(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7260925号
(P7260925)

(45)発行日　令和5年4月19日(2023.4.19)

(24)登録日　令和5年4月11日(2023.4.11)

(51)国際特許分類

	FI	
Ｂ０１Ｆ　25/452 (2022.01)	Ｂ０１Ｆ	25/452
Ｂ０１Ｆ　23/20　(2022.01)	Ｂ０１Ｆ	23/20

請求項の数　29　（全52頁）

(21)出願番号　特願2021-137648(P2021-137648)
(22)出願日　令和3年8月25日(2021.8.25)
(65)公開番号　特開2022-79413(P2022-79413A)
(43)公開日　令和4年5月26日(2022.5.26)
審査請求日　令和5年2月3日(2023.2.3)
(31)優先権主張番号　特願2020-190078(P2020-190078)
(32)優先日　令和2年11月16日(2020.11.16)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
早期審査対象出願

(73)特許権者　504303780
株式会社タケシタ
兵庫県川西市久代１－５－７
(74)代理人　100157428
弁理士　大池 聞平
(72)発明者　加藤 啓雄
愛知県名古屋市名東区梅森坂西２丁目６
２３番地
審査官　末松 佳記

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　液体処理ノズル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

液体を流通させる配管系に組み込んで使用される液体処理ノズルであって、

両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、

一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、前記ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される前記液体が前記液体流路を経て前記ノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて前記収容通路部に、外周面側が前記収容通路部の内周面に対し圧入又は隙間嵌めとなるように挿入されるとともに、前記外周面から前記液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部の脚部基端側が前記コア本体の前記ねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が前記液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、前記キャビテーション処理部と接触した前記液体がねじ谷部内にて増速するときの減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備え、

前記コア本体に形成される前記ねじ装着孔は、前記ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、前記コア本体の外周面側の開口部を形成する形で前記脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに前記頭部を収容する頭部収容部とを備えるとともに、前記脚部挿通部内にて前記脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、前記雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄとしたとき、前記脚部挿通部の内径ｈｄが、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ＜ｍｄ
の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部は前記コア本体の前記脚部挿通部に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれるとともに、
前記ねじ部材の前記頭部の厚さをｈｔとしたとき、前記ノズルケーシングの前記収容通路部の内周面と前記頭部の頂面との間の距離が０．５ｈｔ以下となるよう、前記頭部収容部の形成深さが定められていることを特徴とする液体処理ノズル。
【請求項２】
前記脚部挿通部は、前記頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、前記液体流路との接続側端部を含み前記第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなり、前記脚部挿通部内にて前記脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、前記雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、前記頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、前記第一部分の前記第一内径ｈｄ１が、
ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３
の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部が前記第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される一方、前記第二部分の前記第二内径ｈｄ２が、
ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ
の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部が前記第二部分に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれている請求項１記載の液体処理ノズル。
【請求項３】
液体を流通させる配管系に組み込んで使用される液体処理ノズルであって、
両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、
一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、前記ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される前記液体が前記液体流路を経て前記ノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて前記収容通路部に配置されるとともに、外周面から前記液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部の脚部基端側が前記コア本体の前記ねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が前記液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、前記キャビテーション処理部と接触した前記液体がねじ谷部内にて増速するときの減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備え、
前記コア本体に形成される前記ねじ装着孔は、前記ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、前記コア本体の外周面側の開口部を形成する形で前記脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに前記頭部を収容する頭部収容部とを備え、
前記脚部挿通部は、前記頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、前記液体流路との接続側端部を含み前記第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなり、前記脚部挿通部内にて前記脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、前記雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、前記頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、前記第一部分の前記第一内径ｈｄ１が、
ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３
の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部が前記第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される一方、前記第二部分の前記第二内径ｈｄ２が、
ｍｄ－ｍｔｄ２≦ｈｄ＜ｍｄ
の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部が前記第二部分に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれていることを特徴とする液体処理ノズル。
【請求項４】
前記脚部に形成されているねじ山のピッチをＰとしたとき、前記第一部分の長さが３Ｐ以上に確保されている請求項３に記載の液体処理ノズル。
【請求項５】
前記ねじ部材は金属製であり、前記コア本体が樹脂材料にて構成され、前記脚部に形成

されているねじ山のピッチをＰとしたとき、前記第二部分の長さが１Ｐ以上１０Ｐ以下に設定されている請求項３又は請求項４に記載の液体処理ノズル。

【請求項６】

液体を流通させる配管系に組み込んで使用される液体処理ノズルであって、

両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、

一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、前記ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される前記液体が前記液体流路を経て前記ノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて前記収容通路部に配置されるとともに、外周面から前記液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部の脚部基端側が前記コア本体の前記ねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が前記液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、前記キャビテーション処理部と接触した前記液体がねじ谷部内にて増速するときの減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備え、

前記コア本体に形成される前記ねじ装着孔は、前記ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、前記コア本体の外周面側の開口部を形成する形で前記脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに前記頭部を収容する頭部収容部とを備え、

前記脚部挿通部は、前記頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、前記液体流路との接続側端部を含み前記第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなり、前記脚部挿通部内にて前記脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、前記雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、前記頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、前記第一部分の前記第一内径ｈｄ１が、

ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３

の範囲となるように定められ、前記ねじ部材の前記脚部が前記第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される一方、前記第二部分の前記第二内径ｈｄ２が、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ

の範囲となるように定められ、

前記ねじ部材は金属製であり、前記コア本体が樹脂材料にて構成され、前記脚部に形成されているねじ山のピッチをＰとしたとき、前記第二部分の長さが１Ｐ以上２Ｐ以下に設定され、前記ねじ部材の前記脚部は前記第二部分の内周面に圧入されつつ先端を前記液体流路内に突出させていることを特徴とする液体処理ノズル。

【請求項７】

前記キャビテーションコアにおいて前記キャビテーション処理部をなす前記ねじ部材として、ねじピッチ及びねじ谷深さが０．１０ｍｍ以上０．４０ｍｍ以下、公称ねじ径Ｍが１．０ｍｍ以上２．０ｍｍ以下の複数のねじ部材を備えるとともに、前記キャビテーション処理部が、

前記液体流路の中心軸線と直交する仮想的なねじ配置面が前記中心軸線に沿って複数設定されるとともに、総数にて８以上の前記ねじ部材が２つ以上の前記ねじ配置面に分配される形で配置され、前記液体流路の液体流通領域の面積が各前記ねじ配置面において３．８ｍｍ^{2}以上確保され、前記液体流路の全断面積に占める液体流通領域の割合として定められる面内流通面積率が４０％以上に確保され、前記液体流路の断面の中心軸線と直交する平面への投影にて前記中心軸線から該液体流路の半径の７０％以内の領域に位置する谷点を全ねじ配置面について合計した総数を、前記液体流路の断面積で除した７０％谷点面積密度と定義したとき、前記７０％谷点面積密度の値が１．６個／ｍｍ^{2}以上に確保され、

さらに、前記液体流路の中心軸線方向に互いに隣接する前記ねじ配置面の間隔が前記公称ねじ径以上に確保されてなる請求項１ないし請求項６のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。

【請求項８】

前記液体流路の前記液体流通領域の面積が各前記ねじ配置面において５．０ｍｍ^{2}以上

確保され、前記７０％谷点面積密度の値が２．０個／ｍｍ^{2}以上に確保されてなる請求項７記載の液体処理ノズル。
【請求項９】
前記ねじ配置面上にて前記ねじ部材は前記液体流路の円形の軸断面の直径に前記脚部の長手方向を一致させる位置関係にて配置されてなる請求項７又は請求項８に記載の液体処理ノズル。
【請求項１０】
前記ねじ部材を３本以上含む前記ねじ配置面が前記中心軸線方向に２面以上設定されてなる請求項９記載の液体処理ノズル。
【請求項１１】
前記ねじ配置面上の３本以上の前記ねじ部材は、各ねじの前記脚部の先端面が前記中心軸線を取り囲むことにより中心ギャップを形成するように配置されてなる請求項１０記載の液体処理ノズル。
【請求項１２】
互いに隣接する前記ねじ配置面のそれぞれにおいて３以上の同数の前記ねじ部材が、前記脚部が前記液体流路の断面半径方向に沿うように前記中心軸線周りに等角度間隔にて配置されるとともに、前記中心軸線周りにおける前記ねじ部材の配置角度位相が隣接する前記ねじ配置面にて一致するように定められてなる請求項７ないし請求項１１のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項１３】
前記ねじ部材は前記脚部よりも径大の頭部を有し、前記ねじ配置面の間隔が該頭部の外径よりも大きく設定されてなる請求項１２記載の液体処理ノズル。
【請求項１４】
互いに隣接する前記ねじ配置面で前記ねじ部材の前記脚部は、前記平面への投影において長手方向を互いに交差させる位置関係にて配置されてなる請求項７ないし請求項１１のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項１５】
前記中心軸線方向における前記ねじ配置面の間隔が前記ねじ部材の公称ねじ径の２．０倍以上に設定されてなる請求項１４に記載の液体処理ノズル。
【請求項１６】
前記中心軸線方向における前記ねじ配置面の間隔が前記ねじ部材の公称ねじ径の４．０倍以上に設定されてなる請求項１５記載の液体処理ノズル。
【請求項１７】
互いに隣接する前記ねじ配置面のそれぞれにおいて３以上の同数の前記ねじ部材が、前記脚部が前記液体流路の断面半径方向に沿うように前記中心軸線周りに等角度間隔にて配置されるとともに、前記中心軸線周りにおける前記ねじ部材の配置角度位相が隣接する前記ねじ配置面にて互いにずれた形で定められてなる請求項１４ないし請求項１６のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項１８】
前記液体の流通方向にて、前記ノズルケーシングの前記液体入口と前記液体出口との一方の位置する側を第一側とし他方の位置する側を第二側として、前記ノズルケーシングは、前記第一側を構成するケーシング本体と前記第二側を構成するコア押え部とからなり、
前記ケーシング本体は第二側端面にコア挿入口を開口する形で前記収容通路部が形成され、前記収容通路部に挿入された前記キャビテーションコアの第二側端面よりも前記ケーシング本体の第二側端部が延出するとともに、該第二側端部の内周面に組立用雌ねじ部が形成され、
前記コア押え部の第一側端部の外周面には前記ケーシング本体の前記組立用雌ねじ部と螺合する組立用雄ねじ部が形成されるとともに、前記組立用雄ねじ部を前記組立用雌ねじ部に螺合締結させることにより前記コア押え部は、第一側端面を前記キャビテーションコアの第二側端面の外周縁部に当接させる形で該キャビテーションコアを抜止め保持してお

り、
前記ケーシング本体の第一側端部と前記コア押え部の第二側端部には、その一方に前記配管系の第一ねじ継手と螺合するノズル側ねじ継手部が刻設され、他方に前記配管系の第二ねじ継手をなす雄ねじ部と螺合する袋ナットが回転自在に嵌着されている請求項１ないし請求項１７のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項１９】
前記袋ナットが前記コア押え部の第二側端部に回転自在に嵌着されるとともに、前記ケーシング本体の外周面には、前記液体処理ノズルの前記配管系への組付け時に使用する締結用工具を係合させるための、少なくとも１対の平行面を有した工具係合部が形成されている請求項１８に記載の液体処理ノズル。
【請求項２０】
前記コア押え部の前記第二側端部には、前記液体流路の一部をなすとともに前記コア押え部の前記組立用雄ねじ部を前記ケーシング本体の前記組立用雌ねじ部に螺合締結させる際に使用する組立用工具を係合させるための工具係合孔が軸線方向に貫通形成されている請求項１８又は１９に記載の液体処理ノズル。
【請求項２１】
前記ケーシング本体には、前記液体処理ノズルに付加機能を追加する付加機能部が設けられている請求項１８ないし請求項２０のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項２２】
前記付加機能部は、前記液体流路の流路断面積を連続的又は段階的に切り替えるための流路調整バルブを含む請求項２１に記載の液体処理ノズル。
【請求項２３】
前記付加機能部は、前記液体流路から前記液体を分岐流通させるための分岐配管を含む請求項２１又は請求項２２に記載の液体処理ノズル。
【請求項２４】
前記分岐配管の前記ケーシング本体に接続されている端と反対側の端部には、前記分岐配管からの前記液体の流入を受け入れるとともに受け入れた前記液体に薬液を溶出させる薬液保持部が設けられ、前記薬液が溶出した前記分岐配管内の前記液体が、前記分岐配管の前記ケーシング本体との接続端から前記液体流路側へ逆流形態にて徐放流出するようになっている請求項２３に記載の液体処理ノズル。
【請求項２５】
前記薬液が洗浄用薬液である請求項２４記載の液体処理ノズル。
【請求項２６】
前記キャビテーションコアの前記コア本体の前記液体流路は、該液体流路の中心軸線の中点を含む区間が円筒面形態の絞り部とされ、
前記液体流路の前記絞り部の前後区間をなす部分が各々前記絞り部よりも径大の一対の拡径部とされ、
前記ねじ装着孔が前記ねじ部材とともに前記絞り部に配設されるとともに、
前記拡径部のそれぞれの内側に整流部材が前記コア本体と一体化される形態で配置されている請求項１ないし請求項２５のいずれか１項に記載の液体処理ノズル。
【請求項２７】
前記一対の拡径部にそれぞれ配置される前記整流部材が互いに同一の構成を有する請求項２６記載の液体処理ノズル。
【請求項２８】
前記整流部材は、金属弾性帯状部材を短辺の方向の折り目にて山部と谷部が交互に現れるようにつづら折れ形態となしたものを、さらに前記短辺と平行な軸線周りに丸めることにより星形の断面形態をなすよう形成された星形整流部材であり、該星形整流部材が前記拡径部に対し前記短辺の方向が前記拡径部の軸線と一致する向きに挿入されている請求項２７に記載の液体処理ノズル。
【請求項２９】

前記拡径部は内周面が前記絞り部よりも径大の円筒面とされるとともに前記絞り部に対し段付き面を介して接続されてなり、
前記星形整流部材は、自由状態にて前記拡径部の内径よりも径大に形成されたものが、前記拡径部内に前記軸線に関する半径方向に弾性的に縮径しつつ圧入されるとともに、前端側を前記段付き面に当接させた状態にて半径方向への弾性復帰力により前記拡径部の内周面に外周面側をグリップさせた形にて前記コア本体に対し一体化されている請求項２８に記載の液体処理ノズル。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、気体を溶存させた液体をキャビテーション処理するための液体処理ノズルに関する。
【背景技術】
【０００２】
水の流路にベンチュリやオリフィスにより絞り部を設け、水が高流速化して通過する際の減圧効果により溶存空気を微細気泡として析出させるノズルが種々提案されている（特許文献１～７及び特許文献９）。特に、特許文献１、２に開示された方式は、流路の途中にねじ部材を配置し、そのねじ谷、あるいは対向するねじ部材間に形成されたギャップにて水流のさらなる高速化を図るものであり、キャビテーション効率を向上させてより高密度にナノバブルを発生できる旨が謳われている。ここで、キャビテーション効率を高めるには、キャビテーションポイントとなるねじ谷の流路断面内における配置密度（谷点密度）を増加させることが重要である。
【０００３】
例えば、特許文献１、２、７においては、流路断面内にて同一平面上に複数のねじ部材を断面中心の周りに配置することで、断面内の谷点密度を向上させる提案がなされている。また、同文献においては、液体流路の中心軸線方向（流れ方向）にて複数のねじ部材を互いにずれた位置に配置することが可能であり、それによってキャビテーションポイントとなる谷部に液体の流れを繰り返し接触させることができ、微細気泡の発生効率やガス溶解効率の更なる向上に寄与できる旨も開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】ＷＯ２０１６／１７８４３６号公報
ＷＯ２０１６／１９５１１６号公報
ＷＯ２０１３／０１１５７０号公報
ＷＯ２０１０／０５５７０２号公報
ＷＯ２０１３／０１２０６９号公報
特開２０１１－２４０２０６号公報
特許第６７６２４６１号公報
特開２００２－２６３６７８号公報
特許６７６２４６１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１、２、７においては、ノズル本体にねじ部材を組み付けるに際し、ノズル本体にねじ孔をドリル等により穿孔した後、ねじ孔内面に雌ねじをタッピングして雌ねじ孔とし、ここに雄ねじからなるねじ部材を螺合させる形態が採用されている。しかしながら、この方式はノズル本体へのねじ孔の穿孔と、ねじ孔内面のタッピングとを順次実施しなければならず、ノズル本体の加工工数が増加する難点がある。また、タッピングが終わった雌ねじ孔にねじ部材を装着する際は、ドライバー等を用いてねじ部材を個別に雌ねじ孔

にねじ込む作業が必要であり、ねじ部材組み付けの工数も増える問題がある。これらの課題は、特許文献１、２、７のように、ねじ部材が多数組み付けられた液体処理ノズルの構成が採用される場合により著しい。なお、特許文献７においては、ねじ部材からなるキャビテーション処理部がノズルケーシングとは別体のコアエレメントに組み付けられた構造となっているが、コアエレメントにおいてねじ部材はコア本体の雌ねじ孔に組み付けられている観点において、存する技術的な解決課題は特許文献１、２と何ら変わりはない。

【０００６】

本発明の課題は、キャビテーション処理部をねじ部材で構成した液体処理ノズルにおいて、液体流路に脚部を突出させたねじ部材の組み付け構造を大幅に簡略化でき、製造も容易にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明は、液体を流通させる配管系に組み込んで使用される液体処理ノズルに関し、両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される液体が液体流路を経てノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて収容通路部に、外周面側が収容通路部の内周面に対し圧入又は隙間嵌めとなるように挿入されるとともに、外周面から液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部基端側がコア本体のねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、キャビテーション処理部と接触した液体がねじ谷部内にて増速する時の減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備える。そして、コア本体に形成されるねじ装着孔は、ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、コア本体の外周面側の開口部を形成する形で脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに頭部を収容する頭部収容部とを備える点を前提構成とする。

【０００８】

そして、本発明の第一にかかる液体処理ノズルは、前述の前提構成に加え、以下の要件を具備することを特徴とする。すなわち、脚部挿通部内にて脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄとしたとき、脚部挿通部の内径ｈｄが、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ＜ｍｄ

の範囲となるように定められ、ねじ部材の脚部はコア本体の脚部挿通部に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれるとともに、ねじ部材の頭部の厚さをｈｔとしたとき、ノズルケーシングの収容通路部の内周面と頭部の頂面との間の距離が０．５ｈｔ以下となるよう、頭部収容部の形成深さが定められている。

【０００９】

上記本発明の第一にかかる液体処理ノズル（一実施形態を図２４に開示している）においては、特許文献７に開示された構成と同様に、ねじ部材によりキャビテーション処理部を形成したキャビテーションコアをノズルケーシングの収容通路部に圧入又は隙間嵌めとなるように挿入した構成とする。他方、コア本体に形成する脚部挿通部の内径ｈｄは、ねじ部材の雄ねじ部の外径ｍｄよりも少し小さい値、かつ、雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄとして、ｍｄ－ｍｔｄ以上（望ましくは、ｍｄ－０．８ｍｔｄ以上、より望ましくはｍｄ－０．７ｍｔｄ以上）に設定することで、ねじ部材の脚部をコア本体の脚部挿通部に対しセルフタッピング形態にてねじ込む構成とする。この構成により、コア本体の脚部挿通部にはねじ部材の雄ねじ部を螺合させるための雌ねじ部を予めタッピングしておく必要がなくなり、ノズル本体の加工工数を削減することができる。該構成は、換言すれば雄ねじ部のねじ山と、雌ねじ部とのラップ長ｆｔｄを０．５ｍｔｄ以下とすることを意味する。該ラップ長は、好ましくは０．４ｍｔｄ以下、より好ましくは０．３５ｍｔｄ以下とするのがよい。

【００１０】
ねじ部材の脚部はコア本体の脚部挿通部に対し隙間嵌め形態にて挿入する構造とすることも考えられる。しかし該隙間嵌め構造では、脚部挿通部内におけるねじ部材のスラスト方向の位置が規制できない。その結果、脚部挿通部にねじ部材を上側から装着した状態でコア本体を不用意に下向きに回転させると、装着したねじ部材が脚部挿通部から落下してしまうおそれがある。
【００１１】
しかし、本発明の第一にかかる液体処理ノズルにおいては、脚部挿通部内にねじ部材の脚部がセルフタッピングにより係合するため、上記隙間嵌め構造と比較して、ねじ部材に対するスラスト方向の規制力が十分に作用するため、コア本体に対するねじ部材の組付時等において、ねじ部材がコア本体から脱落する不具合を確実に防止することができる。
【００１２】
なお、脚部挿通部にねじ部材の脚部を装着するに際してはドライバー等により、ねじ部材を脚部挿通部にセルフタッピングしながらねじ込む工程が必要となる。しかし、セルフタッピングにより脚部挿通部の内面には浅い雌ねじ部が刻設される結果、例えば、キャビテーション処理の繰り返しにより摩耗したねじ部材を交換したい場合や、脚長の異なるねじ部材を脚部挿通部に誤組付けした場合などにおいて、組み付け時とは逆方向にねじ部材を回転させることにより、ねじ部材を脚部挿通部から容易に抜き取ることができる利点が生ずる。
【００１３】
なお、脚部挿通部の内径ｈｄがｍｄ－ｍｔｄ未満では、セルフタッピングにより、脚部挿通部内に雌ねじ部を刻設することが難しくなる。また、雌ねじ部を刻設することによる上記の効果を確実にするには、脚部挿通部の内径ｈｄはｍｄ－０．２ｍｔｄ以下、より望ましくはｍｄ－０．４ｍｔｄ以下に設定するのがよい。すなわち、前述のラップ長ｆｔｄを０．１ｍｔｄ以上、より望ましくは０．２ｍｔｄ以上確保するのがよい。また、脚部挿通部にねじ部材をセルフタッピングによりねじ込む作業が特に容易になるのは、ねじ部材が金属製であり、コア本体が樹脂材料にて構成される場合である。
【００１４】
上記本発明の第一にかかる液体処理ノズルにおいて脚部挿通部は、頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、液体流路との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなるものとすることもできる。この場合、脚部挿通部内にて脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、第一部分の第一内径ｈｄ１が、
ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３
の範囲となるように定めることができる。ねじ部材の脚部は該第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される。一方、第二部分の第二内径ｈｄ２は、
ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ
の範囲となるように定めることができ、ねじ部材の脚部は該第二部分に対しセルフタッピング形態にてねじ込むことができる。
【００１５】
また、本発明の第二にかかる液体処理ノズル（一実施形態を図２と図６Ａ及び図６Ｂにより開示している）は、本発明の第一にかかる液体処理ノズルの下位概念をなすものであって、両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される液体が液体流路を経てノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて収容通路部に配置されるとともに、外周面から液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部基端側がコア本体のねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、キャビテーショ

ン処理部と接触した液体がねじ谷部内にて増速するときの減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備え、コア本体に形成されるねじ装着孔は、ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、コア本体の外周面側の開口部を形成する形で脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに頭部を収容する頭部収容部とを備え、脚部挿通部は、頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、液体流路との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなり、脚部挿通部内にて脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、第一部分の第一内径ｈｄ１が、

ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３

の範囲となるように定められ、ねじ部材の脚部が第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される一方、第二部分の第二内径ｈｄ２が、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ

の範囲となるように定められ、ねじ部材の脚部が第二部分に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれていることを特徴とする。

【００１６】

例えば、脚部挿通部は、セルフタッピングによる脚部のねじ込みが可能となる範囲内にて、全区間を脚部よりも径小に形成することもできる。しかし、上記のように構成すれば、次のような利点が新たに生じる。

・脚部挿通部に、頭部収容部につながる側にてねじ部材の脚部より径大の第一部分が形成され、これに続く形でねじ部材の脚部より径小の第二部分が形成されるので、ねじ部材の脚部を該第一部分に差し込むことで、ねじ部材の脚部が隙間嵌め形態にて安定に保持される。そして、その状態で脚部を第二部分にセルフタッピングすることで、ねじ部材の脚部の先端を該第二部分に対して極めてスムーズに食い付かせることができる。

・第一部分にねじ部材の脚部を隙間嵌めにて差し込むことで、脚部の軸線は第一部分をガイドとして第二部分の軸線に対し平行に位置合わせできる。よって、脚部挿通部に対しねじ部材の脚部の傾いた状態で食い付く不具合が生じにくい。なお、ねじ部材の脚部を第一部分により安定的に隙間嵌め保持させる観点において、ｈｄ１≦ｍｄ＋ｍｔｄ、より望ましくはｈｄ１≦ｍｄ＋０．５ｍｔｄとなっているのがよい。また、ねじ頭部の座面を頭部収容部と脚部挿通部との間に形成される段付き面に確実に当て止めできるようにする観点から、ｈｄ１≦０．９ｈｄ３（より望ましくはｈｄ１≦０．８ｈｄ３）を充足しているのがよい。

【００１７】

この場合、ねじ部材の脚部を第一部分に対し安定的に隙間嵌め保持させる観点において、脚部に形成されているねじ山のピッチをＰとすれば、第一部分の長さは３Ｐ以上に確保されていることが望ましい。また、ねじ部材が金属製であり、コア本体が樹脂材料にて構成される場合、第二部分の長さは１Ｐ以上１０Ｐ以下に設定されていることが望ましい。第二部分の長さが１Ｐ未満ではセルフタッピングにより第二部分の内周面に刻設される雌ねじ部のピッチ数が不十分となり、例えば、ノズルケーシングの収容通路部内周面によりねじ部材の頭部の頂面が規制されないノズル構造が採用される場合においては、ねじ部材の脚部のスラスト方向への移動規制効果が不足する場合がある。一方、第二部分の長さが１０Ｐを超える場合、ねじ部材の脚部をセルフタッピングによりねじ込む際の負荷が大きくなり、コア本体にねじ部材を装着する際の作業性が悪化する場合がある。第二部分の長さは、より望ましくは２Ｐ以上７Ｐ以下に設定されているのがよい。

【００１８】

また、本発明の第三にかかる液体処理ノズル（一実施形態を図２と図１５により開示している）は、両端が開口する形態の収容通路部を有するノズルケーシングと、一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する貫通形態の液体流路が形成され、ノズルケーシングに形成された流入側開口部に向けて供給される液体が液体流路を経てノズルケーシングの流出側開口部より流出可能となる位置関係にて収容通路部に配置されると

ともに、外周面から液体流路の内周面に向けて貫通形成されたねじ装着孔を有するコア本体と、頭部及び脚部基端側がコア本体のねじ装着孔内に保持される一方、脚部先端側が液体流路の内面から突出するキャビテーション処理部とされたねじ部材とを有し、キャビテーション処理部と接触した液体がねじ谷部内にて増速するときの減圧作用により、該液体の溶存ガスを過飽和析出させるキャビテーションコアとを備え、コア本体に形成されるねじ装着孔は、ねじ部材の脚部基端側を挿通保持するための脚部挿通部と、コア本体の外周面側の開口部を形成する形で脚部挿通部と一体形成され、該脚部挿通部よりも径大に形成されるとともに頭部を収容する頭部収容部とを備え、脚部挿通部は、頭部収容部との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分と、液体流路との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分とからなり、脚部挿通部内にて脚部の外周面に形成されている雄ねじ部の外径をｍｄ、雄ねじ部のねじ山高さをｍｔｄ、頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、第一部分の第一内径ｈｄ１が、

ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３

の範囲となるように定められ、ねじ部材の脚部が第一部分に対し隙間嵌め形態にて挿入される一方、第二部分の第二内径ｈｄ２が、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ

の範囲となるように定められる。ここまでの構成は、前述の第二の構成と同じである。そして、本第三の構成では、ねじ部材が金属製であり、コア本体が樹脂材料にて構成され、脚部に形成されているねじ山のピッチをＰとしたとき、第二部分の長さが１Ｐ以上２Ｐ以下に設定され、ねじ部材の脚部は第二部分の内周面に圧入されつつ先端を液体流路内に突出させていることを特徴とする。

【００１９】

上記の第三の構成は、第二部分の長さの下限が１Ｐ以上である点は第二の構成と同じであるが、上限が２Ｐ以下と短く設定されている。そして、コア本体が樹脂材料製であり、ねじ部材が金属製であることで、脚部挿通部にねじ部材を装着する際に、第一部分に脚部を隙間嵌め装着した後、第二部分に対してはねじ部材をセルフタッピングによりねじ込むのではなく、軸線方向（スラスト方向）に圧入することで、ねじ山が第二部分の樹脂製の内周面部を乗り越える形で金属製の脚部がコア本体に装着できる。これにより、第二の構成の前述の効果を引き継ぎつつ、ねじ部材のコア本体への組付工程をより簡略化することが可能となる。該第三の構成においては、第二部分の長さが比較的小さく設定されることから、ねじ部材の脚部のスラスト方向への移動規制効果を十分確保する観点において、ノズルケーシングの収容通路部内周面によりねじ部材の頭部の頂面が規制されるノズル構造を採用することが望ましい。

【００２０】

また、本発明の液体処理ノズルのいずれの構成においても、ねじ装着孔内のねじ部材でのスラスト方向のがたつきをより効果的に抑制するためには、ねじ部材の頭部の頂面がノズルケーシングの収容通路部の内周面に対し当て止めされていることが望ましい。

【００２１】

以下、本発明に付加可能な要件について、さらに詳しく説明する。

特許文献１、２においては、液体処理ノズルにおいて断面内に形成される谷点のうち、キャビテーションポイントとして顕著に機能するのは、液体流速が高くなる断面中心領域、特に中心軸線から流路断面の半径７０％までの領域に位置する谷点（７０％谷点）である点について言及されている。例えば、特許文献２においては、その図８等に開示されているごとく、流路断面内にて同一平面上に複数のねじ部材を中心軸線の周りに配置することで、断面内の谷点密度を向上させる提案を行なっている。また、同文献においては、液体流路の軸線方向（流れ方向）にて複数のねじ部材を互いにずれた位置に配置することが可能であり、それによってキャビテーションポイントとなる谷部に液体の流れを繰り返し接触させることができ、微細気泡の発生効率やガス溶解効率の更なる向上に寄与できる旨も開示されている（第５ページ９行～１３行）。

【００２２】

特許文献２が開示する構成では、７０％谷点密度については、流路断面の半径７０％以内の領域に空隙として形成される流通領域の断面積（７０％断面積）により７０％谷点数を除した値として算出され、表４の番号１０６のノズル試験品における１．８（個／mm^2）が最大値である。本明細書においては、後述のごとく、ねじ部に占有される領域も含めた流路全断面積にて７０％谷点数を除した値を７０％谷点面積密度の定義として採用するが、特許文献２における上記番号１０６のノズル試験品の７０％谷点密度を該定義の７０％谷点面積密度に換算すれば１．１（個／mm^2）程度の値となる。

【００２３】

特許文献２が開示するねじ部材配置においては、７０％谷点面積密度の値は上記の１．１（個／mm^2）がほぼ限界値とみなされている。その理由は、該文献の第４頁５０行以降に記載されているごとく、ねじ部材の先端部が３つ以上の方向から中心軸線に向けて集合する関係上、流路断面の中心付近には谷点の配置が幾何学的に不能となる領域が存在するためである。また、特許文献２に開示されている液体流路は内径Ｄが７mm以下のものであり、得られる流量は液圧０．１ＭＰａにおいて２５Ｌ／分程度までである（文献第４頁５８行～６４行参照）。そして、そのような大流量のノズルの具体例については、脚部長を流路内径に合わせて増加させる点が示唆されている。この場合、流路の流通断面積は流路内径の２乗に比例して増加するのに対し、谷点数はねじの脚部長ひいては流路内径の１乗に比例して増加するのみであるから、この方式では流路内径の拡大に伴い谷点密度は急速に減少するので、十分なキャビテーション効率を達成できなくなる場合があるといえる。

【００２４】

この場合、同一面上に配置するねじ部材の数を増やすことで谷点密度を確保することが考えられるが、ねじ部材の占有面積率の増加により、流路断面内径に見合った流量が得られなくなるジレンマがある。また、内径Ｄが比較的小さいノズルの場合、ねじ部材の占有面積率が増加すると圧損が急速に増し、通常の水道水圧（０．０３～０．２ＭＰａ程度）での液体流通を行なうとした場合、流速低下によりキャビテーション効率が損なわれる懸念もあるといえる。

【００２５】

上記の新たな課題を解決するに際しては、例えば以下の構成を前提部分として考える。すなわち、キャビテーションコアにおいてキャビテーション処理部をなすねじ部材として、ねじピッチ及びねじ谷深さが０．１０mm以上０．４０mm以下、公称ねじ径Ｍが１．０mm以上２．０mm以下の複数のねじ部材を備える。キャビテーション処理部には、液体流路の中心軸線と直交する仮想的なねじ配置面が該中心軸線に沿って複数設定されるとともに、ねじ部材が２つ以上のねじ配置面に分配されて、脚部の長手方向が該ねじ配置面に沿うように配置される。そして、気体が溶存した液体を液体入口から液体出口に向けて流通させ、キャビテーション処理部にてねじ部材の脚部外周面に形成されたねじ谷に液体を増速しつつ接触させることにより、該液体に溶存ガスの減圧析出に基づくキャビテーション処理を行なう。そして、上記新たな課題を解決する上で、キャビテーション処理部は次のような構成を具備していることが望ましい。

【００２６】

・総数にて８以上のねじ部材が、２つ以上のねじ配置面に分配される形で配置される（以下、１つのねじ配置面に配置されたねじ部材のグループのことを「面ねじ組」ともいう）。
・各ねじ配置面において、液体流路の全断面積に占める液体流通領域の割合として定められる面内流通面積率が４０％以上に確保され、液体流路の液体流通領域の面積（全流通断面積）が３．８mm^2以上に確保される。
・中心軸線と直交する平面への投影にて液体流路の中心軸線から該液体流路の半径の７０％以内の領域に位置する谷点を全ねじ配置面について合計した総数を、液体流路の断面積で除した値を７０％谷点面積密度と定義したとき、７０％谷点面積密度の値が２．０個／mm^2以上に確保される。
・中心軸線方向に互いに隣接するねじ配置面の間隔が公称ねじ径以上に確保される。

【００２７】
上記の構成の採用により、通常の水道水圧程度でも十分な液体流速を確保しつつ７０％谷点密度を飛躍的に向上でき、特に流路断面積を大幅に拡大した大流量ノズルにおいても単純な構造により７０％谷点密度を十分な値に確保することができる。以下、詳細に説明する。
【００２８】
まず、ねじ部材のねじ山ピッチ及びねじ谷深さの数値範囲を上記のように設定する理由については、以下の通りである。まず、ねじ谷の深さが０．１０ｍｍ未満ではねじ谷底位置おいて流れを絞る効果が不十分となり、ねじ谷深さが０．４０ｍｍ以上になると液体流とねじ谷との接触面積が大きくなりすぎる結果、圧損による流速損失が大きくなる。いずれも、ねじ谷底位置にて十分な流速が確保できなくなり、微細気泡の核発生密度が低下する可能性が高い。その結果、液体の浸透性改善など、キャビテーション処理された液体に特有の効果が十分に得られなくなる問題がある。また、微細気泡が突沸的に激しく生成することにより液体の乱流撹拌効果も不十分となり、析出した気泡の成長が生じやすくなる結果、微細気泡の発生効率も低下しやすくなる。
【００２９】
また、ねじ山ピッチが０．４０ｍｍ以上に増大すると、脚部の単位長当たりのねじ谷数が減じるので、７０％谷点の面積密度を向上できなくなる場合がある。よって、ねじ山ピッチ及びねじ谷深さは０．１０ｍｍ以上０．４０ｍｍ以下に設定するのがよい。また、ねじ部材の強度確保と、流路断面がねじ部材により過度に占有されないようにすること、ひいては水道圧程度の通常の送液圧でも液体流通量を十分確保できるようにする観点から、ねじ部材の公称ねじ径は１．０ｍｍ以上２．０ｍｍ以下に設定するのがよい。この公称ねじ径の値の範囲は、上記のねじ山ピッチ及びねじ谷深さをカバーするＪＩＳ並目ピッチねじの公称ねじ径の範囲とほぼ一致する。以上の技術的な前提は、特許文献２と同じである。
【００３０】
例えば、特許文献８には、半径方向に放射状の突起を複数設けた円柱体を外筒内に積層し、該外筒内に満たされた汚水に対し該当底部から圧縮空気を噴き上げることにより派生的に生ずる水流を円柱体の突起と接触させてキャビテーションを生じさせる装置が開示されている（例えば、図６等）。しかし、この装置では、本発明の液体処理ノズルのように、外筒に対し一端から汚水を流入させ他端から流出させる構成がそもそも採用されていないから、突起に接触する水流の速度は極めて小さい。その結果、微細気泡が突沸的に激しく生成することによる液体の乱流撹拌効果が不十分となり、析出した気泡の成長が生じやすくなる結果、微細気泡の発生効率は大幅に低下すると考えられる。また、本発明の好ましい態様として上記のごとく提案する、ねじ谷深さ、ねじ山ピッチあるいは公称ねじ径を有するねじ部材を採用する思想も全く開示されておらず、この観点からも、液体の浸透性改善など、キャビテーション処理された液体に特有の効果はほとんど期待できないと思われる。
【００３１】
上記のようなねじ部材は液体流路内に総数にて８以上配置することが望ましい。これは、特許文献２において１つの液体流路内に配置されるねじ部材の最大数（第４頁５６行）に相当する。そして、この８以上のねじ部材を１つのねじ配置面内に密集させて配置するのではなく、複数（２以上）の面ねじ組に区分して、複数のねじ配置面に分散配置することで７０％谷点密度の増加をより容易に図ることができる。
【００３２】
各ねじ配置面において面内流通面積率が過度に小さくなると、水流とねじ部材との接触面積が過剰となり、圧損による流量低下が著しくなる。その結果、通常水道圧による液体流通時において十分な流速が得られる領域は、中心軸線から半径７０％よりもさらに縮小し、キャビテーションポイントとして有効に機能する谷点数を十分に確保できなくなる。また、面内流通面積率がある程度大きくても、流路断面内径の縮小により液体流通領域の面積の絶対値が小さくなりすぎると、流量低下が同様に著しくなる。

【００３３】
本発明者は本状況に鑑み鋭意検討した結果、各ねじ配置面にて、面内流通面積率が４０％以上に確保され、液体流通領域の面積が３．８ｍｍ^{2}以上確保されていれば、上記のような問題が解消され、個々のねじ配置面を液体流が通過する際の圧損が顕著に減じられることが判明した。そして、隣接するねじ配置面（面ねじ組）の間隔を、使用されるねじ部材の公称ねじ径以上に確保することで、上記のような条件を充足する面ねじ組を液体流路の中心軸線方向に複数連ねて配置しても、面ねじ組を単独で配置する場合と比較した場合の圧損の増加代を極めて小さくとどめることができ、１つの液体流路内に従来よりも多くのねじ部材が配置されているにも関わらず、断面内にて必要な流速を十分に確保できるようになる。その結果、７０％谷点面積密度の値を、従来困難であった１．６個／ｍｍ^{2}以上に設定した場合に、７０％谷点をなすねじ谷にて十分な流速が確保され、キャビテーション効率に極めて優れた液体処理ノズルが実現することとなる。

【００３４】
各ねじ配置面にて、面内流通面積率が４０％未満の場合、あるいは液体流通領域の面積が３．８ｍｍ^{2}未満の場合は、ねじ配置面に配置される個々の面ねじ組の圧損が大きくなり、７０％谷点をなすねじ谷にて十分な流速を確保できなくなる場合がある。また、隣接する２つのねじ配置面（面ねじ組）の間隔が使用されるねじ部材の公称ねじ径よりも小さくなると、それら２つの面ねじ組の合成圧損が大きくなり、同様に７０％谷点をなすねじ谷にて十分な流速を確保できなくなる場合がある。

【００３５】
特許文献２においては、液体流路の中心軸線方向にて複数のねじ部材を互いにずれた位置に配置する構成も示唆されている。しかし、具体例として開示されているのは、総数にて４本のねじ部材を２本ずつの２組に分割して中心軸線方向にずらして配置した構成のみであり（特許文献２：図１９参照）、７０％ねじ谷面積密度の増加には貢献していない。また、該構成よりもさらにねじ部材の総数を増加させた場合の、液体流通時の圧損に及ぼす影響についても何ら言及されていない。例えば、特許文献２の第５頁９～１３行には、「衝突部を流れ方向に複数設けることができ、キャビテーションポイントとなる谷部に、流れを繰り返し接触させることが可能となるので、微細気泡の発生効率や後述のガス溶解効率の更なる向上に寄与する。」との記載があるが、衝突部を流れ方向に複数設ける際の圧損増加を抑制するための解決手法については、何らの具体的な示唆を与えるものではない。

【００３６】
上記構成の液体処理ノズルにおいては、液体流路の液体流通領域の面積を、各ねじ配置面においてより望ましくは５．０ｍｍ^{2}以上確保するのがよい。本発明者は、面内流通面積率を４０％以上に確保しつつ液体流通領域の面積を種々に変更した液体処理ノズルを作成し、通常水道圧における通水テストを実施した結果、液体流通領域の面積が５．０ｍｍ^{2}以上では、該面積の増加に伴い流量がほぼ直線的に増加する傾向を示すのに対し、５．０ｍｍ^{2}未満では、流量は該直線的な関係から下方に外れ、液体流通領域の面積の対数に依存して急速に減少することを見出した。これは、通常の水道圧による流通条件では、液体流通領域の面積が５．０ｍｍ^{2}未満となったとき、ノズル内の面ねじ組の挿入数が１つ増えるごとに増大する圧損の増加代が急激に大きくなり、断面積に見合った流量が得られなくなることを意味する。よって、面ねじ組の数を増やし、７０％谷点面積密度の値をさらに増加させる構成を実現する上で、液体流通領域の面積を５．０ｍｍ^{2}以上に確保することは極めて重要である。この場合、７０％谷点面積密度の値は２．０個／ｍｍ^2（特許文献２が開示する最大値（１．１個／ｍｍ^2）の約２倍）以上に確保することも可能となる。

【００３７】
ねじ配置面上にてねじ部材は、液体流路の円形の軸断面の直径に脚部の長手方向を一致させる位置関係にて配置することが望ましい。液体流路の円形の軸断面の直径に脚部の長手方向を一致させることで、ねじ部材の先端は流速が大きくなる液体流路の中心軸線に近

づくので、７０％谷点数を増加させる上で有利に作用する。この場合、ねじ部材を３本以上含むねじ配置面を中心軸線方向に２面以上設定することで、ノズル全体の７０％谷点面積密度の値を顕著に向上でき、キャビテーション発生効率を大幅に高めることができる。また、ねじ配置面上の３本以上のねじ部材は、各ねじの脚部の先端面が中心軸線を取り囲むことにより中心ギャップを形成するように配置することで、最も高流速となる断面中央の流れ（中心流）が液体流通ギャップの形成により妨げられにくくなり、キャビテーション発生効率のさらなる向上を図ることができる。

【００３８】

互いに隣接するねじ配置面にてねじ部材の脚部は、平面への投影において長手方向を一致させつつ互いに重なり合う位置関係にて配置することが望ましい。該構成によると、多数のねじ部材との接触が許容されているにも関わらず圧損が特に小さい液体処理ノズル、ひいては７０％谷点数を飛躍的に増加させつつも低圧損となる液体処理ノズルを実現することができる。

【００３９】

該構成の液体処理ノズルにおいては、隣接するねじ配置面（面ねじ組）間の距離をねじ部材の公称ねじ径に等しい限界値にまで接近させても圧損増加が生じにくく、結果として液体流路の中心軸線方向におけるねじ部材の配置間隔をより密にすることができ、キャビテーション発生効率に優れた液体処理ノズルをコンパクトに構成できる利点が生ずる。該効果は、隣接するねじ配置面（面ねじ組）間の距離を、公称ねじ径の２倍以下にとどめたときに特に顕著である。また、ねじ部材として脚部よりも径大の頭部を有するものを使用する際には、ねじ配置面（面ねじ組）の間隔は該頭部の外径よりも大きく設定されることとなる。

【００４０】

例えば、互いに隣接するねじ配置面のそれぞれにおいて３以上の同数のねじ部材が、脚部が液体流路の断面半径方向に沿うように中心軸線周りに等角度間隔にて配置される構成を採用する場合、中心軸線周りにおけるねじ部材の配置角度位相が隣接するねじ配置面にて一致するように定めておくとよい。このようにすると、複数のねじ配置面のねじ部材が中心軸線方向に壁部状に連なりあい、流路断面は該壁部状のねじ列により分割区画されるとともに、その区画された領域内には他のねじ部材が介在しないため、多数のねじが配置されるにもかかわらず液体の衝突抵抗は大きく低減される。そして、上記壁部状のねじ列により区画された領域の内面には個々のねじ部材のねじ谷が多数密に配列し、キャビテーション効率を飛躍的に高めることができる。

【００４１】

一方、互いに隣接するねじ配置面でねじ部材の脚部は、平面への投影において長手方向を互いに交差させる位置関係にて配置することも可能である。この構成では、複数の面ねじ組を液体流が通過する際の、個々のねじ部材と液体流との衝突による損失はやや大きくなるが、液体を衝突により生ずる乱流により攪拌する効果がより顕著となる。例えば、上記構成の液体処理ノズルに、気体（空気、酸素、炭酸ガス、窒素、水素、オゾンなどから選ばれる１種又は２種以上）と液体（水、食用油、ガソリンや軽油などの液体化石燃料、アルコールなど）との混合流を供給すれば、上記の攪拌効果により液体に気体を溶解させる効率を高めることができる。また、相互溶解度の小さい液体同士（例えば、親水性の小さい有機液体と水系液体）を攪拌混合して、エマルジョンを形成したりする目的にも有効に採用可能である。

【００４２】

上記の構成では、中心軸線方向におけるねじ配置面の間隔をねじ部材の公称ねじ径の２．０倍以上に設定するのがよい。これにより、複数の面ねじ組に液体を流通させる際の圧損低減を図ることができる。ねじ配置面の間隔は、より望ましくは４．０倍以上に設定するのがよい。

【００４３】

例えば、互いに隣接するねじ配置面のそれぞれにおいて３以上の同数のねじ部材が、脚

部が液体流路の断面半径方向に沿うように中心軸線周りに等角度間隔にて配置される場合、上記の構成を採用するには、中心軸線周りにおけるねじ部材の配置角度位相が隣接するねじ配置面にて互いにずれた形で定められることとなる。

【００４４】

次に本発明においてノズルケーシングは以下のように構成できる。すなわち、液体の流通方向にて、ノズルケーシングの液体入口と液体出口との一方の位置する側を第一側（又は前端）とし他方の位置する側を第二側（又は後端）として、ノズルケーシングを、第一側を構成するケーシング本体と第二側を構成するコア押え部とからなるものとして構成する。ケーシング本体は、第二側端面にコア挿入口を開口する形で収容通路部が形成され、収容通路部に挿入されたキャビテーションコアの第二側端面よりもケーシング本体の第二側端部が延出するとともに、該第二側端部の内周面に組立用雌ねじ部が形成される。他方、コア押え部の第一側端部の外周面にケーシング本体の組立用雌ねじ部と螺合する組立用雄ねじ部が形成されるとともに、組立用雄ねじ部を組立用雄ねじ部に螺合締結させることによりコア押え部は、第一側端面をキャビテーションコアの第二側端面の外周縁部に当接させる形で該キャビテーションコアを抜止め保持する。ケーシング本体の第一側端部とコア押え部の第二側端部には、その一方に配管系の第一ねじ継手と螺合するノズル側ねじ継手部が刻設され、他方に配管系の第二ねじ継手をなす雄ねじ部と螺合する袋ナットが回転自在に嵌着される。

【００４５】

例えば、多数のねじ部材を有するため組立工数の多いキャビテーションコアを、ノズルケーシングから分離して別体化する構成が、例えば特許文献９に開示されている。該構成によると、キャビテーションコアを外段取りにてあらかじめ組み立てておき、そのアセンブリをノズルケーシングに装着することでノズル全体の組立工程の簡略化を図ることができる。特許文献９の図２においては、ノズルケーシングをなすケーシング本体にキャビテーションコアが収容され、これに螺合するコア押え部によりキャビテーションコアの抜け止めが図られている。そして、コア押え部のねじ継手が雌ねじ部とされ、その外周面には六角状の工具係合部が形成されている。該液体処理ノズルの配管系への組み込みは、ノズルケーシングの両端に形成されたねじ継手部を配管系側のねじ継手部と螺合締結することで実施される。

【００４６】

このような液体処理ノズルを配管系から取り外す際に、次のような問題が生ずることがある。例えば、コア押え部の工具係合部にレンチを係合させてコア押え部の回転を阻止しつつ、配管側を別のレンチで回転させてコア押え部と配管との螺合を解く。次いで、コア押え部の工具係合部に係合させたレンチを回転させてケーシング本体と配管との螺合を解く流れとなる。しかし、ケーシング本体と配管との固着が進行していると、ケーシング本体と配管との螺合が解ける前に、コア押え部とケーシング本体との螺合が先にゆるんでしまい、ノズルケーシングをなすケーシング本体とコア押え部とに意図せざる分離が生じる不具合につながる。この不具合は、工具係合部がケーシング本体側に形成されている場合においても同様に発生しうる。

【００４７】

これに対し、ケーシング本体の第一側端部とコア押え部の第二側端部との一方に配管系の第一ねじ継手と螺合するノズル側ねじ継手部が刻設され、他方に配管系の第二ねじ継手をなす雄ねじ部と螺合する袋ナットが回転自在に嵌着された前述の構成では、当該袋ナットに工具を係合させて回転させることにより、ケーシング本体とコア押え部との螺合締結状態に影響を与えることなく当該袋ナットと配管系との螺合締結状態を解くことができ、ひいてはノズルケーシングをなすケーシング本体とコア押え部とに意図せざる分離が生じる不具合を効果的に阻止することができる。

【００４８】

例えば袋ナットをコア押え部の第二側端部に回転自在に嵌着する場合、ケーシング本体の外周面には、液体処理ノズルの配管系への組付け時に使用する締結用工具を係合させる

ための、少なくとも１対の平行面を有した工具係合部を形成しておくとよい。コア押え部側の袋ナットと対応する配管との螺合締結状態を解いた後、ケーシング本体の外周面に形成された工具係合部にレンチ等を係合させ回転させれば、ケーシング本体を傷つけることなくケーシング本体側の配管との螺合締結状態をスムーズに解くことができる。

【００４９】

この場合、コア押え部の第二側端部に、液体流路の一部をなすとともにコア押え部の組立用雄ねじ部をケーシング本体の組立用雌ねじ部に螺合締結させる際に使用する組立用工具を係合させるための工具係合孔を貫通形成することもできる。この構成によると、コア押え部の組立用雄ねじ部とケーシング本体の組立用雌ねじ部とを螺合させ、その状態でケーシング本体側の工具係合部とコア押え部の工具係合孔とにそれぞれ工具を係合させて軸線周りに相対回転させることで、ノズルケーシングの組立をスムーズかつ容易に完了させることができる。また、組立完了後はコア押え部の工具係合孔を液体流路の一部として流用できるので、液体処理ノズルの構造の簡略化にも貢献する。

【００５０】

また、ケーシング本体には液体処理ノズルに付加機能を追加する付加機能部を設けることができる。このような第二本体をケーシング本体に組み込むことで液体処理ノズルに付加機能を容易に追加できる。

【００５１】

付加機能部により液体処理ノズルに追加する付加機能の種別は特に限定されない。例えば、付加機能部には、液体流路の流路断面積を連続的又は段階的に切り替えるための流路調整バルブを設けることができる。これにより、液体処理ノズルが組み込まれる配管系の流量を流路調整バルブにより容易に調整できる。なお、流路断面積の切り替えの概念には流路を遮断することも含みえる。この場合、流路を全閉状態（遮断状態）と全開状態（開放状態）の２状態間で切り替えることも「流路断面積を段階的に切り替える」概念に含まれる。

【００５２】

また、付加機能部は、液体流路から液体を分岐流通させるための分岐配管を含むものとして構成できる。このような分岐配管を設けることで、液体を液体処理ノズルが組み込まれる配管系の外に分配する機能をケーシング本体に統合することができ、分岐配管系の構成の簡略化を図ることができる。

【００５３】

分岐配管の利用形態は特に限定されるものではないが、例えばケーシング本体の第二本体へ接続されている端と反対側の分岐配管の端部に、分岐配管からの液体の流入を受け入れるとともに受け入れた液体に薬液を溶出させる薬液保持部を設け、薬液が溶出した分岐配管内の液体が、分岐配管のケーシング本体との接続端から液体流路側へ逆流形態にて徐放流出するように構成することができる。この構成によると、液体処理ノズルによりキャビテーション処理された液体に対し、配管系を流れる液体に適量の薬液を持続的に注入することができ、簡便な構成により薬液とキャビテーション処理との複合効果を享受することができる。例えば薬液が洗浄用薬液の場合、キャビテーションによる浸透性改善効果が付加されることで液体の洗浄力がさらに改善されたり、あるいは同程度の洗浄力を確保するための薬液注入量の低減を図ったりできるなどの利点が生ずる。

【００５４】

次に、特許文献９の図２には、ノズルケーシング５０内にてキャビテーションコア１の下流側に整流エレメント６３を配置した液体処理ノズル１００の構成が開示されている。整流エレメント６３は金属製のノズルケーシング５０の内周面に接する形で装着され、キャビテーションコア１とは別体に設けられている。また、特許文献９の段落００５２には「整流エレメント６３は、気泡発生後の水道水を流れ方向に整流しつつ流出させる。流路が整流エレメント６３により断面内にて区画分断されていることでエレメント表面との接触部分は乱流の影響を受けにくくなり、衝突部１０で成長停止した微細気泡の衝突による合一を抑制して、その発生濃度向上に貢献する。」と記載されていることから、該液体処

理ノズル１００への液体流通方向は、キャビテーションコア１→整流エレメント６３の一方向のみを意図していることが明らかである。

【００５５】

しかし、上記特許文献９の液体処理ノズルには次のような課題がある。

・整流エレメントがキャビテーションコアの下流側にのみ設けられているため、整流エレメントが担う効果は、キャビテーションコアの衝突部で成長停止した微細気泡の衝突による合一抑制にとどまる。

・配管系側のねじ継手との取り合いの関係により、液体処理ノズルの配管系への装着方向が正規の装着方向から逆転することがあり得る。この場合、液体の流れが整流エレメント→キャビテーションコアとなり、整流エレメントを意図通りに機能させることができない。

・液体処理ノズルの組立時において、ノズルケーシングに対し整流エレメントとキャビテーションコアとを順次的に装着しなければならず、工数が増大する。

【００５６】

上記の課題を解決するため、キャビテーションコアは次のように構成することが可能である。すなわち、キャビテーションコアのコア本体の液体流路を、該液体流路の中心軸線の中点を含む区間を円筒面形態の絞り部とし、液体流路の絞り部の前後区間をなす部分を各々絞り部よりも径大の一対の拡径部とし、ねじ装着孔をねじ部材とともに絞り部に配設するとともに、拡径部のそれぞれの内側に整流部材をコア本体と一体化した形態で配置する。

【００５７】

この構成によれば、これらの課題を以下のごとく解決することができる。

（１）整流部材がキャビテーションコアの下流側だけでなく上流側にも設けられる。その結果、上流側の整流部材を液体が流通する際の予備的なキャビテーション処理により発生した気泡を、これに続くキャビテーションコア流通時のより強いキャビテーション処理により微粉砕する効果が新たに生じる。これにより、下流側の整流部材による微細気泡の衝突による合一抑制効果と相まって、微細気泡の発生密度をより高めることができる。

（２）液体処理ノズルを配管系へ組付ける向きが、順方向と逆方向のいずれを採用した場合も、ノズルへの液体の流通形態は整流部材→キャビテーションコア→整流部材となる。その結果、配管系側のねじ継手との取り合いの関係により、液体処理ノズルの配管系への装着方向が順逆いずれとなった場合も、整流部材を意図通りに機能させることができる。よって、液体処理ノズルの配管系への組付方向にかかる柔軟性が大きく向上する。該効果は、一対の拡径部にそれぞれ配置される整流部材が互いに同一の構成を有する場合に特に顕著となる。

（３）コア本体の拡径部に整流部材が一体的に組み付けられていることで、液体処理ノズルの組立時において整流部材とコア本体とを一体のアセンブリとしてノズルケーシングに一括装着できる。その結果、液体処理ノズルの組立工程の簡略化をはかることができる。

【００５８】

整流部材は、金属弾性帯状部材を短辺の方向の折り目にて山部と谷部が交互に現れるようにつづら折れ形態となしたものを、さらに短辺と平行な軸線周りに丸めることにより星形の断面形態をなすよう形成された星形整流部材とすることができる。該星形整流部材は拡径部に対し短辺の方向が拡径部の軸線と一致する向きに挿入される。このような星形整流部材に対し軸線方向の端面に流れが供給されると、金属弾性帯状部材のエッジ部分にて剥離流の形成が顕著となる結果、キャビテーションコアの上流側においては予備的なキャビテーション処理による気泡の発生量を増すことができ、微細気泡の発生密度さらに高めることができる。

【００５９】

この場合、拡径部を内周面が絞り部よりも径大の円筒面とするとともに絞り部に対し段付き面を介して接続することができる。星形整流部材は、自由状態にて拡径部の内径よりも径大に形成されたものが、拡径部内に軸線に関する半径方向に弾性的に縮径しつつ圧入されるとともに、前端側を段付き面に当接させた状態にて半径方向への弾性復帰力により

拡径部の内周面に外周面側をグリップさせた形にてコア本体に対し一体化することができる。これにより、コア本体からの星形整流部材の脱落等が生じにくくなり、整流部材とコア本体とのアセンブリをノズルケーシングに装着する工程の安定化を図ることができる。

【発明の効果】

【００６０】

本発明の作用及び効果の詳細については、「課題を解決するための手段」の欄にすでに記載したので、ここでは繰り返さない。

【図面の簡単な説明】

【００６１】

【図１】本発明の液体処理ノズルの水道配管への組み込み例を示す斜視図。

【図２】本発明の実施形態１にかかる液体処理ノズルの正面図およびその断面図。

【図３】図２の液体処理ノズルに使用されるキャビテーションコアの正面断面図。

【図４Ａ】キャビテーションコアの第一のねじ配置面におけるねじ部材レイアウトを示す軸断面図。

【図４Ｂ】キャビテーションコアの第二のねじ配置面におけるねじ部材レイアウトを示す軸断面図。

【図５Ａ】図４Ａの要部を拡大して示す軸断面図。

【図５Ｂ】図３のキャビテーションコアの面ねじ組をすべて同相配置とした変形例を示す概念図。

【図６Ａ】ねじ装着孔の形成例と、該ネジ装着内のねじ部材の配置形態の一例を示す軸断面図。

【図６Ｂ】図６Ａにおけるねじ部材の雄ねじ部近傍を拡大して示す軸断面図。

【図７Ａ】図６Ａのねじ装着孔にねじ部材を装着する工程を示す第一の説明図。

【図７Ｂ】図７Ａに続く説明図。

【図８】ねじ装着孔内におけるねじ部材の、頭部近傍の配置形態にかかる第一例を拡大して示す軸断面図。

【図９】同じく第二例を拡大して示す軸断面図。

【図１０】同じく第三例を拡大して示す軸断面図。

【図１１】図２の液体処理ノズルのコア押え部を拡大して示す正面断面図。

【図１２】整流部材の詳細を示す図。

【図１３】図１の配管系に対する液体処理ノズルの組み付け工程を説明する図。

【図１４】図２の液体処理ノズルを配管系に対し、順方向及び逆方向にて装着した状態を対比して示す図。

【図１５】本発明の実施形態２にかかる液体処理ノズルに使用するコア本体のねじ装着孔の一例を示す断面図。

【図１６】図１５のねじ装着孔の作用説明図。

【図１７】本発明の実施形態３にかかる液体処理ノズルの正面図、正面断面図及び側面図。

【図１８】図１７の液体処理ノズルに使用するコアプレートの平面図。

【図１９】図１７の液体処理ノズルに組み込まれるマルチコアアセンブリの正面断面図。

【図２０】キャビテーションコアの組付数を３とした場合のコアプレートの平面図及びそれを用いた液体処理ノズルの側面図。

【図２１】本発明の実施形態４にかかる液体処理ノズルの正面図及び正面断面図。

【図２２】本発明の実施形態５にかかる液体処理ノズルの正面断面図。

【図２３】本発明の実施形態６にかかる液体処理ノズルの正面図及び正面断面図。

【図２４】本発明の実施形態７にかかる液体処理ノズルの正面断面図。

【図２５Ａ】図２４の液体処理ノズルにおけるねじ装着孔内のねじ部材の配置形態の一例を示す軸断面図。

【図２５Ｂ】図２５Ａにおけるねじ部材の雄ねじ部近傍を拡大して示す軸断面図。

【図２６】図２４の液体処理ノズルにおいて、図４Ａのレイアウトの面ねじ組を中心軸線方向に同相にて４組配置した液体処理ノズルの要部正面断面図。

【図２７】同じく８組配置した液体処理ノズルの要部正面断面図。
【図２８】図２４の液体処理ノズルにおいて、一方の面ねじ組を図４Ｂのレイアウトとした液体処理ノズルの要部正面断面図。
【図２９】図２８の構造において、面ねじ組を互いに直交するねじ部材対に分割し、それぞれ中心軸線方向に位置をずらして配置した液体処理ノズルの要部正面断面図。
【図３０】図２８の液体処理ノズルと同様の面ねじ組の対を中心軸線方向に２組配置した液体処理ノズルの要部正面断面図。
【図３１】キャビテーション処理部に気体導入機構を設けた液体処理ノズルの一実施形態を示す正面断面図。
【図３２】面ねじ組を３本のねじ部材で構成した液体処理ノズルの要部軸断面図。
【図３３】面ねじ組を８本のねじ部材で構成した液体処理ノズルの要部軸断面図。
【図３４】面ねじ組を４本のねじ部材により、中心ギャップを形成しない形で構成した液体処理ノズルの要部軸断面図。
【図３５】図３４の面ねじ組を中心軸線方向に２組配置した液体処理ノズルの要部正面断面図。
【図３６】４本のねじ部材を十字状に配置した液体処理ノズルにおいて、一定動水圧にて水を流通させた時の、液体流通領域の面積と流量との関係を示すグラフ。
【図３７】４本のねじ部材を十字状に配置した液体処理ノズルの断面内流速分布を、断面内径が４．２ｍｍのノズルと、断面内径が３．５ｍｍで面ねじ組が１面及び２面のノズルとで比較して示すグラフ。
【図３８】面ねじ組を交互に４５°回転させて複数配置した各種液体処理ノズルの通水動水圧と流量との関係を、異なる形態の液体処理ノズルについての結果とともに示すグラフ。
【図３９】面ねじ組を互いに重なる位相関係にて複数配置した各種液体処理ノズルの通水動水圧と流量との関係を、面ねじ組を互いに４５°回転させて二組配置した液体処理ノズルについての結果とともに示すグラフ。
【図４０】処理水のぬめり汚れ除去能力を評価する装置の構造を示す図。
【図４１】絞り孔が２孔タイプの液体処理ノズル（参照用ノズル）の要部軸断面図。
【図４２】実験例に使用した液体処理ノズルの各部の寸法関係を説明する図。
【図４３】通水テストに使用した試験装置の模式図。
【発明を実施するための形態】
【００６２】
以下、本発明の実施の形態を添付の図面に基づき説明する。
（実施形態１）
図１は、本発明の液体処理ノズルを組み込んだ水道配管システムの一例を示す斜視図である。この水道配管システム１２００は、上水道に直結される冷水供給部１２０３と、図示しない給湯器につながる温水供給部１２０４とのそれぞれが、止水栓１２１１と配管系１２０５、１２０６を介して湯水混合栓１２０１に接続される。湯水混合栓１２０１は、冷水供給部１２０３からの冷水と温水供給部１２０４からの温水とを、レバー１２０２の操作状態に応じた混合比および流量にて混合し、流出口１２０１ａから流出させる周知の構成のものである。配管系１２０５及び１２０６はいずれも同一の構成であり、止水栓１２１１の流出側継手部（本実施形態では雄ねじ継ぎ手部１２１２（図１３））と給水フレキ配管１２１３との間に本発明の一実施形態である液体処理ノズル１００が組み込まれた構成となっている。なお、液体処理ノズル１００は冷水供給部１２０３と温水供給部１２０４とのどちらか一方、例えば冷水供給部１２０３側にのみ設けるようにしてもよい。
【００６３】
図２はその液体処理ノズルを取り出し拡大して示すものであり、液体処理ノズル１００は本発明の第二の一実施形態となるものであり、ノズルケーシング５０を備える。液体処理ノズル１００の液体の流通方向Ｏにおいて、ノズルケーシング５０の液体入口と液体出口との一方の位置する側を第一側（図２では図面左側）とし、他方の位置する側を第二側（図２では図面右側）として、ノズルケーシング５０は、第一側を構成するケーシング本

体５０Ｂと第二側を構成するコア押え部５０Ａとからなり、いずれも金属（例えば真鍮等の銅合金（クロムあるいはニッケル等のメッキ層で覆われていてもよい）、ステンレス鋼等の鉄系材料）により構成されている。液体処理ノズル１００は双方向に液体としての水道水を流通可能となっており、例えば順方向に通水する場合は第二側開口部５５が流入側開口部として、第一側開口部５４が流出側開口部としてそれぞれ機能し、逆方向に通水する場合はその逆となる。本実施形態においては、ノズルケーシング５０の第一側開口部５４を含む側が円筒状のケーシング本体５０Ｂとして構成され、第二側開口部５５を含む側がコア押え部５０Ａとして構成されている。

【００６４】

ケーシング本体５０Ｂは第二側端面にコア挿入口５０ｐを開口する形で収容通路部５６が形成されており、収容通路部５６に挿入されたキャビテーションコア１の第二側端面よりもケーシング本体５０の第二側端部が延出するとともに、該第二側端部の内周面に組立用雌ねじ部５０ｇが形成されている。また、ケーシング本体５０Ｂの第一側端部には、軸線方向の一端が第一側開口部５４として開口し他端が収容通路部５６に連通する形で、液体流路３の一部をなす第一側流路部５０ｕが貫通形成されている。

【００６５】

他方、コア押え部５０Ａの第一側端部の外周面には、ケーシング本体５０Ｂの組立用雌ねじ部５０ｇと螺合する組立用雄ねじ部５０ｄが形成されており、その基端位置にはオーリング５０ｅがはめ込まれている。また、コア押え部５０Ａを軸線方向に貫通する形で液体流路３の一部をなす第二側流路部５０ｖが形成され、コア押え部５０Ａの第二側端面に第二側開口部５５を形成している。

【００６６】

コア押え部５０Ａの外周面には半径方向外向きに突出するフランジ部５０ｆが形成されており、該フランジ部５０ｆの第一側端面がケーシング本体５０Ｂの第二側端面と当接することで、オーリング５０eの圧縮量が過剰とならないよう、組立用雄ねじ部５０ｄの組立用雌ねじ部５０ｇに対する相対的な螺進量が規制されるようになっている。このフランジ部５０ｆの外周面は、ノズルケーシング５０の組立時において、コア押え部５０Ａをケーシング本体５０Ｂに螺合締結する際の、工具あるいは治具の係合面としても利用される。組立用雄ねじ部５０ｄを組立用雌ねじ部５０ｇに螺合締結することによりコア押え部５０Ａは、第一側端面（本実施形態では、座繰り５０ｎの底面）をキャビテーションコア１の第二側端面に当接させる形でこれを抜止め保持する。他方、キャビテーションコア１の第一側端面は収容通路部５６の第一側端部の外周縁部に当て止めされている。

【００６７】

ケーシング本体５０Ｂの第一側端部には、配管系の第一ねじ継手１２１３ａ（図１３）と螺合するノズル側ねじ継手部５１が刻設されている。他方、コア押え部５０Ａの第二側端部には、配管系の第二ねじ継手１２１２（図１３）をなす雄ねじ部と螺合する袋ナット５０Ｃが回転自在に嵌着されている。袋ナット５０Ｃの外周面は六角状の工具係合面５３とされている。図１１にコア押え部５０Ａ及び袋ナット５０Ｃを拡大して示す。コア押え部５０Ａの第二側端部の外周面は円筒面とされ、その前端部に溝５０ｋが周方向に刻設されるとともに、該溝５０ｋには金属製のスナップリング５８が嵌着されている。他方、袋ナット５０Ｃの第一側端部の内周縁には周方向のフランジ部５０ｒが突設されている。

【００６８】

フランジ部５０ｒの内径は、コア押え部５０Ａの第二側端部の外径より大きく、溝５０ｋに嵌着されたスナップリング５８の外径よりも小さく設定されている。袋ナット５０Ｃのフランジ部５０ｒの内側にコア押え部５０Ａの第二側端部を挿入し、その状態でコア押え部５０Ａの内側にスナップリング５８を装着する。次いで、図示しない治具により袋ナット５０Ｃを弾性的に拡径しつつ装着したスナップリング５８を溝５０ｋに向けて軸線方向に押し込み、スナップリング５８を溝５０ｋに嵌着させつつ袋ナット５０Ｃを弾性復帰させれる。これにより、袋ナット５０Ｃはコア押え部５０Ａに対し、スナップリング５８により軸線方向に抜け止めされた状態で軸線周りに相対回転可能に嵌着される。

【００６９】
図２に示すように、ケーシング本体５０Ｂの外周面には、液体処理ノズル１００の配管系への組付け時に使用する締結用工具を係合させるために、少なくとも１対の平行面を有した工具係合部５７が形成されている。本実施形態では、工具係合部５７はケーシング本体５０Ｂの第一側端部の外周面に、３つの平行部を有する六角部として形成されている。
【００７０】
なお、本実施形態では、ケーシング本体５０Ｂの第一側端部に形成されるノズル側ねじ継手部５１は雄ねじ部として形成されている。ノズル側ねじ継手部５１の雄ねじ部の寸法、および袋ナット５０Ｃの雌ねじ部５２の寸法については特に制限はないが、図２においてはいずれも管用平行ねじ規格のＧ１／２の寸法が採用されている。なお、袋ナット５０Ｃの内側には板状のシールリング５０ｓが装着されている。
【００７１】
次に、キャビテーションコア１のコア本体１Ｍには、液体流路９Ａが軸線方向に貫通形成されている。キャビテーションコア１はノズルケーシング５０に対し、第一側開口部５４及び第二側開口部５５の一方から供給される液体が液体流路９Ａを経て他方より流出可能となる位置関係にて、外周面側が収容通路部５６の内周面に対し圧入又は隙間嵌めとなるよう軸線方向に挿入されている。具体的には、コア本体１Ｍは外周面が円筒面状であり、収容通路部５６に対しコア挿入口５０ｐから挿入されている。
【００７２】
図３はキャビテーションコア１の拡大断面図であり、図４Ａ及び図４Ｂは軸断面図である。コア本体１Ｍの外周面から液体流路９Ａの内周面に向けて貫通する形態でねじ装着孔１９が形成されている。ねじ部材１０は、頭部１０ｈ及び脚部１０ｆの基端側がコア本体１Ｍのねじ装着孔１９内に保持される一方、脚部１０ｆの先端側が液体流路９Ａの内面から突出し、キャビテーション処理部ＣＶを形成している。コア本体１Ｍに対しねじ装着孔１９は複数形成され、そのそれぞれにねじ部材１０が装着されている。キャビテーション処理部ＣＶにおいて液体は、脚部１０ｆに形成された雄ねじ部と接触するに伴い、ねじ谷部内にて増速する時の減圧作用により溶存ガスを過飽和析出させる。
【００７３】
コア本体１Ｍの材質は、たとえばＡＢＳ、ナイロン、ポリカーボネート、ポリアセタール、ＰＴＦＥ（ポリ四フッ化エチレン）などの樹脂であるが、ステンレス鋼や真鍮などの金属やアルミナ等のセラミックスとしてもよく、用途に応じて適宜選択される。また、ねじ部材１０の材質はたとえばステンレス鋼であるが、用途に応じて、より耐食性の高いチタンやハステロイ、インコネル（いずれも登録商標名）などの耐熱合金を用いてもよいし、耐摩耗性が問題となる場合は石英やアルミナなどのセラミック材料を用いることも可能である。特に、金属コンタミを嫌う分野（たとえば半導体製造分野）への適用には、石英の採用が好適であり、この場合は樹脂製のキャビテーションコア１はたとえばＰＴＦＥで構成するとよい。
【００７４】
図６Ａは、コア本体１Ｍのねじ装着孔１９と、該ねじ装着孔１９に対するねじ部材１０の配置形態を拡大して示す軸断面図であり、図６Ｂは、その雄ねじ部１０ｍｔ近傍をさらに拡大して示す図である。コア本体１Ｍに形成されるねじ装着孔１９は、ねじ部材１０の脚部１０ｆ基端側を挿通保持するための脚部挿通部１９ｆと、コア本体１Ｍの外周面側の開口部を形成する形で脚部挿通部１９ｆと一体形成され、該脚部挿通部１９ｆよりも径大に形成されるとともに頭部を収容する頭部収容部１９ｈとを備える。脚部挿通部１９ｆ内にて脚部１０ｆの外周面に形成されている雄ねじ部１０ｍｔの外径をｍｄ、雄ねじ部１０ｍｔのねじ山高さをｍｔｄとしたとき、脚部挿通部１９ｆの内径ｈｄ２が、

$$md - mtd \leqq hd2 < md$$

の範囲となるように定められている。図６Ａに示す如く、ねじ部材１０の脚部１０ｆはコア本体１Ｍの脚部挿通部１９ｆに対しセルフタッピング形態にてねじ込まれる。符号１０ｅはドライバー等の工具を係合させるための工具係合凹部である。

【００７５】
　また、図８に示すように、ねじ部材１０の頭部の厚さをｈｔとしたとき、頭部収容部１９ｈの形成深さは、収容通路部５６の内周面５６Ｐと頭部１０ｈの頂面との間の距離が０．５ｈｔ以下となるように定められている。図８において、収容通路部５６の内周面５６Ｐとコア本体１Ｍの外周面１Ｐとの間には狭小な隙間ＧＰ１（例えば０．１５ｍｍ以下）が形成されている。一方、頭部１０ｈの頂面は、隙間ＧＰ１に対応する高さだけ頭部収容部１９ｈの開口から突出することで、収容通路部５６の内周面５６Ｐに当て止めされた状態になっている。また、図８においては、ねじ部材１０の頭部１０ｈの外周面と頭部収容部１９ｈの内周面との間には隙間ＧＰ２が形成されている。
【００７６】
　上記の構成により、コア本体１Ｍの脚部挿通部１９ｆには、ねじ部材１０の雄ねじ部１０ｍｔを螺合させるための雌ねじ部を予め深くタッピングしておく必要がなくなり、加工工数を削減することができる。また、ねじ部材１０の頭部１０ｈの頂面が収容通路部５６の内周面に対し当て止めされていることで、頭部１０ｈの頂面位置が収容通路部５６の内周面により規制され、ねじ装着孔１９内のねじ部材１０にスラスト方向のがたつきが生じる心配がない。よって、キャビテーションコア１の液体流路９Ａに液体を流通することでキャビテーション処理を問題なく実施することができる。
【００７７】
　他方、脚部挿通部１９ｆにねじ部材１０の脚部１０ｆを装着するに際しては、ドライバー等により、ねじ部材１０を脚部挿通部１９ｆにセルフタッピングしながらねじ込む。セルフタッピングにより脚部挿通部１９ｆの内面には浅い雌ねじ部が刻設される結果、例えば、キャビテーション処理の繰り返しにより摩耗したねじ部材１０を交換したい場合や、脚長の異なるねじ部材１０を脚部挿通部１９ｆに誤組付けした場合などにおいて、組み付け時とは逆方向にねじ部材１０を回転させることにより、ねじ部材１０を脚部挿通部１９ｆから容易に抜き取ることができる利点が生ずる。
【００７８】
　また、図６Ｂ右に示す如く、セルフタッピングにより刻設される雌ねじ部１９ｆｔとねじ部材１０の雄ねじ部１０ｍｔとの半径方向のラップ長ｆｔｄは０．５ｍｔｄ以下（好ましくは０．４ｍｔｄ以下、より好ましくは０．３５ｍｔｄ以下）の小さい値となる。そして図６Ａに示すように、頭部１０ｈの頂面位置がノズルケーシング５０（の収容通路部５６の内周面）により規制されるため、ねじ装着孔１９内のねじ部材１０にスラスト方向のがたつきが過度に生じる心配はない。さらに、ラップ長は小さいがねじ部材１０と脚部挿通部１９ｆとが螺合していることで、キャビテーションコア１を収容通路部５６に装着する際に、コア本体１Ｍのねじ装着孔１９からねじ部材１０が抜け落ちる不具合を生じにくい利点も生じる。
【００７９】
　図６Ａの脚部挿通部１９ｆは、より詳しくは次のように構成されている。すなわち、脚部挿通部１９ｆは、頭部収容部１９ｈとの接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分１９ｆ１と、液体流路３との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分１９ｆ２とからなる。そして、頭部収容部の内径をｈｄ３としたとき、第一部分１９ｆ１の第一内径ｈｄ１が、
　ｍｄ≦ｈｄ１＜ｈｄ３
の範囲となるように定められ、図６Ｂの左に示すように、ねじ部材１０の脚部１０ｆは該第一部分１９ｆ１に対し隙間嵌め形態にて挿入される。一方、第二部分１９ｆ２の第二内径ｈｄ２は、
　ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ
の範囲となるように定められ、図６Ｂの右に示すように、ねじ部材１０の脚部１０ｆは該第二部分１９ｆ２に対しセルフタッピング形態にてねじ込まれる。第二部分１９ｆ２の内径ｈｄ２は、望ましくはｍｄ－０．８ｍｔｄ以上、より望ましくはｍｄ－０．７ｍｔｄ以上である。部挿通部の内径ｈｄがｍｄ－ｍｔｄ未満では、セルフタッピングにより、脚部

挿通部内に雌ねじ部を刻設することが難しくなる。また、雌ねじ部を刻設する効果を確実にするには、脚部挿通部の内径ｈｄはｍｄ－０．２ｍｔｄ以下、より望ましくはｍｄ－０．４ｍｔｄ以下に設定するのがよい。すなわち、前述のラップ長ｆｔｄを０．１ｍｔｄ以上、より望ましくは０．２ｍｔｄ以上確保するのがよい。なお、ねじ部材１０の脚部１０ｆを第一部分１９ｆ１により安定的に隙間嵌め保持させる観点において、ｈｄ１≦ｍｄ＋ｍｔｄ、より望ましくはｈｄ１≦ｍｄ＋０．５ｍｔｄとなっているのがよい。また、ねじ頭部１０ｈの座面を頭部収容部１９ｈと脚部挿通部１９ｆとの間に形成される段付き面に確実に当て止めできるようにする観点から、ｈｄ１≦０．９ｈｄ３（より望ましくはｈｄ１≦０．８ｈｄ３）を充足しているのがよい。

【００８０】

ねじ部材がＪＩＳに定めれたＭ１．４ノーマルピッチの０番１種なべ小ねじである場合、ｍｔｄは０．１６２５ｍｍ、ねじピッチＰは０．３ｍｍ、ねじ頭外径はφ２．０ｍｍ、同じく高さは０．５ｍｍである。本実施形態では、該Ｍ１．４のなべ小ねじが採用され、ｈｄ１＝１．４ｍｍ、ｈｄ２＝１．３ｍｍである。また、コア本体１Ｍの外径はφ１４．８ｍｍ、絞り部９の内径はφ８．０ｍｍである。また、脚部挿通部１９ｆは、頭部収容部１９ｈの内径がφ２．１ｍｍ、同じく深さが０．８ｍｍである。また、脚部挿通部１９ｆは、第一部分１９ｆ１の深さが１．７ｍｍ（約５．７Ｐ）、第二部分１９ｆ２の深さが０．９ｍｍ（３Ｐ）である。

【００８１】

図７Ａ及び図７Ｂにより、上記の構造の脚部挿通部１９ｆを有したコア本体１Ｍにねじ部材１０を組み付ける工程を説明する。まず、図７Ａの左に示すように、ねじ部材１０の脚部１０ｆの先端部を、脚部挿通部１９ｆの第一部分１９ｆ１に差し込む。第一部分１９ｆ１に対し脚部１０ｆは隙間嵌め形態にて安定に保持される。次いで図７Ａの右に示すように、その状態で脚部１０ｆを第二部分１９ｆ２にセルフタッピングすることで、脚部１０ｆの先端は該第二部分１９ｆ２に対して極めてスムーズに食い付かせることができる。また、第一部分１９ｆ１に脚部１０ｆを隙間嵌めにて差し込むことで、脚部１０ｆの軸線は第一部分１９ｆ１をガイドとして第二部分１９ｆ２の軸線に対し平行に位置合わせできる。よって、図７Ｂに示すように、脚部挿通部１９ｆに対しねじ部材１０の脚部１０ｆが傾いた状態でねじ込まれるおそれがない。なお、脚部１０ｆに形成されているねじ山のピッチをＰとしたとき、第一部分１９ｆ１の長さは３Ｐ以上に確保されていることが望ましい。また、第二部分１９ｆ２の長さは１Ｐ以上１０Ｐ以下に設定されていることが望ましい。

【００８２】

なお、図９に示すように、コア本体１Ｍは収容通路部５６に対し圧入する形で装着することもできる。この場合、コア本体１Ｍの外周面と収容通路部５６の内周面は密着し、隙間は形成されない。その際、ねじ部材１０の頭部１０ｈの頂面がコア本体１Ｍの外周面と面一となるように、頭部収容部１９ｈの形成深さを定めておく。また、ねじ部材１０の頭部１０ｈの外周面を頭部収容部１９ｈの内周面に密着させるようにしてもよい。この構成によれば、キャビテーションコア１を収容通路部５６に装着する際に、コア本体１Ｍのねじ装着孔１９からねじ部材１０が抜け落ちる不具合を生じにくくすることができる。他方、図１０に示すように、頭部の厚さをｈｔとしたとき、収容通路部５６の内周面５６Ｐと頭部１０ｈの頂面との間に、０．５ｈｔ以下の範囲であれば隙間ＧＰ３を形成するようにしてもよい。

【００８３】

図３に戻り、キャビテーションコア１のコア本体１Ｍの液体流路３は、該液体流路３の中心軸線の中点Ｇを含む区間が円筒面形態の絞り部９とされ、液体流路３の絞り部９の前後区間をなす部分が各々絞り部９よりも径大の一対の拡径部９Ｂとされている。ねじ装着孔１９はねじ部材１０とともに絞り部９に配設され、拡径部９Ｂのそれぞれの内側に整流部材６３がコア本体１Ｍと一体化した形態で配置されている。

【００８４】

図１２は整流部材６３の詳細を示すものであり、鋼等の弾性帯状部材を短辺の方向の折り目にて山部と谷部が交互に現れるようにつづら折れ形態に加工し、さらに短辺と平行な軸線周りに丸めて星形の断面形態となるように形成したものである（以下、星形整流部材６３ともいう）。該星形整流部材６３は、図３に示すように、上記短辺の方向が収容通路部５６の軸線と一致する向きに挿入され、前端面外周縁部が流入側開口部５５に近い側の段付き面９ｊに当て止めされている。

【００８５】

整流部材６３がキャビテーションコア１の下流側だけでなく上流側にも設けられるので、上流側の整流部材６３を液体が流通する際に予備的なキャビテーション処理（以下、予備キャビテーション処理という）が実施される。この予備キャビテーション処理により発生した気泡は、これに続くキャビテーションコア１を流通する際のより強いキャビテーション処理により微粉砕することができる。これにより、下流側の整流部材６３により、微細気泡の衝突合一が抑制される効果と相まって、微細気泡の発生密度をより高めることができる。

【００８６】

特に、図１２の星形整流部材６３に対し軸線方向の端面に流れが供給されると、金属弾性帯状部材のエッジ部分にて剥離流の形成が顕著となる結果、キャビテーションコア１の上流側においては予備的なキャビテーション処理による気泡の発生量を増すことができ、微細気泡の発生密度をさらに高めることができる。ただし、整流部材６３の構成はこれに限定されるものではなく、例えば円柱状の部材の軸線方向に複数の細孔をレンコン状に貫通形成したものを、前記軸線が液体流通方向と平行になるよう配置してもよい。

【００８７】

図３に戻り、拡径部９Ｂは内周面が絞り部９よりも径大の円筒面とされ、絞り部９に対し段付き面９ｊを介して接続されている。星形整流部材６３は、自由状態にて拡径部９Ｂの内径よりも径大に形成されたものが、軸線に関する半径方向に弾性的に縮径されつつ拡径部９Ｂ内に圧入される。これにより、星形整流部材６３は前端側が段付き面９ｊに当接した状態にて半径方向への弾性復帰力により外周面を拡径部９Ｂの内周面にグリップさせた形にてコア本体１Ｍに対し一体化される。これにより、コア本体１Ｍからの星形整流部材６３の脱落等が生じにくくなり、整流部材６３とコア本体１Ｍとのアセンブリをノズルケーシング５０に装着する際の工程安定化を図ることができる。

【００８８】

例えば、図１の水道配管システム１２００に対し液体処理ノズル１００は、次のような手順で組み込まれる。すなわち、図１３の左に示すように、止水栓１２１１に直結されている給水フレキ配管１２１３のナット継手１２１３ａ（第一ねじ継手１２１３ａ：雌ねじ）を緩め、フレキ配管１２１３を変形させて止水栓１２１１側の継ぎ手部１２１２（第二ねじ継手１２１２：雄ねじ）との間にノズル設置のためのスペースを作る。次いで、液体処理ノズル１００の袋ナット５０Ｃ（雌ねじ）を第二ねじ継手１２１２に螺合締結する。次いで、フレキ配管１２１３を再度変形させてナット継手１２１３ａを液体処理ノズル１００のノズル側ねじ継手部５１（雄ねじ）に位置合わせしつつ螺合締結すれば取り付けが完了する。液体処理ノズル１００は液体の流入側が図１３において下側、すなわち図２の第二側（右側）となり、流出側が図１３において上側、すなわち図２の第一側（左側）となる（以下、これを「順方向」とする）。しかし、現場の施工状況によっては、液体処理ノズル１００の組付先となる配管系のねじ継手の種別が図１３とは逆になっていることもある（以下、これを「逆方向」とする）。このような場合は、液体処理ノズル１００を図１３とは上下反転して配管系に組付けなければならない。

【００８９】

図３の構造のキャビテーションコア１を用いると、液体処理ノズル１００を配管系へ組付ける向きが、図１４左の順方向になった場合と、図１４右の逆方向になった場合とのいずれにおいても、液体処理ノズル１００への液体の流通形態は、整流部材６３→キャビテーションコア１→整流部材６３となる。その結果、液体処理ノズル１００の配管系への装

着方向が順逆いずれとなった場合も、整流部材６３を意図通りに機能させることができる。よって、液体処理ノズル１００の配管系への組付方向にかかる柔軟性が大きく向上する。また、コア本体１Ｍの拡径部９Ｂに整流部材６３が一体的に組み付けられていることで、液体処理ノズル１００の組立時において整流部材６３とコア本体１Ｍとを一体のアセンブリとしてノズルケーシング５０に一括装着できる。その結果、液体処理ノズル１００の組立工程の簡略化を図ることができる。

【００９０】

次に、液体処理ノズル１００のキャビテーション処理部ＣＶの構造の詳細について説明する。ねじ部材１０は、ねじピッチ及びねじ谷深さが０．１０ｍｍ以上０．４０ｍｍ以下、公称ねじ径Ｍが１．０ｍｍ以上２．０ｍｍ以下のものが使用されている。本実施形態にてねじ部材１０は、ＪＩＳに定められた０番１種なべ小ねじが使用されている。キャビテーション処理部ＣＶには、液体流路３の中心軸線Ｏと直交する仮想的なねじ配置面が該中心軸線Ｏに沿って複数、図３においてはＬＰ１～ＬＰ５の５面が設定されている。上記のねじ部材１０は、脚部の長手方向が個々のねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５に沿うように配置される。また、ねじ部材１０の総数は２０（すなわち、８以上）であり、各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５に対し２つ以上、図３においては４つずつ分配されている。

【００９１】

各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５においてねじ部材１０は、図４Ａ及び図４Ｂに示すレイアウトに従い配置されている。具体的には、いずれのレイアウトにおいても各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５上の４本のねじ部材１０が、互いに直交する十字形態に配置された面ねじ組を形成している。コア本体１Ｍに形成されたねじ装着孔１９の脚部挿通部１９ｆに対し、各ねじ部材１０は脚部先端が絞り部９内へ突出するようコア本体１Ｍの外周面側から半径方向に挿入されている。図５Ａは、絞り部９の内側をさらに拡大して示すものであり、ねじ部材１０と絞り部９の内周面との間には主流通領域２１が形成されている。また、各絞り部９において、４つのねじ部材１０が形成する十字の中心位置には、液体流通ギャップ１５が形成されている。液体流通ギャップ１５を形成する４つのねじ部材１０の先端面は平坦に形成され、中心軸線と直交する平面への投影において液体流通ギャップ１５は正方形状に形成されている。

【００９２】

図５Ａにおいて、各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５における液体流通領域の面積（以下、全流通断面積ともいう）ａを、液体流路の投影領域の外周縁内側の全面積（ここでは、図２の絞り部９の円形軸断面の面積：内径をｄとしてπｄ^2／４））をＳ１、ねじ部材１０（４本のねじ部材）の投影領域面積をＳ２として、

ａ＝Ｓ１－Ｓ２　（単位：ｍｍ^2）

として定義する。この実施形態では、主流通領域２１と液体流通ギャップ１５との合計面積が全流通断面積ａに相当する。図２に示すごとく、流入側開口部５５及び流出側開口部５４の開口径は、絞り部９の内径よりも大きい。すなわち、流入側開口部５５及び流出側開口部５４の開口断面積は全流通断面積ａよりも大きく設定されている。そして、各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５において、全流通断面積ａは３．８ｍｍ^{2}以上確保され、液体流路の全断面積Ｓ１に占める液体流通領域の割合（すなわち、ａ／Ｓ１×１００（％））として定められる面内流通面積率は４０％以上に確保されている。

【００９３】

図５Ａにおいて、ねじ部材１０の投影外形線に現れる谷部の深さｈは０．１ｍｍ以上確保されている。また、中心軸線Ｏの投影点を中心として液体流路の内周縁までの距離の７０％に相当する半径にて描いた円を基準円Ｃ７０として定めたとき、谷部の最底位置を表す谷点のうち、基準円Ｃ７０の内側に位置するもの（○で表示）の数、つまり、中心軸線Ｏと直交する平面への投影にて液体流路３の中心軸線Ｏから該液体流路３の半径の７０％以内の領域に位置する谷点の数を７０％谷点数Ｎ７０と定義する。そして、該７０％谷点数Ｎ７０の値を全ねじ配置面について合計した値を、液体流路３（絞り部９）の全断面積Ｓ１で除した値を７０％谷点面積密度と定義する。図２の液体処理ノズル１００において

は、７０％谷点面積密度の値が１．６個／ｍｍ^{2}以上に確保されている。

【００９４】

図４Ａ及び図４Ｂにそれぞれ示す面ねじ組は幾何学的には等価であるが、コア本体１Ｍに組付けたときの中心軸線周りの角度位相が互いに４５°ずれたものになっている。図３のキャビテーションコア１の構成では、ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５において図４Ａの第一型面ねじ組と図４Ｂの第二型面ねじ組とが交互に配置されることで、左右対称のねじレイアウトが形成されている。また、隣接するねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５間の面間隔ｄｐは、図２の頭部１０ｈの外径をｄｈ、脚部１０ｆの公称ねじ径をＭとして、例えば１．０５ｄｈ以上２Ｍ以下に設定されている。

【００９５】

なお、図５Ｂに示すように、互いに隣接するねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５にてねじ部材１０の脚部を、中心軸線Ｏと直交する平面への投影において長手方向を一致させつつ互いに重なり合う位置関係にて配置することもできる。図５Ｂにおいては、図４Ａのごとく十字状に配置された４本のねじ部材１０からなる面ねじ組が、ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５にて互いに重なり合う位置関係（すなわち、十字状の面ねじ組の中心軸線周りの配置角度位相が互いに一致する位置関係：以下、このような配置を「同相配置」ともいう）にて配置されている。

【００９６】

後述のごとく、図５Ｂのように複数の面ねじ組を同相配置したキャビテーション処理部は、ねじ部材の配置数が増加したときの液体流通時の圧損増加を効果的に抑制できる利点がある。他方、図３のように中心軸線周りの配置角度位相が互いに異なる面ねじ組を交互に配したキャビテーション処理部については、図５Ｂの構成と同等の７０％谷点面積密度を実現できるが、ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５の面間隔ｄｐが図５Ｂの構成と同一の場合は、液体流通時の圧損が若干大きくなる。他方、液体の乱流攪拌効果は図５Ｂの構成よりも大きいため、例えば混相流供給により気体を液体に溶解させる目的においてはより有利となる。

【００９７】

図２の液体処理ノズル１００に対し、例えば液体流出側を開放し、動圧が通常水道圧（例えば、０．０７７ＭＰａ）程度となるように、液体として例えば空気が溶存した水（例えば一般水道水：２０℃（常温）での酸素濃度は約８ｐｐｍ）を流通させた場合の作用について説明する。図５Ａに示すように、キャビテーション処理部において水流は、ねじ部材１０と絞り部９内周面との間に形成される主流通領域２１と液体流通ギャップ１５とからなる液流通領域にて、ねじ部材１０に衝突しながら通過する。

【００９８】

そして、ねじ部材１０の脚部の外周面を通過する時に、ねじ谷部（特に谷底位置）に高速領域が、ねじ山部に低速領域がそれぞれ発生する。すると、ねじ谷部の高速領域はベルヌーイの定理により負圧領域となり、キャビテーションが生ずる。ねじ谷部はねじ部材の外周に複数巻形成され、かつ８本以上のねじ部材１０が複数のねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５に分配配置されていることから、キャビテーションは絞り部９内のねじ谷部にて同時多発的に起こることとなる。すると、水流がねじ部材１０に衝突する際に、ねじ谷部での溶存空気の減圧析出が沸騰的に激しく起こり、ねじ部材１０の表面及び液体流路３の内面との間で水流を激しく摩擦しつつ撹拌する。

【００９９】

図３のキャビテーションコア１は、各ねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５にて、面内流通面積率が４０％以上に確保され、全流通断面積が３．８ｍｍ^{2}以上に確保され、さらに隣接するねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ５（面ねじ組）の間隔ｄｐが、使用されるねじ部材１０の公称ねじ径よりも大きく確保されている。これにより、面ねじ組を中心軸線Ｏの方向に複数連ねて配置してもノズルの圧損増加を極めて小さくとどめることができる。その結果、１つの液体流路３内に従来よりも多くのねじ部材が配置されているにも関わらず、断面内にて必要な流速を十分に確保できるようになる。例えば、特許文献２では１．１個／ｍｍ^{2}程度

が限界と思われていた７０％谷点面積密度の値を、十分な流速を確保しつつも一挙に１．６個／ｍｍ^{2}以上もの大きな値に設定できるようになる。

【０１００】

本発明者は、特許文献２において、当該文献に開示された液体処理ノズルによりキャビテーション処理を行なった水は肌や髪などへの浸透性が向上すること、該浸透性の向上効果は、液体処理ノズルの７０％谷点密度が大きくなるほど顕著となることを示唆した。また、肌や髪の構成成分は高分子であるたんぱく質であり、こうした高分子ネットワークからなる構造体への分子レベルでの水の浸透性改善については、水の中に微小気泡が介在することによる効果のみでは説明がつかない側面があること、例えば、水の物理的な性状、特に、極性分子である水の集団的（統計的）な振る舞いに微細気泡が関与し、水の浸透力等が増している可能性があること、などについても言及した。しかし、７０％谷点面積密度の値が上記の大きな値に拡大したノズルを用いてキャビテーション処理を行なった場合に、処理後の液体の特性がどのように改善されるかについては、特許文献２は沈黙している。

【０１０１】

上記の液体処理ノズル１にてキャビテーション処理を行なった水は、例えばレーザー回折式粒度計などにより測定すれば、特許文献２と同様に、平均径が１００ｎｍ～３００ｎｍ程度のナノ域の微小気泡を多量に含んだ水になっていることを確認できる。後述の実験結果から明らかな通り、レーザー回折式粒度計によって確認できる上記平均径の微小気泡は、キャビテーション処理後タンクなどに貯留して数分放置すれば大部分が消失し、通常の感度のレーザー回折式粒度計では検出できなくなる。しかし、この微小気泡が検出されなくなった貯留後の処理水であっても、７０％谷点面積密度を高めた液体処理ノズルを用いれば、キャビテーション処理に伴う浸透性改善等の効果は、微小気泡が検出されるノズル流通直後の処理水と同様に発揮される。浸透性改善等の効果がどのような機構に基づいて生ずるのかについては目下のところ研究途上段階であるが、本発明者は、瞬時的なキャビテーションにより成長停止した、あるいは気泡が再溶解する際に残留する１０ｎｍ未満の安定な気泡核（レーザー回折・散乱法や粒子トラッキング解析法などの既存の方法では計測不能）が水中に大量に形成され、それら気泡核が分極した水分子の集団的な流動挙動を改善することが要因ではないか、と考えている。

【０１０２】

（実施形態２）

本発明の第三にかかる液体処理ノズルの一実施形態は、例えば図２の液体処理ノズル１００のキャビテーションコア１において、ねじ装着孔１９を図６Ａの構成のものから図１５の構成のものに置き換えることにより実現可能である（ねじ装着孔１９の構造を除くその余の構成は実施形態１と同じであるため、詳細な説明は略する）。

【０１０３】

図１５の脚部挿通部１９ｆは、頭部収容部１９ｈとの接続側端部を含み第一内径ｈｄ１を有する第一部分１９ｆ１と、液体流路３との接続側端部を含み第一内径ｈｄ１よりも小さい第二内径ｈｄ２を有する第二部分１９ｆ３とからなる。そして、頭部収容部１９ｈの内径をｈｄ３としたとき、第一部分１９ｆ１の第一内径ｈｄ１が、

ｍｄ≦ｈｄ１≦ｈｄ３

の範囲となるように定められ、ねじ部材１０の脚部１０ｆは該第一部分１９ｆ１に対し隙間嵌め形態にて挿入される。一方、第二部分１９ｆ３の第二内径ｈｄ２は、

ｍｄ－ｍｔｄ≦ｈｄ２＜ｍｄ

の範囲となるように定められる。脚部１０ｆに形成されているねじ山のピッチをＰとしたとき、第二部分１９ｆ３の長さが１Ｐ以上２Ｐ以下に設定されている。ねじ部材１０の脚部１０ｆは該第二部分１９ｆ３に対しセルフタッピングではなく、図１６の右に示すように、第二部分１９ｆ３の内周面に圧入されつつ先端を液体流路３内に突出させる形となっている。

【０１０４】

脚部挿通部１９ｆにねじ部材１０を装着する際は、図１６の左に示す如く、第一部分１９ｆ１に脚部を隙間嵌め装着した後、第二部分１９ｆ３に対してはねじ部材１０を、軸線方向（スラスト方向）に圧入する。これにより、金属製の脚部１０ｆは、ねじ山が第二部分１９ｆ３の樹脂製の内周面部を乗り越える形でコア本体１Ｍに装着される。ねじ部材１０のコア本体１Ｍへの組付工程がより簡略化されていることがわかる。

【０１０５】

（実施形態３）

図１７は、本発明の第二にかかる液体処理ノズルの別実施形態を示すものである。該液体処理ノズル２００においては、複数のキャビテーションコア１をノズルケーシング５０に組み込んでいる。また、キャビテーションコア１の外周面とノズルケーシング５０の収容通路部５６の内周面との間には空間が形成されている。以下、主に実施形態１の液体処理ノズルとの相違点を中心に説明し、概念的に共通する部分については同一の符号を付与して詳細な説明を略する場合がある。

【０１０６】

ノズルケーシング５０はケーシング本体５０Ｂ、コア押え部５０Ａ及び該コア押え部５０Ａに回転自在に嵌着された袋ナット５０Ｃからなる。キャビテーションコア１の構成は図３に示すものと同一であり、ケーシング本体５０Ｂに形成されている収容通路部５６には、２つ（複数）のキャビテーションコア１,１が軸線方向に並列に配置されている。また、収容通路部５６の内径はキャビテーションコア１の外径の２倍より大きく設定されている。ケーシング本体５０Ｂには、外周面の第一側端部をオフセット形態に切り欠くことで１対の平行面からなる工具係合部２５７が形成されている。

【０１０７】

複数のキャビテーションコア１は各々中心軸線が平行となる配列にて両端面にアセンブリプレート２０１がはめ込まれることにより一体化され、マルチコアアセンブリ２１０が形成されている。該マルチコアアセンブリ２１０はケーシング本体５０Ｂの収容通路部５６に軸線方向に装着され、コア押え部５０Ａの第一側端面の外周縁部がアセンブリプレート２０１，２０１の一方（図面上側）と液密形態に密着することで、マルチコアアセンブリ２１０の抜け止めがなされている。また、アセンブリプレート２０１，２０１の他方（図面下側）の外周縁部は収容通路部５６の第一側端部の外周縁部と液密形態に密着している。

【０１０８】

図１８はアセンブリプレート２０１の平面図であり、複数のコア嵌着部２１３が形成されている。各コア嵌着部２１３は円形の座繰り２１１と、該座繰り２１１よりも径小の液体流通孔２１２からなる。図３に示すように、コア本体１Ｍの各端面外周縁部を階段状に切り欠くことで周方向の嵌着溝１Ｇが形成され、その内側に径小部１Ｃが形成されている。図１９に示すように、マルチコアアセンブリ２１０の各キャビテーションコア１は、両端の径小部１Ｃにおいて対応するアセンブリプレート２１０の座繰り２１１に嵌着されている。アセンブリプレート２０１の液体流通孔２１２は、キャビテーションコア１，１の拡径部９Ｂに対応する内径に設定されている。

【０１０９】

図１７に示すように、ケーシング本体５０Ｂの第一側流路部５０ｕとコア押え部５０Ａの第二側流路部５０ｖとはいずれも、対応するアセンブリプレート２０１に面する側において内周面が、すべての液体流通孔２１２を包含する寸法となるように該アセンブリプレート２１０に向けて連続的に拡径するテーパ面５０ｕｔ,５０ｖｔとされている。

【０１１０】

該液体処理ノズル２００は、例えば第二側開口部５５から第二側流路部５０ｖに液体を流入させることで、拡径部５０ｖｔを経て各キャビテーションコア１を流通し、拡径部５０ｕｔにて合流した後、第一側流路部５０ｕを経て第一側開口部５４から流出する。これにより、実施形態１の液体処理ノズル１００よりさらに大流量の液体をキャビテーション処理することができる。ノズル側ねじ継手部５１の雄ねじ部の寸法、および袋ナット５０

Ｃの雌ねじ部５２の寸法については、本実施形態では、いずれも管用平行ねじ規格のＧ３／４の寸法が採用されている。

【０１１１】

なお、マルチコアアセンブリ２１０に組み込むキャビテーションコア１の数は２つに限定されず、例えば図２０に示すように、３つのキャビテーションコア１を組み込むことも可能である。

【０１１２】

以下、ケーシング本体に付加機能部を追加した液体処理ノズルの実施形態について説明する。

（実施形態４）

図２１の液体処理ノズル３００においてはノズルケーシング５０が、付加機能部をなす流路調整バルブ５０Ｄ、ケーシング本体５０Ｂ’、コア押え部５０Ａからなり、コア押え部５０Ａに袋ナット５０Ｃが回転自在に嵌着されている。以下、主に実施形態１の液体処理ノズルとの相違点を中心に説明する（概念的に共通する部分については同一の符号を付与して詳細な説明を略する場合がある）。

【０１１３】

流路調整バルブ５０Ｄはバルブケーシング６９を備え、その第二側端部内周面に雌ねじ部７１が形成されている。また、ケーシング本体５０Ｂ’の第一側端部の外周面には雄ねじ部５１’が形成され、流路調整バルブ５０Ｄの雌ねじ部７１とシールリング７０を介して螺合している。ケーシング本体５０Ｂ’に形成された第一側流路部５０ｕ１は、バルブケーシング６９に貫通形成されている主バルブ流路部５０ｕ２と連通している。また、ノズル側ねじ継手部５１はバルブケーシング６９の第一側端部に雄ねじ部として形成されている。

【０１１４】

主バルブ流路部５０ｕ２の途中にはボール弁体７２を操作軸線ＨＡの周りに回転自在に保持する弁体保持部７４が組み込まれている。ボール弁体７２には弁体流路８０が形成され、該バルブ流路８０の軸線と直交する向きに操作軸線ＨＡが設定されるとともに、ボール弁体７２には操作軸部７６の一端が操作軸線ＨＡに関して同軸的に結合されている。また、操作軸部７６の他端には操作ハンドル７８が操作軸部７６に対し相対回転不能に結合されている。

【０１１５】

操作ハンドル７８を操作軸線ＨＡの周りに回転操作すると、ボール弁体７２が操作軸部７６を介して回転する。ボール弁体７２に形成された弁体流路８０の開口と、主バルブ流路部５０ｕ２の流路断面との重なり面積は、操作ハンドル７８の角度位相に応じて連続的に変化する。これにより、液体処理ノズル３００の実質的な流路断面積を連続的に切り替えることができ、ひいては液体処理ノズル３００が組み込まれる配管系の流量を流路調整バルブ５０Ｄにより容易に調整できる。なお、流路調整バルブ５０Ｄは上記のようなボールバルブに限定されず、例えば、流路を全閉状態（遮断状態）と全開状態（開放状態）の２状態間で切り替えるストップバルブとして構成してもよい。

【０１１６】

（実施形態５）

図２２の液体処理ノズル４００は、液体流路から液体を分岐流通させるための分岐配管３１を付加機能部として設けた例を示すものである。液体処理ノズル４００においてはノズルケーシング４５０が、ケーシング本体５０Ｂ’、コア押え部５０Ａ’及び袋ナット５０Ｃ’からなる。袋ナット５０Ｃ’はケーシング本体の第一側端部に、図１１と同様の構成にて回転自在に嵌着されている。また、ノズル側ねじ継手部５１’はコア押え部５０Ａ’の第二側端部に雄ねじ部として形成されている。以下、主に実施形態１の液体処理ノズルとの相違点を中心に説明する（概念的に共通する部分については同一の符号を付与して詳細な説明を略する場合がある）。

【０１１７】

分岐配管３１は、その一端の外周面に雄ねじ部９７ｍが形成され、ケーシング本体５０

Ｂ’の側壁部を貫通して形成された雌ねじ部９７ｆと螺合することにより、ケーシング本体５０Ｂ’の第一側流路部５０ｕと連通する形で結合されている。一方、ケーシング本体５０Ｂ’の側壁部には、中心軸線に関して分岐配管３１の連通位置と反対側にバルブ孔９８が貫通形成され、該バルブ孔９８の内側には分岐配管３１の連通側開口部に向け、分岐配管３１側への液体分配量を調整するための調整バルブ（本実施形態ではバタフライバルブ）９９がシールリング９９ｃを介して装着されている。

【０１１８】

他方、分岐配管３１の反対側の端部には、分岐配管３１からの液体の流入を受け入れるとともに、受け入れた液体に薬液を溶出させる薬液保持部３３が設けられている。薬液保持部３３からの薬液が溶出した分岐配管３１内の液体は、分岐配管３１のケーシング本体５０Ｂ’との接続端から液体流路３側へ逆流形態にて徐放流出する。調整バルブ９９により第一側流路部５０ｕの流通断面積を変更することにより分岐配管３１への液体の分配流出量を変更することができる。分岐配管３１への液体の分配流出量が多くなるほど、第一側流路部５０ｕ側への液保持部３３からの薬液の徐放流出量は多くなる。このような液体処理ノズル４００は、例えばトイレの便器（例えば小便器）に洗浄水を供給する配管上にサニタイザーとして取り付けることができる。

【０１１９】

薬液としては、除菌及び尿石除去用の洗浄薬液（例えば、ジデシルジモニウムクロリド、塩化ベンザルコニウム、ポリヘキサメチレンビグアニドあるいはジメチコンなどを香料及び界面活性剤とともに水に溶解した周知のもの）を用いることができ、便器内面や排水管の除菌及び尿石除去を図ることができる。図２２の構成では、洗浄水は液体処理ノズル４００に対し第二側開口部５５（図面左側）から供給され、キャビテーションコア１にてキャビテーション処理されたのち分岐配管３１から洗浄用薬液が混合され、第一側開口部５４（図面右側）から図示しない便器に向け流出する。洗浄水には、キャビテーションによる浸透性改善効果が付加されており、便器に対する洗浄力がさらに改善される。また、同程度の洗浄力を確保するための薬液注入量の低減を図ることもできる。

【０１２０】

（実施形態６）

図２３の液体処理ノズル５００は、ノズルケーシング５５０がケーシング本体５５０Ｂ、コア押え部５５０Ａ及び袋ナット５５０Ｃからなり、コア押え部５５０Ａの第二側端部には、液体流路３の一部をなすとともにコア押え部５５０Ａの組立用雄ねじ部５０ｄをケーシング本体５５０Ｂの組立用雌ねじ部５０ｇに螺合締結させる際に使用する組立用工具を係合させるための工具係合孔５５０ｖを形成している。以下、主に実施形態１の液体処理ノズルとの相違点を中心に説明し、概念的に共通する部分については同一の符号を付与して詳細な説明を略する場合がある。

【０１２１】

袋ナット５５０Ｃはコア押え部５５０Ａの第二側端部に回転自在に嵌着されている。袋ナット５５０Ｃの第一側端部をなすフランジ部５５２と、コア押え部５５０Ａの第二側端部をなすフランジ部５５１とは直接接する形で互いに係合しており、図１１の構成におけるスナップリング５８が省略された構成とされている。工具係合孔５５０ｖは本実施形態では六角断面形状であり、工具として六角レンチを活用することが可能となっている。この構成によると、コア押え部５５０Ａの組立用雄ねじ部５５０ｄとケーシング本体５５０Ｂの組立用雌ねじ部５５０ｇとを螺合させ、その状態でケーシング本体５５０Ｂ側の工具係合部５７とコア押え部５５０Ａの工具係合孔５５０ｖとにそれぞれ工具を係合させて軸線周りに相対回転させることで、ノズルケーシング５５０の組立をスムーズかつ容易に完了させることができる。また、組立完了後はコア押え部５５０Ａの工具係合孔５５０ｖを液体流路３の一部として流用できるので、液体処理ノズル５５０の構造の簡略化にも貢献している。

【０１２２】

（実施形態７）

図２４の液体処理ノズル６００は、本発明の第一にかかる液体処理ノズルの一実施形態をなすものであり、全体の外観が円筒状に形成され、中心軸線Ｏの向きに円形断面の１つの液体流路６０３が貫通形成されている。液体流路６０３は一方の端（図面右側）に流入側開口部６０４を、他方の端に流出側開口部６０５を開口しており、その流れ方向中間位置には流入側開口部６０４及び流出側開口部６０５よりも径小の絞り部６０９が液体流路６０３の一部区間をなす形で形成されている。液体流路６０３は絞り部６０９よりも流入側開口部６０４側が流入側テーパ部６０６とされ、流出側開口部６０５側が流出側テーパ部６０７とされる。そして、絞り部６０９には、脚部先端側が流路内側に突出するようにねじ部材１０が組み付けられ、キャビテーション処理部ＣＶを形成している。処理対象となる液体は、例えば水（あるいは必要に応じて所望の溶質成分を溶かし込んだ水溶液）であるが、水以外の液体（例えば、アルコール等の有機溶媒、ガソリンや軽油などの化石燃料、食用油など）を用いてもよい。

【０１２３】

液体処理ノズル６００は、ノズルケーシング６０２とキャビテーションコア１とを含んで構成される。本実施形態において液体処理ノズル６００は、キャビテーションコア１、ノズルケーシング６０２を構成するケーシング本体６０２ＣＡ及びコア押え部６０２ＣＢ、及びテーパピース６０２ＣＰの４つの主要パーツからなる。また、キャビテーションコア１は、コア本体１Ｍとねじ部材１０とを有する。

【０１２４】

ノズルケーシング６０２のケーシング本体６０２ＣＡには、液体流通方向（中心軸線Ｏの方向）にて両端が開口する形態の収容通路部６５１を有する。具体的には、ケーシング本体６０２ＣＡは、流入側開口部６０４を開口形成する雌ねじ継手部６１６（流入側管継手部）を有し、この雌ねじ継手部６１６の下流に続く形で液体流通方向に漸次縮径する形で流入側テーパ部６０６が形成されている。また、流入側テーパ部６０６の流出開口につながる形で該流出開口と同一内径の円筒面部６０９Ｂが形成されている。この円筒面部６０９Ｂは絞り部６０９の一部を形成する。収容通路部６５１は円筒面部６０９Ｂよりも径大であり、段付面６５２を生ずる形で円筒面部６０９Ｂと連通している。この収容通路部６５１の液体流通方向における下流側には、ケーシング接続用の雌ねじ部６５３が、段付面６５２を生ずる形で該収容通路部６５１よりも径大に形成されている。

【０１２５】

次に、キャビテーションコア１のコア本体１Ｍには、中心軸線Ｏの方向における一方の端面に液体入口を開口し他方の端面に液体出口を開口する液体流路６０９Ａが貫通形成され、ノズルケーシング６０２の流入側開口部６０４に向けて供給される液体が液体流路６０９Ａを経て流出側開口部６０５より流出可能となる位置関係にて、外周面側が収容通路部６５１の内周面に対し圧入又は隙間嵌めとなるように中心軸線Ｏの方向に挿入されている。具体的には、コア本体１Ｍは外周面が円筒面状であり、収容通路部６５１に対し雌ねじ部６５３側から同軸的に挿入されている。

【０１２６】

キャビテーション処理部ＣＶへのねじ部材１０の配置構造は図４Ａに示したものと概念的にはほぼ同じである。すなわち、キャビテーション処理部ＣＶには、液体流路３の中心軸線Ｏと直交する仮想的なねじ配置面が該中心軸線Ｏに沿って複数、図２４においてはＬＰ１，ＬＰ２の２面が設定され、図４Ａの面ねじ組が、ねじ配置面ＬＰ１，ＬＰ２に対し同相に配置されている。また、図２５Ａに示すように、ねじ装着孔１９の脚部挿通部１９ｆの内径ｈｄが、脚部挿通部１９ｆの全長にわたって

$$md - mtd \leqq hd < md$$

の範囲となるように定められている。よって、図２５Ｂに示すように、脚部挿通部１９ｆ内にてねじ部材１０の脚部１０ｆは全区間にわたってセルフタッピング形態に装着されている。

【０１２７】

図２４に戻り、テーパピース６０２ＣＰは外周面が円筒面状とされ、キャビテーション

コア１の下流側に隣接する形で収容通路部６５１に中心軸線Ｏの向きに挿入配置されている。テーパピース６０２ＣＰには、液体流通方向（中心軸線Ｏの方向）にて両端が開口する形態の第一テーパ部６０７Ａが貫通形成されている。第一テーパ部６０７Ａは流出側テーパ部６０７の上流側の一部をなすものであり、その流入側の開口は、キャビテーションコア１の液体流路６０９Ａと同一内径に形成されるとともに、流出側の開口に向けて漸次拡径する形で形成されている。

【０１２８】

また、コア押え部６０２ＣＢは流出側開口部６０５を開口形成する雌ねじ継手部６１７（流出側管継手部）を有し、この雌ねじ継手部６１７の上流にはコア押え部６０２ＣＢの流入側の開口を形成する第二テーパ部６０７Ｂが形成されている。第二テーパ部６０７Ｂは流出側テーパ部６０７の下流側の一部をなすものであり、テーパピース６０２ＣＰの流出側開口と同一内径をなす流入側の開口に向けて漸次縮径する形で形成されている。また、流入側の開口が位置する上流端部分は段付面６５５により縮径され、その外周面にはケーシング本体６０２ＣＡの雌ねじ部６５３と螺合する雄ねじ部６５６が形成されている。テーパピース６０２ＣＰの下流側の端面は、コア押え部６０２ＣＢの上流側の端面により、中心軸線Ｏの方向における下流側への移動が規制されている。

【０１２９】

上記の構成において、流出側テーパ部６０７は流入側テーパ部６０６よりも液体流通方向における区間長が大きくなるように形成されている。流出側テーパ部６０７の区間長をこのように大きく定めることで、液体を流通した場合にテーパ面内周に沿う旋回流の形成が顕著となる。例えばキャビテーションコア１で減圧析出した溶存気体が多少大きく気泡成長しても、流出側テーパ部６０７に沿う旋回流に巻き込むことで微粉砕することができる。また、図３１に示す後述の変形例のごとく、流通する液体に外部から可溶性ガスを導入する場合は、この旋回流に巻き込むことで可溶性ガスの溶解効率を向上させることができる。

【０１３０】

また、流出側テーパ部６０７を、テーパピース６０２ＣＰの第一テーパ部６０７Ａとコア押え部６０２ＣＢの第二テーパ部６０７Ｂとにより分割形成することで、例えば流出側テーパ部６０７を内面切削により形成する場合の切削工具の軸線方向の挿入長を短くでき、加工の実施は各段に容易となる。なお、より区間長の長い流出側テーパ部６０７を形成したい場合、テーパピース６０２ＣＰを２個以上にさらに分割することも可能である。

【０１３１】

ケーシング本体６０２ＣＡ、コア押え部６０２ＣＢ、テーパピース６０２ＣＰ及びコア本体１Ｍの材質は、たとえばＡＢＳ、ナイロン、ポリカーボネート、ポリアセタール、ＰＴＦＥなどの樹脂であるが、ステンレス鋼や真鍮などの金属やアルミナ等のセラミックスとしてもよく、用途に応じて適宜選択される。

【０１３２】

図３１は、上記の液体処理ノズル６００において気体導入機構を設けた変形例を示す横断面図である。ケーシング本体６０２ＣＡには、該ケーシング本体６０２ＣＡの外周面に開口し、キャビテーション処理部ＣＶよりも上流にて絞り部６０９に連通する気体導入孔６２６が形成されている。気体導入孔６２６のケーシング本体６０２ＣＡの外周面側の開口にはめねじ孔６２９が形成され、ここに気体供給管を接続するための図示しない気体導入用継手が取付可能となっている。これら気体導入孔６２６及び気体導入用継手が気体導入機構を構成し、該気体導入用継手に気体供給配管（図示せず）を接続すれば、絞り部６０９内に溶解するべき気体を簡単に導入することができる。例えば、エアコンプレッサ（図示せず）からの気体供給配管を接続することで被処理水に空気を溶解でき、例えば溶存空気の欠乏した被処理水においてもキャビテーションに必要な溶存空気量を確保できる。

【０１３３】

以下、キャビテーション処理部の種々の変形例について説明する。これらの変形例は、上記実施形態のいずれについても適用可能である。

図２６は、図２４の液体処理ノズル６００のキャビテーション処理部ＣＶにて、図４Ａに示すレイアウトの面ねじ組を中心軸線Ｏの方向に４組配置した構成を示す。具体的には、中心軸線Ｏの向きに４つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ４が、図２４と同じ面間隔ｄｐにて配置され、図４Ａの十字状の面ねじ組が互いに重なるように（すなわち、同相に）配置されている。この場合、１６本のねじ部材１０が４つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ４に分配されることとなる。また、図２７は、図４Ａの面ねじ組を８つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ８に対し同相に配置したキャビテーション処理部ＣＶの例を示す。この場合、３２本のねじ部材１０が８つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ８に分配されることとなる。各キャビテーション処理部ＣＶの７０％谷点面積密度は、図２４の構成と比較して、図２６の構成では２倍に、図２７の構成では４倍に増加させることができる。

【０１３４】

図２８は、図２４の液体処理ノズル６００のキャビテーション処理部ＣＶにて、図４Ａに示すレイアウトの面ねじ組をねじ配置面ＬＰ１に、図４Ｂに示すレイアウトの面ねじ組をねじ配置面ＬＰ２に、それぞれ設けた例を示す。また、図２９は、図２８の構成において、面ねじ組を互いに直交するねじ部材対に分割し、それぞれ中心軸線Ｏの向きに位置をずらして配置したキャビテーション処理部ＣＶの例を示す。具体的には、図２４においてねじ配置面ＬＰ１,ＬＰ２上に配置されていた各々４本のねじ部材１０が、図２９の構成では、ねじ部材１０の公称ねじ径Ｍだけ隔てられた２つのねじ配置面ＬＰ１，ＬＰ１’及びＬＰ２，ＬＰ２’に、互いに直交する２本ずつを分散させて配置している。すなわち、８本のねじ部材１０を４つのねじ配置面ＬＰ１，ＬＰ１’，ＬＰ２，ＬＰ２’に分配した例を示すものである。また、ねじ配置面ＬＰ１’とねじ配置面ＬＰ２との間隔は、公称ねじ径Ｍよりも大きく（例えば１．５Ｍ～２．０Ｍ程度）に設定されている。該構成における７０％谷点面積密度は図２４の構成と同等である。

【０１３５】

また、図３０は、図４Ａのレイアウトの面ねじ組と、図４Ｂのレイアウトの面ねじ組とを、４つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ４に対し、交互に２つずつ合計４組配置したキャビテーション処理部ＣＶの例を示す。この例では、１６本のねじ部材１０が４つのねじ配置面ＬＰ１～ＬＰ４に４本ずつ分配配置されている。該構成における７０％谷点面積密度は図２４の構成の２倍となる。

【０１３６】

上記の種々の実施形態では、ねじ配置面に対しねじ部材を４本十字状に配置していたが、ねじ配置面におけるねじ部材の配置数及び配置形態はこれらに限定されるものではない。図３２は、面ねじ組を３本のねじ部材１０で構成した例を示すものである。３本のねじ部材１０の先端面は三角形状の液体流通ギャップ１５を形成している。

【０１３７】

また、図２４の構成において、液体流路３（絞り部６０９）の内径が拡大した場合、全流通断面積が３．８mm^2以上確保され、かつ、面内流通面積率が４０％以上に確保される条件が充足されるのであれば、１つのねじ配置面上に配置するねじ部材の数、すなわち、面ねじ組の構成ねじ部材数は４つを超えた数とすること、例えば６本や８本としてもよい。図３３は、面ねじ組を８本のねじ部材で構成した例を示している。

【０１３８】

また、ねじ部材を液体流路３（絞り部６０９）の内径（直径）に沿って配置する場合、該内径を横断するねじ部材を用いることで、中心ギャップを省略する構成も可能である。図３４は、面ねじ組を４本のねじ部材により、中心ギャップを形成しない形で構成した例を示す。また、図３５は、図３４の面ねじ組を、中心軸線Ｏの方向に位置をずらし、かつ角度位相を４５°ずらして２組配置した例を示すものである。特に、絞り部９の内径が１０ｍｍを超える大流量のノズルにおいては、中心ギャップを省略しても中心軸線Ｏ付近の流速は十分に確保でき、高流速となる中心軸線Ｏ付近のねじ谷数を増加させる上での支障がない。

【０１３９】

（実験例）
以下、本発明の液体処理ノズルを用いて処理した水の、種々の効果を確認するために行った実験の結果について説明する。
試験用の液体処理ノズル（以下、「試験ノズル」と称する）として、図２４に示す形状のものを種々作成した。図４２に図２４の各部の寸法関係を図示している。キャビテーションコア１の材質はＡＢＳ樹脂であり、流入側開口部６０４と流出側開口部６０５の内径はφ２０mm、流入側テーパ部６０６及び流出側テーパ部６０７の流れ方向の長さはそれぞれ１５mm及び４５mmである。また、キャビテーション処理部において絞り部６０９の長さＬは１２mm（面ねじ組数４まで）ないし１７mm（面ねじ組数８）、絞り部６０９の内径Ｄはφ４．２（２孔）～φ１１．５mmの種々の値に設定した。
【０１４０】
採用したねじ部材は、ＪＩＳ：Ｂ０２０５（１９９７）に規定されたメートル並目ピッチを有する０番１種なべ小ねじであり、材質はステンレス鋼（ＳＵＳ３０４）である。また、脚部の公称ねじ径はＭ１．０（ねじピッチ：０．２５mm、ねじ頭外径：１．８mm）、Ｍ１．４（ねじピッチ：０．３０mm、ねじ頭外径：２．０mm）、Ｍ１．６（ねじピッチ：０．３５mm、ねじ頭外径：２．４mm）、Ｍ２．０（ねじピッチ：０．４０mm、ねじ頭外径：３．０mm）である。また、各ねじともねじ山の高さｍｔｄはねじピッチの約５０％であり、ねじ装着孔１９の脚部挿通部１９ｆの内径は前述のラップ長ｆｔｄが０．３１ｍｔｄとなるように定めている。キャビテーション処理部におけるねじ配置面（面ねじ組）の数は１～８であり、種々の面間隔にて設定している。なお、比較のため、図４１に示す如く、キャビテーション処理部に形成した隔壁部８に２つの絞り部９を形成し、各絞り部９について十字形態に４本のねじ部材１０を配置した液体処理ノズルも作成した。
【０１４１】
各ねじ配置面のねじ部材（面ねじ組）の配置数及びレイアウトは、図３２に示す３本、図４Ａ及び図４Ｂに示す４本及び図３３に示す８本であり、隣接するねじ配置面の面ねじ組の位置関係（角度位相）は、図２４、２６、２７に示す同相か、図２８～図３０に示す４５°又は６０°（ねじ配置面が３以上の場合は交互に４５°又は６０°ずらした配置）のいずれかとした。また、個々のねじ配置面の全流通断面積ａは５．１～５６．８mm^2、面内流通面積率は２６．０％～７３．７％の種々の値とした。なお、表３の番号１３及び番号１５の試験ノズルについては、直径方向に２本のみねじ部材を配置した１つのねじ配置面を１つ含むように構成した（表中、「１／２」と表示）。
【０１４２】
また、絞り部内のねじ部材のレイアウトを示す投影画像上で各ねじ配置面上の基準円内側の７０％谷点数を計数し、これをねじ配置面で合計した値を絞り孔の全断面積で除することにより、７０％谷点面積密度の値を各試験ノズルについて算出した。作成した各ノズルについて、絞り部内径、組内ねじ数、面ねじ組数、面ねじ組配置、面ねじ組間隔、各ねじ配置面の面内流通断面積、各ねじ配置面の面内流通面積率、流量、７０％谷点総数、７０％谷点面積密度及び７０％谷点流量密度の各値を、表１～表４にまとめて示している。なお、＊を付与した番号のノズルは参照用ノズル（本発明の範囲内であるが、一部の値が好ましい数値から外れているノズル）であることを示す。また、表１及び表３の各試験ノズルにおいては、公称ねじ径が上記Ｍ１．４のねじ部材を使用している。
【０１４３】

【表１】

試験品番号	200*	101*	102*	103*	2	4	6
絞り部内径(mm)	ブランク水	5	5	4.2(2孔)	5	5	5
組内ねじ数		4	8	4	4	4	4
面ねじ組数		1	1	2	2	2	2
面ねじ組配置		−	−	−	45°	45°	同相
面ねじ組間隔(mm)		−	−	−	2.1	6.3	2.1
面内流通断面積(mm^2)		10.4	5.1	12.8	10.4	10.4	10.4
面内流通面積率(%)		53.0	26.0 *	46.1	53.0	53.0	53.0
流量(L/分、動水圧:0.077MPa)		19.2	6.8	17.7	14.0	19.4	19.4
70%谷点総数		24	40	30	48	48	48
70%谷点面積密度(個/mm^2)		1.2 *	2.0	1.2 *	2.4	2.4	2.4
70%谷点流量密度(個・min/L)		1.3	5.9	1.7	3.4	2.5	2.5
洗浄性能評価結果(等倍)	1.00	0.62	0.35	0.62	0.45	0.47	0.45
洗浄性能評価結果(2倍希釈)	1.00	0.74	0.48	0.70	0.56	0.57	0.55

【０１４４】

【表２】

試験品番号	101*	6	7	8
ねじ径	M1.4	M1.4	M1.4	M1.4
絞り部内径(mm)	5	5	5	5
組内ねじ数	4	4	4	4
面ねじ組数	1	2	4	8
面ねじ組配置	−	同相	同相	同相
面ねじ組間隔(mm)	−	2.1	2.1	2.1
面内流通断面積(mm^2)	10.4	10.4	10.4	10.4
面内流通面積率(%)	53.0	53.0	53.0	53.0
流量(L/分、動水圧:0.077MPa)	19.2	19.4	19.4	19.4
70%谷点総数	24	48	192	384
70%谷点面積密度(個/mm^2)	1.2*	2.4	9.8	19.6
70%谷点流量密度(個・min/L)	1.3	2.5	9.9	19.8
洗浄性能評価結果(希釈せず)	0.62	0.45	0.35	0.31
洗浄性能評価結果(2倍希釈)	0.74	0.55	0.47	0.39
洗浄性能評価結果(3倍希釈)	0.85	0.75	0.59	0.48

【０１４５】

【表３】

試験品番号	109*	9	10	111*	11	112*	12	113*	13	14	15
絞り部内径(mm)	5.9	5.9	5.7	7.2	7.2	8.4	8.4	9.8	9.8	9.8	11.5
組内ねじ数	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	8
面ねじ組数	1	3	4	1	2	1	3	1	3+1/2	5	2+1/2
面ねじ組配置	−	同相	60°	−	同相	−	同相	−	同相	同相	同相
面ねじ組間隔(mm)	−	2.1	2.5	−	2.1	−	2.1	−	2.1	2.1	2.1
面内流通断面積(mm^2)	16.1	16.1	17.4	26.6	26.6	38.7	38.7	55.6	55.6	55.6	56.8
面内流通面積率(%)	58.9	58.9	68.2	65.4	65.4	69.9	69.9	73.7	73.7	73.7	54.7
流量(L/分、動水圧:0.077MPa)	30.8	30.5	30.1	50.7	50.1	73.4	72.9	106.3	105.8	104.9	107.1
70%谷点総数	31	93	93	45	90	57	171	70	245	350	364
70%谷点面積密度(個/mm^2)	1.1 *	3.4	3.6	1.1 *	2.2	1.0 *	3.1	0.9 *	3.2	4.6	3.5
70%谷点流量密度(個・min/L)	1.0	3.0	3.1	0.9	1.8	0.8	2.3	0.7	2.3	3.3	3.4
洗浄性能評価結果(等倍)	0.69	0.44	0.46	0.73	0.55	0.75	0.48	0.80	0.48	0.43	0.43

【０１４６】

【表４】

試験品番号	21	22	23	24
ねじ径	M1.0	M1.4	M1.6	M2.0
絞り部内径（mm）	4.6	5	5.2	5.6
組内ねじ数	4	4	4	4
面ねじ組数	2	2	2	3
面ねじ組配置	同相	同相	同相	同相
面ねじ組間隔（mm）	1.8	2.1	3.0	3.5
面内流通断面積（mm^2）	10.5	10.4	10.5	10.5
面内流通面積率（%）	63.2	53.0	49.5	42.7
流量（L／分、動水圧：0.077MPa）	19.8	19.4	19.8	19.7
70%谷点総数	74	48	38	39
70%谷点面積密度（個／mm^2）	4.5	2.4	1.8	1.6
70%谷点流量密度（個・min／L）	3.7	2.5	1.9	2.0
洗浄性能評価結果（等倍）	0.49	0.45	0.48	0.49

【０１４７】
上記の試験用ノズルを用い、以下のような試験を行なった。
（１）通水テスト
図４３に示す試験装置を構築し、各試験ノズルを組み込んで通水テストを行なった。具体的には、水温２０℃、溶存酸素濃度６ｐｐｍの水道水を容量５０Ｌの貯留タンクに注水した。配管系は内径２０ｍｍのＰＶＣ管を用いて作成した。吸引配管は一端をベーンポンプの吸引側に接続し、他端側を貯留タンクに挿入した。一方、ポンプ吐出側の配管は試験ノズルを装着する試験配管と、試験ノズルを経由しない逃がし配管とに分岐し、逃がし配管を通る水は貯留タンクに戻される。試験配管の先端には試験ノズルが装着され、その上流に動水圧計と流量計とが挿入される。この状態でベーンポンプを駆動することにより、試験ノズルを開放通水した時の動水圧と流量とが読み取り可能である。また、試験ノズルを通過した処理水は回収タンクに回収される。逃がし配管上には流量調整弁が設けられ、その開度を調整することで、ノズルに付加される動水圧及び流量が任意の値に無段階に設定可能である。
【０１４８】
通水テストは、動水圧を０．０７７ＭＰａに固定設定した時の流量を全ての試験ノズルについて測定したほか、特に選定したいくつかの試験ノズルについては、動水圧を種々に変更した時の流量変化についての測定を行なっている。また、ねじ配置面を１面のみとし、ねじ部材（面ねじ組）の配置数及びレイアウトを図４Ａに示す４本とし、絞り部６０９の内径及びねじ部材１０の公称ねじ径Ｍにより全流通断面積ａを種々に変更した試験ノズルを用い、動水圧を０．０７７ＭＰａに固定設定した時の流通断面積と流量の関係を調べる試験も別途行なっている。
【０１４９】
（２）ぬめり汚れ洗浄力評価テスト
バイオフィルムに類似したぬめり汚れのモデルとしてひきわり納豆を用い、図４０の装置２２００を用いて、各試験ノズルを通水させた水道水の洗浄力評価を行なった。装置２２００の要部をなす散水ノズル２２０１は、内径２０ｍｍのＰＶＣ管の先端をキャップで封止するとともに、管軸線方向に５ｍｍ間隔で管壁部を貫通するノズル孔を複数ドリル孔設したものである。この散水ノズルを水平に支持するとともに、基端側に試験水を供給することで各ノズル孔から下向きに噴射される。
【０１５０】
上記の散水ノズルを、図４３の装置系にて試験ノズルに代えて装着した。また、（１）

の通水テストで試験ノズルの通過によりキャビテーション処理された処理済み水が回収タンクに回収されるので、これを貯留タンクと置き換える形で設置した（ただし、動水圧を０．０７７ＭＰａに設定して得られた回収水を用いている）。これにより、図４３を援用して説明すれば、回収タンク内の処理済み水はベーンポンプにより吸い上げられ、試験ノズルの代わりに散水ノズルから噴射されることとなる。散水ノズル２２０１の直下には整流用タイル２２０７が垂直に立てた状態で設置される。整流用タイル２２０７の上面に向け斜め手前に水流が当たるように、散水ノズル２２０１は軸線周り手前に傾けてセッティングしてあり、各ノズル孔から噴射された水流ＷＦは、整流用タイル２２０７上で広がって一体化し、水膜状となって流下する。

【０１５１】

汚れモデルＮＴを塗布したサンプルタイル２２０６は整流用タイル２２０７の直下に配置され、整流タイルからの水膜状の水流ＷＦが幅方向に均等に流下する。サンプルタイル２２０６はスペーサ２２０５により、下端側が前方にせり出す形で約３°傾けられている。散水ノズル２２０１の水流噴射区間の幅は約３０ｃｍである。また、整流用タイル２２０７及びサンプルタイル２２０６は、片面に白色・平滑な釉薬層が形成された陶器製であり、高さＴＨが９ｃｍ、幅ＴＷが１８ｃｍである。サンプルタイル２２０６上の汚れモデルＮＴの幅は３～４ｃｍに設定され、噴射される処理水の総流量は６Ｌ／分、汚れモデルＮＴに当たる実質流量は０．６～０．７Ｌ／分に調整されている。これにより、汚れモデルＮＴの除去に対しては、水流の衝突運動エネルギーよりも、納豆粒子をタイルに付着させているぬめり層への浸潤が効果として主体的となる。

【０１５２】

汚れモデルＮＴはひきわり納豆であり、染料により赤く着色してサンプルタイル２２０６に塗付されている。ひきわり納豆に含まれる豆粒子のサイズは２～３ｍｍであり、塗布総重量はデジタルスケールを用いて1ｇ（粒子数：４０～５０個）に統一している。汚れモデルＮＴを塗布後のサンプルタイルは、２０℃、湿度５０％ＲＨの空調室内で９０分乾燥させたのち試験に供した。試験中、洗浄進行に伴いサンプルタイル２２０６から納豆粒子が落下・除去されてゆく様子を動画撮影し、サンプルタイル２２０６上の初期総粒子数に対する除去粒子数の比率の通水経過に伴う変化を動画から読み取った。具体的には、処理済み水を流通させる場合と通常水を流通させる場合のそれぞれについて３回同じ試験を繰り返し、除去率が５０％となる通水時間の３回の平均値を読み取るようにした。

【０１５３】

処理済み水の洗浄力は、上記の通水時間により評価したが、キャビテーション処理を行なっていない通常水道水や、異なる試験ノズルによる処理済み水の間での比較を行いやすくするために、次のような手法を用いた。

・処理済み水については、回収タンクに回収後、１０分間静置状態で放置したのち、試験に供した。１０分放置後の処理済み水は、レーザー回折式粒度計（島津製作所製：ＳＡＬＤ２２００）により微細気泡が計測されるか否かを確認したが、いずれの試験ノズルによる処理済み水も、通常水である水道水とともに測定結果は検出限界以下となった（一方、本発明の好ましい要件を充足する試験ノズル（＊印のないノズル）を通水した処理済み水を直ちに測定に供した場合は、平均気泡径１００～２００ｎｍ前後の微細気泡が検出された）。

・洗浄性の評価は、複数の試験ノズルの処理済み水間で通水時間の絶対値を横断的に比較するのではなく、同条件にて作成したサンプルタイルを用いたときの、キャビテーション処理を行わない通常水（ブランク水）と処理済み水との通水時間比（除去率：５０％）で比較するようにした。以上の試験結果を、表１～表４にまとめて示している。

【０１５４】

以下、得られた結果について説明する。

図３６は、表１～４に記載の試験に供したノズルとは別に、ねじ配置面を１面のみとし、ねじ配置面の全流通断面積（液体流通領域の面積）を種々に変更した試験ノズルを用意し、動水圧を通常水道圧領域の０．０７７ＭＰａに固定設定したときの、全流通断面積ａ

と流量ρの関係を調べた結果を示すグラフである。このグラフから明らかな通り、ねじ配置面における全流通断面積ａが５．０ｍｍ^{2}以上となる領域では、該面積ａの増加に伴い流量ρがａの一次関数：

ρ＝１．７５ａ＋２．９３・・・（Ｉ）

に従って直線的に増加する傾向を示していることがわかる。一方、全流通断面積ａが５．０ｍｍ^{2}未満となる領域では、流量ρは上記直線的な関係から下方に外れ、全流通断面積ａの縮小に伴って、該面積ａの対数に依存する関数：

ρ＝９．２８×ｌｎ（ａ）－３．３７・・・（ＩＩ）

に従い、流量ρが急速に減少していることがわかる。これは、通常の水道圧領域による流通条件では、全流通断面積ａが５．０ｍｍ^{2}未満となったとき、ノズル内の面ねじ組の挿入数が１つ増えるごとに増加する圧損が急激に大きくなり、流通断面積に見合った流量が得られなくなることを意味している。全流通断面積ａが５．０ｍｍ^{2}となる具体的な条件は、例えば、絞り部９の内径を４．２ｍｍに設定し、Ｍ１．４のねじ部材を図４Ａのレイアウトに従い４本配置した場合に相当する。

【０１５５】

また、７０％谷点面積密度の値をさらに増加させる上で、全流通断面積ａを５．０ｍｍ^{2}以上に確保することが重要である事情を説明するために、ねじ配置面を２面として面ねじ組の数を増やした試験ノズルを用意し、別途試験を実施した。図３７は、その結果を示すグラフである。横軸は、円形のねじ配置面をなす絞り孔の、断面半径方向の流速分布を示すものである。断面内にねじ部材が配置されるので、流速分布形状はその影響を当然受けると考えられるが、ねじ部材配置の対称性を考慮すれば、断面内にねじ部材が配置されていない場合と同様に、中心軸線Ｏが極大値となる放物線状の流速分布を仮定することは、おおむね妥当と考えられる（図中の実線）。この状態から、例えば絞り部９の内径を３．５ｍｍに縮小すると、全流通断面積ａは３．５ｍｍ^{2}となる。この領域においても、面積ａに対し流量ρが（Ｉ）式が示す一次関数に従い変化すると考えた場合、（Ｉ）式のａ＝３．５ｍｍ^{2}への外挿値から推定される流量は約９．０Ｌ／ｍｉｎとなる。しかし、実際には圧損増大のため該領域での流量はａの対数を含む（ＩＩ）式に支配され、（Ｉ）式の上記外挿値よりも１０％低い８．３Ｌ／ｍｉｎ前後となることがわかる。

【０１５６】

この場合、該領域でも圧損の影響が小さく（Ｉ）式が成立していれば、断面半径方向の流速分布はａ＝５．０ｍｍ^{2}の場合と同じになるはずであるが、実際には断面半径方向の流速分布は、図３７に破線で示すように、ａ＝５．０ｍｍ^{2}の場合から最大値が１０％減じた放物線状となる。断面半径の７０％となる位置では、最大値ρＭのほぼ１／２の流速となる。よって、最大流速が（Ｉ）式による外挿値から１０％減ずれば、ａ＝５．０ｍｍ^{2}の場合の最大値ρＭの１／２の流量となる断面半径位置は、計算によると７０％位置から６７％位置へ縮小する。このような特性の面ねじ組を、中心軸線Ｏの方向にさらに一組追加すれば、ρＭの１／２を与える断面半径位置はさらに縮小して６３％位置となる。

【０１５７】

絞り部９の内径が３．５ｍｍ、ねじ部材の公称ねじ径Ｍが１．４の場合、幾何学的な計算によると、７０％ねじ谷数は８個となるのに対し、６３％ねじ谷数は半分の４個に減ずる。このように、ａ＝３．５ｍｍ^{2}の面ねじ組は、仮に中心軸線Ｏの方向に２組配置して流路断面内のねじ部材数を倍増させても、圧損増加により、面ねじ組を１組のみとした場合と比較して７０％ねじ谷数の増加には寄与できなくなることがわかる。逆に、ａ＞３．５ｍｍ^{2}に設定される面ねじ組であれば、中心軸線方向に２組配置したときの圧損増加がａ＝３．５ｍｍ^{2}の場合よりも小さくなるので、面ねじ組の増加は７０％ねじ谷数の増加、すなわち７０％谷点面積密度の増加に理論的には貢献すると考えられる。全流通断面積ａの下限値は例えば３．８ｍｍ^{2}に定めるのがよいが、より好ましくは上記（Ｉ）式が成立する５．０ｍｍ^{2}以上に設定するのがよいといえる。そして、実験結果に基づいて以下に詳細に説明するごとく、面ねじ組を構成する十字状の４つのねじ部材を、互いに隣接するねじ配置面で同相に配置する（つまり、ねじ部材の脚部を、長手方向を一致させつつ互

いに重なり合う位置関係にて配置する）構成を採用するとき、面ねじ組の追加に伴う圧損増加はほとんど生じなくなり、７０％ねじ谷数を劇的に増加させることができる。また、互いに隣接するねじ配置面で角度位相をずらして面ねじ組を配置した場合も、面ねじ組間の距離を増加させることにより、面ねじ組の追加に伴う圧損増加を抑制でき、７０％ねじ谷数を同様に増加させることができるようになるのである。

【０１５８】

図３８は、絞り部の内径を５．０ｍｍとし、十字状の４つのねじ部材（Ｍ１．４）からなる面ねじ組を、ねじ配置面間隔が１．４ｍｍ～８．４ｍｍ（公称ねじ径をＭとして、１．０Ｍ～６．０Ｍ）となるように設定し、図２８のごとく、それらを互いに４５°ずれた角度位相にて配置した試験ノズル（番号１～５、以下、４５°ノズルという：前述の表１にて、洗浄性評価に供したのは番号２及び４のみ）を用いて行った通水テストの結果を示すものである。動水圧は０．０４６ＭＰａ～０．０８９ＭＰａの種々の値に設定され、各々測定された流量の値を、設定動水圧の値に対してプロットしている。また、面ねじ組を１組のみとしたもの（番号１０１）、面ねじ組を１組のみとしつつねじ部材の本数を８本に増加させたもの（番号１０２）、絞り孔を図４１の２孔タイプとしたもの（番号１０３）を用いた場合の結果についても併せて示している。

【０１５９】

上記の結果によると、面間隔ｄｐが公称ねじ径と等しくなる１．４ｍｍ（１．０Ｍ）の場合は、面ねじ組を１組のみとした番号１０１のノズルと比較すれば圧損増加は大きいが、同一面内に８本のねじ部材を配置した番号１０２のノズルよりは流量が大きくなっており、面ねじ組を中心軸線Ｏの方向に分散配置することによる圧損減少効果が明確に認められる。また、面間隔ｄｐを１．５Ｍに拡大した番号２のノズルは流量が大幅に増加しており、圧損減少効果は極めて顕著となる。この傾向は面間隔ｄｐがさらに拡大することによってより顕著となり（番号３：ｄｐ＝３．０Ｍ）、面間隔ｄｐが４．５Ｍに達すると、面ねじ組を中心軸線Ｏの方向に多重化しない番号１０１及び番号１０３と比較しても流量特性はほぼ等しくなる。すなわち、このような配置面間隔を採用することで、角度移相をずらした形で面ねじ組を追加しても、圧損増加がほとんど生じていないことがわかる。

【０１６０】

図３９は、絞り部の内径を５．０ｍｍとし、十字状の４つのねじ部材（Ｍ１．４）からなる面ねじ組を、面間隔ｄｐが２．１ｍｍ（＝１．５Ｍ）となるように設定し、図２４、図２６及び図２７のごとく、それらを互いに同相にて２～８組配置した試験ノズル（番号６～８）を用いて行った通水テストの結果を示すものである。動水圧は０．０４６ＭＰａ～０．０８９ＭＰａの種々の値に設定され、各々測定された流量の値を、設定動水圧の値に対してプロットしている。また、同じねじ配置面間隔を有する、図３８の番号２の４５°ノズルの結果についても併せて示している。面ねじ組を同相配置することにより、面ねじ組の数を８組まで増加させても、圧損はほとんど増加していないことがわかる。また、同じ面間隔による４５°ノズル（番号２）よりも、流量の値は大幅に増加していることもわかる。

【０１６１】

以下、各ノズルについて行ったぬめり汚れ洗浄力評価テストの結果について、表１～表４を参照しつつ説明する。表１は、上記通水テストで用いた番号２及び番号４の４５°ノズル及び番号６の同相ノズルについての結果を、番号１０１～１０３の参照用ノズルについての結果とともに示している。また、番号２００は、キャビテーション処理を行わない通常の水道水をブランク水（通常水）として用いた場合の結果を示すものである。評価は前述のごとく、除去率が５０％となるときのブランク水に対する処理済み水の通水時間比（除去率：５０％）で行っており、この通水時間比の値が１のとき、ぬめり汚れに対する洗浄力はブランク水と同等であり、１より小さいときは、ブランク水より短時間でぬめり汚れを除去できていることを意味し、その絶対値が小さいほどぬめり汚れに対する洗浄力に優れていることを示す。

【０１６２】

まず、参照用のノズルについての結果を説明すると、面ねじ組を１組のみとした番号１０１のノズルによる処理水は、通水時間比が１よりも小さい値となっており、ブランク水よりは洗浄力は良好である。また、面ねじ組を１組のみとしつつねじ部材の本数を８本に増加させた番号１０２のノズル、及び絞り孔を２孔タイプとした番号１０３についての結果も、ブランク水よりは良好であることを示している。

【０１６３】

ここで、番号１０２のノズルは７０％谷点面積密度が番号１０１のノズルの１．８倍程度となっており、特に良好な洗浄効果を示している。また、全流通断面積も５．１mm^2確保されており、ねじ谷底での流速はキャビテーションを発生させる上で十分確保されていると考えられるが、面内流通面積率の値は２６％とやや小さく、流量も６．８Ｌ／ｍｉｎと小さいことがわかる。なお、汚れ洗浄力評価テストは、処理水をブランク水にて２倍（ないし３倍）に希釈した水についても同様に行っているが、番号１０２のノズルは２倍希釈した場合も通水時間比は０．５以下と良好な値を示す。表中には、７０％谷点数を動水圧０．０７７ＭＰａでの通水流量で除して得られる７０％谷点流量密度の計算値も併せて示しているが、この値が大きいほど通水時間比が示す洗浄能力が良好となることも把握できる。これは、全流量のうち、キャビテーションにより気泡核析出が顕著となるねじ谷内の通過流量の占める割合が大きくなることに起因すると考えられる。なお、７０％谷点流量密度が高いほど洗浄能力が増加する傾向が発現するためには、７０％谷点位置にてキャビテーション発生に必要な流速が十分確保されていることが必要であり、全流通断面積が小さくなり、全流量が小さくなるほどキャビテーション発生が顕著となることを意味するものではない。

【０１６４】

次に、本発明の実施形態にかかる番号２、４、６の試験ノズルの結果については、番号１０１及び番号１０３のノズルと比較して７０％谷点面積密度が大きいため、処理水の洗浄能力は明らかに優れていることがわかる。他方、７０％谷点流量密度の比較では、番号１０２のノズルよりも若干劣っており、洗浄能力はこれには及ばないものの、これに近い能力が発揮されており、かつ、番号１０２のノズルと比較したとき、面内流通面積率が増大していることにより、流量については非常に良好な結果を示している。

【０１６５】

表２は、同相配置にて面ねじ組の数を増加させた番号７及び番号８のノズルについての結果を、番号１０１及び番号６の試験ノズルの結果と比較して示すものである。番号７及び番号８のノズルは、面ねじ組数の増加に伴う圧損増加が小さいため、大流量を維持しつつ７０％谷点面積密度及び７０％谷点流量密度がいずれも顕著に増加している。その結果、希釈率を２倍ないし３倍に増加させた場合においても通水時間比が示す洗浄能力は良好である。

【０１６６】

表３は、Ｍ１．４のねじ部材を用いつつ、絞り部内径、面ねじ組のねじ本数及び面ねじ組の数を種々に変更した試験ノズル（番号９～１５）についての結果をまとめたものである。また、番号１０９、１１１、１１２及び１１３は、番号９、１１、１２及び１３の試験ノズルと同じ構成の面ねじ組を１組のみ設けた参照用ノズルを表している。番号１０のノズルは、３本のねじ部材で構成した図３２に示す面ねじ組を用いたものであり、番号１５は、絞り部内径が１０ｍｍを超える値に設定される一方、面ねじ組を図１７に示す８本にて構成したものである。また、番号１３及び番号１５のノズルは、４本ないし８本の面ねじ組を用いつつ、１層だけねじ本数を１／２（４本の面ねじ組については、直径方向に対抗する２本のみとし、８本の面ねじ組については、十字状の４本のみに間引いたもの）に縮小したものとして構成している。番号９～１５の実施例の試験ノズルは、絞り部６０９の内径の拡大に伴い流量が３０Ｌ／ｍｉｎ以上に増加しているにも関わらず、７０％谷点面積密度を２．０個／mm^2以上に確保できており、参照用ノズルよりも大幅に良好な洗浄性能が発揮されている。

【０１６７】

表４は、各ねじ配置面の面内流通断面積の値をほぼ同等に設定しつつ、使用するねじ部材の公称ねじ径を変更することにより、７０％谷点密度を種々の値に設定した試験ノズル（番号２１～２４）についての結果を示すものである。いずれも良好な洗浄性能を発揮しているが、ねじ谷深さの大きいＭ１．４～Ｍ２．０のねじ部材を用いた番号２２～番号２４のノズルは、ねじ谷深さの小さいＭ１．０のねじ部材を用いた番号２１のノズルと比較して、より小さい７０％谷点面積密度にて同等の洗浄性能が達成できていることがわかる。

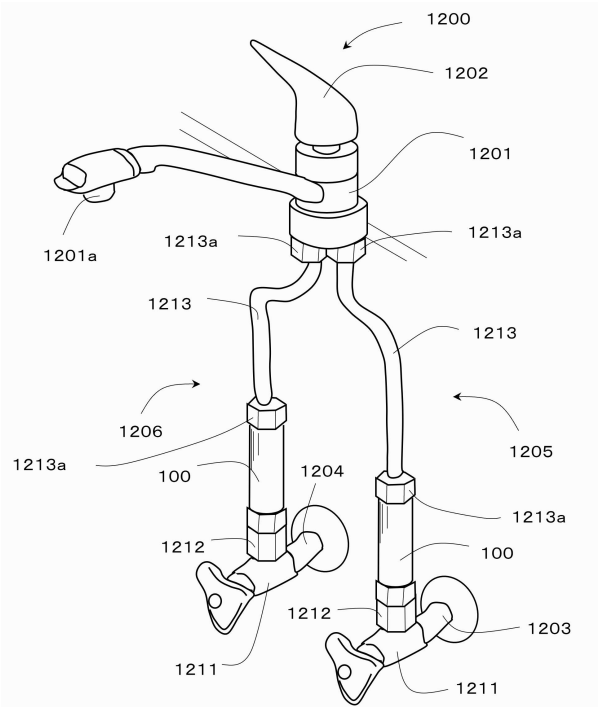
【符号の説明】

【０１６８】

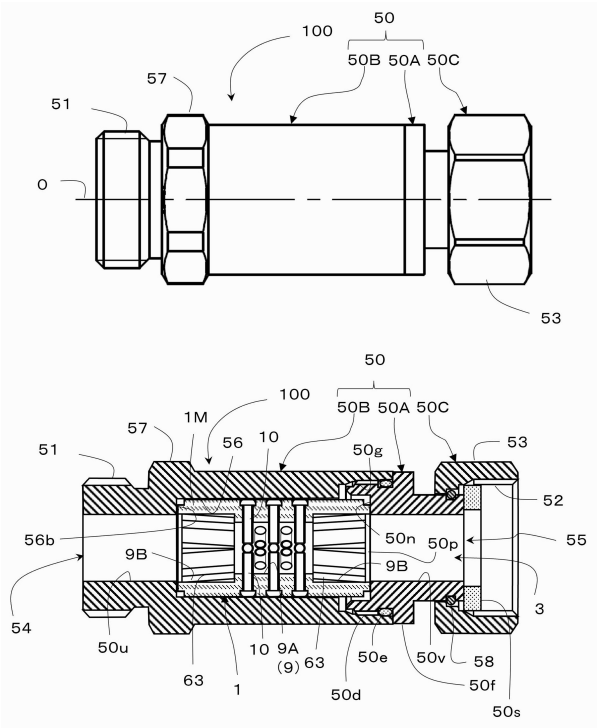
１　キャビテーションコア
１Ｍ　コア本体
３　液体流路
９Ａ　コア流路（液体流路）
１０　ねじ部材
１０ｆ　脚部
１０ｈ　頭部
１０ｍｔ　雄ねじ部
１５　液体流通ギャップ
１９　ねじ装着孔
１９ｆ　脚部挿通部
１９ｆｔ　雌ねじ部
１９ｈ　頭部収容部
５０　ノズルケーシング
５０Ｂ　ケーシング本体
５０Ａ　コア押さえ部
５６　収容通路部
５４　第一側開口部
５５　第二側開口部
１００～６００　液体処理ノズル

【図面】

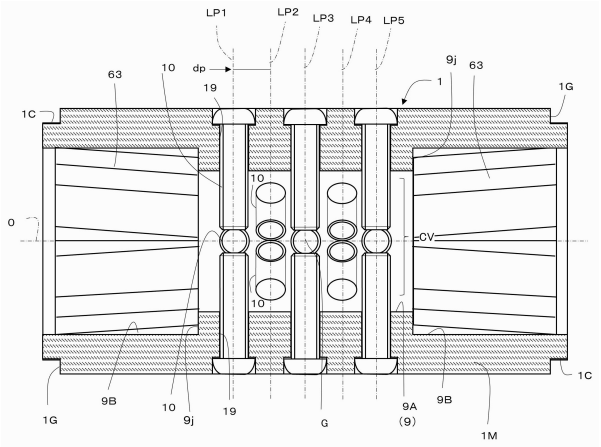
【図１】



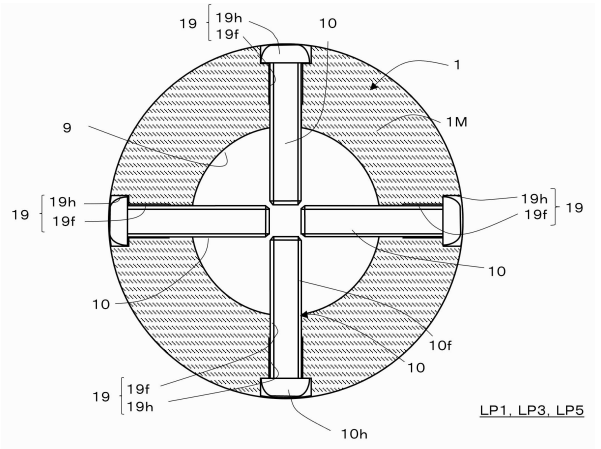
【図２】



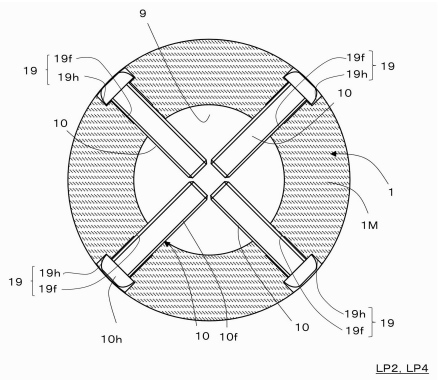
【図３】



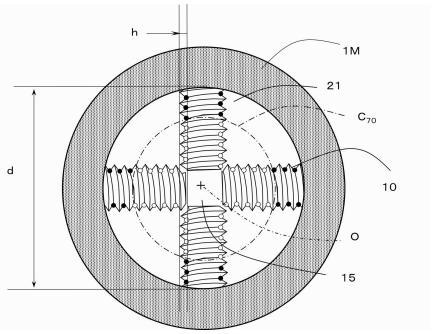
【図４Ａ】



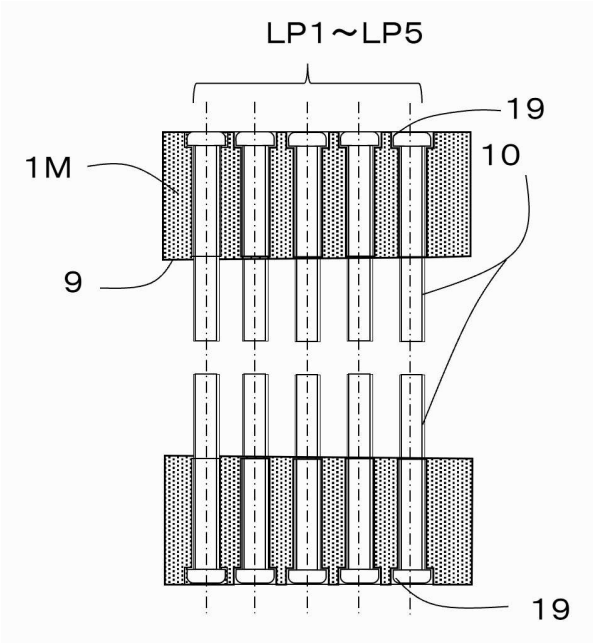
【図４Ｂ】



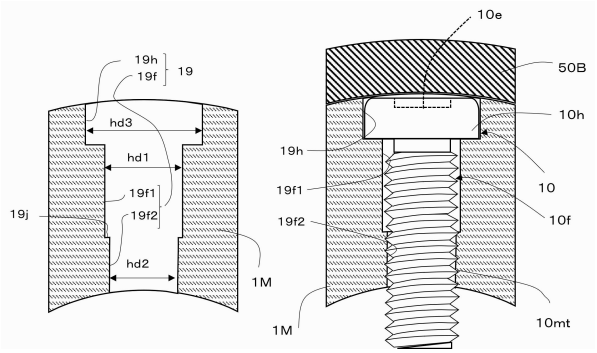
【図５Ａ】



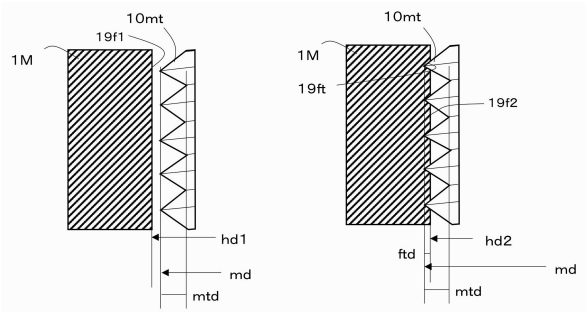
【図５Ｂ】



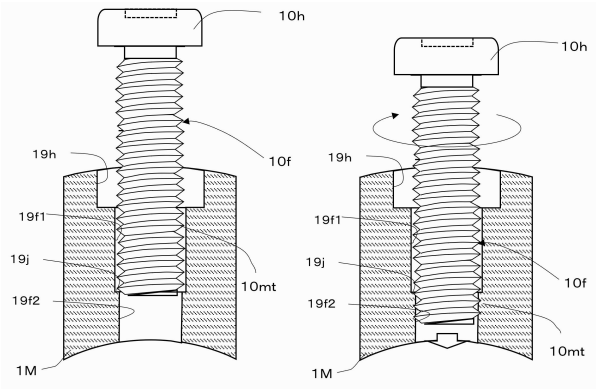
【図６Ａ】



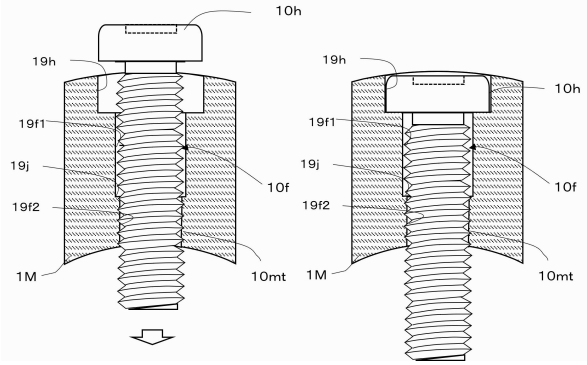
【図６Ｂ】



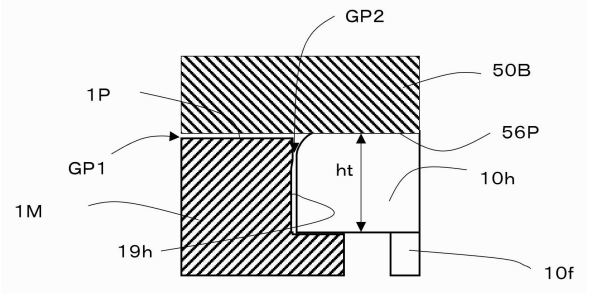
【図７Ａ】



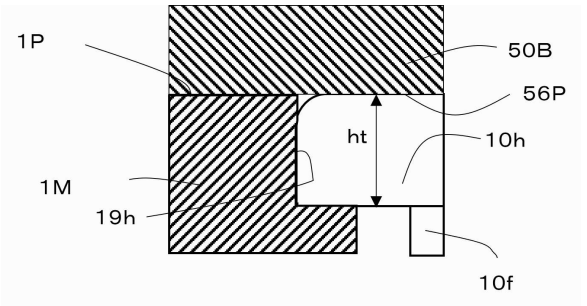
【図７Ｂ】



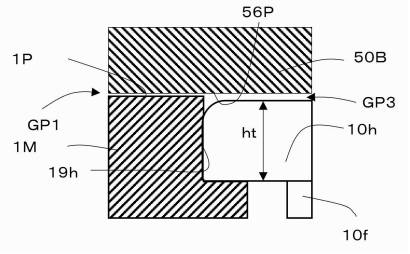
【図８】



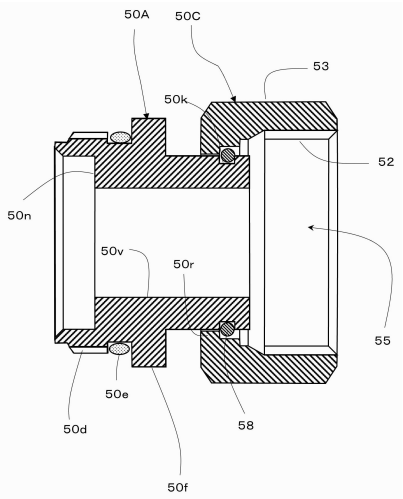
【図９】



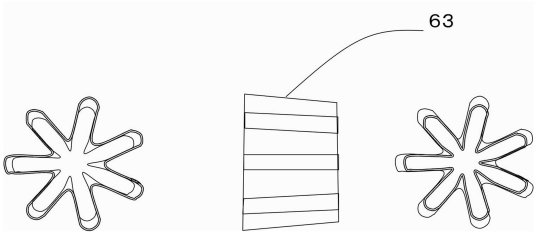
【図１０】



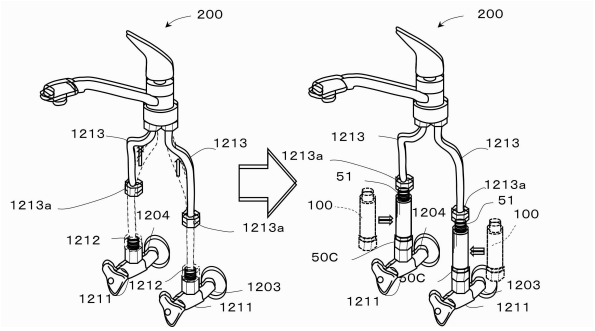
【図１１】



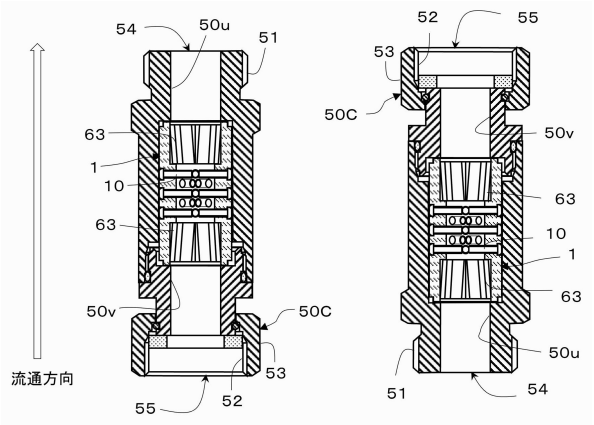
【図１２】



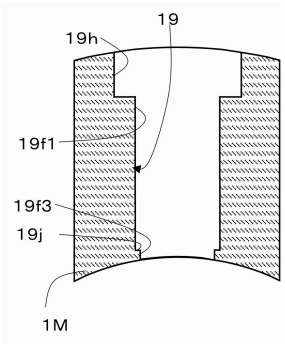
【図１３】



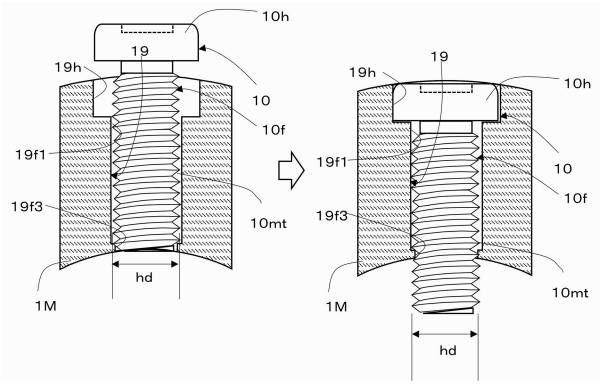
【図１４】



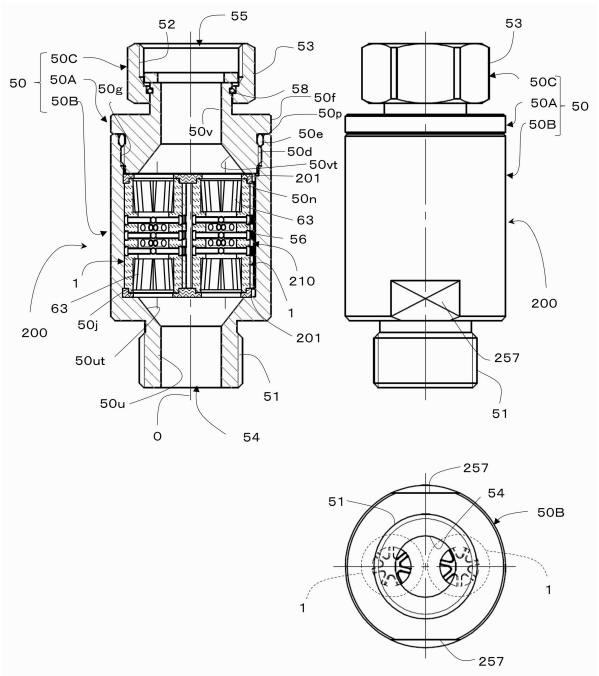
【図１５】



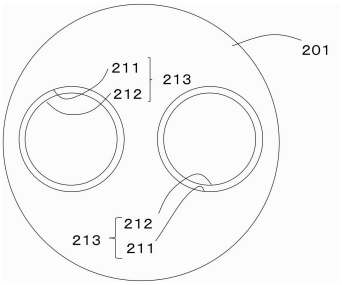
【図１６】



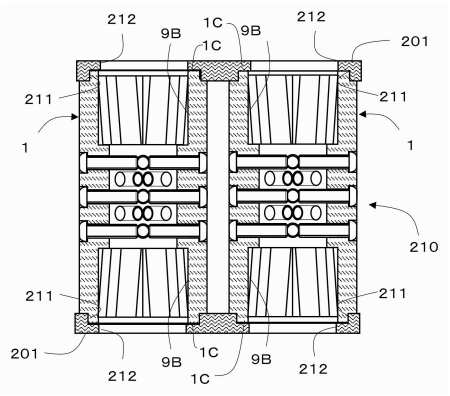
【図１７】



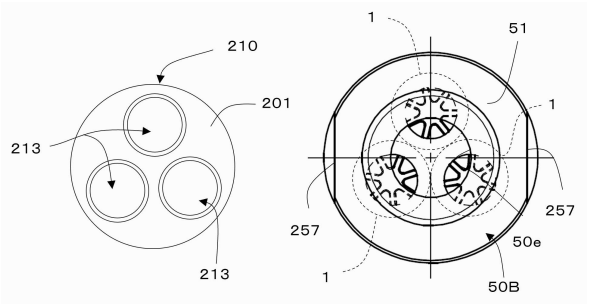
【図１８】



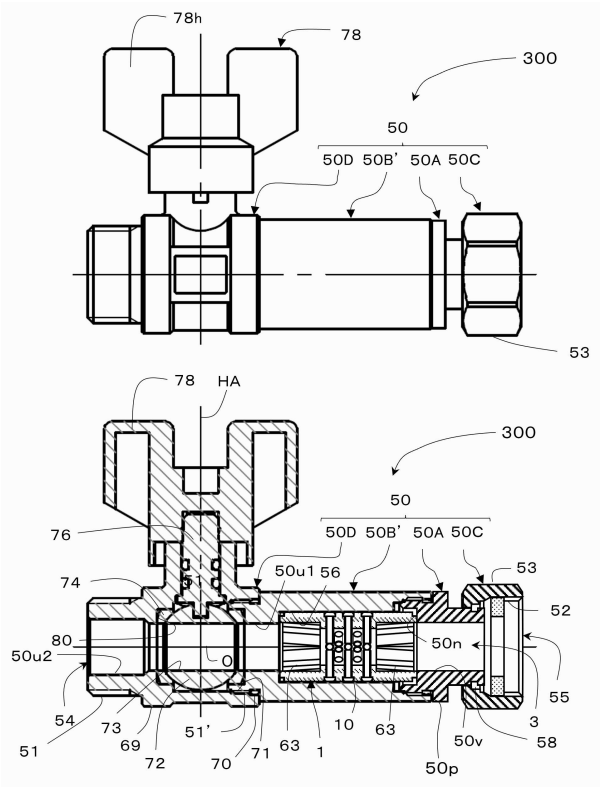
【図１９】



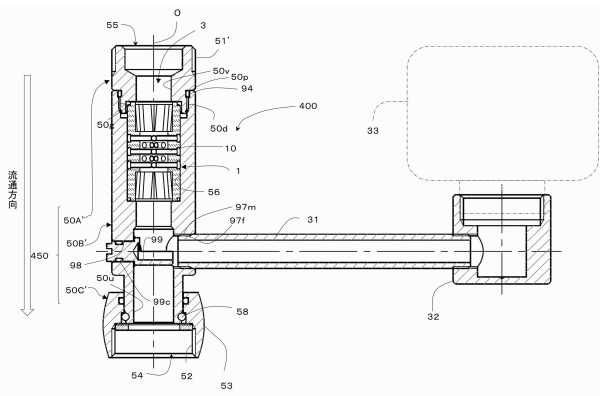
【図２０】



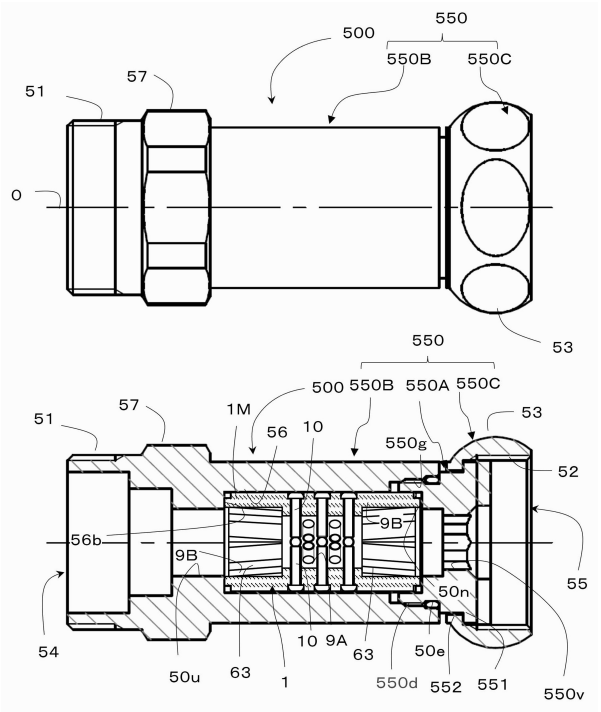
【図２１】



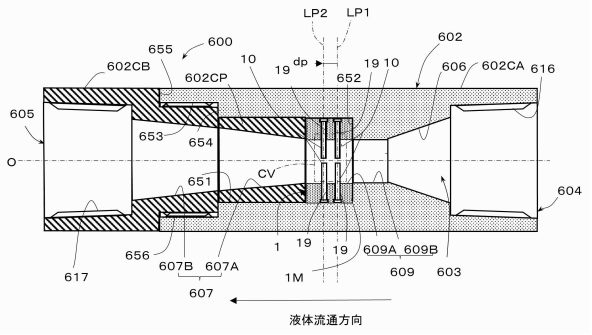
【図２２】



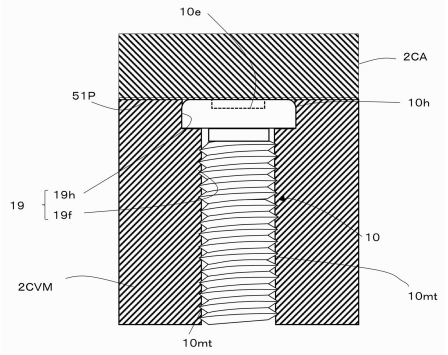
【図２３】



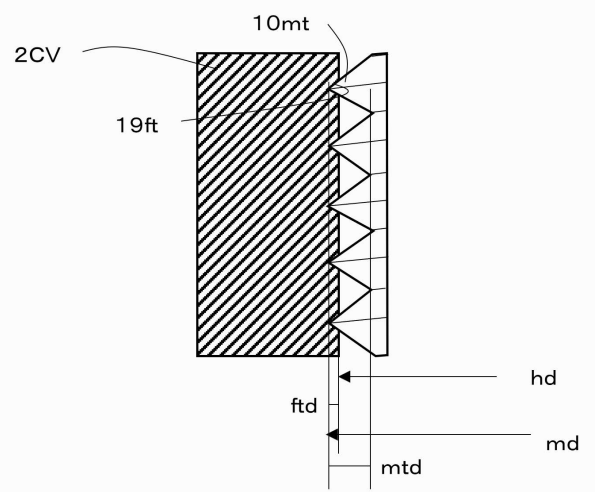
【図２４】



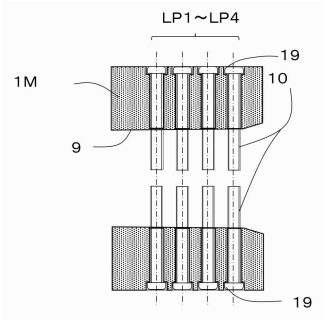
【図２５Ａ】



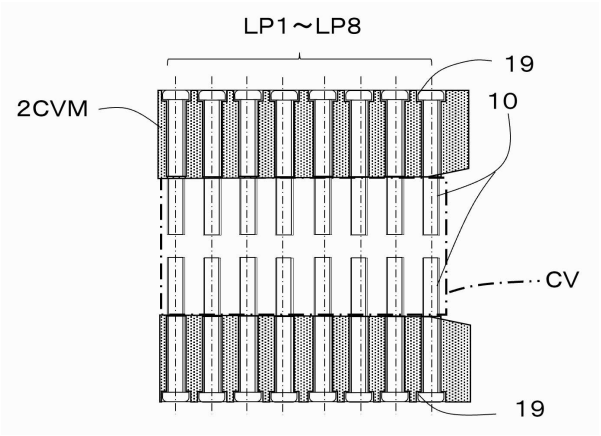
【図２５Ｂ】



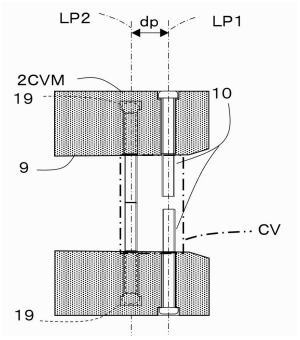
【図２６】



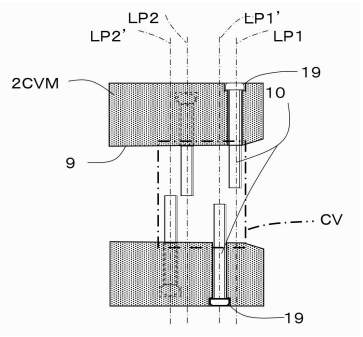
【図２７】



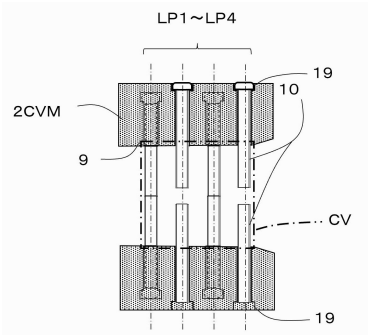
【図２８】



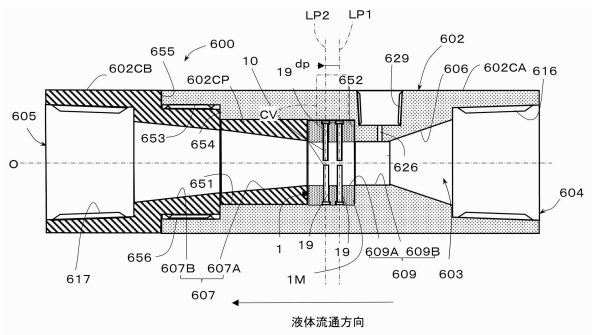
【図２９】



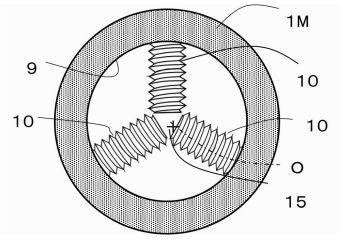
【図３０】



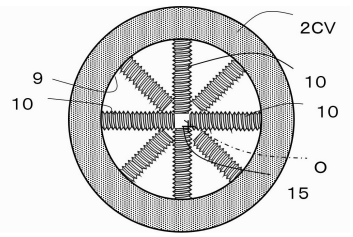
【図３１】



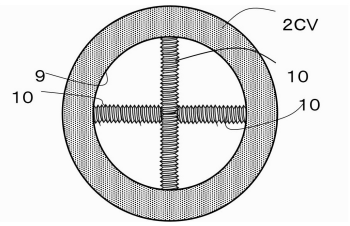
【図３２】



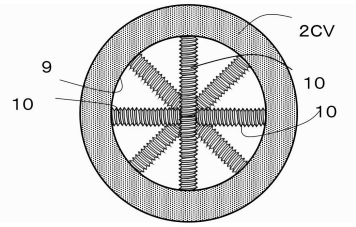
【図３３】



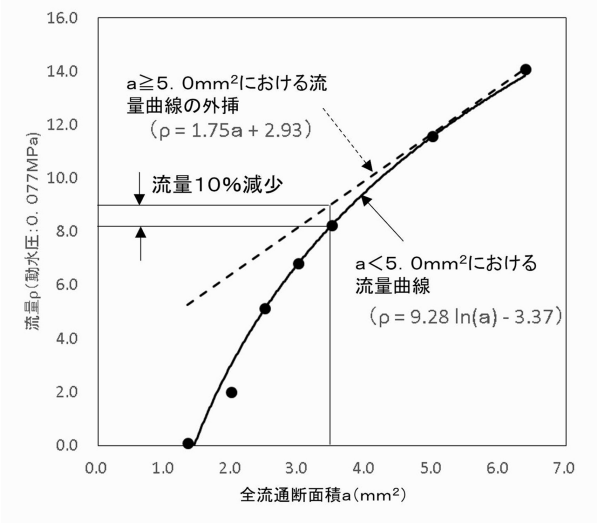
【図３４】



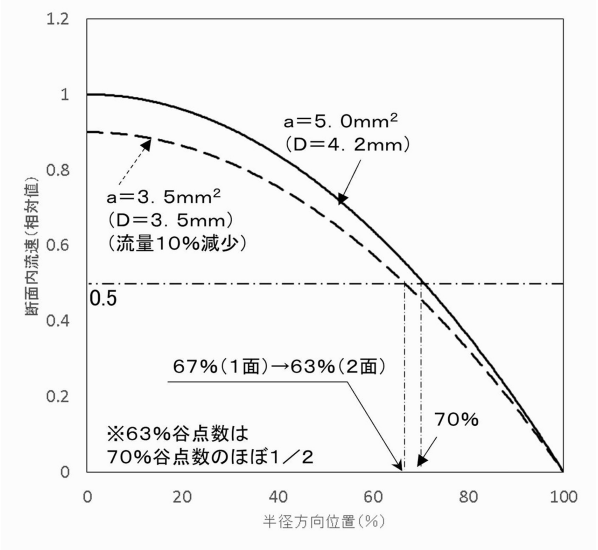
【図３５】



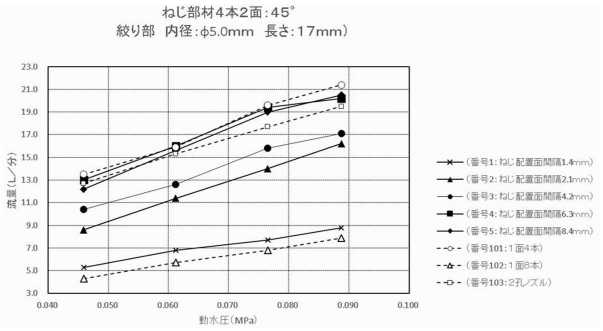
【図３６】



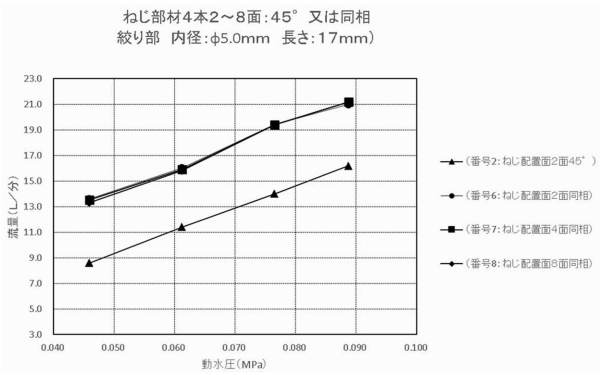
【図３７】



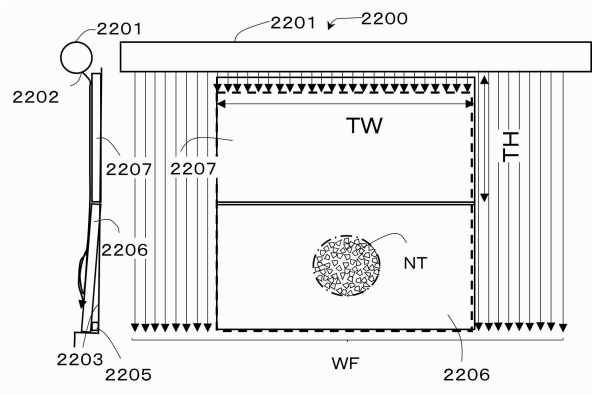
【図３８】



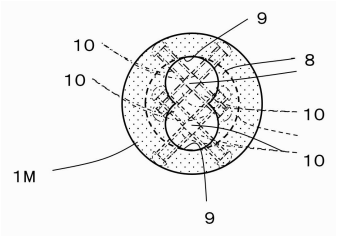
【図３９】



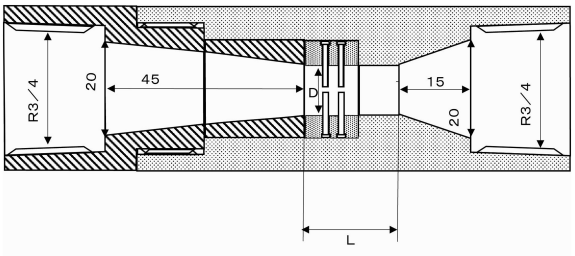
【図４０】



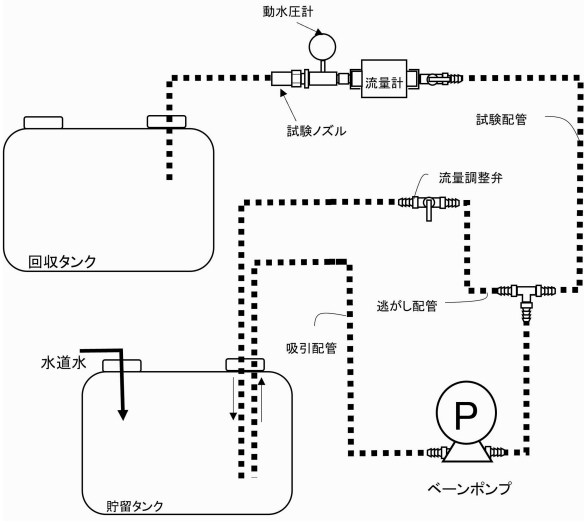
【図４１】



【図４２】



【図４３】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０２０－１８９２８６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－１４４０１８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－１７４０５６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１６／１９５１１６（WO，Ａ２）
国際公開第２０１６／１７８４３６（WO，Ａ２）
国際公開第２０１３／０１２０６９（WO，Ａ１）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０１Ｆ ２１／００－２５／９０
Ｅ０３Ｃ １／０２－１／１０
Ａ６１Ｈ ３３／００－３３／１４
Ａ４７Ｋ ３／２８－３／４０