位置で大きく異なり、絞り部で発生する吸引キャビテーション流が安定化しないため、大型の被加工物への適用が難しい、という問題があった。更に、絞り部では、左右側壁近傍になると、せん断流により流れの乱れが大きくなり、吸引キャビテーション流による圧潰衝撃力や微粒子の衝突力が著しく増加するため、限られた範囲でしか同一条件による加工が施せず、被加工面全面にわたる均一な加工が困難である、という問題があった。

また、絞り部の直下流で発生した前記吸引キャビテーション流は、チャンバ内の加工液の流れの影響を受け、被加工面に沿って略平行に流れ、キャビテーション気泡、微粒子とともに被処理面に対して略平行に高速移動する。このため、キャビテーション気泡は被処理面近傍に接近すらできず、該被処理面に対してキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を十分に作用させることができない。該圧潰衝撃力を受けた微粒子についても、前記被加工面に対して垂直ではなく斜めに衝突し、しかも、滞留することなく絞り部から高速で離れていくので、圧潰衝撃力が作用可能な微粒子の数自体も少ない。従って、被処理面に作用する、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力、及び該圧潰衝撃力を受けた微粒子による衝突力が十分とはいえず、高い処理効率が得にくい、という問題もあった。

20

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

本発明の表面処理方法においては、流路途中に設けた絞り部を介して流体を吸引することにより、キャビテーション気泡を含む吸引キャビテーション流を発生させ、該吸引キャビテーション流内にて、前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる表面処理方法において、前記絞り部を片端に有する流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むようにして、該流体供給流路とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路を設け、該流体吸引流路内の流体を吸引手段で吸引することにより、前記絞り部の直下流に前記吸引キャビテーション流を発生させ、該吸引キャビテーション流を前記被処理面に対して略垂直に衝突させることにより、前記被処理面に表面処理を施す方法である。

30

**【0007】**

本発明の表面処理方法においては、前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させる方法である。

40

**【0008】**

本発明の表面処理方法においては、前記流体吸引流路内の流体を前記吸引手段で吸引するとともに、前記流体供給流路内の流体を圧送手段で圧送する方法である。

**【0009】**

本発明の表面処理方法においては、前記絞り部を予め閉じた状態で、前記流体供給流路内の流体を前記吸引手段により吸引を行って、前記流体供給流路内の内圧を前記流体吸引流路内の内圧よりも高くした後で、前記絞り部を開く方法である。

50

## 【 0 0 1 0 】

本発明の表面処理方法においては、前記流体の温度を、所定温度に制御する方法である。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の表面処理装置においては、流体の流路途中に絞り部を設け、該絞り部を介して流体を吸引することにより、キャピテーション気泡を含む吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流内にて、前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる構造を備えた表面処理装置において、前記絞り部を片端に有すると共に該絞り部に流体を供給可能な流体供給流路と、該流体供給流路内とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路と、該流体吸引流路内の流体を吸引する吸引手段とを備え、前記流体吸引流路は、前記流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むと共に、前記絞り部は、前記被処理面に対向配置したものである。

10

## 【 0 0 1 2 】

本発明の表面処理装置においては、前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させるものである。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の表面処理装置においては、内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する一重管体を設け、該一重管体の外側の前記流体吸引流路内に、前記被処理面を露出させるものである。

20

## 【 0 0 1 4 】

本発明の表面処理装置においては、内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する内管と、該内管の外側面との間に前記流体吸引流路を有する外管とから成る一体的な二重管体を設け、前記絞り部近傍の流路内に、前記被処理面を露出させるものである。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の表面処理装置においては、前記外管は、絞り部から被処理面までの流路を覆うようにして延設するものである。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部から被処理面までの距離を一定に保持可能な距離保持手段を備えるものである。

30

## 【 0 0 1 7 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部から被処理面までの距離を検出可能な距離センサを備えるものである。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の表面処理装置においては、前記被処理面の非処理部位には、マスク材を覆設するものである。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部は、前記被処理面上を自在に移動可能な構成とするものである。

40

## 【 0 0 2 0 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部の下流側開口部近傍に、複数の孔を有した多孔部材を配設するものである。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部の下流側開口部近傍に吸引キャピテーション流を所定方向に誘導する誘導部材を配設するものである。

## 【 0 0 2 2 】

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部の下流側開口部近傍に流体旋回手段を配設するものである。

## 【 0 0 2 3 】

50

本発明の表面処理装置においては、前記絞り部に、該絞り部の孔径を可変する孔径可変手段を配設するものである。

【発明の効果】

【0024】

本発明の効果としては、流路途中に設けた絞り部を介して流体を吸引することにより、キャピテーション気泡を含む吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流内にて、前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる表面処理方法において、前記絞り部を片端に有する流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むようにして、該流体供給流路とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路を設け、該流体吸引流路内の流体を吸引手段で吸引することにより、前記絞り部の直下流に前記吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流を前記被処理面に対して略垂直に衝突させることにより、前記被処理面に表面処理を施すので、絞り部近傍における流体の流動状態は絞り部断面の円周方向位置によっても大きくは変化せず、絞り部の直下流には安定した吸引キャピテーション流を発生させることができ、被処理面全面にわたって均一な表面処理を施すことができると共に、大型の被処理物に対しても安定した表面処理を施すことができ、これにより、処理精度の向上、処理サイズの拡大を図ることができる。また、吸引キャピテーション流を被処理面に対して略垂直に衝突させるので、吸引キャピテーション流中のキャピテーション気泡を少なくとも被処理面近傍には接近させることができ、該被処理面にキャピテーション気泡の圧潰衝撃力を十分に作用させることができ、処理効率を向上させることができる。

10

20

【0025】

また、前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させるので、被処理面が微粒子から受ける衝突力を増加させ、しかも、流体の流れの向きが大きく変わる被処理面近傍には、絞り部から流出した水流とその反転流に起因する渦が生じ、該渦に生じた淀みに前記微粒子が滞留するようになるため、圧潰衝撃力を受ける微粒子の数自体も増加させることができ、微粒子による衝突力を十分に高めて、処理効率を更に向上させることができる。

【0026】

また、前記流体吸引流路内の流体を吸引手段で吸引するとともに、前記流体供給流路内の流体を圧送手段で圧送することにより、吸引キャピテーション流を被処理面に対してより強く衝突させることができるため、表面処理速度や加工速度を向上させることができる。

30

【0027】

また、前記絞り部を予め閉じた状態で、前記流体供給流路内の流体を前記吸引手段により吸引を行って、前記流体供給流路内の内圧を前記流体吸引流路内の内圧よりも高くした後で、前記絞り部を開くことにより、高圧の吸引キャピテーション流を被処理面に対して衝突させることができるため、表面処理速度や加工速度を向上させることができる。

【0028】

また、前記流体の温度を、所定温度に制御することにより、キャピテーション気泡を発生し易い温度状態に制御してキャピテーション気泡を増加させて、表面処理効率を向上させることができる。

40

【0029】

また、流体の流路途中に絞り部を設け、該絞り部を介して流体を吸引することにより、キャピテーション気泡を含む吸引キャピテーション流を発生させ、該吸引キャピテーション流内にて、前記キャピテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる構造を備えた表面処理装置において、前記絞り部を片端に有すると共に該絞り部に流体を供給可能な流体供給流路と、該流体供給流路内とは前記絞り部のみを介して連通する流体吸引流路と、該流体吸引流路内の流体を吸引する吸引手段とを備え、前記流体吸引流路は、前記流体供給流路の周りを略同心状に取り囲むと共に、前記絞り部は、前記被処

50

理面に対向配置したので、絞り部近傍における流体の流動状態は絞り部断面の円周方向位置によっても大きくは変化せず、絞り部の直下流には安定した吸引キャビテーション流を発生させることができ、被処理面全面にわたって均一な表面処理を施すことができると共に、被処理物に対しても安定した表面処理を施すことができ、これにより、処理精度の向上、処理サイズの拡大を図ることができる。また、吸引キャビテーション流を被処理面に対して略垂直に衝突させるので、吸引キャビテーション流中のキャビテーション気泡を少なくとも被処理面近傍には接近させることができ、該被処理面にキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を十分に作用させることができ、処理効率を向上させることができる。しかも、絞り部と被処理面とを対向配置させるだけの簡単な構造を設けるだけで、これらの効果を達成することができる。

10

**【 0 0 3 0 】**

また、前記流体には微粒子を分散混入し、該微粒子に前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子を前記被処理面に対して略垂直に衝突させるので、被処理面が微粒子から受ける衝突力を増加させ、しかも、流体の流れの向きが大きく変わる被処理面近傍には、絞り部から流出した水流とその反転流に起因する渦が生じ、該渦に前記微粒子が滞留するようになるため、圧潰衝撃力を受ける微粒子の数自体も増加させることができ、微粒子による衝突力を十分に高めて、処理効率を更に向上させることができる。

**【 0 0 3 1 】**

また、内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する一重管体を設け、該一重管体の外側の前記流体吸引流路内に、前記被処理面を露出させるので、例えばチャンバ内に浸漬した被処理物の被処理面上に絞り部を近接した状態で一重管体を配置するだけの簡単な構造により、絞り部の直下流に発生した吸引キャビテーション流を被処理面に当てることができ、装置コストの低減、メンテナンス性の向上を図ることができる。

20

**【 0 0 3 2 】**

また、前記一重管体は、屈曲可能な自在管から成るので、被処理面が内部に露出した流体吸引流路の流路構成部材の形状に沿って一重管体を曲げることで、絞り部の直下流に発生した吸引キャビテーション流を被処理面の所定部位に当てることができ、前記流路構成部材が直線状ではなく屈曲していたり複雑な形状を呈する場合でも、迅速かつ精度良く所定部位に絞り部を移動して表面処理を施すことができ、高い処理効率及び処理精度を確保しつつ、処理対象の拡大を図ることができる。

30

**【 0 0 3 3 】**

また、内部に前記流体供給流路を有し片端には前記絞り部を有する内管と、該内管の外側面との間に前記流体吸引流路を有する外管とから成る一体的な二重管体を設け、前記絞り部近傍の流路内に、前記被処理面を露出させるので、一重管体では、大型の被処理物を浸漬するのに大型のチャンバが必要となり、流体供給流路の周りを取り囲む流体吸引流路の断面積も著しく増加して、通常の吸引ポンプでは十分な吸引力が得られないような場合でも、流体供給流路と流体吸引流路を併設した二重管体の位置をチャンバ内で変えるだけで被処理面に表面処理を施すことができ、高い処理精度及び処理効率を確保しつつ、処理サイズの拡大を図ることができるのである。また、流体供給流路を構成する内管の外側面を流体吸引流路の形成にも利用することができ、部品数減少による部品コストの低減、メンテナンス性の向上を図ることができる。また、二重管体の流体吸引流路は内管と外管によって規定されるので、流体吸引流路の断面の形状・大きさを常に一定に維持して、流体吸引流路内における吸引キャビテーション流の変動を抑制することができる。

40

**【 0 0 3 4 】**

また、前記外管は、絞り部から被処理面までの流路（以下、「処理流路」とする）を覆うようにして延設するので、該処理流路における吸引キャビテーション流が外部より受ける影響を最小限に止めることができ、しかも、この外管の延設長を変更することにより、前記処理流路の距離を、表面処理の種類・程度、流体・微粒子の種類、被処理物の機械的特性等に応じて適正距離に設定することができ、これにより、表面処理の処理効率及び処

50

理精度の更なる向上を図ることができる。

【0035】

また、前記絞り部から被処理面までの距離を一定に保持可能な距離保持手段を備えるので、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力や微粒子の衝突力を被処理面全体に均等に作用させることができ、均質な表面処理を施すことができる。

【0036】

また、前記絞り部から被処理面までの距離を検出可能な距離センサを備えるので、該距離センサからの距離信号に基づいて絞り部から被処理面までの距離を、より高い精度で適正值に保持することができ、処理効率及び処理精度を更に向上させることができる。

【0037】

また、前記被処理面の非処理部位には、マスク材を覆設するので、太陽電池パネル・プラズマディスプレイ等の電子部品・光学部品の表面への複雑な形状の微細加工、焼入れ部材の特定部位への圧縮応力付与等のように、高い加工精度の表面処理も施すことができ、処理対象の更なる拡大を図ることができる。

【0038】

また、前記絞り部は、前記被処理面上を自在に移動可能な構成とするので、被処理物を動かすことなく管体側を動かすことで、絞り部の直下流に発生した吸引キャビテーション流を被処理面の所定部位に当てることができ、たとえ、被処理物が重量物や、破損しやすい物であるために移動が困難な場合でも、迅速かつ精度良く所定部位に管体の絞り部を移動させて表面処理を施すことができ、高い処理効率及び処理精度を確保しつつ、処理対象の拡大を図ることができるのである。

【0039】

また、前記絞り部の下流側開口部近傍に、複数の孔を有した多孔部材を配設することにより、キャビテーション気泡の発生部位を増加させ、キャビテーション気泡を発生効率を向上させて、表面処理効率を向上させることができる。

【0040】

また、前記絞り部の下流側開口部近傍に吸引キャビテーション流を所定方向に誘導する誘導部材を配設することにより、被処理物の特定部位に吸引キャビテーション流を誘導して、表面処理効率を向上させることができる。

【0041】

また、前記絞り部の下流側開口部近傍に流体旋回手段を配設することにより、被処理物に対して吸引キャビテーション流を所定方向に旋回させながら衝突させることができるため、表面処理ムラを防ぎ、均一に表面処理を行うことができる。

【0042】

また、前記絞り部に、該絞り部の孔径を可変する孔径可変手段を配設することにより、吸引キャビテーション流5による被加工部材6の被加工面6aへの影響範囲を連続的に調整することが可能となり、加工形状の制御が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明に関わる表面処理装置の全体構成を示す構成模式図である。

【図2】一重管タイプの管体を備える処理部の側面断面図である。

【図3】二重管タイプの管体を備える処理部の側面断面図である。

【図4】自在管タイプの管体を備える処理部の側面一部断面図である。

【図5】自在管タイプの管体の絞り部近傍の側面一部断面図である。

【図6】アクチュエータを有する自在管タイプの管体を備える処理部の側面一部断面図である。

【図7】アクチュエータである支持部材近傍の側面一部断面図である。

【図8】本発明に関わる表面処理装置の全体構成の別実施形態を示す構成模式図である。

【図9】開閉バルブを備える絞り部の側面一部断面図である。

【図10】メッシュ部材を示す平面図である。

10

20

30

40

50



【図 1 1】誘導部材を備える絞り部を示す側面断面図である。

【図 1 2】流体旋回手段を備える絞り部を示す図であり、( a ) は側面一部断面図、( b ) は流体旋回手段を下方から見た状態を示す平面図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

- 1・5 0 表面処理装置
- 5 吸引キャピテーション流
- 6 a・3 5 a・4 4 a 被処理面
- 7 微粒子
- 8 流体
- 9・4 3 一重管体
- 1 7 吸引手段
- 2 5・3 8 流体供給流路
- 2 6・3 9 流体吸引流路
- 2 7・4 5 絞り部
- 3 0 キャピテーション気泡
- 3 1 マスク材
- 3 3 二重管体
- 3 6 内管
- 3 7 外管
- 4 2 絞り部から被処理面までの流路
- 4 2 a・5 2 距離
- 5 1 距離保持手段
- 5 4 距離センサ
- 5 5 圧送手段
- 6 0 多孔部材
- 6 1 誘導部材
- 6 3 流体旋回部材

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 5 】

次に、発明の実施の形態を説明する。

図 1 は本発明に関わる表面処理装置の全体構成を示す構成模式図、図 2 は一重管タイプの管体を備える処理部の側面断面図、図 3 は二重管タイプの管体を備える処理部の側面断面図、図 4 は自在管タイプの管体を備える処理部の側面一部断面図、図 5 は自在管タイプの管体の絞り部近傍の側面一部断面図、図 6 はアクチュエータを有する自在管タイプの管体を備える処理部の側面一部断面図、図 7 はアクチュエータである支持部材近傍の側面一部断面図、図 8 は本発明に関わる表面処理装置の全体構成の別実施形態を示す構成模式図、図 9 は開閉バルブを備える絞り部の側面一部断面図、図 1 0 はメッシュ部材を示す平面図、図 1 1 は誘導部材を備える絞り部を示す側面断面図、図 1 2 は流体旋回手段を備える絞り部を示す図であり、( a ) は側面一部断面図、( b ) は流体旋回手段を下方から見た状態を示す平面図である。

【 0 0 4 6 】

まず、本発明に係わる表面処理方法を用いた表面処理装置 1 の全体構成について、図 1、2 により説明する。なお、本実施例では、部材表面を深さ方向に微細加工する場合について説明するが、微細加工以外に、前述した表面改質、洗浄等の表面処理についても、同様な構成を適用することができる。

【 0 0 4 7 】

表面処理装置 1 は、発生した吸引キャピテーション流 5 を金属材料及び、プラスチック、ガラス、半導体等の非金属材料等の被加工部材 6 に当てて加工処理を行う処理部 2 と、該処理部 2 から加工液 8 を吸引して、前記被加工部材 6 の粗大な加工屑等の異物をろ過除

10

20

30

40

50

去した後、加工液 8 中の微粒子 7 を調整してから前記処理部 2 に戻す加工液循環部 3 と、前記処理部 2 における管体 9 下端の絞り部 2 7 を横方向及び上下方向に移動可能な管体駆動部 4 とから構成される。

【 0 0 4 8 】

このうちの加工液循環部 3 においては、チャンバ 1 0 に開口された吸込口 1 1 が、配管 1 2 を介して吸引ポンプ 1 7 の吸引ポートに連通され、該吸引ポンプ 1 7 の吐出ポートは、配管 1 3 を介して貯液タンク 2 1 内に連通されており、モータ 1 8 によって吸引ポンプ 1 7 を駆動させることにより、チャンバ 1 0 内の加工液 8 は、前記吸込口 1 1 から配管 1 2 内に勢いよく吸い込まれ、順に配管 1 2、吸引ポンプ 1 7、配管 1 3 を通り、該配管 1 3 途中部に設けたスクリーンフィルタ 1 9 によって粗大な加工屑等の異物が除去された後、前記貯液タンク 2 1 内に流入して貯留される。

10

【 0 0 4 9 】

この貯液タンク 2 1 には、加工中や循環中に損失した微粒子 7 を補充するための粉末タンク 2 0 が併設されており、必要に応じて、該粉末タンク 2 0 に蓄えられた微粒子 7 を貯液タンク 2 1 内に投入する等して、加工液 8 への微粒子 7 の混合比を所定値に調整するようにしている。加工液 8 としては、通常は水を使用するが、水以外に洗浄用の有機溶剤等であってもよく、キャビテーション気泡の発生を抑制したり、被加工部材 6 ・微粒子 7 ・各流路 ・各装置等を変質させなければ、その種類を特に限定するものではない。微粒子 7 についても、通常はアルミナ ・酸化ジルコニウム等の酸化物、炭化ケイ素等の炭化物等の硬質な微粒子を使用するが、比較的軟質な微粒子であっても、化学反応によって被加工部材 6 の表面を加工可能なもの、例えば、水中でガラスとの化学反応を伴った加工が可能な酸化セリウム等を使用することもでき、適用する表面処理の種類や処理の目的等に適した微粒子であれば、微粒子の種類 ・大きさ ・形状 ・特性等は特に限定するものではない。なお、前記配管 1 2 の途中部には圧力計 1 6 が介設されており、該圧力計 1 6 によって、所定の吸引力となるように前記吸引ポンプ 1 7 を制御するものである。

20

【 0 0 5 0 】

更に、前記貯液タンク 2 1 の下端は、自在に屈曲可能な配管 1 4 を介して、前記管体 9 内に開口された供給口 1 5 に連通されており、貯液タンク 2 1 内で微粒子 7 が所定の混合比に調整された加工液 8 が、貯液タンク 2 1 から流下して、配管 1 4 を通って供給口 1 5 から管体 9 内に流入し、処理部 2 に供給されるようにして、加工液循環構造が形成されている。

30

【 0 0 5 1 】

前記管体駆動部 4 においては、管体 9 の上部に支持アーム 2 4 の一端が連結され、該支持アーム 2 4 の他端はアクチュエータ 2 2 に連結され、該アクチュエータ 2 2 は、制御装置 2 9 に接続されたモータ 2 3 に取り付けられており、制御装置 2 9 に記憶されたプログラムに従い、モータ 2 3 によってアクチュエータ 2 2 が駆動されて管体 9 が移動し、該管体 9 の下端に設けた絞り部 2 7 を、被加工部材 6 の被加工面 6 a 上の所定位置まで移動制御できるようにしている。

【 0 0 5 2 】

次に、前記処理部 2 について、図 1、図 2 により説明する。

40

処理部 2 においては、前記チャンバ 1 0 の底板 1 0 a 上に、平板状の被加工部材 6 が載置され、該被加工部材 6 の被加工面 6 a の上方で所定距離だけ離間した位置に、一重管タイプの前記管体 9 が配設されており、該管体 9 は、前記チャンバ 1 0 の側面を構成する筒板 1 0 b に平行に配置されている。

【 0 0 5 3 】

このうちの管体 9 の内部には、流体供給流路 2 5 が形成され、該流体供給流路 2 5 は、前述のようにして微粒子 7 を所定の混合比で分散混入した加工液 8 によって満たされると共に、管体 9 の下端には、中央に絞り孔 2 7 b を穿孔した栓 2 7 a から成る絞り部 2 7 が嵌設されており、流体供給流路 2 5 内の加工液 8 が、細かい絞り孔 2 7 b を通って下方に流下するようにしている。そして、該絞り孔 2 7 b の孔軸が前記被加工面 6 a に対して略垂

50

直となるように、前記絞り部 27 は被加工面 6 a に対向配置されている。

【0054】

前記チャンバ 10 内で管体 9 の周囲には、流体吸引流路 26 が形成され、該流体吸引流路 26 も、前記加工液 8 によって満たされると共に、チャンバ 10 の上部は、貫通する管体 9 が横方向及び上下方向に移動できるようにゴム等の弾性材からなる蓋体 10 c によって液密に閉塞されている。これにより、加工液 8 を前記吸込口 11 から吸引ポンプ 17 によって吸引する際に、余分な空気が流体吸引流路 26 内に混入しないようにして、吸引ポンプ 17 による流体吸引流路 26 内の加工液 8 の吸引力を高めるようにしている。

【0055】

このような構成において、吸引ポンプ 17 を駆動すると、該吸引ポンプ 17 に配管 12 を介して連通された流体吸引流路 26 の内圧が負圧となり、前記絞り孔 27 b を介して、流体供給流路 25 内の微粒子 7 混入の加工液 8 が、被加工部材 6 の被加工面 6 a に向かって略垂直に吸い出される。すると、加工液 8 は絞り孔 27 を通過する際に流速が増大し、それに伴い圧力が低下し、該圧力が加工液 8 の飽和蒸気圧まで減少することによりキャビテーション気泡 30 が生じ、これにより、該キャビテーション気泡 30 を含む高速の加工液 8 の流れが、吸引キャビテーション流 5 として前記絞り部 27 の直下流に発生する。

【0056】

該吸引キャビテーション流 5 は、絞り孔 27 b から被加工面 6 a まで下降する間に、流速が低下して圧力が回復し、含まれていたキャビテーション気泡が圧潰して、前述した圧潰衝撃力が発生する。該圧潰衝撃力は、被加工面 6 a に対して略垂直に直接作用すると共に、吸引キャビテーション流 5 に乗り被加工面 6 a に向かって高速移動中の微粒子 7 にも作用し、該微粒子 7 を更に加速して被加工面 6 a に対して略垂直に激しく衝突させる。

【0057】

被加工面 6 a 近傍まで下降してきた吸引キャビテーション流 5 の加工流は、徐々に外側に拡がりながら流れの向きを逆方向に変えて前記流体吸引流路 26 内を上昇していく。この上昇流と前記下降流との間に渦が発生し、該渦では流速が低下して淀みが生じ、該淀みには固体の微粒子 7 が滞留し、これにより、被加工面 6 a 近傍の微粒子 7 の混合比が増加して、被加工面 6 a に衝突する微粒子 7 の数も増加させることとなる。

【0058】

すなわち、流路途中に設けた絞り部 27 を介して流体である加工液 8 を吸引することにより、キャビテーション気泡 30 を含む吸引キャビテーション流 5 を発生させ、該吸引キャビテーション流 5 内にて、前記キャビテーション気泡 30 の圧潰衝撃力を前記絞り部 27 近傍の被処理面である被加工面 6 a に作用させる表面処理方法において、前記絞り部 27 を片端に有する流体供給流路 25 の周りを略同心状に取り囲むようにして、該流体供給流路 25 とは前記絞り部 27 のみを介して連通する流体吸引流路 26 を設け、該流体吸引流路 26 内の加工液 8 を吸引手段である吸引ポンプ 17 で吸引することにより、前記絞り部 27 の直下流に前記吸引キャビテーション流 5 を発生させ、該吸引キャビテーション流 5 を前記被加工面 6 a に対して略垂直に衝突させることにより、前記被加工面 6 a に表面処理である加工を施すので、絞り部 27 近傍における加工液 8 の流動状態は絞り部 27 断面の円周方向位置によっても大きくは変化せず、絞り部 27 の直下流には安定した吸引キャビテーション流 5 を発生させることができ、被加工面 6 a 全面にわたって均一な表面処理を施すことができると共に、大型の被処理物である被加工部材 6 に対しても安定した表面処理を施すことができ、これにより、処理精度の向上、処理サイズの拡大を図ることができる。また、吸引キャビテーション流 5 を被加工面 6 a に対して略垂直に衝突させるので、吸引キャビテーション流 5 中のキャビテーション気泡 30 を少なくとも被加工面 6 a 近傍には接近させることができ、該被加工面 6 a にキャビテーション気泡 30 の圧潰衝撃力を十分に作用させることができ、処理効率を向上させることができる。

【0059】

更に、前記表面処理方法を実施するための装置であって、流体である加工液 8 の流路途中に絞り部 27 を設け、該絞り部 27 を介して加工液 8 を吸引することにより、キャビテ

10

20

30

40

50

ーション気泡30を含む吸引キャビテーション流5を発生させ、該吸引キャビテーション流5内にて、前記キャビテーション気泡30の圧潰衝撃力を前記絞り部27近傍の被加工面6aに作用させる構造を備えた表面処理装置1において、前記絞り部27を片端に有すると共に該絞り部27に加工液8を供給可能な流体供給流路25と、該流体供給流路25内とは前記絞り部27のみを介して連通する流体吸引流路26と、該流体吸引流路26内の加工液8を吸引する吸引手段である吸引ポンプ17とを備え、前記流体吸引流路26は、前記流体供給流路25の周りを略同心状に取り囲むと共に、前記絞り部27は、前記被加工面6aに対向配置したので、前記表面処理方法による効果が得られると共に、絞り部27と被加工面6aとを対向配置させるだけの簡単な構造を設けるだけで、これらの効果を達成することができるのである。

10

## 【0060】

加えて、前記流体である加工液8には微粒子7を分散混入し、該微粒子7に前記キャビテーション気泡30の圧潰衝撃力を作用させることにより、前記微粒子7を前記被処理面である被加工面6aに対して略垂直に衝突させるので、被加工面6aが微粒子7から受ける衝突力を増加させ、しかも、加工液8の流れの向きが大きく変わる被加工面6a近傍には、絞り部27から流出した水流とその反転流に起因する渦が生じ、該渦に前記微粒子7が滞留するようになるため、圧潰衝撃力を受ける微粒子7の数自体も増加させることができ、微粒子7による衝突力を十分に高めて、処理効率を更に向上させることができる。

## 【0061】

また、前述の如く、一重管タイプの管体9を被加工面6aの露出した流体吸引流路26内に配置するだけで、管体9の絞り部27から被加工面6aに向かって吸引キャビテーション流5を流すことができ、更には、前記管体駆動部4のアクチュエータ22を駆動することにより、チャンバ10の底板10aに載置された被加工部材6はそのまま、管体9のみを、被加工面6a上の所定の加工部まで移動したり、被加工面6a上に定ピッチで走査させて、被加工面の部分加工や全面加工が行えるようにしている。

20

## 【0062】

すなわち、内部に前記流体供給流路25を有し片端には前記絞り部27を有する一重管体である管体9を設け、該管体9の外側の前記流体吸引流路26内に、前記被処理面である被加工面6aを露出させるので、例えばチャンバ10内に浸漬した被処理物である被加工部材6の被加工面6a上に絞り部27を近接した状態で管体9を配置するだけの簡単な構造により、絞り部27の直下流に発生した吸引キャビテーション流5を被加工面6aに当てることができ、装置コストの低減、メンテナンス性の向上を図ることができる。

30

## 【0063】

更に、前記絞り部27は、前記被処理面である被加工面6a上を自在に移動可能な構成とするので、被処理物である被加工部材6側を動かすことなく管体9側を動かすことで、絞り部27の直下流に発生した吸引キャビテーション流5を被加工面6aの所定部位に当てることができ、たとえ、被加工部材6が重量物や、破損しやすい物であるために移動が困難な場合等でも、迅速かつ精度良く所定部位に管体9の絞り部27を移動させて表面処理を施すことができ、高い処理効率及び処理精度を確保しつつ、処理対象の拡大を図ることができるのである。

40

## 【0064】

もちろん、被加工部材6の移動が容易な場合等には、管体9側を固定し被加工部材6側を動かしたり、管体9側と被加工部材6側を同時に動かしてもよく、迅速かつ精度良く所定部位に管体9の絞り部27を位置させることができれば、その駆動構成を特に限定するものではない。

## 【0065】

また、本実施例の被加工面6aは、マスク材31によって所定のパターンでマスクングされており、マスクングした被加工面6a全面を、管体9により定ピッチで走査させると、前記マスク材31で覆われていない部位のみが吸引キャビテーション流5によって局部的に研磨除去され、マスク材で覆われている部位(以下、「非処理部位」とする)は吸引

50

キャビテーション流 5 の影響を受けずにそのまま残り、その後、前記マスク材 3 1 を除去することにより、被加工面 6 a には所定の微細形状が得られる。

【 0 0 6 6 】

なお、マスクングは、ポリエステル等の有機フィルムや、エッチング加工されたステンレスの薄板・ニッケルの電鍍品等の金属フィルム等をマスク材として貼付したり、フォトレジストや印刷マスクを施すことで、行うことができるが、キャビテーション気泡 3 0 の圧潰衝撃力及び微粒子 7 の衝突力に耐えることができ、しかも所定の加工精度が得られるものであれば、マスクングの種類は特には限定されない。

【 0 0 6 7 】

すなわち、前記被処理面である被加工面 6 a の非処理部位には、マスク材 3 1 を覆設するので、太陽電池パネル・プラズマディスプレイ等の電子部品・光学部品の表面への複雑な形状の微細加工、焼入れ部材の特定部位への圧縮応力付与等のように、高い加工精度の表面処理も施すことができ、処理対象の更なる拡大を図ることができる。

【 0 0 6 8 】

次に、前記管体 9 の別形態について、図 3 により説明する。

この管体 3 3 は、前記管体 9 に相当する内管 3 6 と、前記チャンバ 1 0 に相当する外管 3 7 とから成る二重管タイプであって、管体 3 3 自体に、流体供給流路に加え流体吸引流路も併設したものである。

【 0 0 6 9 】

該管体 3 3 は、内管 3 6 と、該内管 3 6 を略同心状に取り囲むようにして上部で支持固定する外管 3 7 とから一体的に構成されている。このうちの内管 3 6 には、前記管体 9 と同様に、内部に流体供給流路 3 8 が形成され、該流体供給流路 3 8 は微粒子 7 を分散混入した加工液 8 によって満たされると共に、内管 3 6 の下端には、前記絞り部 2 7 が嵌設されており、流体供給流路 3 8 内の加工液 8 が、絞り孔 2 7 b を通って下方に流下するようにしている。そして、該絞り孔 2 7 b の孔軸が前記被加工面 3 5 a に対して略垂直となるように、絞り部 2 7 は被加工面 3 5 a に対して対向配置されている。

【 0 0 7 0 】

一方、前記外管 3 7 には、前記チャンバ 1 0 と同様、前記内管 3 6 の外側面との間に流体吸引流路 3 9 が形成され、該流体吸引流路 3 9 も加工液 8 によって満たされると共に、外管 3 7 の上部も図示せぬ蓋体によって液密に閉塞されており、加工液 8 を吸込口 1 1 から吸引ポンプ 1 7 によって吸引する際に、余分な空気が流体吸引流路 3 9 内に混入しないようにして、吸引ポンプ 1 7 による吸引力を高めるようにしている。

【 0 0 7 1 】

ただし、外管 3 7 の下端については、前記チャンバ 1 0 とは異なり、被加工面 3 5 a に向かって開放され、かつ被加工面 3 5 a との間には所定の隙間 4 0 が設けられており、絞り部 2 7 の直下流に発生した吸引キャビテーション流 5 を被加工面 3 5 a に当てながら、管体 3 3 が被加工面 3 5 a 上を移動できるようにしている。更に、前記チャンバ 1 0 とは異なり、内管 3 6 と外管 3 7 とは互いに上下移動可能に上部で連結されているため、流体吸引流路 3 9 断面の形状・大きさは変化しない構成となっている。

【 0 0 7 2 】

この際、外管 3 7 を構成する筒板 3 7 a は内管 3 6 の下端よりも下方に延設され、この延設部 3 7 b により、絞り部 2 7 から被加工面 3 5 a までの処理流路 4 2 が、外管 3 7 外側の加工液 8 から遮断されるようにしている。しかも、前記延設部 3 7 b の長さである延設長 4 1 は、内管 3 6 と外管 3 7 の上下相対位置の調整等によって変更可能な構成であり、該延設長 4 1 を調節することで、処理流路 4 2 の距離 4 2 a を、被加工面 3 5 a の加工に適したキャビテーション気泡 3 0 の圧潰衝撃力と微粒子 7 の衝突力とが得られる距離に、設定できるようにしている。

【 0 0 7 3 】

このような構成において、吸引ポンプ 1 7 を駆動すると、内管 3 6 と外管 3 7 との間の流体吸引流路 3 9 の内圧が負圧となり、絞り孔 2 7 b を介して、流体供給流路 3 8 内の微

10

20

30

40

50

粒子7混入の加工液8が、被加工部材35の被加工面35aに向かって略垂直に吸い出される。これにより、キャピテーション気泡30を含む高速の加工液8の流れが、吸引キャピテーション流5として前記絞り部27の直下流に発生する。

【0074】

そして、この発生した吸引キャピテーション流5は、延設部37bにより外管37外側の加工液8と遮断され外部からの影響をほとんど受けない処理流路42内を、高速で下降していき、前記管体9と同様に、キャピテーション気泡30の圧潰衝撃力と微粒子7の衝突力を、被加工面35aに強力に作用させることができる。この下降してきた吸引キャピテーション流5は、被加工面35aに当たると向きを逆方向に変え、形状・大きさが断面で一定の流体吸引流路39内を上昇していく。

10

【0075】

この状態で、管体駆動部4のアクチュエータ22を駆動すると、流体供給流路38と流体吸引流路39を併設した二重管タイプの管体33を、チャンバ34の底板34aに載置された被加工部材35の被加工面35a上にて、所定の加工部まで移動させたり、定ピッチで走査させることができ、被加工面35aの部分加工や全面加工を行うことができる。

【0076】

すなわち、内部に前記流体供給流路38を有し片端には前記絞り部27を有する内管36と、該内管36の外側面との間に前記流体吸引流路39を有する外管37とから成る一体的な二重管体である管体33を設け、前記絞り部27近傍の流路内に、前記被処理面である被加工面35aを露出させるので、一重管体では、大型の被処理物である被加工部材35を浸漬するのに大型のチャンバが必要となり、流体供給流路の周りを取り囲む流体吸引流路の断面積も著しく増加して、通常の吸引ポンプでは十分な吸引力が得られないような場合でも、流体供給流路38と流体吸引流路39を併設した管体33の位置をチャンバ34内で変えるだけで被加工面35aに表面処理を施すことができ、高い処理精度及び処理効率を確保しつつ、処理サイズの拡大を図ることができるのである。また、流体供給流路38を構成する内管36の外側面を流体吸引流路39の形成にも利用することができ、部品数減少による部品コストの低減、メンテナンス性の向上を図ることができる。また、管体33の流体吸引流路39は内管36と外管37によって規定されるので、流体吸引流路39の断面の形状・大きさを常に一定に維持して、流体吸引流路39内における吸引キャピテーション流5の変動を抑制することができる。

20

30

【0077】

もちろん、前記被加工部材35が大型であっても軽量なために移動が容易な場合等には、管体33側を固定し被加工部材35側を動かしたり、管体33側と被加工部材35側を同時に動かしてもよく、迅速かつ精度良く所定部位に管体33の絞り部27を位置させることができれば、その駆動構成を特に限定するものではない。

【0078】

更に、前記外管37は、絞り部27から被処理面である被加工面35aまでの流路である処理流路42を覆うようにして延設するので、該処理流路42における吸引キャピテーション流5が外部より受ける影響を最小限に止めることができ、しかも、この外管37の延設長41を変更することにより、前記処理流路42の距離42aを、表面処理の種類・程度、流体・微粒子の種類、被処理物である被加工部材35の機械的特性等に応じて適正距離に設定することができ、これにより、表面処理の処理効率及び処理精度の更なる向上を図ることができる。

40

【0079】

次に、前記管体9と同じ一重管タイプの別形態について、図4乃至図7により説明する。

この管体44は、屈曲可能な材料から構成される自在管タイプであって、前述の被加工部材6・35のような板状ではなく、Uパイプのように屈曲したパイプ状の被加工部材44の中に挿入し、該被加工部材44の内壁の形に沿って管体44を屈曲させながら進ませ、該内壁に表面処理を施すものである。

50

## 【 0 0 8 0 】

図4、図5に示すように、該管体43は、ゴム・ビニール・プラスチック等を素材とするホース、及びステンレス等から成る複数の硬質部材を接続して多数の節点を設けたフレキシブルチューブといった屈曲可能な材料から構成される。そして、該管体43の内部には、前記管体9と同様に、流体供給流路46が形成され、該流体供給流路46は微粒子7を分散混入した加工液8によって満たされると共に、管体43の先端は蓋板43aによって閉塞され、該蓋板43a近傍に絞り部45が形成されている。

## 【 0 0 8 1 】

該絞り部45は、前記絞り部27とは異なり、複数の小さい絞り孔45aが、管体43を構成する筒板43bで前記蓋板43aに対して平行な同一円周上に、等間隔で半径方向に開口されており、流体供給流路46に供給されてきた加工液8が、前記絞り孔45a・45a・・・を通して、被加工部材44の被加工面44aに向かい、管体43の半径方向に流出するようにしている。そして、この場合も、絞り孔45a・45a・・・の孔軸が被加工面44aに対して略垂直となるように、絞り部45は周囲の被加工面44aに対して対向配置されている。

10

## 【 0 0 8 2 】

一方、被加工部材44内で管体43を除く空間には、流体吸引流路47が形成され、該流体吸引流路47は、加工液8によって満たされると共に、被加工部材44の途中部で前記絞り部45と離間した部位には、リング状の遮蔽板48が嵌設されている。これにより、流体吸引流路47内の加工液8を、図示せぬ吸引ポンプによって被加工部材44の絞り部45側から、矢印49で示す方向（以下、「吸引方向」とする）に吸引する際に、遮蔽板48よりも吸引上手側からは余分な加工液8が流体吸引流路47内に侵入しないようにして、吸引ポンプによる流体吸引流路47内の加工液8の吸引力を高めるようにしている。なお、前記遮蔽板48の中央にはガイド孔48aが穿孔され、該ガイド孔48aに前記管体43が摺動可能に支持されており、管体43をガイド孔48aから挿入して被加工部材44内を吸引方向に進ませることができる。

20

## 【 0 0 8 3 】

このような構成において、図示せぬ吸引ポンプを駆動すると、流体吸引流路47内の加工液8が前記吸引方向に向かって吸引され、前記絞り孔45a・45a・・・を介して、流体供給流路46内の微粒子7入り加工液8が、被加工部材44の被加工面44aに向かって略垂直に吸い出される。これにより、キャビテーション気泡30を含む高速の加工液8の流れが、管体43の半径方向に広がる吸引キャビテーション流50として、絞り部45の周囲に環状に発生する。

30

## 【 0 0 8 4 】

該吸引キャビテーション流50は高速で流れていき、キャビテーション気泡30の圧潰衝撃力と微粒子7の衝突力を、被加工面44aに強力に作用させる。なお、この際、被加工面44aに向かって側方に流れる吸引キャビテーション流50が、加工液8の吸引方向の流れによって大きく阻害されないように、吸引ポンプによる吸引力を制御して適正化するようになっている。

## 【 0 0 8 5 】

すなわち、前記一重管体である管体43は、屈曲可能な自在管から成るので、被処理面である被加工面44aが内部に露出した流体吸引流路47の流路構成部材である被加工部材44の形状に沿って管体43を曲げることで、絞り部45の直下流に発生した吸引キャビテーション流50を被加工面44aの所定部位に当てることができ、被加工部材が直線状ではなく屈曲していたり複雑な形状を呈する場合でも、迅速かつ精度良く所定部位に絞り部45を移動して表面処理を施すことができ、高い処理効率及び処理精度を確保しつつ、適用対象の拡大を図ることができる。

40

## 【 0 0 8 6 】

また、図6に示すように、前記管体43で絞り部45の近くには、アクチュエータ51を取り付け、該アクチュエータ51を外部より操作することにより、絞り部45から被加

50

工面 4 4 a までの処理流路の距離 5 2 を調整して、被加工面 4 4 a に当たる吸引キャピテーション流 5 0 が位置によって大きく変動しないようにしている。該アクチュエータ 5 1 としては、磁力等を使って被加工部材 4 4 外部より移動操作可能な図示せぬ可動部材や、図 7 に示すように、被加工部材 4 4 内壁に転動可能なローラ 5 3 a と、該ローラ 5 3 a に連結され伸縮可能なバネ等の弾性材を内装した伸縮部 5 3 b とから成る支持部材 5 3 等があるが、流体吸引流路 4 7 内の加工液 8 の流れを阻害することなく、処理流路の距離 5 2 を精度良く一定に制御可能なものであれば、その種類は特に限定されない。

【 0 0 8 7 】

更に、管体 4 3 で絞り部 4 5 のごく近傍に、渦電流計等の距離センサ 5 4 を取り付け、該距離センサ 5 4 によって処理流路の実際の距離 5 2 を把握し、その距離信号に基づいて、前記アクチュエータ 5 1 を動作制御可能な構成とすることもできる。

10

【 0 0 8 8 】

この場合は、管体 4 3 を被加工部材 4 4 内で吸引方向に進ませながら、距離センサ 5 4 からの距離信号に基づいてアクチュエータ 5 1 を駆動させ、処理流路の距離 5 2 を一定距離に制御しながら、被加工面の部分加工や全面加工を行うことができる。

【 0 0 8 9 】

すなわち、前記絞り部 4 5 から被処理面である被加工面 4 4 a までの距離 5 2 を一定に保持可能な距離保持手段であるアクチュエータ 5 1 を備えるので、キャピテーション気泡 3 0 の圧潰衝撃力と微粒子 7 の衝突力を被加工面 4 4 a 全体に均等に作用させることができ、均質な表面処理を施すことができる。

20

【 0 0 9 0 】

更に、前記絞り部 4 5 から被処理面である被加工面 4 4 a までの距離 5 2 を検出可能な距離センサ 5 4 を備えるので、該距離センサ 5 4 からの距離信号に基づいて絞り部 4 5 から被処理面である被加工面 4 4 a までの距離 5 2 を、より高い精度で適正值に保持することができ、処理効率及び処理精度を更に向上させることができる。

【 0 0 9 1 】

次に、表面処理装置の別の実施形態について、図 8 により説明する。

表面処理装置 5 0 は、図 8 に示すように、前述した表面処理装置 1 の構成における加工液循環部 3 の一部が変更されたものである。すなわち、貯液タンク 2 1 と管体 9 内に開口された供給口 1 5 のそれぞれに連通する配管 1 4 の中途部にモータ 5 6 が接続されている圧送手段である圧送ポンプ 5 5 を介装している。このモータ 5 6 が接続されている圧送ポンプ 5 5 以外の構成部材は、前述した表面処理装置 1 と同様であるため、それら構成部材の説明は省略する。

30

【 0 0 9 2 】

前述したように、加工液循環部 3 においては、チャンバ 1 0 に開口された吸込口 1 1 が、配管 1 2 を介して吸引ポンプ 1 7 の吸引ポートに連通され、該吸引ポンプ 1 7 の吐出ポートは、配管 1 3 を介して貯液タンク 2 1 内に連通されており、モータ 1 8 によって吸引ポンプ 1 7 を駆動させることにより、チャンバ 1 0 内の加工液 8 は、前記吸込口 1 1 から配管 1 2 内に勢いよく吸い込まれ、順に配管 1 2、吸引ポンプ 1 7、配管 1 3 を通り、該配管 1 3 途中部に設けたスクリーンフィルタ 1 9 によって粗大な加工屑等の異物が除去された後、前記貯液タンク 2 1 内に流入して貯留される。

40

【 0 0 9 3 】

更に、加工液循環部 3 においては、前記貯液タンク 2 1 の下端が、自在に屈曲可能な配管 1 4 ( 1 4 a ) を介して圧送ポンプ 5 5 の吸引ポートに連通され、該吸引ポート 5 5 の吐出ポートは、配管 1 4 ( 1 4 b ) を介して前記管体 9 内に開口された供給口 1 5 に連通されており、モータ 5 6 によって圧送ポンプ 5 5 を駆動させることにより、貯液タンク 2 1 内の加工液 8 は、配管 1 4 ( 1 4 a ・ 1 4 b ) 及び供給口 1 5 を介して管体 9 内に勢いよく送り込まれ、絞り部 2 7 を介して被加工部材 6 の被加工面 6 a に向かって略垂直に勢いよく噴き出される。

なお、前記配管 1 4 b の途中部には圧力計 5 8 が介設されており、該圧力計 5 8 によ

50



て、所定の吐出力となるように前記圧送ポンプ 55 を制御するものである。

【 0 0 9 4 】

このように、表面処理装置 50 を構成することにより、吸引ポンプ 17 と圧送ポンプ 55 を同時に駆動すると、該吸引ポンプ 17 に配管 12 を介して連通された流体吸引流路 26 の内圧が負圧となり、前記絞り孔 27 b を介して、流体供給流路 25 内の微粒子 7 混入の加工液 8 が、被加工部材 6 の被加工面 6 a に向かって略垂直に吸い出されるとともに、流体供給流路 25 の上流側に配置された圧送ポンプ 55 に配管 14 b を介して連通された管体 9 の内圧が加圧され、前記絞り孔 27 b を介して、管体 9 内の微粒子 7 混入の加工液 8 が、被加工部材 6 の被加工面 6 a に向かって略垂直に勢いよく噴き出される。すると、加工液 8 は絞り孔 27 b を通過する際に流速が増大し、それに伴い圧力が低下し、該圧力が加工液 8 の飽和蒸気圧まで減少することによりキャビテーション気泡 30 が生じ、これにより、該キャビテーション気泡 30 を含む高速の加工液 8 の流れが、吸引キャビテーション流 5 として前記絞り部 27 の直下流に発生する。

10

【 0 0 9 5 】

該吸引キャビテーション流 5 は、絞り孔 27 b から被加工面 6 a まで下降する間に、流速が低下して圧力が回復し、含まれていたキャビテーション気泡が圧潰して、前述した圧潰衝撃力が発生する。該圧潰衝撃力は、被加工面 6 a に対して略垂直に直接作用すると共に、吸引キャビテーション流 5 に乗り被加工面 6 a に向かって高速移動中の微粒子 7 にも作用し、該微粒子 7 を更に加速して被加工面 6 a に対して略垂直に激しく衝突させる。

20

【 0 0 9 6 】

被加工面 6 a 近傍まで下降してきた吸引キャビテーション流 5 の加工流は、徐々に外側に拡がりながら流れの向きを逆方向に変えて前記流体吸引流路 26 内を上昇していく。この上昇流と前記下降流との間に渦が発生し、該渦では流速が低下して淀みが生じ、該淀みには固体の微粒子 7 が滞留し、これにより、被加工面 6 a 近傍の微粒子 7 の混合比が増加して、被加工面 6 a に衝突する微粒子 7 の数も増加させることとなる。

【 0 0 9 7 】

すなわち、前記流体吸引流路 25 内の流体である加工液 8 を吸引手段である吸引ポンプ 17 で吸引するとともに、前記流体供給流路 25 内の加工液 8 を圧送手段である圧送ポンプ 55 で圧送することにより、吸引キャビテーション流 5 を被処理面である被加工面 6 a に対してより強く衝突させることができるため、表面処理速度や加工速度をさらに向上させることができる。

30

【 0 0 9 8 】

次に、前記絞り部 27 の別形態について、図 9 により説明する。

絞り部 57 は、図 9 に示すように、絞り孔 27 b を穿孔した栓 27 a から成る絞り部 57 において、前記絞り孔 27 b 内に、該絞り孔 27 b の開閉を行う開閉バルブ 59 を備えている。

【 0 0 9 9 】

このように絞り部 57 を構成することにより、前記絞り部 57 の開閉バルブ 59 を予め閉じた状態で、前記流体供給流路 25 内の流体である加工液 8 を前記圧送手段である圧送ポンプ 55 により圧送を行って、前記流体供給流路 25 内の内圧を前記前記流体吸引流路内の内圧よりも高くした後で、前記絞り部 57 の開閉バルブ 59 を開くようにすることで、前述した開閉バルブ 59 を有しない絞り部 27 と比べ、流体吸引流路 26 の内圧がよりいっそう負圧の状態となり、前記絞り孔 27 b を介して、流体供給流路 25 内の微粒子 7 混入の加工液 8 が、被加工部材 6 の被加工面 6 a に向かって略垂直に勢いよく吸い出される。これにより、高圧の吸引キャビテーション流を被処理面に対して衝突させることができるため、表面処理速度や加工速度を向上させることができる。

40

【 0 1 0 0 】

次に、前記絞り部の下流側開口部近傍に設ける部材である多孔部材、誘導部材及び流体旋回部材について、図 10 から図 12 により説明する。

【 0 1 0 1 】

50

多孔部材は、図10に示すように、複数の孔を有したメッシュ部材60であり、該メッシュ部材60は、断面視四角状である線状部材を交差状に編み込んだものである。メッシュ部材60は、例えば、上述した絞り部27及び絞り部57が有する絞り孔27bの上流側開口部近傍に配設することが可能である。

このようなメッシュ部材60を、絞り部27、絞り部57の下流側開口部近傍に配設することにより、メッシュ部材60が有する複数の孔によりキャビテーション気泡30の発生部位を増加させ、キャビテーション気泡30の発生効率を向上させて、表面処理効率を向上させることができる。

なお、前述した屈曲可能である管体43に開口された絞り孔45aにおいても、該絞り孔45aを塞ぐようにメッシュ部材を配設して、上述した同様の効果を得ることは可能である。

10

また、メッシュ部材60を構成する断面視四角状である線状部材の表面に微小な突起を有するように構成することも可能であり、このような突起を設けることにより、さらにキャビテーション気泡30の発生部位(起点)を増加させ、キャビテーション気泡30の発生効率を向上させて、表面処理効率を向上させることができる。

#### 【0102】

誘導部材61は、図11に示すように、その内部にテーパ状の貫通孔61aを有する円筒状部材であり、該貫通孔61aの上流側開口部(図11においては上側開口部)の直径は、絞り部27及び絞り部57の下流側開口部(図11においては下側開口部)の直径と同じとなるべく構成されている。また、該貫通孔61aの下流側開口部の直径は、貫通孔61aの上流側開口部の直径よりも大きくなっている。上述した絞り部27及び絞り部57が有する絞り孔27bの下流側開口部近傍に、誘導部材61の上面部が絞り部27及び絞り部57の下面部に当接するように配設して、絞り部27もしくは絞り部57と、誘導部材61とを一体的に固定することで、絞り孔27bから吐出される吸引キャビテーション流5を誘導部材61の貫通孔61aの内面であるテーパ部に沿って誘導することが可能となる。

20

このような誘導部材61を、絞り部27もしくは絞り部57の下流側開口部近傍に配設することにより、例えば、図11に示すような内部に貫通孔62aを有する円筒部材62の貫通孔62aの内面部を被処理面62bとして加工したい場合、誘導部材61の貫通孔61aの内径を、被加工部材である円筒部材62の貫通孔62aと同じ内径となるようにしておき、絞り孔27bから吸引キャビテーション流5を発生させると、該吸引キャビテーション流5は誘導部材60のテーパ部に誘導されて図11の矢印が示す方向に流れ、円筒部材62の貫通孔62aの内面部である被処理面62bを加工処理することが可能となる。

30

このように、前記絞り部の下流側開口部近傍に吸引キャビテーション流5を所定方向に誘導する誘導部材60を配設することにより、被処理部材の特定部位に吸引キャビテーション流を誘導して、表面処理効率を向上させることができる。

#### 【0103】

流体旋回部材63は、図12(a)(b)に示すように、屈曲した複数の羽根部63aから成る円筒外形を有する部材であり、前記流体旋回部材63の外周部には軸受63bが固設されている。該軸受63bの外周部は、管体9の下端部に取り付け可能となっている。流体旋回部材63が管体9(絞り部27もしくは絞り部57)の下端部に固設された状態にて吸引キャビテーション流5が流れると、この吸引キャビテーション流5の流れに応じて流体旋回部材63は、回転自在となっている。このように構成することにより、絞り部27(絞り部57)から吐出された吸引キャビテーション流5は所定方向に回転しながら、前記微粒子7を前記被処理面である被加工面6aに対して略垂直に衝突させるので、吸引キャビテーション流5の吐出ムラの発生防ぎ、前記被処理面に対して略均一に加工処理が行うことが可能となる。

40

#### 【0104】

このように、前記絞り部27もしくは絞り部57の下流側開口部近傍に流体旋回手段で

50

ある流体旋回部材 6 3 を配設することにより、被加工面 6 a に対して吸引キャビテーション流 5 を所定方向に旋回させながら衝突させることができるため、表面処理ムラを防ぎ、均一に表面処理を行うことができる。

【 0 1 0 5 】

また、上述した表面処理装置 1 や表面処理装置 5 0 においては、処理部 2 のチャンバ 1 0 内に流体である加工液 8 の温度制御を行う温度制御手段を設けることも可能であり、例えば、該温度制御手段により加工液 8 を所定温度に加熱することで、絞り孔 2 7 a におけるキャビテーション気泡 3 0 の発生を促進して、キャビテーション気泡 3 0 増加させることができ、加工処理速度を向上させることができる。

すなわち、前記流体である加工液 8 の温度を、所定温度に制御することにより、キャビテーション気泡を発生し易い温度状態に制御してキャビテーション気泡を増加させて、表面処理効率を向上させることができる。

【 0 1 0 6 】

また、絞り部 2 7 には、前述した絞り部 5 7 に開閉バルブ 5 9 を設ける代わりに、もしくは開閉バルブ 5 9 に加えて、例えば、写真用カメラの絞りのように、絞り孔 2 7 b の開閉機能と絞り孔 2 7 b の孔径の変換機能を有する孔径可変手段（図示せず）を絞り部 2 7（絞り部 5 7）の所定位置に設けることも可能である。この孔径可変手段を設けることにより、吸引キャビテーション流 5 による被加工部材 6 の被加工面 6 a への影響範囲を連続的に調整することが可能となり、加工形状の制御が可能となる。

【 産業上の利用可能性 】

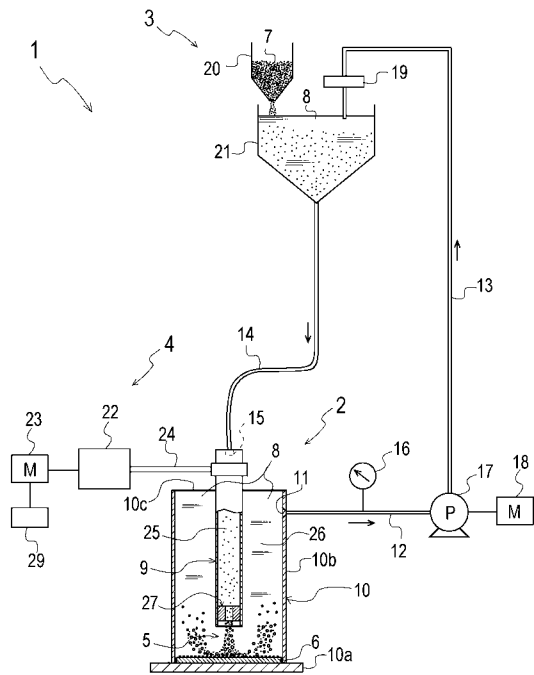
【 0 1 0 7 】

本発明は、流路途中に設けた絞り部を介して流体を吸引あるいは吸引とともに噴射を行うことにより、キャビテーション気泡を含む吸引キャビテーション流を発生させ、該吸引キャビテーション流内にて、前記キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を前記絞り部近傍の被処理面に作用させる全ての表面処理方法、及び該表面処理方法を実施するための全ての装置に適用することができる。

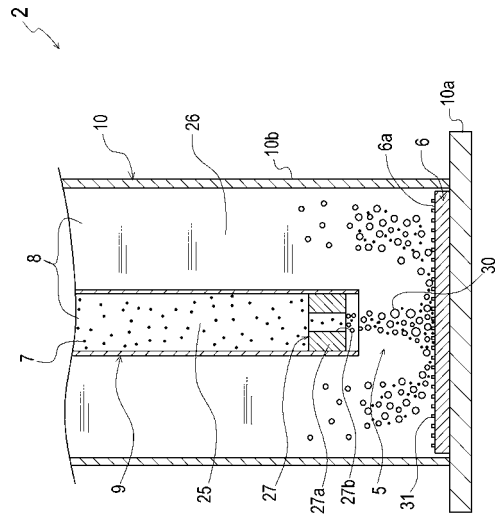
10

20

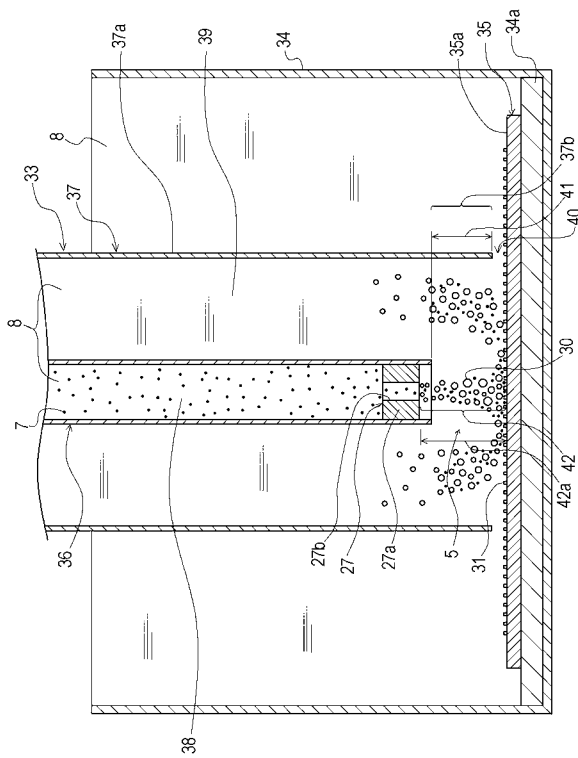
【図1】



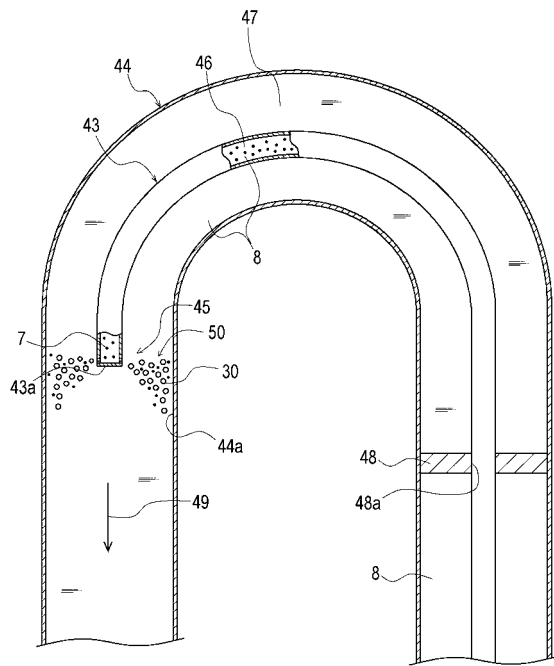
【図2】



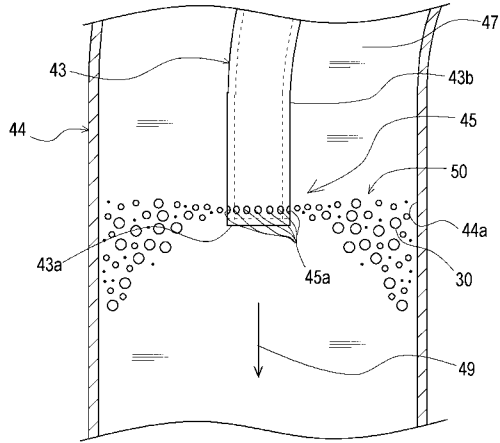
【図3】



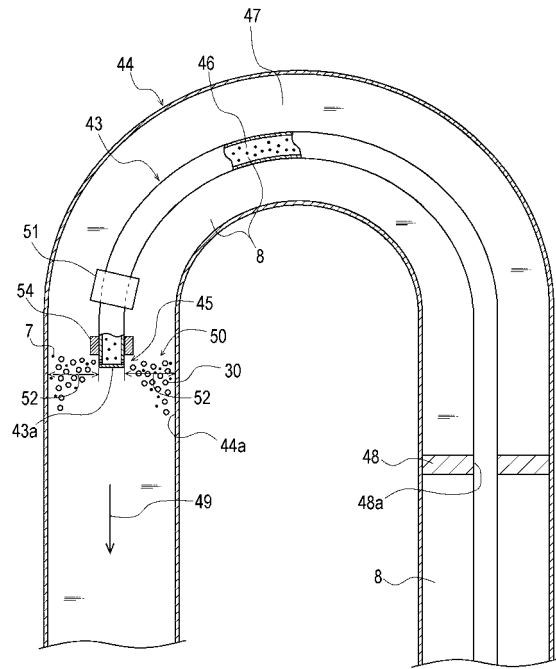
【図4】



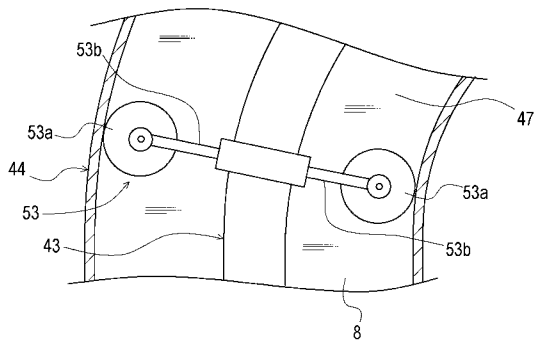
【 図 5 】



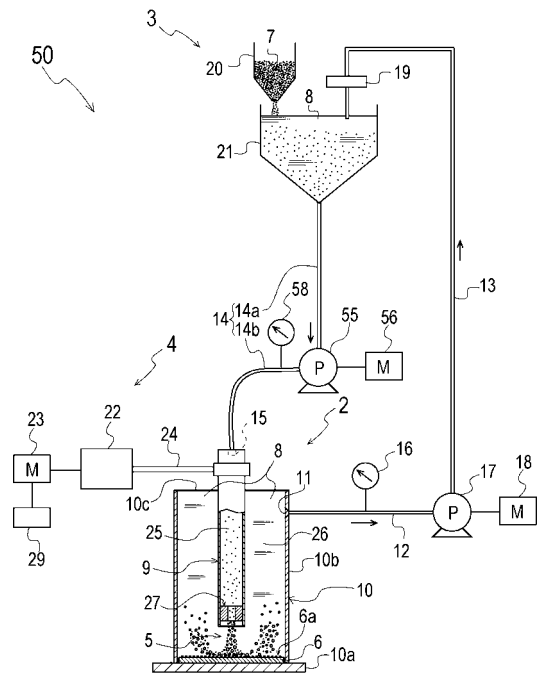
【 図 6 】



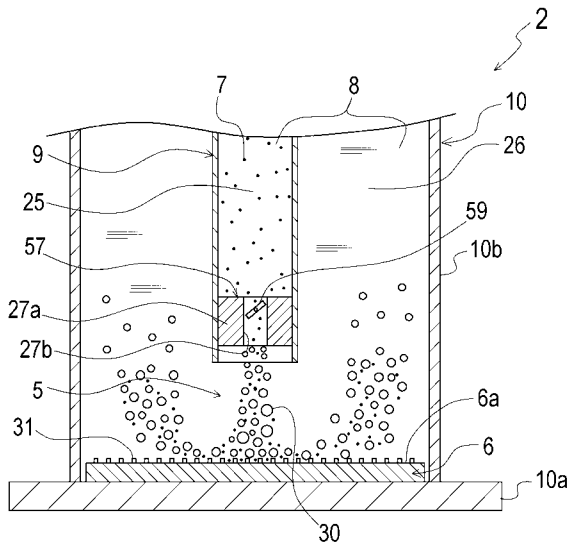
【 図 7 】



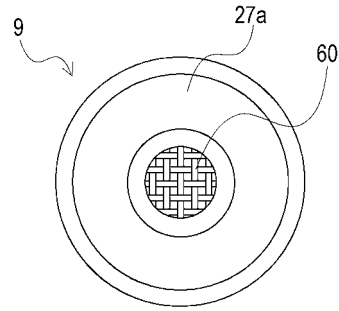
【 図 8 】



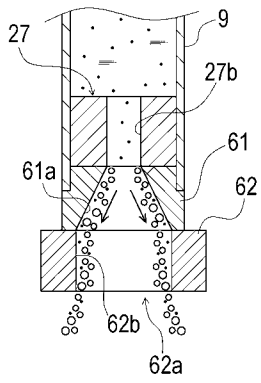
【図 9】



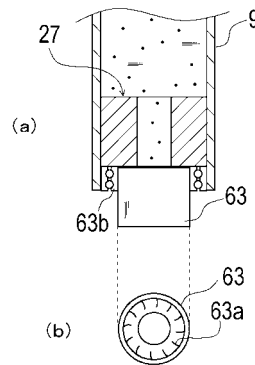
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 裕之

岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内

審査官 五十嵐 康弘

(56)参考文献 特開平06-047672(JP,A)

特開平07-313948(JP,A)

特開2005-161222(JP,A)

特開2005-168382(JP,A)

特開2007-075958(JP,A)

キャピテーション援用加工によるガラス表面の仕上げ加工, 日本機械学会2003年度年次大会  
講演論文集(4), 日本, 日本機械学会, 2003年 8月 5日, 303-304

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23P 17/00

B08B 3/00 - 3/14

B24C 1/00 - 11/00

C23G 1/00 - 5/06