(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第7355377号
(P7355377)
(45)発行日　令和5年10月3日(2023.10.3)　(24)登録日　令和5年9月25日(2023.9.25)

(51)Int.Cl.		FI		
B05B 1/34	(2006.01)	B05B	1/34	101
B23Q 11/10	(2006.01)	B23Q	11/10	A
B01F 23/20	(2022.01)	B01F	23/20	

請求項の数 22　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2019-214539(P2019-214539)
(22)出願日　令和1年11月27日(2019.11.27)
(65)公開番号　特開2021-84068(P2021-84068A)
(43)公開日　令和3年6月3日(2021.6.3)
審査請求日　令和4年10月31日(2022.10.31)

(73)特許権者　509089340
株式会社塩
東京都八王子市弐分方町７０５番１号
(74)代理人　100137969
弁理士　岡部　憲昭
(74)代理人　100104824
弁理士　穐場　仁
(74)代理人　100121463
弁理士　矢口　哲也
(72)発明者　大木　勝
東京都八王子市美山町１２３６　株式会社塩内
(72)発明者　駒澤　心
東京都八王子市美山町１２３６　株式会社塩内

最終頁に続く

(54)［発明の名称］流体供給装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

流体供給装置であって、

収納体と、

収納体に収納される内部構造体と、

を有し、

内部構造体は、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含み、

複数の突起部には、夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、流体供給装置。

【請求項２】

内部構造体の軸部は、断面が円形であり、

複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、夫々の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする請求項１に記載の流体供給装置。

【請求項３】

複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に、夫々ふたつ以上の段差が形成されていることを特徴とする、請求項２に記載の流体供給装置。

【請求項４】

流体供給装置であって、

収納体と、
収納体に収納される内部構造体と、
を有し、
収納体は、流入口と流出口とを含み、
内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と第２の部分とを含んでおり、
第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
第２の部分の複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、
流体供給装置。
【請求項５】
内部構造体は、第１の部分よりも上流側に位置し、収納体の流入口を通じて流入される流体を中心から半径方向へ拡散させて、第１の部分に与える流体拡散部を更に含むことを特徴とする請求項４に記載の流体供給装置。
【請求項６】
内部構造体の第２の部分の複数の突起部は網状に形成されており、各々の突起部は略ひし形の断面を有した柱形であって、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする請求項４に記載の流体供給装置。
【請求項７】
内部構造体は下流側の端部に流体を中心に向かって誘導する誘導部を更に含むことを特徴とする請求項４に記載の流体供装置。
【請求項８】
流体供給装置の収納体に収納される内部構造体であって、
内部構造体は、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含み、
複数の突起部には、夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、
内部構造体。
【請求項９】
内部構造体の軸部は、断面が円形であり、
複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、夫々の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする請求項８に記載の内部構造体。
【請求項１０】
複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に、夫々ふたつ以上の段差が形成されていることを特徴とする、請求項９に記載の内部構造体。
【請求項１１】
流体供給装置の収納体に収納される内部構造体であって、
内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と第２の部分とを含んでおり、
第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
第２の部分の複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、複数の突起部

には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、
内部構造体。
【請求項１２】
流体供給装置であって、
内部構造体と、
内部構造体を収納するための収納体と、
を含み、
収納体は、流入口と流出口とを含み、
内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と、第２の部分と、第３の部分と、第４の部分とを含んでおり、
第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
第３の部分は、第２の部分より下流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
第４の部分は、第３の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
第４の部分の複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、
流体供給装置。
【請求項１３】
第２の部分の複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に、夫々少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする請求項１２に記載の流体供給装置。
【請求項１４】
流体供給装置であって、
第１の内部構造体と、
第２の内部構造体と、
第１の内部構造体と第２の内部構造体とを収納するための収納体と、
を含み、
収納体は、流入口と流出口とを含み、
第１の内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、
頭部は、収納体に第１の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
中空軸形態の第２の内部構造体は、中空の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、
頭部は、収納体に第２の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、
ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、
第１の内部構造体の少なくとも一部は、第２の内部構造体の中空部に収納され、
第２の内部構造体のボディー部の複数の突起部の夫々は、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、
流体供給装置。
【請求項１５】
第１の内部構造体のボディー部の複数の突起部の夫々は、軸部の円周方向に対して平行

に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする請求項１４に記載の流体供給装置。

【請求項１６】

流体供給装置の内部構造体であって、

断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と、第２の部分と、第３の部分と、第４の部分とを含んでおり、

第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、

第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、

第３の部分は、第２の部分より下流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、

第４の部分は、第３の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、

第４の部分の複数の突起部の夫々には、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、

内部構造体。

【請求項１７】

流体供給装置の第１、第２の内部構造体の組合せであって、

第１の内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、

頭部は、収納体に第１の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、

ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、

第２の内部構造体は、中空軸形態であって、中空の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、

頭部は、収納体に第２の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、

ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、

第１の内部構造体の少なくとも一部は、第２の内部構造体の中空部に収納され、

第２の内部構造体のボディー部の複数の突起部の夫々は、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されていることを特徴とする、

第１、第２の内部構造体の組合せ。

【請求項１８】

請求項１から１７のいずれかの内部構造体を含む流体供給装置に、冷却液を流入し、所定の流動特性を与えてから工具や被加工物に吐出させて、冷却するようにした工作機械。

【請求項１９】

請求項１から１７のいずれかの内部構造体を含む流体供給装置に、水や湯を流入し、所定の流動特性を与えてから吐出させるようにして洗浄効果を高めるようにしたシャワーノズル。

【請求項２０】

請求項１から１７のいずれかの内部構造体を含む流体供給装置に、複数の異なる特性の流体を流入し、所定の流動特性を与えて、この複数の流体を混合したのち吐出させるようにした流体混合装置。

【請求項２１】

請求項１から１７のいずれかの内部構造体を含む流体供給装置に、水を流入し、溶存酸素を増加させてから吐出させる水耕栽培装置。

【請求項２２】

請求項１から１７のいずれかの内部構造体を含む流体供給装置に、特定気体を溶解した水を流入し、ファインバブル化した特定気体を吐出させる汚染物除去装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、流体を供給する装置の流体供給装置に関し、より具体的には、その内部を流れる流体に所定の流動特性を与える流体供給装置に関する。例えば、本発明の流体供給装置は、研削盤、ドリル、切削装置、等の様々な工作機械の切削液供給装置に流体供給管として適用可能である。

【背景技術】

【０００２】

従来、研削盤やドリル等の工作機械によって、例えば、金属から成る被加工物を所望の形状に加工する際に、被加工物と刃物との当接する部分とその周囲に加工液（例えば、クーラント）を供給することにより加工中に発生する熱を冷ましたり、被加工物の切りくず（チップとも称する）を加工箇所から除去したりする。被加工物と刃物との当接部で高い圧力と摩擦抵抗によって発生する切削熱は、刃先を摩耗させたり強度を落としたりして、刃物などの工具の寿命を減少させる。また、被加工物の切りくずが十分に除去されなければ、加工中に刃先にへばりついて加工精度を落とすこともある。

【０００３】

切削液とも呼ばれる加工液は、工具と被加工物との間の摩擦抵抗を減少させ、切削熱を除去する同時に、被加工物の表面からの切りくずを除去する洗浄作用を行う。このために、加工液は摩擦係数が小さくて、沸騰点が高くて、刃物と被加工物との当接部によく浸透する特性を持つことが好ましい。

【０００４】

例えば、特開平１１－２５４２８１号には、作用要素（刃物）と被加工物との接触部に加工液を強制的に侵入させるためにガス（例えば、エア）を噴出するガス噴出手段を加工装置に設ける技術が開示されている。

【０００５】

更には、特開２００４－３３９６２号には、螺旋羽根本体とフリップフロップ現象発生用軸体とを位置合わせした上、筒本体に挿入固定する構造を有する流体吐出管が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開平１１－２５４２８１号

【特許文献２】特開２００４－３３９６２号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

特許文献１に開示されたもののような通常の技術によると、工作機械に加工液を吐き出す手段に加えて、ガスを高速且つ高圧で噴出する手段を追加に設けなければならないので、費用が増加すると共に装置が大型化される問題がある。また、研削盤においては高速で回転する研削用砥石の外周面に沿って連れ回りする空気によって砥石と被加工物との当接部に加工液が十分に達することができない問題がある。従って、研削砥石の回転方向と同じ方向に向かって空気を噴射することだけでは、加工液を十分に浸透させにくいので、加工熱を所望の水準に冷却させにくいという問題が相変らず存在する。

【０００８】

特許文献２の流体吐出管構造においては、螺旋羽根本体とフリップフロップ現象発生用軸体とが別体であることから、両部材を金属製とした場合、その先端が鋭角な刃物となっていて、位置合わせの作業工程に注意が必要であり作業効率が下がる。また、分離されて

いる二つの部材の寸法をマッチングさせるために加工の精度が高くなければならないという問題もある。

【０００９】

本発明は、このような事情に鑑みて開発されたものである。本発明の目的は、その内部を流れる流体に所定の流動特性を与えて、流体の潤滑性、浸透性及び冷却効果を向上させることができ、製造が容易である流体供給装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明は、上述の課題を解決するために、次のような構成にしてある。即ち、流体供給装置であって、収納体と、収納体に収納される内部構造体と、を有する。内部構造体は、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含み、複数の突起部には、夫々少なくともひとつの段差が形成されている。

【００１１】

また、本発明の一実施形態では、流体供給装置であって、収納体と、収納体に収納される内部構造体と、を有する。収納体は、流入口と流出口とを含み、内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と第２の部分とを含んでいる。　第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第２の部分の複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されている。

また、本発明の一実施形態の内部構造体は、流体供給装置の収納体に収納される内部構造体であって、内部構造体は、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含み、複数の突起部には、夫々少なくともひとつの段差が形成されている。

更に、本発明の他の一実施形態の内部構造体は、流体供給装置の収納体に収納される内部構造体であって、内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と第２の部分とを含んでいる。第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第２の部分の複数の突起部は、軸部の円周を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した閉流路とが交差して形成されていて、複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されている。

更に、本発明の他の一実施形態の流体供給装置は、流体供給装置であって、内部構造体と、　内部構造体を収納するための収納体と、を含む。収納体は、流入口と流出口とを含み、　　内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と、第２の部分と、第３の部分と、第４の部分とを含んでいる。第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第３の部分は、第２の部分より下流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、第４の部分は、第３の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第４の部分の複数の突起部には、軸部の円周方向に対して平行に夫々少なくともひとつの段差が形成されている。

更に、本発明の一実施形態の流体供給装置では、第１の内部構造体と、第２の内部構造体と、第１の内部構造体と第２の内部構造体とを収納するための収納体と、を含む。収納体は、流入口と流出口とを含む。第１の内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、頭部は、収納体に第１の内部

構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでいる。中空軸形態の第２の内部構造体は、中空の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、頭部は、収納体に第２の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでいる。第１の内部構造体の少なくとも一部は、第２の内部構造体の中空部に収納され、第２の内部構造体のボディー部の複数の突起部の夫々は、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されている。

更に、本発明の一実施形態の流体供給装置の内部構造体であって、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている第１の部分と、第２の部分と、第３の部分と、第４の部分とを含んでおり、第１の部分は、収納体に内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、　　第２の部分は、第１の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第３の部分は、第２の部分より下流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、第４の部分は、第３の部分より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第４の部分の複数の突起部の夫々には、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されている。

加えて、本発明の更に他の一実施形態の流体供給装置の第１、第２の内部構造体の組合せにおいては、第１の内部構造体は、断面が円形の共通の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、頭部は、収納体に第１の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでおり、第２の内部構造体は、中空軸形態であって、中空の軸部上に一体化して形成されている頭部と、ボディー部とを含んでおり、頭部は、収納体に第２の内部構造体が収納された際、収納体の上流側に位置し、軸部と、流体に渦巻流を発生させるように螺旋状に形成された翼とを含んでおり、ボディー部は、頭部より下流側に位置し、軸部と、軸部の外周面から突出した複数の突起部とを含んでいる。第１の内部構造体の少なくとも一部は、第２の内部構造体の中空部に収納され、第２の内部構造体のボディー部の複数の突起部の夫々は、軸部の円周方向に対して平行に少なくともひとつの段差が形成されている。

【発明の効果】

【００１２】

本発明の流体供給装置を工作機械等の流体供給部に設ければ、流体供給装置の内部で発生した多数のファインバブル（マイクロメータ―オーダーのマイクロバブルやそれより粒径の小さなウルトラファインバブル（ナノメーターオーダーのいわゆるナノバブル））が工具と被加工物とにぶつかって消滅する過程において発生する振動及び衝撃によって、従来に比べて洗浄効果が向上する。これは研削刃などの工具の寿命を延長させ、工具の取換えのために消耗する費用を節減する。また、本発明の流体供給装置によって与えられる流動特性は、ファインバブルの発生等によって流体の表面張力が下がり、浸透力や潤滑性が高まる。その結果、工具と被加工物とが接触する箇所で生じる熱の冷却効果が大きく上がる。流体の浸透性を向上させて冷却効果を増大させ、潤滑性を向上させると共に、加工精度を向上させることができる。

【００１３】

また、本発明の多数の実施形態において、流体供給装置の内部構造体の軸部に設けられた複数の突起部には、夫々少なくともひとつの段差が形成されることにより、流体の流れが複雑になる。つまり、渦などの乱流が生じることになり、流体の拡散、撹拌或いは混合に好適であり、また、断面積の細い流路が形成され流体の速度が速くなり静圧が低くなる

ため、後述する流体のキャビテーション現象の誘発を促進する。更に、流れる流体の全体の流量が増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待されるので、流体の粘性が高い場合には、特に有用である。

【００１４】

本発明の流体供給装置は、研削盤、切削機、ドリル、等の様々な工作機械においての冷却剤供給部に適用されることができる。それだけでなく、二つ以上の種類の流体（液体と液体、液体と気体、又は、気体と気体）を混合する装置でも効果的に用いることができる。本発明はそれ以外にも流体を供給する様々なアプリケーションに適用可能である。例えば、シャワーノズルや水耕栽培装置、汚染物質除去装置等の各種用途にも適用可能である。シャワーノズルの場合は、流体供給装置に水や湯を流入し、所定の流動特性を与えて洗浄効果を向上させる。特に、ファインバブルによって、流体の表面張力が低下して、浸透性が高まる。水耕栽培装置の場合は、流体供給装置に水を流入し、溶存酸素を増加させて吐出させることができる。また、汚染物除去装置のために、特定気体、例えば、空気のほか各種の気体（水素、オゾン、酸素その他）を液体（例えば水）に溶解させ、更にはファインバブル化した気体を含む液体（水）として供給する場合にも、適用できる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

以下の詳細な記述が以下の図面と合わせて考慮されると、本願のより深い理解が得られる。これらの図面は例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。

【図１】本発明が適用された流体供給部を備える研削装置の一例を示す。

【図２】本発明の第１の実施形態に係る流体供給管の側面分解図である。

【図３】本発明の第１の実施形態に係る流体供給管の側面透視図である。

【図４】本発明の第１の実施形態に係る流体供給管の内部構造体の３次元斜視図である。

【図５】本発明の第１の実施形態の内部構造体に形成される突起部の拡大図であり、ひとつの段差が形成されている。

【図６】本発明の第１の実施形態管の内部構造体の流動特性提供部を形成する方法の一例を説明する図である。

【図７】本発明の第１の実施形態に係る流体供給管の内部構造体の変形例の３次元斜視図である。

【図８】本発明の第１の実施形態の内部構造体の変形例に形成される突起部の拡大図であり、ふたつの段差が形成されている。

【図９】本発明の第１の実施形態管の内部構造体の変形例での流動特性提供部を形成する方法の一例を説明する図である。

【図１０Ａ】本発明の第２の実施形態に係る流体供給管の側面分解図である。

【図１０Ｂ】本発明の第２の実施形態に係る流体供給管の側面透視図である。

【図１１Ａ】本発明の第３の実施形態に係る流体供給管の側面分解図である。

【図１１Ｂ】本発明の第３の実施形態に係る流体供給管の側面透視図である。

【図１２Ａ】本発明の第４の実施形態に係る流体供給管の側面分解図である。

【図１２Ｂ】本発明の第４の実施形態に係る流体供給管の側面透視図である。

【図１３Ａ】本発明の第５の実施形態に係る流体供給管の側面分解図である。

【図１３Ｂ】本発明の第５の実施形態に係る流体供給管の側面透視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

本明細書においては、主に本発明を研削装置などの工作機械に適用した実施形態について説明するが、本発明の適用分野はこれに限定されない。本発明は、流体を供給する様々なアプリケーションに適用可能であり、例えば、シャワーノズルや流体混合装置、更には水耕栽培装置、汚染物除去装置などを含む広範囲な産業分野において実施可能である。

【００１７】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【００１８】

図１は本発明が適用された流体供給部を備える研削装置の一実施形態を示す。図示されたように、研削装置１は研削刃（砥石）２、被加工物Ｗを平面の上で移動させるテーブル３、被加工物Ｗ又は研削刃２を上下に移動させるコラム（図示を省略）、等を備える研削部４と、流体（即ち、冷却剤）を研削刃２や被加工物Ｗに供給する流体供給部５とを備える。流体は、例えば、水である。研削刃２は、図示が省略された駆動源により、図１の平面において時計周りに回転駆動され、研削箇所Ｇでの研削刃２の外周面と被加工物Ｗとの摩擦によって被加工物Ｗの表面が研削される。また、図示は省略するが、流体供給部５は流体を貯留するタンクと、上記流体をタンクから流出させるポンプとを備える。

【００１９】

流体供給部５は、研削刃２と被加工物Ｗとに向けて流体を吐き出す吐出口を有するノズル６と、流体に所定の流動特性を与える内部構造体を備える流体供給管Ｐと、タンクに貯留された流体がポンプにより流入する配管９とを含む。ジョイント部７は、流体供給管Ｐの流出口側とノズル６とを連結する。ジョイント部８は、流体供給管Ｐの流入口側と配管９とを連結する。配管９から流体供給管Ｐに流入する流体は、流体供給管Ｐを通過しながらその内部構造体によって所定の流動特性を持つようになり、流体供給管Ｐの流出口を経てノズル６を通じて研削箇所Ｇに向かって吐き出される。本発明の複数の実施形態によれば、流体供給管Ｐを通過した流体はファインバブルを含む。以下、流体供給管Ｐの様々な実施形態について図面を参照して説明する。なお、流体供給管Ｐは、以下の実施形態で示す通りの管形状のものに限定されず、任意の外形形状の収納体を用いることは可能である。ただし、収納体の内側面、つまり内部構造体との間で流体と接する面は、管構造とすることが好ましい。

【００２０】

（第１の実施形態）

図２は本発明の第１の実施形態に係る流体供給管１００の側面分解図であり、図３は流体供給管１００の側面透視図である。図４は流体供給管１００の内部構造体１４０の３次元斜視図である。図２及び図３に示されたように、流体供給管１００は管本体１１０と内部構造体１４０とを含む。図２及び図３において、流体は流入口１１１から流出口１１２側へ流れる。

【００２１】

管本体１１０は、その内部空間に内部構造体１４０を収納するための収納体として機能する。管本体１１０は、流入側部材１２０と、流出側部材１３０から構成される。流入側部材１２０と流出側部材１３０とは、円筒形の中が空いている管の形態を有する。流入側部材１２０は、一端部に所定の直径の流入口１１１を有し、他の端部側には流出側部材１３０との接続のために内周面をねじ加工することによって形成された雌ねじ１２６を備える。流入口１１１の側には連結部１２２が形成されており、連結部１２２はジョイント部８（図１参照）と結合される。例えば、連結部１２２の内周面に形成された雌ねじとジョイント部８の端部の外周面に形成された雄ねじとのねじ結合により、流入側部材１２０とジョイント部８とが連結される。本実施形態においては、図２に示されたように、流入側部材１２０は両端部の内径、即ち、流入口１１１の内径と雌ねじ１２６との内径とが違い、流入口１１１の内径が雌ねじ１２６の内径より小さい。流入口１１１と雌ねじ１２６との間にはテーパー部１２４が形成されている。本発明はこの構成に限定されず、流入側部材１２０は両端部の内径が同一であってもよい。

【００２２】

流出側部材１３０は、一端部に所定の直径の流出口１１２を有し、他の端部側には流入側部材１２０との接続のために外周面をねじ加工することによって形成された雄ねじ１３２を備える。流出側部材１３０の雄ねじ１３２の外周面の直径は流入側部材１２０の雌ねじ１２６の内径と同一である。流出口１１２の側には連結部１３８が形成されており、連結部１３８はジョイント部７（図１参照）と結合される。例えば、連結部１３８の内周面に形成された雌ねじとジョイント部７の端部の外周面に形成された雄ねじとのねじ結合により、流出側部材１３０とジョイント部７とが連結される。雄ねじ１３２と連結部１３８

との間には筒形部１３４及びテーパー部１３６が形成される。本実施形態においては、流出側部材１３０は両端部の内径、即ち、流出口１１２の内径と雄ねじ１３２の内径とが違い、流出口１１２の内径が雄ねじ１３２の内径より小さい。本発明はこの構成に限定されず、流出側部材１３０は両端部の内径が同一であってもよい。流入側部材１２０の一端部の内周面の雌ねじ１２６と流出側部材１３０の一端部の外周面の雄ねじ１３２とのねじ結合によって、流入側部材１２０と流出側部材１３０とが連結されることで管本体１１０が形成される。

【００２３】

管本体１１０の上記構成は一つの実施形態に過ぎず、本発明は上記構成に限定されない。例えば、流入側部材１２０と流出側部材１３０との連結は上記のねじ結合に限定されず、当業者に知られた機械部品の結合方法はどれでも適用可能である。また、流入側部材１２０と流出側部材１３０との形態は、図２及び図３の形態に限定されず、設計者が任意に選択したり、流体供給管１００の用途によって変更したりすることができる。流入側部材１２０又は流出側部材１３０は、例えば、スチールのような金属、又はプラスチックや樹脂等の非金属から成る。図２及び図３を一緒に参照すれば、流体供給管１００は、内部構造体１４０を流出側部材１３０に収納した後に、流出側部材１３０の外周面の雄ねじ１３２と流入側部材１２０の内周面の雌ねじ１２６とを結合させることによって構成されることが理解される。

【００２４】

内部構造体１４０は、例えば、スチールのような金属からなる円柱部材を加工する方法又はプラスチックを成形する方法（射出成型する方法なども含まれる）等によって形成される。図２及び図４に示されたように、本実施形態の内部構造体１４０は、上流側から下流側に向けて、断面が円形の共通の軸部１４１の上に一体化して形成されている流体拡散部１４２と、渦巻発生部１４３と、流動特性提供部１４５と、誘導部１５０とを含む。流体拡散部１４２、渦巻発生部１４３、流動特性提供部１４５及び誘導部１５０のそれぞれは、例えば、一つの円柱部材の一部を切削、旋削、研削の加工を単独で或いはこれらを組み合わせて行うことにより形成される。或いは、３Ｄプリンターによって金属または樹脂の材料から３次元プリント形成することもできる。

【００２５】

流体拡散部１４２は、円錐の形態を有し、例えば、円柱部材の一端部を円錐加工することによって形成される。流体拡散部１４２は流入口１１１を経て流入側部材１２０に流入する流体を管の中心部から外側へ、即ち、半径方向へ拡散させる。流体拡散部１４２は、内部構造体１４０が管本体１１０に収納されたときは、流入側部材１２０のテーパー部１２４に対応する位置にある（図３参照）。本実施形態においては流体拡散部１４２が円錐の形態を有するが、本発明はこの実施形態に限定されない。他の実施形態では、流体拡散部１４２がドームの形態を有する。流体拡散部１４２は、その他の形態をとることもでき、先端の一点から徐々に同心円的に拡大する形状であればよい。更に他の実施形態では、内部構造体１４０が流体拡散部１４２を備えない。これらの変形は以下に説明する他の実施形態においても同様に適用可能である。

【００２６】

渦巻発生部１４３は、管本体１１０に内部構造体１４０が収納された際に、管本体１１０の上流側に位置する内部構造体１４０の頭部の一部あるいは全部であって、図２、図４の実施形態では、流体拡散部１４２の下流に位置する。図示されたように、渦巻発生部１４３は、円形の断面を有し、長さ方向に沿って直径が一定した軸部１４１と、３個の螺旋状に形成された翼１４３－１、１４３－２、１４３－３とを含む。図２に示されたように、流体拡散部１４２の軸部方向の長手方向（流体が全体として流れる方向）の長さｌ１は、渦巻発生部１４３の軸部１４１の長手方向の長さｌ２より短く、渦巻発生部１４３の軸部１４１の長手方向の長さｌ２は、流動特性提供部１４５の軸部１４１の長手方向の長さｌ３よりは短い。つまり、夫々の長さｌ１と、ｌ２と、ｌ３との間には、ｌ１<ｌ２<ｌ３の関係が成立する。なお、ｌ１とｌ２とは、ほぼ同じ長さとすることもでき、或いはｌ１

がｌ２よりも長くすることもできるが、いずれの場合もｌ３はｌ１、ｌ２よりも長い。流体拡散部１４２の断面積が最大である部分の直径は、渦巻発生部１４３の軸部１４１の直径と同一である。他の実施形態では、流体拡散部１４２の断面積が最大である部分の直径が渦巻発生部１４３の軸部１４１の直径より小さくすることも、大きくすることもできる。いずれの場合にも、流体拡散部１４２の断面積が最大である部分の半径は渦巻発生部１４３の半径（渦巻発生部１４３の軸部１４１の中心から各翼の先端までの距離）より小さいことが好ましい。これらの変形は後述する他の実施形態にも同様に適用可能である。

【００２７】

渦巻発生部１４３の翼１４３－１、１４３－２、及び１４３－３の各々は、図４に示される通りその先端が軸部１４１の円周方向に互いに１２０°ずつずらされており、軸部１４１の渦巻発生部１４３に対応する間の外周面に、所定の間隔をあけて反時計まわりに螺旋状に形成されている。本実施形態では翼の個数を３個にしたが、本発明はこのような実施形態に限定されない。例えば、１つまたは２つ、或いは４つ以上の翼を設けるようにしてもよい。また、渦巻発生部１４３の翼１４３－１、１４３－２、及び１４３－３の形態は、流体が各翼の間を通過する間に渦巻流を起こすことができる形態であれば特に制限されない。本実施形態では、渦巻発生部１４３は、内部構造体１４０を管本体１１０に収納した時に、管本体１１０の流出側部材１３０の筒形部１３４の内周面に近接する程度の外径を有する。なお、ある実施形態によれば、渦巻発生部１４３が無くてもよい。その場合は、軸部材１４１は、流動特性提供部１４５のみ、或いは流動特性提供部１４５と誘導部１５０のみ、あるいは他の機能を有する部分を上流側或いは下流側に備えたものであってもよい。このような様々な変形は後述する他の実施形態にも同様に適用可能である。

【００２８】

流動特性提供部１４５は、渦巻発生部１４３より所定の区間１４４を隔てて下流側に形成され、内部構造体１４０のボディー部の一部又は全部に対応する。図２及び図４に示されたように、流動特性提供部１４５は、円形の断面を有し直径が一定した軸部１４１と、軸部１４１の外周面から突出した網状に形成された複数の突起部（凸部）１４５ｐとを含む。本実施形態において、流動特性提供部１４５の軸部１４１の直径は、渦巻発生部１４３及び所定の区間１４４の軸部１４１の直径より大きい。従って、渦巻発生部１４３に流入する流量が十分に確保され、渦巻発生部１４３による流体の旋回力が十分に大きくなる。そして、渦巻発生部１４３から所定の区間１４４を経由して流動特性提供部１４５に流れる間、流路の断面積が急激に小さくなって流体の流動特性を変化させる。また、渦巻発生部１４３と流動特性提供部１４５との間には、直径の差によって段差が存在する。そこで、流体の流れを良くするために、必要に応じて、区間１４４を、軸体１４１の直径が漸次増大するテーパー形状とすること、或いは、流動特性提供部１４５の複数の突起部１４５ｐの間には流体を誘い込むための溝が、後述の螺旋流路の少なくとも流入口に形成されている構成を取る。このような構成とすることは後述の他の実施形態においても同様に適用可能である。

【００２９】

図５は、流動特性提供部１４５に形成される一つの突起部１４５ｐの形状を拡大して示す。突起部１４５ｐの夫々は、円柱部材を切削等の加工をして形成した場合は、天面（上面）は元の円柱部材の外周面であって、略ひし形（頂角は略３０度）である。底面（下面）が軸部１４１の外周面であり、略平行四辺形である。本実施形態においては、突起部１４５ｐの高さ方向（軸部１４１の半径方向）の底面から全体の高さの略１／３のところに段差１４５ｐ－ｄ１が設けられていて、上段と第２段目が構成される。勿論この段差１４５ｐ－ｄ１の高さは、全体の高さの１／２のところにする、あるいは、２／３のところにするなど適宜変更可能である。この段差１４５ｐ－ｄ１は、軸部１４１の円周方向に平行に形成される。或いは、段差１４５ｐ－ｄ１は、円周方向に平行であって、半径方向には垂直となる。この段差１４５ｐ－ｄ１を作るのは、エンドミルを用いた切削工程など、切削、旋削、研削の加工を単独で或いはこれらを組み合わせて行うことにより形成される。

【００３０】

図６は本実施形態に係る突起部１４５ｐと流路１４５ｒの形成方法の一例を示す。図６に示されたように、円柱部材の長さ方向（図面の左右方向）に対して９０度の方向に一定の間隔を持つ複数のライン（平行に流れる例えば１４本の円環状の閉流路）と、上記長さ方向に対して所定の角度（例えば、６０度）に傾いた一定の間隔のライン（複数本、例えば１２本の螺旋状に流れる螺旋流路）を交差させ、９０度の方向のラインの間を一回ずつ飛ばして切削等加工すると共に、傾いたラインの間を一回ずつ飛ばして切削等加工する。このようにして、軸部１４１の外周面から突出した複数の突起部１４５ｐが上下（円周方向）、左右（軸部１４１の長さ方向）に一つずつ飛ばして規則的に形成される。このとき、突起部１４５ｐには上述したように、段差１４５ｐ－ｄ１を形成することで、軸部１４１の半径方向においては、中心に近い方から下面（又は底面）、２段目、上段（天面又は上面）の３層構成となる。それぞれの突起部１４５ｐの間に流路１４５ｒが形成される。本実施形態において、流動特性提供部１４５は、内部構造体１４０を管本体１１０に収納した時に、管本体１１０の流出側部材１３０の筒形部１３４の内周面に近接する程度の外径を有する。なお、複数の突起部１４５ｐの形状は、種々の形状を取り得て、例えば、三角形、多角形、その他の形状と変形することもでき（このとき、夫々の突起部に、少なくとも一つの段差を底面からある高さに設ける）、その配列も図６から適宜（角度、幅など）変更できる。この変更は、以下に説明する他の実施形態においても同様に適用可能である。

【００３１】

本実施形態では、図２に示されたように、流動特性提供部１４５及び区間１４４の軸部１４１の直径は、渦巻発生部１４３の軸部の直径１４１より大きいが、同じであってもよい。本実施形態では、流動特性提供部１４５の下流に、ドーム形状の誘導部１５０が設けられている。誘導部１５０によって、中心に向かって誘導された流体は、テーパー部１３６を過ぎて流出口１１２を通じて吐き出される。

【００３２】

以下、流体が流体供給管１００を通過する間の流動について説明する。インペラ（羽根車）が右折又は左折する電動ポンプによって配管９（図１参照）を経て流入口１１１を通じて流入された流体は、テーパー部１２４と流体拡散部１４２との間を通過しながら管の中心部から外側へ拡散させられる。そして流体は、渦巻発生部１４３の螺旋状に形成された３個の翼１４３－１乃至１４３－３の間を通過して行く。その結果、流体は渦巻発生部１４３の各翼によって強烈な渦巻流になって、流動特性提供部１４５に送られる。

【００３３】

そして、流体は流動特性提供部１４５の複数の菱形突起部１４５ｐの間の複数の狭い流路流路１４５ｒ（具体的には、例えば１２本の螺旋流路と１４本の円環上の閉流路とからなる交差流路）を通り過ぎる。流体が複数の突起部１４５ｐによって形成された複数の狭い流路を通過することで、乱流が生じ多数の微小な渦を発生させる。このような現象によって、流体の混合及び拡散を誘発する。流動特性提供部１４５の上記構造は、異なる性質を有する二つ以上の流体を混合する場合にも有用である。

【００３４】

また、内部構造体１４０では、流体が、断面積が大きい上流側（渦巻発生部１４３）から断面積が小さい下流側（流動特性提供部１４５の複数の突起部１４５ｐの間に形成された流路１４５ｒ）へ流れるようにする構造を有する。この構造は以下に説明するように流体の静圧力（ｓｔａｔｉｃ　ｐｒｅｓｓｕｒｅ）を変化させる。流体に外部エネルギーが加えられない状態での圧力、速度、及び位置エネルギーの関係は次のようなベルヌーイ方程式として表される。

$$p+\frac{\rho\upsilon^2}{2}+gh\rho=k$$

ここで、ｐは流線内の一点での圧力、ρは流体の密度、υはその点での流動の速度、ｇ

は重力加速度、ｈは基準面に対するその点の高さ、ｋは定数である。上記方程式として表現されるベルヌーイ定理は、エネルギー保存法則を流体に適用したものであり、流れる流体に対して流線上ですべての形態のエネルギーの合計はいつも一定であるということを説明する。ベルヌーイ定理によると、断面積が大きい上流では、流体の速度が遅くて静圧は高い。これに対して、断面積が小さい下流では、流体の速度が速くなり静圧は低くなる。

【００３５】

流体が液体である場合、低くなった静圧が液体の飽和蒸気圧に到達すると液体の気化が始まる。このようにほぼ同一の温度において静圧がきわめて短い時間内に飽和蒸気圧より低くなって（水の場合、３０００－４０００Ｐａ）液体が急激に気化する現象をキャビテーション（ｃａｖｉｔａｔｉｏｎ）と称する。本発明の流体供給管１００の内部構造はこのようなキャビテーション現象を誘発する。キャビテーション現象によって液体のうちに存在する１００ミクロン以下の微小な気泡核を核として液体が沸騰したり溶存気体の遊離によって小さい気泡が多数生じたりする。すなわち、流体が流動特性提供部１４５を通じながら多数のファインバブルが発生する。特に、本実施形態において、流動特性提供部１４５の軸部１４１の直径が渦巻発生部１４３の軸部１４１の直径より大きいので、流体が渦巻発生部１４３から流動特性提供部１４５に流れる間に流路が急激に狭くなり、その結果、上述したキャビテーション現象が一層増幅される。更に、流動特性提供部１４５の複数の突起部１４５ｐには、段差１４５ｐ－ｄ１が設けられていることにより、流路が更に複雑となって、乱流（例えば渦）が発生し、断面積の細い流路が複雑に形成され、細い流路では流体の速度が速くなり静圧が低くなるため、後述する流体のキャビテーション現象の誘発を促進し、効果的にファインバブルを発生することになる。

【００３６】

そして、水の場合、１つの水分子が他の４個の水分子と水素結合を形成でき、この水素結合ネットワークを破壊することは容易ではない。そのために、水は水素結合を形成しない他の液体に比べて沸点や融点が非常に高いし、高い粘度を示す。水の沸点が高い性質は優秀な冷却効果をもたらすので、研削等を行う加工装置の冷却水として頻繁に用いられるが、水分子の大きさが大きくて加工箇所への浸透性や潤滑性は良くないという問題がある。そこで、通常は水でない特殊な潤滑油（即ち、切削油）を単独に、又は、水と混合して用いる場合も多い。ところで、本発明の流体供給管を用いれば、上記したキャビテーション現象によって水の気化が起き、その結果、水の水素結合ネットワークが破壊されて粘度が低くなる。また、気化によって発生するファインバブルは浸透性及び潤滑性を向上させる。浸透性の向上は結果的に冷却効率を増加させる。従って、本発明によると、特殊な潤滑油を使うこと無しに、水だけを用いても加工品質、即ち、工作機械の性能を向上させることができる。

【００３７】

流動特性提供部１４５を通過した流体は、誘導部１５０を経由して内部構造体１４０の端部に向かって流れる。流動特性提供部１４５の複数の狭い流路から流出側部材１３０のテーパー部１３６へ流れると流路が急激に広くなる。流体は流出口１１２を通じて流出され、ノズル６を通じて研削箇所Ｇに向かって吐き出される。流体がノズル６を通じて吐き出される時に、流動特性提供部１４５で発生した多数のファインバブルが大気圧に露出し、研削刃２と被加工物Ｗにぶつかってバブルがこわれたり爆発したりして消滅する。このようにバブルが消滅する過程で発生する振動及び衝撃は、研削箇所Ｇで発生するスラッジや切りくずを効果的に除去する。換言すれば、ファインバブルが消滅しながら研削箇所Ｇの周囲の洗浄効果を向上させる。

【００３８】

本発明の流体供給管１００を、研削装置、切削装置、ドリル、等の様々な工作機械における加工液供給部に適用可能である。工作機械等の流体供給部に設けることによって、研削刃と被加工物とで発生する熱を従来に比べてより効果的に冷却させることができ、浸透性及び潤滑性が良くなって加工精度を向上させることができる。また、被加工物の切りくずを加工箇所から効果的に除去することで、切削刃等の工具の寿命を延長させ、工具の取

換えのために消耗する費用を節減することができる。更に、突起部１４５ｐに段差１４５ｐ－ｄ１を設けたことによって、突起部１４５ｐの側面の一部が切り欠かれ、突起部１４５ｐ間の流路の断面積が結果として大きくなることで、流動特性提供部１４５の流路の断面積が大きくなり、流路を流れる流体の流量が増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待されるので、流体の粘性が高い場合には、特に有用である。

【００３９】

尚、本実施形態において、１つの円柱部材を加工して内部構造体１４０の流体拡散部１４２、渦巻発生部１４３、流動特性提供部１４５、誘導部１５０を一体形成するので、内部構造体１４０が一体化した１つの部品として製造される。従って、内部構造体１４０を流出側部材１３０の内部に収納した後に、流出側部材１３０と流入側部材１２０とを結合（例えば、流出側部材１３０の雄ねじ１３２と流入側部材１２０の雌ねじ１２６とのねじ結合による）する簡単な工程だけで、流体供給管１００を製造することができる。また、渦巻発生部１４３と流動特性提供部１４５との位置合わせや寸法のマッチングに大きく注意しなくても良いので、加工や組み立てに必要な時間及び費用を節減することができる。

【００４０】

本発明の一実施形態の流体供給管は、２つ以上の流体（液体と液体、液体と気体、又は、気体と気体等）を混合する装置にも効果的に利用することができる。特に、流動特性提供部１４５の突起部１４５ｐには、一つの段差１４５ｐ－ｄ１が設けられていることにより、流体に乱流が生じ、流体の混合効率が良くなる。例えば、この流体供給管を燃焼エンジンに適用すれば、燃料と空気とが十分に混ざり合うことによって燃焼効率が向上する。また、この流体供給管を洗浄装置に適用すれば、通常の洗浄装置に比べて洗浄効果をより向上させることができる。更には、水耕栽培装置にこの流体供給管を用いて、供給水の溶存酸素を増加させて、水中の酸素量（溶存酸素濃度）を維持又は上昇させることにも利用できる。

【００４１】

（第１実施形態の変形例）

次に、第１実施形態の変形例につき、図７乃至図９を参照して説明する。本変形例は、第１の実施形態と異なり、突起部に２つの段差を設けたところに差異がある。その他の点は第１の実施形態と同じであるので、同一箇所には同じ符号を付して、説明を省略する。図７は、内部構造体１１４０の３次元斜視図であり、流動特性提供部１１４５の網状に設けられた軸体１４１上の突起部１１４５ｐの拡大図を図８に示す。本変形例では、突起部１１４５ｐの高さ方向（軸部１４１の半径方向）の底面から全体の高さの略１／３のところに段差１１４５ｐ－ｄ１が、略２／３のところに段差１１４５ｐ－ｄ２が夫々設けられていて、上段と第２段目と第３段目が構成される。この段差１１４５ｐ－ｄ１及び１１４５ｐ－ｐ２は、軸部１４１の円周方向に平行に形成される。或いは、段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５ｐ－ｄ２は、円周方向に平行であって、半径方向には垂直となる。勿論、この段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５ｐ－ｄ２の高さは、適宜変更可能である。更には、この段差は３つ以上としてもよい。この段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５－ｄ２を作るのは、エンドミルを用いた切削工程など、切削、旋削、研削の加工を単独で或いはこれらを組み合わせて行うことにより形成される。

【００４２】

図９は、本変形例に係る突起部１１４５ｐと流路１１４５ｒの形成方法の一例を示す。図６にて示した第１の実施形態と同様に、突起部１１４５ｐ及び流路１１４５ｒは形成される。このとき、突起部１１４５ｐに段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５ｐ－ｄ２を形成することで、軸部１４１の半径方向においては、中心に近い方から下面（又は底面）、３段目、２段目、上段（天面又は上面）の４層構成となる。それぞれの突起部１１４５ｐの間に流路１１４５ｒが形成される。この流路１１４５ｒも、第１実施形態と同様に、円柱部材の長さ方向（図面の左右方向）に対して９０度の方向に一定の間隔を持つ複数のライン（平行に流れる例えば１４本の円環状の閉流路）と、上記長さ方向に対して所定の角度（例えば、６０度）に傾いた一定の間隔のライン（複数本、例えば１２本の螺旋状に流れる

螺旋流路）を交差させたものとなる。なお、複数の突起部１１４５ｐの形状は、断面が略ひし形ないし平行四辺形（または略四角形）のもののほか、種々の形状を取り得て、例えば、三角形、多角形、その他の形状と変形することもでき（このとき、夫々の突起部に、少なくともふたつの段差を底面から夫々ある高さに設ける）、その配列も図９から適宜（角度、幅など）変更できる。

【００４３】

したがって、流動特性提供部１１４５の突起部１１４５ｐには、少なくとも２つの段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５ｐ－ｄ２が形成されることで、流体に乱流がより生じやすくなり、流体の拡散、撹拌或いは混合の効率が上昇する。また、断面積の細い流路にて、流体の速度が速くなり静圧の低下によりキャビテーション現象の発生を促進し、ファインバブルの発生に効果的なものとなる。加えて、段差１１４５ｐ－ｄ１、１１４５ｐ－ｄ２によって、突起部１１４５ｐの側面の一部が切り欠かれ、突起部１１４５ｐ間の流路の断面積が結果として大きくなることで、流れる流体の流量が全体的に増え、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待され、流体の粘性が高い場合にはより有用なものとなる。

【００４４】

（第２の実施形態）

図１０Ａと図１０Ｂは、本発明の第２実施形態に係る流体供給管２００の側面分解図と側面透視図を示す。本実施形態においては、本実施形態は、第１の実施形態とは、内部構造体の渦巻発生部と流体特性提供部の間の所定区間にテーパーをつけた点と、流体の流出部に誘導部を設けなくした点とが相違する。その他の点は第１の実施形態と同じであるので、同一箇所には同じ符号を付して、説明を省略する。

【００４５】

本実施形態においては、流体供給管２００に内設する内部構造体２４０の渦巻発生部１４３と流体特性提供部１４５との間の所定区間２４４には、テーパーが設けられている。つまり、渦巻発生部１４３の部分の軸体の直径は、渦巻発生部１４５の部分の軸体の直径より小さいので、その大きさの変化をなだらかにするため、漸次直径が増大するテーパー形状となっている。また、内部構造体２４０は、一つの軸体上に上流から流体拡散部１４２、渦巻発生部１４３、所定区間２４４、流動特性提供部１４５が一体形成されていて、最下流側には、誘導部を設けない構成としている。

【００４６】

本実施形態においても、流動特性提供部１４５の突起部１４５Ｐには、第１の実施形態同様に、ひとつの段差１４５ｐ－ｄ１（図５参照）を設ける。或いは、突起部１４５ｐに第１の実施形態の変形例のように２つの段差（図８参照）或いはそれ以上の段差を設けるようにしてもよい。このような段差をひとつ以上突起部に設ける構成によって、流体に乱流がより生じやすくなり、流体の拡散、撹拌或いは混合の効率が上昇する。また、断面積の細い流路により、流体の速度が速くなり静圧の低下によりキャビテーション現象の発生を促進し、ファインバブルの発生に効果的なものとなる。加えて、流れる流体の流量が全体的に増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待され、流体の粘性が高い場合にはより有用なものとなる。

【００４７】

（第３の実施形態）

図１１Ａと図１１Ｂは、本発明の第３実施形態に係る流体供給管３００の側面分解図と側面透視図を示す。本実施形態においては、本実施形態は、第２の実施形態とは、流体の流出部に円錐形の誘導部を設けた点が相違する。その他の点は第２の実施形態と同じであるので、同一箇所には同じ符号を付して、説明を省略する。

【００４８】

本実施形態においては、内部構造体３４０は、一つの軸体上に上流から流体拡散部１４２、渦巻発生部１４３、所定区間２４４、流動特性提供部１４５、誘導部３５０が一体形成されていて、最下流側の誘導部３５０は、円錐形状となっている。流体は円錐形状の誘導部３５０に沿って、一部が回転しながら誘導されて、流体供給管３００の流出口１１２

から流出することになる。

【００４９】

本実施形態においても、流動特性提供部１４５の突起部１４５Ｐには、第１の実施形態同様に、ひとつの段差１４５ｐ－ｄ１（図５参照）を設ける。或いは、突起部１４５ｐに第１の実施形態の変形例のように２つの段差（図８参照）或いはそれ以上の段差を設けるようにしてもよい。このような段差をひとつ以上突起部に設ける構成によって、流体に乱流がより生じやすくなり、流体の拡散、撹拌或いは混合の効率が上昇する。また、断面積の細い流路が形成され、流体の速度が速くなり静圧の低下によりキャビテーション現象の発生を促進し、ファインバブルの発生に効果的なものとなる。加えて、流れる流体の流量が全体的に増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待され、流体の粘性が高い場合にはより有用なものとなる。

【００５０】

（第４の実施形態）

次に、図１２Ａ及び図１２Ｂを参照して本発明の第４の実施形態に係る流体供給管４００について説明する。第１の実施形態と同一の構成については、同一の図面符号を用いて、その説明を省略し、差のある部分を詳細に説明する。図１２Ａは第４の実施形態に係る流体供給管４００の側面分解図であり、図１４Ｂは流体供給管４００の側面透視図である。図１４及び図１５において、流体は流入口１１１から流出口１１２側へ流れる。

【００５１】

流体供給管４００は、管本体１１０に収納される中空軸タイプの第２の内部構造体４６０と、第２の内部構造体４６０の中空部に収納される第１の内部構造体４４０とを含む。流体供給管４００は、第２の内部構造体４６０の中空部に第１の内部構造体４４０を入れた後、その状態でこれらを流出側部材１３０に収納し、第２の内部構造体４６０の先頭に押え板４８０を置いた状態で、流出側部材１３０の外周面の雄ねじ１３２と流入側部材１２０の内周面の雌ねじ１２６とを結合させることによって構成されることが理解される。流入口１１１を通じて流入される流体は、第２の内部構造体４６０の中空部と、流出側部材１３０の内部とに分かれて流れる。

【００５２】

第１の内部構造体４４０は、例えば、スチールのような金属からなった円柱部材を加工する方法又はプラスチックを成形する方法（射出成型する方法なども含まれる）等によって形成される。その他、３Ｄプリンターによって、金属または樹脂の材料から３次元プリント形成することもできる。第１の内部構造体４４０は、上流側から下流側に向けて、断面が円形の共通の軸部４４１の上に一体化して形成されている流体拡散部４４２と、第１の渦巻発生部４４３と、テーパー状の所定区間４４４と、第１の流動特性提供部４４５と、第１の誘導部４５０とを含む。第１の渦巻発生部４４３が、第１の内部構造体４４０の頭部の一部又は全部に対応し、第１の流動特性提供部４４５が、第１の内部構造体４４０のボディー部の一部又は全部に対応する。頭部は管本体１１０に第１の内部構造体４４０が収納された際に管本体１１０の上流側に位置し、ボディー部は頭部の下流側に位置する。円柱部材を加工して第１の内部構造体４４０を制作する場合、流体拡散部４４２は上記円柱部材の一端部を円錐の形態に加工することで形成することができる。流体拡散部４４２は流入口１１１を経て流入側部材１２０に流入される流体を管の中心部から外側へ、即ち、半径方向に拡散させる。本実施形態においては、流体拡散部４４２が円錐の形態を有するが、本発明はこの実施形態に限定されなく、流体拡散部４４２は他の形態を有することもできる。一実施形態では、流体拡散部４４２はドームの形態を有する。

【００５３】

第１の内部構造体４４０の第１の渦巻発生部４４３は、第１の実施形態の渦巻発生部１４３と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。第１の渦巻発生部４４３は円形の断面を有し、流体が全体的に流れる方向に沿って直径が一定した軸部４４１と、３個の螺旋状に形成された翼とを含む。本実施形態において、第１の渦巻発生部４４３の長さｌ２は流体拡散部４４２の長さｌ１よりは長くて、第１の流動特性提供部４４５の長

さｌ３よりは短い。また、流体拡散部４４２の断面積が最大である部分の半径は第１の渦巻発生部４４３の軸部４４１の半径と同一である。一方、流体拡散部４４２の断面積が最大である部分の半径は、第１の渦巻発生部４４３の軸部の中心から翼の先端までの距離より小さいのが好ましい。第１の渦巻発生部４４３の翼の各々は、その先端が軸部分の円周方向に互いに１２０°ずつずらされており、対応する軸部の一端から他端まで外周面に所定の間隔をあけて反時計まわりに螺旋状に形成されている。本実施形態では翼の個数を３個にしたが、本発明はこのような実施形態に限定されない。また、第１の渦巻発生部４４３の翼の形態は、流体拡散部４４２によって拡散されて第１の渦巻発生部４４３に進入した流体が、各翼の間を通過する間に渦巻流を起こすことができる形態であれば特に制限されない。一方、本実施形態では、第１の渦巻発生部４４３は、第１の内部構造体４４０を第２の内部構造体４６０の中空部に収納した時に、第２の内部構造体４６０の内周面に近接する程度の外径を有する。

【００５４】

第１の内部構造体４４０の第１の流動特性提供部４４５は、流体拡散部４４２と第１の渦巻発生部４４３とより下流側に形成されている。第１の流動特性提供部４４５は円形の断面を有し長さ方向に沿って直径が一定した軸部４４１と、軸部の外周面から突出した複数の突起部４４５ｐとを含む。それぞれの突起部は略ひし形の断面を有する柱形をしており、複数の突起部４４５ｐが網状に形成されている。それぞれの突起部４４５ｐは、軸部の表面から半径方向に外側へ向かって突出した形態になるように、例えば、円柱部材（軸部）の外周面を、複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した円環状の閉流路とが交差するように、切削或いは研削加工することによって形成される。このとき、突起部４４５ｐには、第１の実施形態やその変形例と同様に、一乃至複数の段差（図５、図８参照）が形成されていて、流路を複雑にしている。第１の流動特性提供部４４５の軸部の直径は第１の渦巻発生部４４３の軸部の直径より大きい。そのため、両者間で流体がスムーズに流れるようにテーパー状の所定区間４４４が設けられている。他の実施形態においては、第１の流動特性提供部４４５の軸部４４１の直径は第１の渦巻発生部４４３の軸部４４１の直径と同じとする。本実施形態では、第１の流動特性提供部４４５は、第１の内部構造体４４０を第２の内部構造体４６０の中空部に収納した時、第２の内部構造体４６０の内周面に近接する程度の外径を有する。突起部の断面の形態は略ひし形に限定されず、三角形又は他の多角形であっても良い。

【００５５】

第１の内部構造体４４０の第１の誘導部４５０は、例えば、円柱部材の下流側の端部をドーム形に加工して形成する。第１の流動特性提供部４４５と、第１の誘導部４５０との間には、第１の流動特性提供部４４５の軸部４４１が延びている。本実施形態では、この軸延長部４４６の長さｌ４は、第１の内部構造体４４０が第２の内部構造体４６０の中空部に収納された時、第１の内部構造体４４０の第１の誘導部４５０が第２の内部構造体４６０外に突出するように決まる。一例では、軸延長部４４６の長さｌ４が第２の内部構造体４６０の第２の誘導部４７０の長さｌ５と同一である。本実施形態では、第１の誘導部４５０がドーム形態を有するが、本発明はこの実施形態に限定されなく、第１の誘導部４５０は他の形態（例えば、円錐形）を有することも可能である。或いは、第１の内部構造体４４０は誘導部を含まないことも可能である。

【００５６】

第２の内部構造体４６０は、中空軸の形態を有し、例えば、スチール等の金属から成った円柱部材を加工する方法、又はプラスチックを成形（例えば射出成型）する方法等によって形成される。その他、３Ｄプリンターによって、金属または樹脂の材料から３次元プリント形成することもできる。第２の内部構造体４６０は、上流側から下流側に向けて、共通の中空軸部材４６１の上に一体化して形成されている第２の渦巻発生部４６３と、テーパー形状の所定区間４６４と、第２の流動特性提供部４６５と、第２の誘導部４７０とを含む。第２の渦巻発生部４６３が、第２の内部構造体４６０の頭部の一部又は全部に対応し、第２の流動特性提供部４６５が、第２の内部構造体３０のボディー部の一部又は全

部に対応する。頭部は管本体１１０に第２の内部構造体４６０が収納された際に管本体１１０の上流側に位置し、ボディー部は頭部の下流側に位置する。本実施形態において、第２の内部構造体４６０の内径（即ち、中空部の直径）は、流入口側が流出口側より大きい。第２の内部構造体４６０の中空部の流入口４７１を通じて第１の内部構造体４４０が挿入され、第２の内部構造体４６０の中空部の流出口４７２を通じて第１の内部構造体４４０の第１の誘導部４５０が突出する。

【００５７】

第２の内部構造体４６０の第２の渦巻発生部４６３は、第１の実施形態の渦巻発生部１４３と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。第２の渦巻発生部４６３は円形の断面を有し長さ方向に沿って直径が一定した軸部４６１と、３個の螺旋状に形成された翼とを含む。円柱部材を加工して第２の内部構造体４６０を制作する場合、第２の渦巻発生部４６３は、上記円柱部材の一端部を加工することで形成される。第２の渦巻発生部４６３の翼の各々は、その先端が軸部の円周方向に互いに１２０°ずつずらされており、軸部の一端から他端まで外周面に所定の間隔をあけて反時計まわりに螺旋状に形成されている。本実施形態では翼の個数を３個にしたが、本発明はこのような実施形態に限定されない。また、第２の渦巻発生部４６３の翼の形態は、第１の内部構造体４４０の流体拡散部４４２によって拡散されて第２の渦巻発生部４６３に進入した流体が、各翼の間を通過する間に渦巻流を起こすことができる形態であれば特に制限されない。本実施形態では、第２の渦巻発生部４６３は、第２の内部構造体４６０を管本体１１０に収納した時に、管本体１１０の流出側部材１３０の筒形部１３４の内周面に近接する程度の外径を有する。

【００５８】

第２の内部構造体４６０の第２の流動特性提供部４６５は、第１の実施形態の流動特性提供部１４５と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。具体的には、第２の流動特性提供部４６５は、円形の断面を有し軸部４６１の長さ方向に沿って直径が一定した軸部と、軸部の外周面から突出して形成された複数の突起部４６５ｐとを含む。それぞれの突起部４６５ｐは略ひし形の断面を有する柱形をしており、複数の突起部４６５ｐが網状に形成されている。それぞれの突起部は、軸部４６１の表面から半径方向に外側へ向かって突出した形態になるように、例えば、円柱部材（軸部）の外周面を複数に分割した螺旋状につながる螺旋流路と、軸部の長手方向に複数に分割した円環状の閉流路とが交差するように、切削や研削加工等することによって形成される。このとき、突起部４６５ｐには、第１の実施形態やその変形例と同様に、一乃至複数の段差（図５、図８参照）が形成されていて、流路を複雑にしている。第２の流動特性提供部４６５の軸部の直径は第２の渦巻発生部４６３の軸部の直径より大きく、両者間で流体がスムーズに流れるようにテーパー状の所定区間４６４が設けられている。本実施形態においては、第２の流動特性提供部４６５は、第２の内部構造体４６０を管本体１１０に収納した時、管本体１１０の流出側部材１３０の筒形部１３４の内周面に近接する程度の外径を有する。

【００５９】

第２の内部構造体４６０の第２の誘導部４７０は、例えば、円柱部材の下流側の末端の部分を截頭ドーム（頭部を切りとったドーム）の形に加工することで形成する。図示されるように、第２の流動特性提供部４６５と第２の誘導部４７０との間には、第２の流動特性提供部４６５の軸部４６１が延びている。この軸延長部４６６の長さは、例えば、加工の利便性、第１の内部構造体４４０の寸法に基づいて決まる。なお、第２の誘導部４７０は截頭ドームの形に限定されなく、他の形態を有することも可能である。他の実施形態においては、第２の誘導部４７０を截頭円錐形に形成する。

【００６０】

第２の内部構造体４６０の中空部は、流入口４７１側の内径が、流出口４７２側の内径より大きいことが好ましい。本実施形態において、第２の内部構造体４６０は、流入口４７１から第２の流動特性提供部４６５の軸延長部４６６までは同一の内径を有し、第２の誘導部４７０ではそれより小さい内径を有する。従って、第２の内部構造体４６０の中空

部において軸延長部４６６と第２の誘導部４７０の境界には段差４６８が存在する。これによって、第２の内部構造体４６０の流入口４７１を通じて、第１の内部構造体４４０を第２の内部構造体４６０の中空部に収納することができるとともに、第１の内部構造体４４０が流出口４７２を通じて外部に離脱することを防ぐことができる。第２の誘導部４７０の内径の大きさは、第１の内部構造体４４０の第１の誘導部４５０の外径よりは大きい。

【００６１】

図１２Ａに示されたように流体供給管４００は押え板４８０を含んでおり、押え板４８０は、例えば、スチールのような金属又はプラスチックからなる。本実施形態では、図示されたように、押え板４８０は、第１の内部構造体４４０が管本体１１０の流入口１１１を通じて離脱することを防ぐ。具体的には、第２の内部構造体４６０の中空部に、第１の内部構造体４４０を入れた後、その状態でこれらを流出側部材１３０に収納し、第１の内部構造体４４０の流体拡散部４４２が押え板４８０を通じて突出するように第２の内部構造体４６０の先頭に押え板４８０を置いた状態で、流出側部材１３０の外周面の雄ねじ１３２と、流入側部材１２０の内周面の雌ねじ１２６とのねじ結合によって、流体供給管４００が構成される。上記の組み立て状態で、第１の内部構造体４４０は、押え板４８０によって管本体１１０の流入口１１１外に離脱できないと同時に、第２の内部構造体４６０の流出口４７２の半径が流入口４７１の半径より小さいことによって第２の内部構造体４６０の流出口４７２の外に離脱できない。押え板４８０は、第１の内部構造体４４０を第２の内部構造体４６０の中空部に拘束させる役割を行う。

【００６２】

以下、流体が流体供給管４００を通過する間の流動について説明する。流体は、流入側部材１２０のテーパー部１２４の空間を過ぎる間、突出した第１の内部構造体４４０の流体拡散部４４２にぶつかって、流体供給管４００の中心から外側に向かって（即ち、半径方向に）拡散される。そして、流入された流体の一部は、第１の内部構造体４４０が収納されている第２の内部構造体４６０の中空部に流れ込み、残りは第２の内部構造体４６０が収納されている流出側部材１３０の内部の空間に流れ込む。

【００６３】

第１の内部構造体４４０が収納されている第２の内部構造体４６０の中空部を通じて流れる流体は、第１の渦巻発生部４４３の反時計方向に螺旋状に形成された３個の翼の間を通過して行く。流体拡散部４４２は、配管９を通じて流入された流体が効果的に第１の渦巻発生部４４３に進入するように、流体を誘導する作用を行う。流体は第１の渦巻発生部４４３の各翼によって強烈な渦巻流になって、第１の流動特性提供部４４５に送られる。

【００６４】

そして、流体は第１の流動特性提供部４４５の軸部の外周面に規則的に形成されている複数の突起部４４５ｐの間を通り過ぎる。これらの複数の突起部は複数の狭い流路４４５ｒを形成する。流体が複数の突起部４４５ｐによって形成された複数の狭い流路４４５ｒを通過することで、多数の微小な渦を発生させるとともにキャビテーション現象が起こり、その結果ファインバブルが発生する。第１の流動特性提供部４４５の上記構造は、異なる性質を有する二つ以上の流体を混合する場合にも有用である。

【００６５】

つまり、第１の内部構造体４４０は、断面積が大きい上流（第１の渦巻発生部４４３）から断面積が小さい下流（第１の流動特性提供部４４５の複数の突起部４４５ｐの間に形成された流路）へ流体を流す構造を有する。本実施形態に係る流体供給管４００の第１の内部構造体４４０は上記のキャビテーション現象を誘発して、流体が第１の流動特性提供部４４５を過ぎる間多数のファインバブルが発生する。ファインバブルは流体の浸透性及び潤滑性を向上させ、浸透性の向上は結果的に冷却効率を増加させる。

【００６６】

流体は第１の流動特性提供部４４５を過ぎて第１の内部構造体４４０の端部に向かって流れる。流体が第１の流動特性提供部４４５の複数の突起部４４５ｐにより形成された複

数の狭い流路４４５ｒから第１の内部構造体４４０の端部に形成されている第１の誘導部２５に向かって流れると、流路が急激に広くなる。このとき、第1の内部構造体４４０のドーム形態の第１の誘導部２５の曲面によって、流体は第１の誘導部４５０の表面に沿って流れるように誘導され、ドーム形態の第１の誘導部４５０によって中心に向かって誘導された流体は流出側部材１３０のテーパー部１３６を過ぎて流出口１１２を通じて流出される。

【００６７】

第２の内部構造体４６０が収納されている流出側部材１３０の内部の空間を通じて流れる流体は、第２の渦巻発生部４６３の反時計方向に螺旋状に形成されている３個の翼の間を通過して行く。流体は第２の渦巻発生部４６３の各翼によって強烈な渦巻流になって、第２の流動特性提供部４６５に送られる。そして、流体は第２の流動特性提供部４６５の軸部の外周面に規則的に形成された複数の突起部４６５ｐの間を通り過ぎる。第２の内部構造体４６０は、第１の内部構造体４４０と同様に、断面積が大きい上流（第２の渦巻発生部４６３）から断面積が小さい下流（第２の流動特性提供部４６５の複数の突起部４６５ｐの間に形成された流路４６５ｒ）へ流体を流す構造を有する。第２の流動特性提供部４６５の上記構造によって流体に多数の微小な渦が発生するとともに、キャビテーション現象が起こり、その結果流体にファインバブルが発生する。

【００６８】

流体は第２の流動特性提供部４６５を過ぎて第２の内部構造体４６０の端部に向かって流れる。流体が第２の流動特性提供部４６５の複数の突起部により形成された複数の狭い流路から第２の内部構造体４６０の端部に形成されている第２の誘導部４７０に向かって流れると、流路が急激に広くなり、流体は第２の誘導部４７０の表面に沿って流れるように誘導される。截頭ドーム形の第２の誘導部４７０によって中心に向かって誘導された流体は流出側部材１３０のテーパー部１３６を過ぎて流出口１１２を通じて流出される。

【００６９】

第２の内部構造体４６０の中空部を通じて流動した流体と、流出側部材１３０の内部の空間を通じて流動した流体とは、テーパー部１３６で合流して流出口１１２を通じて流出される。

【００７０】

本実施形態においては、１つの部材を加工して第１の内部構造体４４０の流体拡散部４４２と、第１の渦巻発生部４４３と、第１の流動特性提供部４４５と、第１の誘導部４５０とを形成するので、第１の内部構造体４４０が一体化した１つの部品として製造される。また、１つの部材を加工して第２の内部構造体４６０の第２の渦巻発生部４６３と、第２の流動特性提供部４６５と、第２の誘導部４７０とを形成するので、第２の内部構造体４６０が一体化した１つの部品として製造される。上記の構造及び寸法関係によって、第１の内部構造体４４０と、第２の内部構造体４６０と、押え板４８０とのセルフアライメントが可能である。従って、第１の内部構造体４４０を第２の内部構造体４６０の中空部に入れた状態で、第２の内部構造体４６０を流出側部材１３０の内部に入れ、押え板４８０を第１の内部構造体４４０の先頭に置いた後、流出側部材１３０の雄ねじ１３２と流入側部材１２０の雌ねじ１２６とを結合する簡単な工程だけで、流体供給管４００を製造することができる。即ち、流体供給管４００の部品の組み立てが容易であり、流体供給管４００の製造にかかる時間が短縮される。

【００７１】

第４の実施形態においては２個の内部構造体が管本体に収納されるが、３個以上の内部構造体を含む多層の流体供給管を提供する実施形態も可能である。それぞれの内部構造体は流動特性提供部を含むことで、流体供給管に流入する流体に多い量のファインバブルを発生させる。複数の内部構造体の中で少なくとも一つの内部構造体の流体特性提供部の突起部には、一乃至複数の段差を設ける構成によって、流体に乱流がより生じやすくなり、流体の拡散、撹拌或いは混合の効率が上昇する。また、断面積の細い流路が形成され、流体の速度が速くなり静圧の低下によりキャビテーション現象の発生を促進し、ファインバ

ブルの発生に効果的なものとなる。加えて、流れる流体の流量が全体的に増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待され、流体の粘性が高い場合にはより有用なものとなる。

【００７２】

（第５の実施形態）

次に、図１３Ａ及び図１３Ｂを参照して本発明の第５の実施形態に係る流体供給管５００について説明する。第１の実施形態と同一の構成については説明を省略し、差のある部分を詳細に説明する。第１の実施形態の構成要素と同一の構成要素に対しては同一の図面符号を使う。図１３Ａは第５の実施形態に係る流体供給管５００の側面分解図であり、図１３Ｂは流体供給管５００の側面透視図である。

【００７３】

図示されたように、流体供給管５００は管本体１１０と内部構造体５４０とを含む。内部構造体５４０は、上流側から下流側に向かって、断面が円形の共通の軸部５４１の上に一体化して形成されている流体拡散部５４２と、第１の渦巻発生部５４３と、第１の流動特性提供部５４５と、第２の渦巻発生部５４７と、第２の流動特性提供部５４９と、ドーム形状の誘導部５５０とを含む。内部構造体５４０は、例えば、スチールのような金属からなる円柱部材を加工する方法又はプラスチックを成形する方法（射出成型する方法なども含まれる）等によって形成される。その他、３Ｄプリンターによって、金属または樹脂の材料から３次元プリント形成することもできる。

【００７４】

流体拡散部５４２は第１の実施形態の流体拡散部１４２と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。第１の渦巻発生部５４３は、管本体１１０に内部構造体５４０が収納された際に管本体１１０の上流側に位置する内部構造体３４０の頭部の一部又は全部に対応する。第１の渦巻発生部５４３及び第２の渦巻発生部５４７のそれぞれは第１の実施形態の渦巻発生部１４３と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。第１の流動特性提供部５４５及び第２の流動特性提供部５４９のそれぞれは第１の実施形態の流動特性提供部１４５と同様の構造を有し、同様の方法で形成することができる。

【００７５】

誘導部５５０は、例えば、円柱部材の下流側の端部をドーム形に加工して形成される。誘導部５５０は、流体供給管５００の内部を流れる流体を管の中心に向かって誘導することで、流体が円滑に流出口１１２を通じて吐き出されるようにする。

【００７６】

そして、第１、第２の流動特性提供部５４５、５４９の網状に配列して形成された複数の突起部５４５ｐ、５４９ｐの少なくとも一方においては、第１実施形態或いはその変形例同様に、段差が一乃至複数形成される。従って、流体に乱流がより生じやすくなり、流体の拡散、撹拌或いは混合の効率が上昇する。また、断面積の細い流路が形成され、流体の速度が速くなり静圧の低下によりキャビテーション現象の発生を促進し、ファインバブルの発生に効果的なものとなる。加えて、流れる流体の流量が全体的に増えることで、流体供給装置の圧力損失を低減することが期待され、流体の粘性が高い場合にはより有用なものとなる。

【００７７】

なお、本実施形態では、内部構造体５４０の誘導部５５０は、円柱部材の下流側の端部をドーム形に加工して形成されていたが、円錐形その他の形状としてもよい。あるいは、第２の実施形態のように、誘導部を省略するようにしてもよい。更に、内部構造体５４０の軸体５４１の断面円形の直径の大きさは、図１３Ａ、図１３Ｂでは各部分が同じ大きさとしたが、第１の渦巻発生部５４３の軸体の直径大きさが、第１の流動特性提供部５４５の軸体の直径の大きさより小さくすることや、第２の渦巻発生部５４７の軸体の直径大きさが第２の流動特性提供部５４９の軸体の直径の大きさより小さくすることも可能である。また、第１の流動特性提供部５４５における螺旋流路の本数や円環状の閉流路の本数を、第２の流動特性提供部５４９における螺旋流路の本数や円環状の閉流路の本数に比べて

少なくすること（その結果として、第１の流動特性提供部５４５の突起５４５ｐの大きさが、第２の流動特性提供部５４９の突起５４９ｐの大きさよりも大きくなったり、第１の流動特性提供部５４５の流路５４５ｒの断面積の大きさが第２の流動特性提供部５４９の流路５４９ｒの断面積の大きさよりも大きくなったりする）などに変形することも可能である。

【００７８】

以上の各実施形態の説明では、主に本発明の流体供給装置を工作機械に適用して冷却剤を吐き出す例について説明したが、本発明は流体を供給する様々なアプリケーションに適用可能である。例えば、シャワーノズルに適用可能である。この場合、流体供給装置に所定の温度の水や湯を流入すれば、内部構造体によって水に上述した流動特性が付与されて吐き出されることで、洗浄効果を向上させることができる。或いは、本発明は流体混合装置にも適用可能である。この場合、流体供給装置に異なる特性を有する複数の種類の流体を流入すれば、内部構造体によって複数の種類の流体に上述した流動特性が付与されて流体が混合されて吐き出される。更には、水耕栽培装置に本発明を用いて、供給水の溶存酸素を増加させて、水中の酸素量（溶存酸素濃度）を維持又は上昇させることにも利用できる。加えて、汚染物除去装置のために、特定気体、例えば、空気のほか各種の気体（水素、オゾン、酸素その他）を液体（例えば水）に溶解させ、更にはファインバブル化した気体を含む液体（水）として供給する場合にも、適用できる。

【００７９】

以上、本発明を、複数の実施形態を利用して説明したが、本発明はこのような実施形態に限定されることではない。本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者は、上記説明及び関連図面から本発明の多くの変形及び他の実施形態を導出することができる。本明細書では、複数の特定用語が使われているが、これらは一般的な意味として単に説明の目的のために使われただけであり、発明を制限する目的で使われたものではない。添付の特許請求の範囲及びその均等物により定義される一般的な発明の概念及び思想を抜け出さない範囲で多様な変形が可能である。

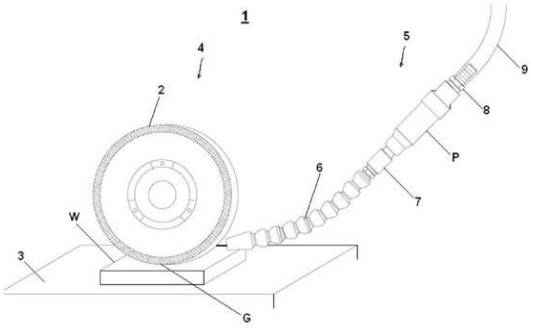
【符号の説明】

【００８０】

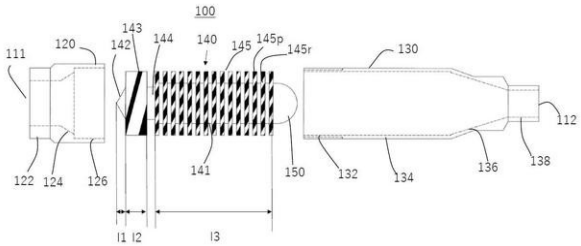
１ 研削装置
２ 研削刃（砥石）
４ 研削部
Ｗ 被加工物
Ｇ 研削箇所
５ 流体供給部
６ ノズル
７、８　ジョイント部
９ 配管
Ｐ、１００、２００、３００、４００，５００ 流体供給管
１１０ 管本体
１２０ 流入側部材
１３０ 流出側部材
１４０、１１４０、２４０、３４０、５４０ 内部構造体
１４１、４４１、４６１、５４１　軸部
１４５ｐ、１１４５ｐ、４４５ｐ、４６５ｐ、５４５ｐ、５４９ｐ　突起部
１４５ｒ、１１４５ｒ、４４５ｒ、４６５ｒ、５４５ｒ、５４９ｒ　流路
１４５ｐ－ｄ１、１１４５－ｄ１、１１４５－ｄ２　段差
４４０ 第１の内部構造体
４６０ 第２の内部構造体
１４２、４４２、５４２　流体拡散部
１４３、４４３、４６３、５４３、５４７ 渦巻発生部

１４５、１１４５、４４５、４６５、５４５、５４９ 流動特性提供部
１５０、３５０、４５０、４７０、５５０ 誘導部

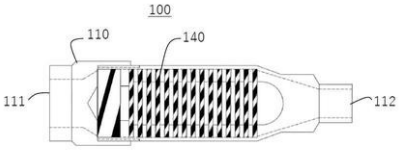
【図１】



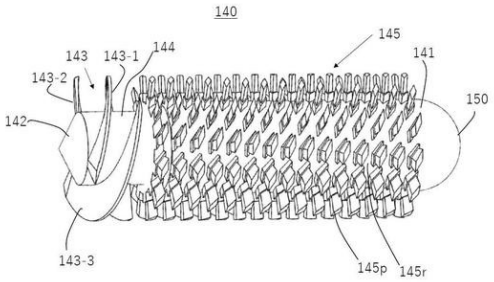
【図２】



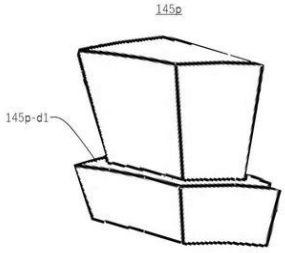
【図３】



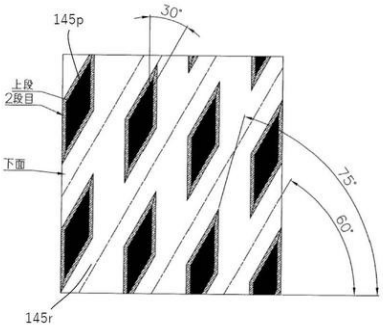
【図４】



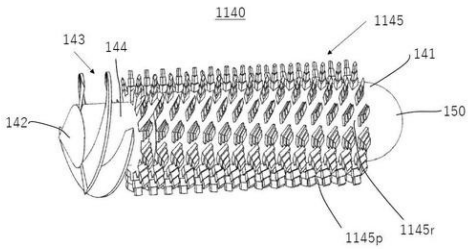
【図５】



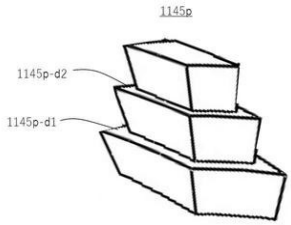
【図６】



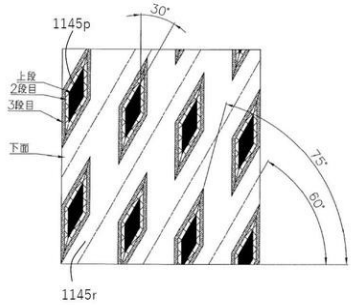
【図７】



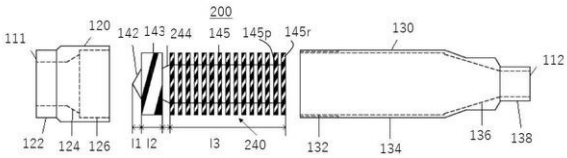
【図８】



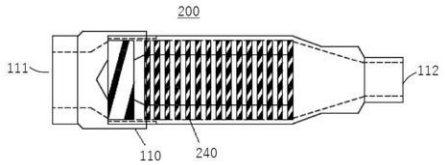
【図９】



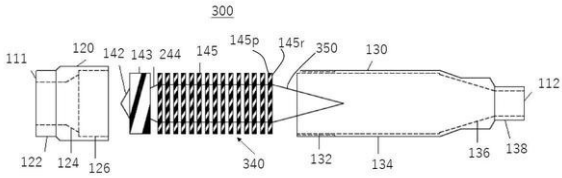
【図１０Ａ】



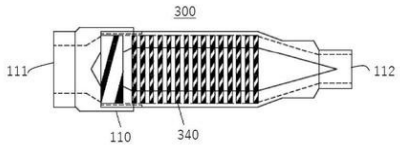
【図１０Ｂ】



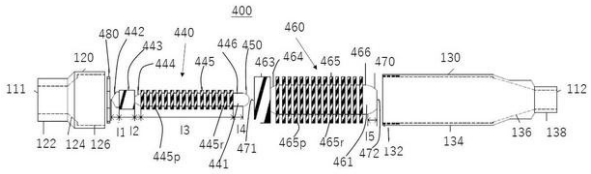
【図１１Ａ】



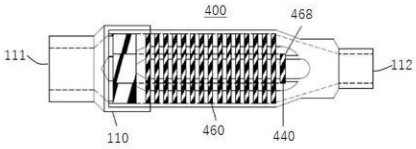
【図１１Ｂ】



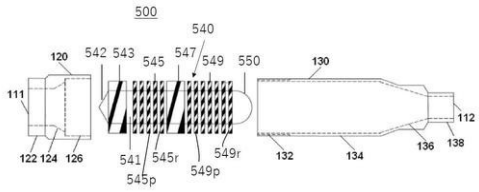
【図１２Ａ】



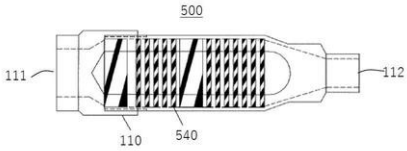
【図１２Ｂ】



【図１３Ａ】



【図１３Ｂ】



フロントページの続き

審査官　河内　浩志

(56)参考文献　特開２０１９－１９５７８５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０６３９８６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－１３０４４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０２２－１８４５５９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０５Ｂ　１／００－　３／１８
７／００－　９／０８
Ｂ２３Ｑ１１／００－１３／００
Ｂ０１Ｆ２１／００－２５／９０
Ｆ１５Ｄ　１／００－　１／１４
Ａ０１Ｇ３１／００－３１／０６