

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6780179号
(P6780179)

(45) 発行日 令和2年11月4日(2020.11.4)

(24) 登録日 令和2年10月19日(2020.10.19)

(51) Int. Cl.	F I
B23Q 11/10 (2006.01)	B23Q 11/10 A
B05B 1/02 (2006.01)	B05B 1/02 I O I
B01F 1/00 (2006.01)	B01F 1/00 A
B01F 3/04 (2006.01)	B01F 3/04 Z
B01F 5/00 (2006.01)	B01F 5/00 D
請求項の数 28 (全 43 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2019-201855 (P2019-201855)	(73) 特許権者 509089340 株式会社塩 東京都八王子市式分方町705番1号
(22) 出願日 令和1年11月6日(2019.11.6) 審査請求日 令和1年11月27日(2019.11.27)	(74) 代理人 100137969 弁理士 岡部 憲昭
(31) 優先権主張番号 特願2019-24232 (P2019-24232)	(74) 代理人 100104824 弁理士 徳場 仁
(32) 優先日 平成31年2月14日(2019.2.14)	(74) 代理人 100121463 弁理士 矢口 哲也
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	(72) 発明者 駒澤 増彦 東京都八王子市美山町1236 株式会社 塩内
(31) 優先権主張番号 特願2019-186410 (P2019-186410)	(72) 発明者 大木 勝 東京都八王子市美山町1236 株式会社 塩内
(32) 優先日 令和1年10月9日(2019.10.9)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	最終頁に続く
早期審査対象出願	

(54) 【発明の名称】 流体供給装置及び内部構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体が流入する流入口と、流体が流出する流出口とを有し、断面円形の内部壁面を有する中空の管本体と、

管本体に収納固定される複数の側面を有する角柱状の軸体である内部構造体と、を有し、

内部構造体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、

内部構造体の側面と管本体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、管本体の流入口から供給され流出口から流出する間に、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられ、

内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、管本体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなることを特徴とする、

流体供給装置。

【請求項2】

角柱状の内部構造体の流入口側には角錐が設けられて、流入される流体を複数の側面に分散させて供給するようにした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】

内部構造体は、三角柱状又は四角柱状の軸体であって、内部構造体に設けられる角錐は、三角錐又は四角錐であ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】

複数の突起部の間に形成される流路は、上流から下流にかけて左斜め上流から右斜め下流への方向の流路と、右斜め上流から左斜め下流への方向の流路の2本の流路が交差する交差流路であり、この2本の流路に対して流体は同じ速度の流れとな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5】

突起部の底面形状は菱形であり、この菱形の鋭角の2頂点が内部構造体の軸体の長さ方向に平行にあ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6】

突起部は複数列形成され、その列ごとに、突起部の方向が、内部構造体の軸体の長さ方向から左右方向に、交互に、僅かに傾い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。 10

【請求項7】

突起部の底面形状は菱形であり、この菱形の中心を軸に内部構造体の軸体の長さ方向から、僅かに傾いていることを特徴とする請求項6に記載の流体供給装置。

【請求項8】

突起部の上面形状は、円柱の側面の一部の曲面であり、この円柱の半径は管本体の円形断面の半径と同じか僅かに小さいことを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記載の流体供給装置。

【請求項9】

複数の突起部の側面には、凹凸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。 20

【請求項10】

複数の突起部の側面には、一乃至複数の段差が設けら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11】

内部構造体は、弾性を有する弾性材料で形成され、全体的に弾性変形することを可能とする請求項1に記載の流体供給装置。

【請求項12】

管本体及び内部構造体は、ともに弾性を有する弾性材料で形成され、管本体とともに内部構造体が弾性変形することを可能とする請求項11に記載の流体供給装置。 30

【請求項13】

複数の突起部の間にある流路の断面積が、上流の流路の断面積より小さく、複数の突起部の間にある流路を流れる流体の静圧力を低くすることにより、キャビテーション現象を誘発して、微小バブルを発生させ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14】

流体が突起部と突起部との間の流路を流れる間に、(i)多数の微小バブルを発生するか、(ii)複数の流体を混合するか、(iii)流体を攪拌・拡散するかの、少なくとも一つの流動特性を与え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15】

角柱状の軸体である内部構造体は中空であり、 40
この内部構造体の中空に、第2の内部構造体が収納固定され、
この第2の内部構造体の外表面には、複数の突起部が網状に配列され、
第2の内部構造体の外表面と中空の内部構造体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、
流体が、管本体の流入口から供給され流出口から流出する間に、第2の内部構造体の複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる、
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16】

角柱状の内部構造体に設けられる中空は角柱状であって、第2の内部構造体は、複数の側面を有する角柱状の軸体であり、複数の突起部は角柱状の軸体の側面に設けられている 50

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の流体供給装置。

【請求項 1 7】

角柱状の内部構造体に設けられる中空は円柱状であって、第 2 の内部構造体は、円柱状の軸体であり、複数の突起部は円柱状の軸体の側面に設けられていることを特徴とする請求項 1 5 に記載の流体供給装置。

【請求項 1 8】

複数の突起部の高さは、一部が低くなっていて、流体の圧力損失を防ぐようになっ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 1 9】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれかの流体供給装置に、冷却水を流入し、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。 10

【請求項 2 0】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれかの流体供給装置に、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 2 1】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれかの流体供給装置に、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 2 2】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれかの流体供給装置に、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。 20

【請求項 2 3】

円筒形の内部壁面をもつ収納体に収納されて、流体に対し流動特性を与える内部構造体であって、

内部構造体は、複数の側面を有する角柱状の内部軸体を有し、

内部軸体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、

複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、

流体が、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられ、

内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、収納体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなることを特徴とする、 内部構造体。 30

【請求項 2 4】

角柱状の内部軸体は中空であり、

この内部軸体の中空に、第 2 の内部軸体が収納固定され、

この第 2 の内部軸体の外表面には、複数の突起部が網状に配列され、

第 2 の内部軸体の外表面と中空の内部軸体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、

流体が、第 2 の内部軸体の複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる、

ことを特徴とする請求項 2 3 に記載の内部構造体。 40

【請求項 2 5】

角柱状の内部軸体に設けられる中空は角柱状であって、第 2 の内部軸体は、複数の側面を有する角柱状の軸体であり、複数の突起部は角柱状の軸体の側面に設けられていることを特徴とする請求項 2 4 に記載の内部構造体。

【請求項 2 6】

角柱状の内部軸体に設けられる中空は円柱状であって、第 2 の内部軸体は、円柱状の軸体であり、複数の突起部は円柱状の軸体の側面に設けられていることを特徴とする請求項 2 4 に記載の内部構造体。

【請求項 2 7】

円筒形の内部壁面をもつ収納体に収納されて、流体に対し流動特性を与える内部構造体 50

であって、

内部構造体は、複数の内部構造体が連結されて形成され、

各内部構造体は、

複数の側面を有する角柱状の内部軸体を有し、内部軸体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられ、

内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、収納体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなっており、

複数の内部構造体は、相対的に回転した角度で連結されていることを特徴とする、内部構造体。

10

【請求項 28】

各内部構造体は、弾性を有する弾性材料で形成され、全体的に変形することを可能とする請求項 27 に記載の内部構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体を供給する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。また、流体供給装置に用いる内部構造体及びその製造方法に関する。例えば、本発明の流体供給装置は、マシニングセンターや切削機、ドリル、研削盤の様々な工作機械のクーラント（冷却剤或いは加工液とも呼ばれる）の供給装置に適用可能である。また、本発明は、流体をせん断、攪拌、拡散、混合するミキサーなどにも適用できる。更には、ファインバブル（マイクロオーダーのマイクロバブルやナノオーダーのウルトラファインバブル）を発生するファインバブル発生装置にも適用できる。

20

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械において、例えば、金属から成る被加工物（ワーク）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、被加工物の切り屑や削り屑などを加工箇所から除去したりしている。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、被加工物の切り屑など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。この場合、クーラントは、工具と被加工物との間の摩擦抵抗を減少させ、切削熱を除去すると同時に、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、クーラント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。

30

【0003】

本特許出願人は、特許第 6245397 号や特許 6245401 号において、流体の浸透性や潤滑性を上げることができる流体供給管を開示した。例えば、水溶性クーラントの場合は、かかる流体供給管を用いることによって、ファインバブルが発生でき、流体の表面張力を下げることで、流体の浸透性を上げ、また潤滑性を上げることに成功している。

40

【0004】

この流体供給管は、ファインバブルの供給を必要とする様々なアプリケーションにも適用できる。更に、この流体供給管を用いて、複数の流体をミキシングする場合にも、流体を微細にせん断し、攪拌し、拡散し、混合することができるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特許第 6245397 号

【特許文献 2】特許第 6245401 号

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、従前の流体供給装置では、その内部に配置される内部構造体が特殊な形状をしており、特に、金属製の円柱状の軸体上に流体が流れる螺旋状の流路を形成する（切削、旋削、研削などの金属加工による）実施形態にあっては、金属加工の精度を要求され、その実現は難易度が高いものであった。そのため、製造に時間がかかり、結果として製造コストの向上を招いていた。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、これまでの流体供給装置及びそれに用いられる内部構造体を改善するものである。特に、その加工を簡単にして、且つ従来のものと同等以上の流体の流動特性を与える流体供給装置を提供することを目的とする。また、そのような流体供給装置に用いることができる内部構造体及びその製造方法を実現するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上述の問題を解決するために、次の構成にしてある。

即ち、本発明のひとつの実施形態によれば、流体供給装置は、流体が流入する流入口と、流体が流出する流出口とを有し、断面円形の内部壁面を有する中空の管本体と、管本体に収納固定される複数の側面を有する角柱状の軸体である内部構造体と、を有する。内部構造体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、内部構造体の側面と管本体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、管本体の流入口から供給され流出口から流出する間に、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、管本体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなる。

また、他のひとつの実施形態によれば、角柱状の軸体である内部構造体は中空であり、この内部構造体の中空に、第2の内部構造体が収納固定され、この第2の内部構造体の外表面には、複数の突起部が網状に配列され、第2の内部構造体の外表面と中空の内部構造体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、管本体の流入口から供給され流出口から流出する間に、第2の内部構造体の複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。

【0009】

本発明のひとつの実施形態による内部構造体は、円筒形の内部壁面をもつ収納体に収納されて、流体に対し流動特性を与える。内部構造体は、複数の側面を有する角柱状の内部軸体を有し、内部軸体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、収納体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなる。

また、他のひとつの実施形態の内部構造体によれば、角柱状の内部軸体は中空であり、この内部軸体の中空に、第2の内部軸体が収納固定され、この第2の内部軸体の外表面には、複数の突起部が網状に配列され、第2の内部軸体の外表面と中空の内部軸体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、第2の内部軸体の複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。

発明の他のひとつの実施形態である内部構造体によれば、円筒形の内部壁面をもつ収納体に収納されて、流体に対し流動特性を与える内部構造体であって、内部構造体は、複数の内部構造体が連結されて形成される。各内部構造体は、複数の側面を有する角柱状の内部軸体を有し、内部軸体の側面には、複数の突起部が網状に配列され、複数の突起部の間

10

20

30

40

50

に形成される空間が流体の流路となり、流体が、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。内部構造体の各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さは、収納体の内部壁面の円弧にあわせて、総体として、中心が高く、外に向かって低くなっており、複数の内部構造体は、相対的に回転した角度で連結されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明の流体供給装置を、工作機械等のクーラント供給に用いれば、流体供給装置の内部では、複数の突起部間に形成された細い流路を通過する際に、突起部に衝突するなどして、流体を微細にせん断し、攪拌し、拡散し、混合することで、流体の粘性を下げることになる。従って、本発明の流体供給装置に、油性のクーラントを流入した場合、粘性が下がることによって、工作機械の被加工物や刃物により浸透しやすくなることで、冷却性や洗浄性が高まる。水溶性のクーラントを用いる場合においては、流体供給装置で発生した多数のファインバブルによって流体の表面張力が下がり、浸透性や潤滑性が高まる。その結果、工具と被加工物とが接する箇所ですでに生じる熱の冷却効果が大きく上がる。このように、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。また発生したファイン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。これは切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。特に、本発明の流体供給装置は、角柱状の軸体である内部構造体を有し、内部構造体の各側面には、複数の突起部が網状に配列され、突起部と突起部の間に形成される空間が流体の流路（これは交差する交差流路となる）となり、流体が、突起部と突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられるため、その構成が簡単になる。

【0011】

本発明の流体供給装置の内部構造体は、断面円形の内部壁面をもつ管本体或いは円筒形の内部壁面をもつ収納体の内部壁面の円弧にあわせて、各側面に設けられる複数の突起部の上面の高さが、総体として、中心が高く、外に向かって低くなっており、流体は、軸体の側面の複数の突起部の間にできる流路を流れ、複数の突起部の上面を流れる流体はほぼ無いことになり、流体の流動特性の付与に効果的な流れとなる。

【0012】

本発明の流体供給装置は、マシニングセンター、切削機、ドリル、研削盤等の様々な工作機械においての冷却剤供給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、汚染除去装置等にも適用できる。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（例えば、ファインバブルを発生して）洗浄効果を上げる。水耕栽培の場合は、流体供給装置に水を流入し、溶存酸素を増加させて吐出することができる。また、汚染物質除去のために、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（例えば水）として、供給することも容易に可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

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、本発明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】本発明の流体供給装置を備えるマシニングセンターの一例を示す。

【図2A】本発明の第1の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図2B】本発明の第1の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

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

10

20

30

40

50

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の別の方向からの 3 次元斜視図である。

【図 5 A】本発明の第 1 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の四角錐と、四角柱の側面上の突起部の配置を説明する図である。

【図 5 B】本発明の第 1 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の突起部の鋭角の角度及び複数の突起部で形成される交差流路の交差角度を示す図である。

【図 6 A】本発明の第 2 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 6 B】本発明の第 2 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の 3 次元斜視図である。 あ

【図 8 A】本発明の第 2 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の三角錐と三角柱の側面上の突起部の配置を説明する図である。

【図 8 B】本発明の第 2 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の突起部の鋭角の角度及び複数の突起部で形成される交差流路の交差角度を示す図である。

【図 9 A】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 9 B】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て途中の 3 次元斜視図である。

【図 11 A】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の 3 次元斜視図である。

【図 11 B】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の断面図である。

【図 12】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の他の方向からの 3 次元斜視図である。

【図 13 A】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の外側の内部構造体の四角柱の側面上の複数の突起部の配置を説明する図である。

【図 13 B】本発明の第 3 の実施形態に係る流体供給装置の内側の内部構造体の四角錐と、四角柱の側面上の複数の突起部の配置を説明する図である。

【図 14 A】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 14 B】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 15】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て途中の 3 次元斜視図である。

【図 16 A】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の 3 次元斜視図である。

【図 16 B】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の断面図である。

【図 17】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の他の方向からの 3 次元斜視図である。

【図 18 A】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の外側の内部構造体の複数の突起部の配置を説明する図である。

【図 18 B】本発明の第 4 の実施形態に係る流体供給装置の内側の内部構造体の複数の突起部の配置を説明する図である。

【図 19 A】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 19 B】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 20】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て途中の 3 次元斜視図である。

【図 21 A】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の 3 次元斜視図である。

【図 21 B】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の断面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 2】本発明の第 5 の実施形態に係る流体供給装置の内側内部構造体の円柱側面上の複数の突起部の配置を平面化して説明する図である。

【図 2 3 A】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 2 3 B】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 2 4】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て途中の 3 次元斜視図である。

【図 2 5 A】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の 3 次元斜視図である。

【図 2 5 B】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の断面図である。

10

【図 2 6】本発明の第 6 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の組み立て完了時の他の方向からの 3 次元斜視図である。

【図 2 7】本発明の第 7 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の 3 次元斜視図である。

【図 2 8】本発明の第 7 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の他の方向からの 3 次元斜視図である。

【図 2 9】本発明の第 8 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の 3 次元斜視図である。

【図 3 0 A】本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 3 0 B】本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

20

【図 3 1】本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の 3 次元斜視図である。

【図 3 2 A】本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の四角錐と、四角柱の側面上の突起部の配置を説明する図である。

【図 3 2 B】本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の突起部が列毎に交互に僅かに傾いていることを示す図である。

【図 3 3 A】本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給装置の側面分解図である。

【図 3 3 B】本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給装置の側面透視図である。

【図 3 4】本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の 3 次元斜視図である。

30

【図 3 5 A】本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の三角錐と、三角柱の側面上の突起部の配置を説明する図である。

【図 3 5 B】本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給装置の内部構造体の突起部が列毎に交互に僅かに傾いていることを示す図である。

【図 3 6】(A) ~ (H) において、本発明の突起部の側面に凹凸又は一乃至複数の段差が形成された複数の変形例を示す図である。

【図 3 7】本発明の第 11 の実施形態に係り、流体供給装置の内部構造体に形成された配列された複数の穴の一つに、取り付け足を有する突起部を取り付ける状態を示す図である。

【図 3 8】(A) ~ (M) は、第 11 実施形態に係る取り付け足を有する突起部の種々の形態を示す図である。

40

【図 3 9 A】本発明の第 12 の実施形態に係る弾性材料で形成された内部構造体と管本体とからなる流体供給装置を示す図である。

【図 3 9 B】本発明の第 12 の実施形態の変形例を示し、内部構造体の突起部が内部軸体の軸体の長さ方向から左右方向に僅かに傾いている内部構造体と管本体とからなる流体供給装置を示す図である。

【図 4 0 A】本発明の第 13 の実施形態に係り、複数の内部構造体が連結されている流体供給装置を示す図である。

【図 4 0 B】本発明の第 13 の実施形態の変形例に係り、連結された複数の内部構造体及び管本体が弾性材料で形成されたことを示す図である。

50

【図４１】本発明の第１４の実施形態に係り、分割された分割内部構造体を射出成型にて製造する工程を示す図である。

【図４２】本発明の第１４の実施形態の製造方法にて形成された内部構造体の１／３の分割内部構造体の側面図を示す図である。

【図４３Ａ】本発明の第１４の実施形態による１／３の分割内部構造体の３次元斜視図である。

【図４３Ｂ】本発明の第１４の実施形態による１／３の分割内部構造体の別の角度から見た３次元斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

本明細書においては、主に本発明をマシニングセンターその他の工作機械（旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤、ターニングセンタ等）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る。

【００１５】

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。

【００１６】

図１は本発明が適用された流体供給部を備えるマシニングセンターの一実施形態を示す。図示されたように、マシニングセンター１は多数の種類異なる刃物（ドリル、フライス、エンドミルなどの工具）２が、スピンドル３に交換可能に取り付けられる。スピンドル３は、図示しない主軸モータにより、刃物２を回転させることができる。また、スピンドル３や刃物２を上下させる図示しない駆動部も有する。マシニングセンター１では、刃物２の交換によって、フライス、穴あけ、中ぐり、ねじ立て等の種々の作業を可能とする。コラム４には、このスピンドル３のほか、流体（冷却剤或いは加工液）を供給するノズル５ - １ ~ ５ - ６が取り付けられている。２つのロックラインノズル５ - １、５ - ２は、連結管６を介し、コラム４の内部を經由して供給される流体を、被加工物Wの工作箇所Gを中心に噴射する。また、マシニングセンター１には、小型の４個のシングルノズル５ - ３ ~ ５ - ６もあり、連結管６を介し、コラム４の内部を經由して供給される流体を適宜の吐出角度で自由に噴出する。これらのノズル５ - １ ~ ５ - ６もコラム４に取り付けられている。また、マシニングセンター１は、被加工物Wを平面の上で移動させるテーブル７と、被加工物W又は刃物２を上下に移動させるコラム４等を備える基台８と、流体を刃物２や被加工物Wに供給する流体供給部９とを備える。流体供給部９は流体を貯留する加工液タンク１０と、上記流体を加工液タンク１０から流出させるポンプ１１と、ポンプ１１から流体供給管P（本発明の「流体供給装置」）に流体を送出する配管１２を備える。

【００１７】

配管１２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の流出口を経て連結管６を介し、更に、コラム４の内部を介して、上述したノズル５ - １ ~ ５ - ６に供給される。工作箇所Gなどに向けて噴出された流体は、配管１３によって回収された後、フィルター装置（図示せず）による濾過などを経て加工液タンク１０にもどる。以下、流体供給管Pの様々な実施形態（流体供給管１００乃至６００、内部構造体７４０及び８４０、流体供給管９００及び１０００）について図面を参照して説明する。

【００１８】

（第１の実施形態）

図２Ａ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２Ｂは流体供給管１００の側面透視図である。図３は流体供給管１００の内部構造体１４０の３次元斜視図であり、図４は別の角度からの内部構造体１４０の３次元斜視図である。図２Ａ及び図２Ｂ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２Ｂにおいて、流体は流入口１１１から流出口１１２側へ流れる。

【００１９】

10

20

30

40

50

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（図示略）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 は配管 12 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（図示略）と配管 12 の端部の外周面に形成された雄ねじ（図示略）とのねじ結合により、流入側部材 120 と配管 12 とが連結される。本実施形態においては、図 2A 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（流入端）と流出端の内径とが違い、流入口 111 の内径が流出端の内径より小さい。流入口 111 と流出端との間にはテーパ部 124（又は段差でもよい）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 は流入端と流出端の両端部の内径が同一であってもよい。

【0020】

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（図示略）を備える。流出側部材 130 の雄ねじの外周面の直径は流入側部材 120 の雌ねじ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 は連結管 6 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（図示略）と連結管 6 の端部の外周面に形成された雄ねじ（図示略）とのねじ結合により、流出側部材 130 と連結管 6 とが連結される。入力端と連結部 138 との間には筒形部 134 及びテーパ部 136（又は段差でもよい）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（流出端）の内径と流入端の内径とが違い、流出口 112 の内径が流入端の内径より小さい。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と流出側部材 130 の一端部の外周面の雄ねじ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。

【0021】

一方、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 2A 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。つまり、管本体 110 の外形は、図示のものに限らず方形管状等の種々の形状をとることができる。流入側部材 120 又は流出側部材 130 は、例えば、スチールやアルミのような金属、又はプラスチックのような樹脂から成る。図 2A 及び図 2B 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 の外周面の雄ねじと流入側部材 120 の内周面の雌ねじ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。

【0022】

内部構造体 140 は、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程としては、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を角錐（第1の実施形態の場合は四角錐 141）に形成する工程と、底面を角柱（第1の実施形態の場合は底面が正方形の四角柱 142）の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 140r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 140p を形成する工程とを有する。もともとの円柱部材の半径は、管本体 110 の内壁の半径と同じまたは僅かに小さく、円柱部材が管本体に入り、隙間が出ないサイズであることが望ましい

【 0 0 2 3 】

図 4 から明らかなように、円柱状の軸体を加工することによって、先頭に四角錐 1 4 1 が形成され、残部の部分には四角柱 1 4 2 が形成され、四角柱 1 4 2 の 4 つの側面に複数の突起部 1 4 0 p が形成される。複数の突起部 1 4 0 p は網状に配置され、その底面は、四角柱 1 4 2 の外表面（側面）と同じ面であり、上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。つまり、この内部構造体 1 4 0 が図 2 B のように、管本体 1 1 0 に挿入固定された場合、四角錐 1 4 1 は、流入する流体を、管本体 1 1 0 の円の中心から半径方向に拡散させて、四角柱 1 4 2 の 4 つの側面に誘導することになる。そして、各側面に到達した流体は、複数の突起部 1 4 0 p の間に形成された交差する流路 1 4 0 r を流れることになるが、管本体 1 1 0 の円筒形の内壁面とこの複数の突起部 1 4 0 p の高さがほぼ同じ（隙間が無い）なので、流体は、複数の突起部 1 4 0 p の間の交差流路 1 4 0 r を流れる（つまり、複数の突起部 1 4 0 p の上面を流れる流体はほぼ無い）ことになる。

【 0 0 2 4 】

図 5 A は、内部構造体 1 4 0 のひとつの側面を平面上にあらわして、四角錐 1 4 1 と突起部 1 4 0 p の配列とを示した図であり、上流側の四角錐 1 4 1 はその頂角を例えば、60 度とする。もちろん、この角度は適宜変更可能である。そして、下流側の四角柱 1 4 2 の 4 つの側面には、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 1 4 0 p が網状に形成される。なお、この頂角も適宜変更可能である。したがって、図 5 B にある通り、複数の突起部 1 4 0 p の間に形成される交差流路 1 4 0 r の交差角度も 41.11° となる。具体的に言うと、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 1 4 0 p は、上流から下流にかけて、3 個、4 個、3 個、・・・、4 個と 1 4 列形成され、ひとつの側面に 4 9 個あり、4 つの側面の合計は 1 9 6 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 1 4 0 p の形状は、底面が菱形の突起でなくても良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 5 A、図 5 B から適宜（角度、間隔など）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可能である。

【 0 0 2 5 】

以下、流体が流体供給管 1 0 0 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ポンプ 1 1 によって配管 1 2（図 1 参照）を経て流入口 1 1 1 を通じて流入された流体は、流入側部材 1 2 0 のテーパ部 1 2 4 の空間を過ぎて内部軸体 1 4 0 の四角錐 1 4 1 にぶつかり、流体供給管 1 0 0 の中心から外側に向かって（即ち、半径方向であって、四角錐の底面方向へ）拡散される。拡散された流体は、四角柱 1 4 2 の各側面に到達し、上流側から下流にかけて 3 つ、4 つ、3 つ・・・と形成された、底面は菱形であり上面は円柱の一部で丸みを帯びた形状の複数の突起部 1 4 0 p の間の狭い交差流路 1 4 0 r（交差角 41.11° ）の間を進む。このとき、交差する流路での流体の流れの強さは、図 5 A の上流から下流に向かって、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れる強さと、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れる強さは、ほぼ同じになる。なお、この 2 つの流れの方向の角度が上述の交差角（ 41.11° ）になる。流体は、複数の突起部 1 4 0 p に衝突してせん断され、また、複数の交差流路 1 4 0 r で衝突、混合、分散を繰り返す。図 5 A において、四角柱 1 4 2 の側面の左端部（図 5 A の上側端部）に来た流体は、折り返して、つまり上流から下流に向かって、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れてきた流れは、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れることになり、右端部（図 5 A の下側端部）に来た流体は、折り返して、つまり上流から下流に向かって、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れてきた流れは、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れることになる。流体が複数の突起部 1 4 0 p によって形成された複数の狭い流路 1 4 0 r を通過することで、多数の微小な渦を発生させる。また、複数の突起部 1 4 0 p の多段の網状の配置によって、交差する流路 1 4 0 r で流体は交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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

。突起部 140 p 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。

【0026】

内部構造体 140 は、流体が、断面積が大きい上流側（四角錐 141）から断面積が小さい下流側（複数の突起部 140 p の間に形成された交差流路 140 r）へ流れるようにする構造を有する。この構造は流体の静圧力（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。

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

ここで、 p は流線内の一点での圧力、 ρ は流体の密度、 v 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。

【0027】

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 - 4000 Pa）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。この現象は、水を主成分とする水溶性クーラントの場合は生じやすい。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小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため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。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し（図 1 の配管 12 の途中で気体の注入手段を設ける）、多数の突起部 140 p との流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生させることもできる。この場合も、発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため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。

【0028】

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、または、水と混合して用いる場合も多い。ところで、本発明の供給管を用いれば、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、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。

【0029】

内部軸体 140 の四角柱 142 の各側面の複数の狭い交差流路 140 r を通過した流体は内部構造体 140 の下流端部に向かって流れる。下流端部では、フリップフロップ現象によって、流体は、左右方向に流れをスイッチングしながら、流出側部材 130 の下流の

10

20

30

40

50

テーパー部 136 のある空間へ流れ出る。しかる後、流出口 112 を通じて流出され、図 1 のノズル 5-1 ~ 5-6 を通じて工作箇所 G などに向かって吐き出される。ノズル 5-1 ~ 5-6 から吐出される流体は、流体供給管 P (図 2 B の流体供給管 100) において、微細レベルで、せん断、攪拌、拡散、混合が十分起きており、油性クーラントの場合、もともと水溶性のクーラントに比べて潤滑性が優れているが、粘性を下げて、浸透性も高まっていて、冷却効果が向上することになる。また、流体に対して、複数の突起部 140 p の間の狭い交差流路 140 r を通過することにより、多数のファインバブルが含まれるようになっている場合 (特に、水溶性クーラントの場合)、ノズル 5-1 ~ 5-6 から噴出することで、それが大気圧に露出し、刃物 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、工作箇所 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工作箇所 G の周囲の洗浄効果を向上させる。

【0030】

本発明の流体供給管 100 を工作機械等の流体供給部に設けることによって、冷却剤或いは加工液が、ノズルより十分な噴射力の流体となって供給され、刃物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。

【0031】

尚、本実施形態では、1つの円柱部材を加工して内部構造体 140 の四角錐 141 と、複数の網状の突起部 140 p (その間の交差流路 140 r) が設けられた四角柱 142 とを形成するので、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、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。なお、内部構造体 140 の上流部に流入流体を効率的に各側面に分散する四角錐 141 を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。内部構造体 140 は、四角柱 142 の側面に、複数の突起部 140 p が網状に形成されておればよい。また、内部構造体 140 の下流端部は、四角柱 142 の底面 (四角形又は正方形) となっているが、この下流端部に四角錐を設けて、流体を管本体 110 の流出口 112 の中心に誘導するようにしてもよい。これは、以下に述べる他の実施形態においても同様である。

【0032】

本実施形態の流体供給装置にあっては、特に、交差流路 140 r は角柱 (本実施形態では四角柱 142) の側面、つまり平面上に形成するため、高い精度は要求されず、製造が簡単になる。また、流体供給装置は、流体が突起部と突起部との間の流路を流れる間に、(i) 多数の微小バブルを発生するか、(ii) 複数の流体を混合するか、(iii) 流体を攪拌・拡散するかの少なくとも一つの流動特性を与えることを可能とする。その結果、マシニングセンターのほか、各種の旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤、ターニングセンタ等、様々な工作機械における冷却剤や加工液の供給に用いることが可能である。また、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。更には、流体供給装置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、流体供給装置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。また、本発明の流体供給装置は、空気、水素、酸素、オゾンその他の気体を含むファインバブルを発生させることで、汚染物質除去等を含む各種用途に用いられ有用である。これらの作用は、以下に述べる他の実施形態においても同様に実現できる。

【0033】

(第2の実施形態)

次に、図 6 A 乃至図 8 B を参照して本発明の第2の実施形態に係る流体供給管 200 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6Aは第2の実施形態に係る流体供給管200の側面分解図であり、図6Bは流体供給管200の側面透視図である。図6A及び図6Bに示されたように、流体供給管200は管本体110と内部構造体240とを含む。図7は、内部構造体240の3次元斜視図である。第2の実施形態の管本体110は第1の実施形態のものと同一であるので、その説明を省略する。図6Bにおいて、流体は流入口111から流出口112側へ流れる。図6Bに示されたように、流体供給管200は、内部構造体240を流出側部材130に収納した後に、流出側部材130の外周面の雄ねじと流入側部材120の内周面の雌ねじとを結合することで構成される。

10

【0034】

内部構造体240は、第1の実施形態と同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その工程は、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を三角錐241に形成する工程と、底面を三角柱242の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路240rを形成することにより、底面を三角柱242の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部240pを形成する工程とを有する。なお、三角柱242の底面は正三角形である。

20

【0035】

図7に示す通り、円柱状の軸体を加工することによって、先頭に三角錐241が形成され、残部の部分には三角柱242が形成され、三角柱242の3つの側面に複数の突起部240pが形成される。複数の突起部240pは網状に配置され、その底面は、三角柱242の外表面(側面)と同じ面であり、上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧状の高さとなって丸みを帯びている。つまり、この内部構造体240が図6Bのように、管本体110に挿入固定された場合、三角錐241は、流入する流体を、管本体110の円の中心から三角柱242の各側面に拡散させ、誘導することになる。そして、各側面に到達した流体は、複数の突起部240pの間に形成された交差流路240rを流れることになるが、管本体110の円筒形の内壁面と複数の突起部240pの高さがほぼ同じ(隙間が無い)なので、流体は、複数の突起部240pの間の狭い交差流路240rを流れる(つまり、複数の突起部240pの上面を流れる流体はほぼ無い)ことになる。

30

【0036】

図8Aは、内部構造体240のひとつの側面を平面上にあらわして、三角錐241と複数の突起部240pの配列を示した図であり、上流側の三角錐241はその頂角を例えば、90度とする。もちろん、この角度は適宜変更可能である。そして、下流側の三角柱242の3つの側面には、頂角41.11°の菱形(底面の形状)の突起部240pが網状に形成される。なお、この頂角も適宜変更可能である。したがって、図8Bにある通り、複数の突起部240pの間に形成される交差流路240rの交差角度も41.11°となる。具体的に言うと、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部240pは、上流から下流にかけて、5個、4個、5個、・・・、4個と14列形成され、ひとつの側面に63個あり、3つの側面の合計は189個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部240pの形状は、第1の実施形態と同様に、底面が菱形状の突起でなくても良く(例えば、三角形、多角形、その他)、その配列も図8A、図8Bから適宜(角度、間隔など)変更できる。

40

【0037】

以下、流体が流体供給管200を通過する間の流動について説明する。流入口111を通じて流入された流体は、流入側部材120のテーパ部124の空間を過ぎて内部軸体

50

240の三角錐241にぶつかり、流体供給管200の中心から外側に向かって（即ち、半径方向であって、三角錐241の底面方向へ）拡散される。拡散された流体は、三角柱242の各側面に到達し、上流側から5つ、4つ、5つ・・・と形成された、底面は菱形であり上面は円柱の一部で丸みを帯びた形状の突起部240pの間の狭い交差流路240r（交差角41.11°）の間を進む。図8Aの上流から下流にかけて、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れる強さと、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れる強さは、ほぼ同じになる。流体は、複数の突起部240pに衝突してせん断され、また、複数の交差流路240rで衝突、混合、分散を繰り返す。本実施形態においても、図8Aの三角柱242の側面の左右端部（図8Aの上側と下側の夫々の端部）からは、流れが折り返すことになる。流体が複数の突起部240pによって形成された複数の狭い流路240rを通過することで、多数の微小な渦を発生させる。また、複数の突起部240pの多段の網状の配置によって、交差する流路240rでは、交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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。突起部240p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。

【0038】

また、内部構造体240は、流体が、断面積が大きい上流側（三角錐241）から断面積が小さい下流側（複数の突起部240pの間に形成された交差流路240r）へ流れるようにする構造を有する。第1の実施形態で説明したように、ベルヌーイの方程式に従って、静圧が低くなり、キャピテーション現象によって液体のうちに存在する100マイクロン以下の微小な気泡核を核として液体が沸騰し小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため浸透性及び潤滑性を向上させる。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し（図1の配管12の途中で気体の注入手段を設ける）、多数の突起部240pとの流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生させることもできる。

【0039】

内部軸体240の三角柱242の各側面の複数の狭い交差流路240rを通過した流体は内部構造体240の端部に向かって流れる。下流端部では、フリップフロップ現象によって、流体は、左右方向に流れをスイッチングしながら、流出側部材130の下流のテーパー部136のある空間へ流れ出る。しかる後、流出口112を通じて流出され、図1のノズル5-1～5-6を通じて工作箇所Gなどに向かって吐き出される。

【0040】

なお、内部構造体240の上流部に流入流体を効率的に各側面に分散する三角錐241を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。内部構造体240には、三角柱242の側面に、複数の突起部240pが網状に形成されておればよい。また、内部構造体240の下流端部は、三角柱242の底面（三角形）となっているが、この下流端部に三角錐を設けて、流体を管本体110の流出口112の中心に誘導するようにしてもよい。これは、以下に述べる他の実施形態においても同様である。

【0041】

（第3の実施形態）

次に、図9A乃至図13Bを参照して本発明の第3の実施形態に係る流体供給管300について説明する。本実施形態にあつては、第1の実施形態と統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の実施形態と同一の構成要素に対しては同一の図面符号を使う。図9Aは第3の実施形態に係る流体供給管300の側面分解図であり、図9Bは流体供給管300の側面透視図である。図9A及び図9Bに示されたように、流体供給管300は管本体110と第1の内部構造体（外側内部構造体）340と、第2の内部構造体（内側内部構造体）350を含む。内部構造体340は、第1の実施形態同様の四角柱342であるが、内部に直方体の中空形状の貫通した空洞341が形成されていて、この空洞341に第2の内部構造体350が収納されることになる。図10

10

20

30

40

50

は、内部構造体 340 に第 2 の内部構造体 350 の収納途中の 3 次元斜視図である。図 11A は、内部構造体 340 に第 2 の内部構造体 350 の収納された状態の 3 次元斜視図であり、図 11B は、その一部断面図である。

【0042】

第 1、第 2 の内部構造体 340、350 は、第 1 の実施形態と同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる柱状部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3 次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その工程は、角柱（第 3 の実施形態では四角柱）の外形状の内側内部軸体を準備する工程と、内側内部軸体の上流側の端部に四角錐 351 を形成する工程と、内側内部軸体の外表面に交差流路 350r を作ることにより、複数の突起部 350p を形成する（具体的には、四角柱の側面から所定の深さの交差流路 350r を形成することにより、底面を交差流路 350r の底面と同じ高さとし、上面を四角柱の側面の高さとする複数の突起部 350p を形成する）工程とを有する。このようにして内側内部構造体 350 が形成される。そして、円柱状の外側内部軸体を準備する工程と、外側内部軸体に対して、内側内部軸体が内部に配置される中空の角柱状（第 3 の実施形態では四角柱、又は底面が正方形の直方体）の空洞 341 を貫通して形成する（必要に応じて入り口 4 辺にテーパをもつガイド 343 が設けられる）工程と、円柱状の外側内部軸体に対して、底面を角柱（第 3 の実施形態では四角柱 342）の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 340r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 340p を形成する工程とを有する。このようにして、外側内部構造体 340 が形成される。複数の突起部 350p が形成された内側内部構造体 350 を、複数の突起部 340p が形成された外側内部構造体 340 の中空の空洞 341 に配置する工程によって、組み立てられる。

【0043】

図 10 乃至図 12 に示す通り、外側内部構造体 340 は、円柱状の軸体を加工することによって、四角柱 342 が形成され、四角柱 342 の 4 つの側面に複数の突起部 340p が形成される。複数の突起部 340p は網状に配置され、その底面は、四角柱 342 の外表面（側面）と同じ面であり、その上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。そして、外側内部構造体 340 は、内部に直方体の貫通した空洞 341 が形成されていて、その入り口の四辺にはテーパをもつガイド 343 が形成される。

【0044】

内側内部構造体 350 は、流体の流入側に四角錐 351 を有し、それに続く残部の部分は、四角柱 352 の形状をしていて、4 つの側面に複数の突起部 350p が形成される。複数の突起部 350p は網状に配置され、その高さは一定の高さとされている。つまり、突起部 350p の上面は、外側内部構造体 340 に形成された、直方体の形状をしている空洞 341 の内壁の高さ（或いは幅）と同じか或いは僅かに低い（小さい）位置に固定されることになる（図 12 参照）。つまり、空洞 341 の縦、横の幅（断面の正方形の各辺の長さ）は、内側内部構造体 350 の平行な両側面から突起している突起部 350p 相互の表面間の距離と同じか僅かに大きい距離とすることで、突起部 350p と空洞 341 の壁面との距離がほぼ無くなる。図 11A、11B 或いは図 12 に示されるように、内側内部構造体 350 が外側内部構造体 340 に挿入され、更に図 9B のように、管本体 110 に挿入固定された場合、四角錐 351 は、流入する流体を、管本体 110 の円の中心から四角柱 352 の各側面に拡散させ、誘導することになる。また、内部構造体 340 の空洞 341 の入り口に形成されたテーパをもつ 4 辺のガイド 343 が四角柱 342 の各側面に流体を誘導することになる。つまり、第 3 の実施形態では、管本体 110 の流入口 111 から流入される流体は、四角錐 351 を経て空洞 341 内に流入し、内側内部構造体 350 に形成された交差流路 350r を経由するものと、流入口 111 から直接または四角

錐 3 5 1、ガイド 3 4 3 を経て、外側内部構造体 3 4 0 に形成された流路 3 4 0 r を經由するものに 2 分され、それぞれの下流端で 2 分された流体は合流し、流出口 1 1 2 に向かうことになる。

【 0 0 4 5 】

図 1 3 A は、内部構造体 3 4 0 のひとつの側面を平面上にあらわして、複数の突起部 3 4 0 p の配列を示した図であり、四角柱 3 4 2 の 4 つの側面には、図示は省略しているが、第 1 の実施形態と同様、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 3 4 0 p が網状に形成される。なお、この頂角は適宜変更可能である。したがって、そして、複数の突起部 3 4 0 p の間に形成される交差流路 3 4 0 r の交差角度も 41.11° となる。具体的に言うと、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 3 4 0 p は、上流から下流にかけて、3 個、4 個、3 個、・・・、4 個と 1 4 列形成され、ひとつの側面に 4 9 個あり、4 つの側面の合計は 1 9 6 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 3 4 0 p の形状は、第 1 の実施形態と同様に、底面が菱形状の突起でなくても良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 1 3 A から適宜（角度、間隔など）変更できる。

【 0 0 4 6 】

図 1 3 B は、内側内部構造体 3 5 0 の上流の四角錐 3 5 1 と、四角柱 3 5 2 のひとつの側面の複数の突起部 3 5 0 p の配列とを平面上にあらわす。上流側の四角錐 3 5 1 はその頂角を例えば、 60° とする。もちろん、この角度は適宜変更可能である。そして、その下流の四角柱 3 5 2 の 4 つの側面には、図示は省略しているが、外側内部構造体 3 4 0 と同様、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 3 5 0 p が網状に形成される。なお、この頂角は適宜変更可能である。したがって、そして、複数の突起部 3 5 0 p の間に形成される交差流路 3 5 0 r の交差角度も 41.11° となる。具体的に言うと、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 3 5 0 p は、上流から、1 個、2 個、1 個、・・・、2 個と 1 4 列形成され、ひとつの側面に 2 1 個あり、4 つの側面の合計は 8 4 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 3 5 0 p の形状は、外側内部構造体 3 4 0 の突起部 3 4 0 p と同様に、底面が菱形状の突起でなくても良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 1 3 B から適宜（角度、間隔など）変更できる。

【 0 0 4 7 】

以下、流体が流体供給管 3 0 0 を通過する間の流動について説明する。流入口 1 1 1 を通じて流入された流体は、流入側部材 1 2 0 のテーパ部 1 2 4 の空間を過ぎて内部構造体 3 5 0 の四角錐 3 5 1 にぶつかり、流体供給管 3 0 0 の中心から外側に向かって（即ち、半径方向であって、四角錐の底面方向へ）拡散され、一部は、内側内部構造体 3 5 0 と空洞 3 4 1 で形成される内部の交差流路 3 5 0 r に流入する。また、その流体の残部は内部構造体 3 4 0 の四辺のガイド 3 4 3 で誘導されて、外側内部構造体 3 4 0 と管本体 1 1 0 で形成される内部の交差流路 3 4 0 r に流入する。図 1 3 A の複数の突起部 3 4 0 p 間の交差流路 3 4 0 r に流入された流体及び図 1 3 B の複数の突起部 3 5 0 p 間の交差流路 3 5 0 r では、上流から下流にかけて、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れる強さと、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れる強さは、ほぼ同じになる。本実施形態においても、図 1 3 A の四角柱 3 4 2 の側面の左右端部（図 1 3 A の上側と下側の夫々の端部）からは、流れが折り返すことになる。一方、図 1 2 にある通り、内側内部構造体 3 5 0 の四角柱 3 5 2 の側面の各辺（図 1 3 B の上側と下側の夫々の端部）は、空洞 3 4 1 の直方体の側面の各辺とは一定の距離があるため、四角柱 3 5 2 の側面の上下端部では、ひとつの側面の流路から他の側面の流路へ流体は移動することが起こり得る。

【 0 0 4 8 】

流体が外側内部構造体 3 4 0 の複数の突起部 3 4 0 p によって形成された複数の狭い流路 3 4 0 r を通過すること、及び内側内部構造体 3 5 0 の複数の突起部 3 5 0 p によって

10

20

30

40

形成された複数の狭い流路 350r を通過することで、多数の微小な渦を発生させる。また、外側内部構造体 340 では、流体は、複数の突起部 340p に衝突してせん断され、また、複数の交差流路 340r で衝突、混合、分散を繰り返す。内側内部構造体 350 では、流体は、複数の突起部 350p に衝突してせん断され、また、複数の交差流路 350r で衝突、混合、分散を繰り返す。また、複数の突起部 340p、350p の多段の網状の配置によって、交差する流路 340r、350r では、交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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。突起部 340p、350p 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。

【0049】

また、内部構造体 340、350 は、流体が、断面積が大きい上流側（四角錐 351）から断面積が小さい下流側（複数の突起部 340p の間に形成された交差流路 340r、及び複数の突起部 350p の間に形成された交差流路 350r）へ流れるようにする構造を有する。第 1 の実施形態で説明したように、ベルヌーイの方程式に従って、静圧が低くなり、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小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため浸透性及び潤滑性を向上させる。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し（図 1 の配管 12 の途中で気体の注入手段を設ける）、多数の突起部 340p、350p との流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生させることもできる。

【0050】

内部軸体 340 の四角柱 342 の各側面の複数の狭い交差流路 340r を通過した流体は内部構造体 340 の端部に向かって流れる。また、内部軸体 350 の四角柱 352 の各側面の複数の狭い交差流路 350r を通過した流体は内部構造体 350 の端部に向かって流れる。それぞれの下流端部では、フリップフロップ現象によって、流体は、左右方向に流れをスイッチングしながら、流出側部材 130 の下流のテーパ部 136 のある空間へ流れ出て合流する。しかる後、流出口 112 を通じて流出され、図 1 のノズル 5-1~5-6 を通じて工作箇所 G などに向かって吐き出される。

【0051】

なお、内部構造体 350 の上流部に流入流体を効率的に各側面に分散する四角錐 351 を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。内部構造体 350 は、四角柱 352 の側面に、複数の突起部 350p が網状に形成されておればよい。また、内部構造体 350 の下流端部は、四角柱 352 の底面（四角形）となっているが、この下流端部に四角錐を設けて、空洞 341 の出口から一部突出するようにして、流体を管本体 110 の流出口 112 の中心に誘導するようにしてもよい。加えて、第 3 実施形態の外側内部構造体 340 の空洞 341 は直方体としたが、この空洞 341 を円柱状とする一方、内側内部構造体 350 には、四角柱の底面から円弧状の表面を有する複数の突起部を網状に設けるようにしてもよい。つまり、外側内部構造体 340 の突起部 340p と同様な円弧状に高さの変化する突起部とすることもできる。

【0052】

（第 4 の実施形態）

次に、図 14A 乃至図 18B 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。本実施形態にあつては、第 2 又は第 3 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 3 の実施形態と同一の構成要素に対しては同一の図面符号を使う。図 14A 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 14A 及び図 14B に示されたように、流体供給管 400 は管本体 110 と第 1 の内部構造体（外側内部構造体）440 と、第 2 の内部構造体（内側内部構造体）450 を含む。内部構造体 440 は、第 2 の実施形態同様の三角柱 442（底面が正三角形）であるが、内部に三角柱の

10

20

30

40

50

形状の中空である貫通した空洞 4 4 1 (底面が正三角形で三角柱 4 4 2 の底面の正三角形よりも各辺の長さが短い) が形成されていて、この空洞 4 4 1 に第 2 の内部構造体 4 5 0 が収納されることになる。図 1 5 は、内部構造 4 4 0 に第 2 の内部構造体 4 5 0 の収納途中の 3 次元斜視図である。図 1 6 A は、内部構造体 4 4 0 に第 2 の内部構造体 4 5 0 の収納された状態の 3 次元斜視図であり、図 1 6 B は、その一部断面図である。図 1 7 は、内部構造体 4 4 0 に第 2 の内部構造体 4 5 0 の収納された状態の別の角度からの 3 次元斜視図である。

【 0 0 5 3 】

第 1、第 2 の内部構造体 4 4 0、4 5 0 は、第 3 の実施形態と同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる柱状部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3 次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程は、三角柱の外形状の内側内部軸体を準備する工程と、内側内部軸体の上流側の端部に三角錐を形成する工程と、内側内部軸体の外表面に交差流路 4 5 0 r を作ることににより、複数の突起部 4 5 0 p を形成する (具体的には、三角柱の側面から所定の深さの交差流路 4 5 0 r を形成することにより、底面を交差流路の底面と同じ高さとし、上面を三角柱の側面の高さとする複数の突起部 4 5 0 p を形成する) 工程とを有する。このようにして内側内部構造体 4 5 0 が形成される。そして、円柱状の外側内部軸体を準備する工程と、外側内部軸体に対して、内側内部軸体が内部に配置される中空の三角柱状の空洞 4 4 1 を貫通して形成する工程と、円柱状の外側内部軸体に対して、底面を三角柱の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 4 4 0 r を形成することにより、底面を三角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 4 4 0 p を形成する工程とを有する。このようにして、外側内部構造体 4 4 0 が形成される。複数の突起部 4 5 0 p と交差流路 4 5 0 r が形成された内側内部構造体 4 5 0 を、複数の突起部 4 4 0 p と交差流路 4 4 0 r が形成された外側内部構造体 4 4 0 の中空の空洞 4 4 1 に配置する工程によって組み立てができる。

【 0 0 5 4 】

図 1 5 乃至図 1 7 に示す通り、外側内部構造体 4 4 0 は、円柱状の軸体を加工することによって、三角柱 4 4 2 が形成され、三角柱 4 4 2 の 3 つの側面に複数の突起部 4 4 0 p が形成される。複数の突起部 4 4 0 p は網状に配置され、その底面は、三角柱 4 4 2 の外表面 (側面) と同じ面であり、その上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。そして、外側内部構造体 4 4 0 は、内部に三角柱の貫通した空洞 4 4 1 が形成されていて、その入り口の三辺にはテーパをもつガイド 4 4 3 が形成される。

【 0 0 5 5 】

一方、内側内部構造体 4 5 0 は、流体の流入側に三角錐 4 5 1 を有し、それに続く残部には、三角柱 4 5 2 (底面は正三角形で各辺の長さは、外側内部構造体 4 4 0 の三角柱 4 4 2 よりも短い) の形状をしていて、3 つの側面に複数の突起部 4 5 0 p が形成される。複数の突起部 4 5 0 p は網状に配置され、その高さは一定の高さとされている。つまり、突起部 4 5 0 p の上面は、外側内部構造体 4 4 0 に形成された、三角柱の中空形状をしている空洞 4 4 1 の内壁の高さと同じか或いは僅かに低い位置に固定されることになる (図 1 7 参照)。つまり、図 1 6 A、1 6 B 或いは図 1 7 に示されるように、内部構造体 4 5 0 が内部構造体 4 4 0 に挿入され、更に図 1 4 B のように、管本体 1 1 0 に挿入固定された場合、三角錐 4 5 1 は、流入する流体を、管本体 1 1 0 の円の中心から三角柱 4 5 2 の各側面に拡散させ、誘導することになる。また、内部構造体 4 4 0 のテーパを持つ 3 辺のガイド 4 4 3 が三角柱 4 4 2 の各側面に流体を誘導することになる。つまり、第 4 の実施形態では、管本体 1 1 0 の流入口 1 1 1 から流入される流体は、三角錐 4 5 1 を經由して与えられ、空洞 4 4 1 に配置された内側内部構造体 4 5 0 に形成された交差流路 4 5 0

10

20

30

40

50

r を経由するものと、直接または三角錐 4 5 1 及びガイド 4 4 3 を経由して与えられ、外側内部構造体 4 4 0 に形成された流路 4 4 0 r を経由するものに 2 分され、それぞれの下流端で 2 分された流体は合流し、流出口 1 1 2 に向かうことになる。

【 0 0 5 6 】

図 1 8 A は、内部構造体 4 4 0 のひとつの側面を、平面上にあらわして突起部 4 4 0 p の配列を示した図であり、三角柱 4 4 2 の 3 つの側面には、図示は省略しているが、第 1 乃至第 3 の実施形態と同様、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 4 4 0 p が網状に形成される。なお、この頂角は適宜変更可能である。したがって、複数の突起部 4 4 0 p の間に形成される交差流路 4 4 0 r の交差角度も 41.11° となる。具体的に言う
と、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 4 4 0 p は、上流から下流にかけて、5 個、4 個、5 個、 \dots 、4 個と 1 4 列形成され、ひとつの側面に 6 3 個あり、3 つの側面の合計は 1 8 9 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 4 4 0 p の形状は、第 1 乃至第 3 の実施形態と同様に、底面が菱形状の突起でなくとも良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 1 8 A から適宜（角度、間隔など）変更できる。

【 0 0 5 7 】

図 1 8 B は、内部構造体 4 5 0 の上流側の三角錐 4 5 1 とその下流の三角柱 4 5 2 の一側面上の突起部 4 5 0 p の配列を平面上にあらわしている。三角錐 4 5 1 は、その頂角を、例えば 90° とするが、この角度は適宜変更可能である。そして、三角柱 4 5 2 の 3 つの側面には、図示は省略しているが、内部構造体 4 4 0 の三角柱 4 4 2 の複数の突起部 4 4 0 p と同様、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 4 5 0 p が網状に形成される。なお、この頂角も適宜変更可能である。したがって、そして、複数の突起部 4 5 0 p の間に形成される交差流路 4 5 0 r の交差角度も 41.11° となる。具体的に言う
と、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 4 5 0 p は、上流から下流にかけて、1 個、2 個、1 個、 \dots 、2 個と 1 4 列形成され、ひとつの側面に 2 1 個あり、3 つの側面の合計は 6 3 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 4 5 0 p の形状は、内部構造体 4 4 0 の三角柱 4 4 2 上の複数の突起部 4 4 0 p と同様に、底面が菱形状の突起でなくとも良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 1 3 B から適宜（角度、間隔など）変更できる。

【 0 0 5 8 】

以下、流体が流体供給管 4 0 0 を通過する間の流動について説明する。流入口 1 1 1 を通じて流入された流体は、流入側部材 1 2 0 のテーパ部 1 2 4 の空間を過ぎて内部構造体 4 5 0 の三角錐 4 5 1 にぶつかり、流体供給管 4 0 0 の中心から外側に向かって（即ち、半径方向であって、三角錐の底面方向へ）拡散され、一部は、内側内部構造体 4 5 0 と中空の三角柱状の空洞 4 4 1 で形成される内部の交差流路 4 5 0 r に流入する。また、その流体の残部は内部構造体 4 4 0 の三辺のガイド 4 4 3 で誘導されて、外側内部構造体 4 4 0 と管本体 1 1 0 で形成される内部の交差流路 4 4 0 r に流入する。図 1 8 A の複数の突起部 4 4 0 p 間の交差流路 4 4 0 r に流入された流体及び図 1 8 B の複数の突起部 4 5 0 p 間の交差流路 4 5 0 r では、上流から下流にかけて、左斜め上流から右斜め下流の方向に流れる強さと、右斜め上流から左斜め下流の方向に流れる強さは、ほぼ同じになる。本実施形態においても、図 1 8 A の三角柱 4 4 2 の側面の左右端部（図 1 8 A の上側と下側の夫々の端部）からは、流れが折り返すことになる。一方、図 1 7 にある通り、内側内部構造体 4 5 0 の三角柱 4 5 2 の側面の各辺（図 1 8 B の上側と下側の夫々の端部）が、三角柱の空洞 4 4 1 の側面の各辺とは一定の距離があるため、三角柱 4 5 2 の側面の上下端部では、ひとつの側面の流路から他の側面の流路へ流体は移動することが起こり得る。

【 0 0 5 9 】

流体が外側内部構造体 4 4 0 の複数の突起部 4 4 0 p によって形成された複数の狭い流路 4 4 0 r を通過すること、及び内側内部構造体 4 5 0 の複数の突起部 4 5 0 p によって

10

20

30

40

形成された複数の狭い流路450rを通過することで、多数の微小な渦を発生させる。また外側内部構造体440では、流体は、複数の突起部440pに衝突してせん断され、また、複数の交差流路440rで衝突、混合、分散を繰り返す。内側内部構造体450では、流体は、複数の突起部450pに衝突してせん断され、また、複数の交差流路450rで衝突、混合、分散を繰り返す。また、複数の突起部440p、450pの多段の網状の配置によって、交差する流路440r、450rでは、交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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。突起部440p、450p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。

【0060】

また、内部構造体440、450は、流体が、断面積が大きい上流側（三角錐451）から断面積が小さい下流側（複数の突起部440pの間に形成された交差流路440r、及び複数の突起部450pの間に形成された交差流路450r）へ流れるようにする構造を有する。第1の実施形態で説明したように、ベルヌーイの方程式に従って、静圧が低くなり、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小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため浸透性及び潤滑性を向上させる。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し（図1の配管12の途中で気体の注入手段を設ける）、多数の突起部440p、450pとの流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生させることもできる。

【0061】

内部軸体440の三角柱442の各側面の複数の狭い交差流路440rを通過した流体は内部構造体440の端部に向かって流れる。また、内部軸体450の三角柱452の各側面の複数の狭い交差流路450rを通過した流体は内部構造体450の端部に向かって流れる。それぞれの下流端部では、フリップフロップ現象によって、流体は、左右方向に流れをスイッチングしながら、流出側部材130の下流のテーパ部136のある空間へ流れ出て合流する。しかる後、流出口112を通じて流出され、図1のノズル5-1~5-6を通じて工作箇所Gなどに向かって吐き出される。

【0062】

なお、内部構造体450の上流部に流入した流体を効率的に各側面に分散する三角錐451を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。内部構造体450は、三角柱452の側面に、複数の突起部450pが網状に形成されておればよい。また、内部構造体450の下流端部は、三角柱452の底面（正三角形）となっているが、この下流端部に三角錐を設けて、空洞441の出口から一部突出するようにして、流体を管本体110の流出口112の中心に誘導するようにしてもよい。加えて、第4実施形態の外側内部構造体440の空洞441は中空の三角柱の形状（断面正角形）としたが、この空洞441を円柱状とする一方、内側内部構造体450には、三角柱の底面から円弧状の表面を有する複数の突起部を網状に設けるようにしてもよい。つまり、外側内部構造体440の突起部440pと同様な円弧状に高さの変化する突起部とすることもできる。

【0063】

（第5の実施形態）

次に、図19A乃至図22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。本実施形態にあつては、第3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3の実施形態と同一の構成要素に対しては同一の図面符号を使う。図19A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19Bは流体供給管500の側面透視図である。図19A及び図19Bに示されたように、流体供給管500は管本体110と第1の内部構造体（外側内部構造体）540と、第2の内部構造体（内側内部構造体）550を含む。内部構造体540は、第3の実施形態同様の四角柱542（底面正方形）を含むが、内部に中空の円柱状の貫通した

10

20

30

40

50

空洞 5 4 1 が形成されていて、この空洞 5 4 1 に第 2 の内部構造体 5 5 0 が収納されることになる。この外側内部構造体 5 4 0 は、四角錐の頭部を切り欠いた截頭四角錐 5 4 3 を先端形状とする。さらに詳細に言うと、図 1 9 A の通り、その切り欠き部の断面は円形となっている。図 2 0 は、内部構造体 5 4 0 に第 2 の内部構造体 5 5 0 の収納途中の 3 次元斜視図である。図 2 1 A は、内部構造体 5 4 0 に第 2 の内部構造体 5 5 0 が収納された状態の 3 次元斜視図であり、図 2 1 B は、その一部断面図である。

【 0 0 6 4 】

第 1、第 2 の内部構造体 5 4 0、5 5 0 は、第 3 の実施形態と同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる柱状部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3 次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程は、円柱の外形状の内側内部軸体を準備する工程と、内側内部軸体の上流側の端部に螺旋形状（例えば反時計回り）の一ないし複数の翼 5 5 1 を形成する工程と、内側内部軸体の下流の外表面に円柱の側面から所定の深さの交差流路 5 5 0 r を形成することにより、底面を交差流路の底面と同じ高さとし、上面を円柱の側面の同じ高さとする複数の突起部 5 5 0 p を形成する工程と、内側内部軸体の下流端に、ドーム形又は円錐形の誘導部 5 5 2 を形成する工程を含み、これらの工程を経て内側内部構造体 5 5 0 が形成される。更に具体的な一例では、交差流路として、円環状と螺旋状（例えば反時計回り）の交差流路 5 5 0 r を複数作ることにより、複数の突起部 5 5 0 p を形成する。そして、円柱状の外側内部軸体を準備する工程と、外側内部軸体に対して上流側を截頭四角錐 5 4 3 とする工程と、内側内部軸体が内部に配置される中空の円柱状の空洞 5 4 1（円形の入り口を持つ）を貫通して形成する工程と、円柱状の外側内部軸体に対して、底面を角柱（第 5 の実施形態では四角柱 5 4 2）の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 5 4 0 r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 5 4 0 p を形成する工程とによって、外側内部構造体 5 4 0 が製造される。なお、この四角柱 5 4 2 の底面は正方形である。複数の突起部 5 5 0 p 及び複数の螺旋流路 5 5 0 r が形成された内側内部構造体 5 5 0 が、複数の突起部 5 4 0 p 及び複数の螺旋流路 5 4 0 r が形成された外側内部構造体 5 4 0 の中空の空洞 5 4 1 に配置する工程によって 2 つの内部構造体 5 4 0、5 5 0 が組み立てられる。

【 0 0 6 5 】

図 2 0 乃至図 2 1 B に示す通り、外側内部構造体 5 4 0 は、円柱状の軸体を加工することによって、先端に截頭四角錐 5 4 3 があり、その下流側には四角柱 5 4 2 が形成され、四角柱 5 4 2 の 4 つの側面に複数の突起部 5 4 0 p が形成される。複数の突起部 5 4 0 p は網状に配置され、その底面は、四角柱 5 4 2 の側面（外表面）と同じ面であり、その上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。この複数の突起部 5 4 0 p の配列については、第 3 の実施形態にて説明したものと同様である。そして、外側内部構造体 5 4 0 は、截頭四角錐 5 4 3 の円形先端から内部に中空の円柱状の貫通した空洞 5 4 1 が形成されている。

【 0 0 6 6 】

一方、内側内部構造体 5 5 0 は、流体の流入側に螺旋状の例えば 3 つの翼 5 5 1（反時計回りの旋回流を生じる）を有し、それに続く部分は、円柱状に複数の交差流路 5 5 0 r と複数の突起部 5 5 0 p が形成される。複数の突起部 5 5 0 p は網状に配置され、その高さは一定の高さとされている。つまり、突起部 5 5 0 p の上面は、外側内部構造体 5 4 0 に形成された空洞 5 4 1 の内壁の高さと同じか或いは僅かに低い位置に固定されることになる（図 1 9 B 及び 2 1 B 参照）。つまり、図 2 1 A、図 2 1 B に示されるように、内側内部構造体 5 5 0 が外側内部構造体 5 4 0 に挿入され、更に図 1 9 B のように、管本体 1 1 0 に挿入固定された場合、截頭四角錐 5 4 3 は、流入する流体の一部を、断面円形の管本体 1 1 0 の円の中心から四角柱 5 4 2 の外側内部構造体 5 4 0 の各側面に拡散させ誘導し、各側面に流れ込んだ流体は、交差流路 5 4 0 r を経由することになる。また、流入す

る流体の残部は、截頭四角錐 5 4 3 の円形流入口から中空の空洞 5 4 1 に流れ込み、翼 5 5 1 によって反時計回りの螺旋流とされた後、内側内部構造体 5 5 0 の流路 5 5 0 r を經由することになる。つまり、第 5 の実施形態では、管本体 1 1 0 の流入口 1 1 1 から流入される流体は、内側内部構造体 5 5 0 に形成された交差流路 5 5 0 r を經由するものと、外側内部構造体 5 4 0 に形成された流路 5 4 0 r を經由するものに 2 分され、それぞれの下流端で 2 分された流体は合流し、流出口 1 1 2 に向かうことになる。

【 0 0 6 7 】

図 2 2 は、内側内部構造体 5 5 0 の円柱状に形成された、交差流路 5 5 0 r と突起部 5 5 0 p (突起部 5 5 0 p の上面は、円柱の一部の曲面をもつが、真上から見るとほぼ菱形形状である) との関係性を平面化して説明したものである。交差流路の一群は、図 2 2 の左下から右上に 6 0 度の角度をもって、反時計回りの螺旋流を作る複数の螺旋流路である。他の一群は、流体の流れに対して直交する反時計回りの円環流を作る複数の円環流路である。この螺旋流路と円環流路が交差する交差流路 5 5 0 r が形成されている。なおこの複数の突起部 5 5 0 p の形状は、ほぼ菱形形状の突起でなくても良く(例えば、三角形、多角形、その他)、その配列も図 2 2 から適宜(角度、間隔など)変更できる。

【 0 0 6 8 】

以下、流体が流体供給管 5 0 0 を通過する間の流動について説明する。流入口 1 1 1 を通じて流入された流体は、流入側部材 1 2 0 のテーパ部 1 2 4 の空間を過ぎて内部構造体 5 4 0 の截頭四角錐 5 4 3 にぶつかり、流体の一部は、円形断面をもつ流体供給管 5 0 0 の円の中心から外側に向かって(即ち、半径方向であって、四角錐 5 4 3 の底面方向へ)誘導され、外側内部構造体 5 4 0 と管本体 1 1 0 で形成される内部の交差流路 5 4 0 r に流入する。残部は、截頭四角錐 5 4 3 の円形開口部から螺旋流を作る翼 5 5 1 を經由して、内側内部構造体 5 5 0 と中空の円柱状の空洞 5 4 1 で形成される内部の交差流路 5 5 0 r に螺旋流として流入する。

【 0 0 6 9 】

流体が外側内部構造体 5 4 0 の複数の突起部 5 4 0 p によって形成された複数の狭い流路 5 4 0 r を通過すること、及び内側内部構造体 5 5 0 の複数の突起部 5 5 0 p によって形成された複数の狭い流路 5 5 0 r を通過することによって、多数の微小な渦を発生させる。また、流体は、外側内部構造体 5 4 0 では、複数の突起部 5 4 0 p に衝突してせん断され、また、複数の交差流路 5 4 0 r で衝突、混合、分散を繰り返す。同様に、内側内部構造体 5 5 0 でも、流体は、複数の突起部 5 5 0 p に衝突してせん断され、また、複数の交差流路 5 5 0 r で衝突、混合、分散を繰り返す。また、外側内部構造体 5 4 0 において、複数の突起部 5 4 0 p の多段の網状の配置によって、交差する流路 5 5 0 r では、交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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。突起部 5 4 0 p、5 5 0 p 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。

【 0 0 7 0 】

また、内部構造体 5 4 0、5 5 0 は、流体が、断面積が大きい上流側(円形の流入口がある截頭四角錐 5 4 3)から断面積が小さい下流側(複数の突起部 5 4 0 p の間に形成された交差流路 5 4 0 r、及び複数の突起部 5 5 0 p の間に形成された交差流路 5 5 0 r)へ流れるようにする構造を有する。この構造は流体の静圧力を変化させる。第 1 の実施形態で説明したように、ベルヌーイの方程式に従って、静圧が低くなり、キャビテーション現象によって液体のうちに存在する 1 0 0 ミクロン以下の微小な気泡核を核として液体が沸騰し小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため浸透性及び潤滑性を向上させる。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し(図 1 の配管 1 2 の途中で気体の注入手段を設ける)、多数の突起部 5 4 0 p、5 5 0 p との流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生

10

20

30

40

50

させることもできる

【0071】

外側内部軸体540の四角柱542の各側面の複数の狭い交差流路540rを通過した流体は外側内部構造体540の端部に向かって流れる。また、内側内部軸体550の円柱状の複数の狭い交差流路550rを通過した流体は内側内部構造体550の端部に流れる。そして二つの流れは合流し、内側内部構造体550の下流端部に設けられた誘導部552によって管本体110の中心方向に誘導され、下流のテーパ部136のある空間へ流れ出る。しかる後、流出口112を通じて流出され、図1のノズル5-1~5-6を通じて工作箇所Gなどに向かって吐き出される。

【0072】

なお、外側内部構造体540の上流部に流入流体を効率的に各側面に分散する截頭四角錐543を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。また、内側内部構造体550の上流に複数枚の翼を設けて例えば反時計回りの旋回流を起こしているが、旋回流を起こすには効果的ではあるが、必ずしも翼は必要でない。更に、内側内部構造体550の下流にドーム状の誘導部552を設けているが、円錐形状でもよいし、又はこれを無くしてもよい。この誘導部552は必須の構成ではない。

【0073】

(第6の実施形態)

次に、図23A乃至図26を参照して本発明の第6の実施形態に係る流体供給管600について説明する。本実施形態にあつては、第4の実施形態や第5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4の実施形態や第5の実施形態と同一の構成要素に対しては同一の図面符号を使う。図23Aは第6の実施形態に係る流体供給管600の側面分解図であり、図23Bは流体供給管600の側面透視図である。図23A及び図23Bに示されたように、流体供給管600は管本体110と第1の内部構造体(外側内部構造体)640と、第2の内部構造体(内側内部構造体)550を含む。第2の内部構造体(内側内部構造体)550は、第5の実施形態のそれと全く同一構成をとる。内部構造体640は、第4の実施形態同様の三角柱642(底面正三角形)を含むが、内部に円柱状の貫通した空洞641が形成されていて、この空洞641に第2の内部構造体550が収納されることになる。この外側内部構造体640の上流には、三角錐の頭部を切り欠いた截頭三角錐643が設けられる。さらに詳細に言うと、図23Aの通り、その切り欠き部の断面は円形となっている。図24は、外側内部構造体640に第2の内部構造体(内側内部構造体)550の収納途中の3次元斜視図である。図25Aは、外側内部構造体640に第2の内部構造体(内側内部構造体)550が収納された状態の3次元斜視図であり、図25Bは、その一部断面図である。図26は、異なる方向からの3次元斜視図である。

【0074】

第1、第2の内部構造体640、550は、第4の実施形態、第5の実施形態と同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる柱状部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程は、円柱の外形形状の内側内部軸体を準備する工程と、内側内部軸体の上流側の端部に螺旋形状(例えば反時計回り)の一ないし複数の翼551を形成する工程と、内側内部軸体の下流の外表面に円柱の側面から所定の深さの交差流路550rを形成することにより、底面を交差流路の底面と同じ高さとし、上面を円柱の側面の同じ高さとする複数の突起部550pを形成する工程と、内側内部軸体の下流端に、ドーム形又は円錐形の誘導部552を形成する工程を含み、これらの工程を経て内側内部構造体550が形成される。更に具体的な一例では、交差流路として、円環状と螺旋状(例えばそれぞれ反時計回り)の交差流路550rを複数作ることにより、複数の突起部550pを形成する。また、円柱状の外側内部軸体を準備する工程と、外側

10

20

30

40

50

内部軸体に対して上流側を**截頭三角錐 6 4 3**とする工程と、内側内部軸体が内部に配置される中空の円柱状の空洞**6 4 1**（円形の入り口を持つ）を貫通して形成する工程と、円柱状の外側内部軸体に対して、底面を三角柱の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路**6 4 0 r**を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部**6 4 0 p**を形成する工程とを経て、外側内部構造体**6 4 0**が形成される。複数の突起部**5 5 0 p**及び交差流路**5 5 0 r**などが形成された内側内部構造体**5 5 0**を、複数の突起部**6 4 0 p**及び交差流路**6 4 0 r**が形成された外側内部構造体**6 4 0**の中空の空洞**6 4 1**に配置する工程によって、収納及び組み立てを行う。

【0075】

図24乃至図25Bに示す通り、外側内部構造体**6 4 0**は、円柱状の軸体を加工することによって、先端に**截頭三角錐 6 4 3**があり、その下流側には三角柱**6 4 2**（底面正三角形）が形成され、三角柱**6 4 2**の3つの側面に複数の突起部**6 4 0 p**が形成される。複数の突起部**6 4 0 p**は網状に配置され、その底面は、三角柱**6 4 2**の側面と同じ面であり、その上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。この複数の突起部**6 4 0 p**の配列については、第4の実施形態にて説明したもの（図18A参照）と同様である。そして、外側内部構造体**6 4 0**は、**截頭三角錐 6 4 3**の円形先端から内部に中空の円柱状の貫通した空洞**6 4 1**が形成されている。

【0076】

一方、内側内部構造体**5 5 0**は、第5の実施形態で説明したものと同一である。図25A、図25Bに示されるように、内側内部構造体**5 5 0**が外側内部構造体**6 4 0**に挿入され、更に図23Bのように、管本体**1 1 0**に挿入固定された場合、**截頭三角錐 6 4 3**は、流入する流体の一部を、断面円形の管本体**1 1 0**の円の中心から外側内部構造体**6 4 0**の三角柱**6 4 2**の各側面に拡散させ誘導し、この流体の一部は流路**6 4 0 r**を経由することになる。また、流入する流体の残部は、**截頭三角錐 6 4 3**の円形流入口から空洞**6 4 1**に流れ、反時計回りの螺旋流を作る複数の翼**5 5 1**を経て、内側内部構造体**5 5 0**の流路**5 5 0 r**を経由することになる。つまり、第6の実施形態では、管本体**1 1 0**の流入口**1 1 1**から流入される流体は、内側内部構造体**5 5 0**に形成された交差流路**5 5 0 r**を経由するものと、外側内部構造体**6 4 0**に形成された流路**6 4 0 r**を経由するものに2分され、それぞれの下流端で2分された流体は合流し、流出口**1 1 2**に向かうことになる。

【0077】

以下、流体が流体供給管**6 0 0**を通過する間の流動について説明する。流入口**1 1 1**を通じて流入された流体は、流入側部材**1 2 0**のテーパ部**1 2 4**の空間を過ぎて内部構造体**6 4 0**の**截頭三角錐 6 4 3**にぶつかり、流体の一部は、流体供給管**6 0 0**の中心から外側に向かって（即ち、半径方向であって、**截頭三角錐 6 4 3**の底面方向へ）ガイドされ、内部構造体**6 4 0**と管本体**1 1 0**で形成される内部の交差流路**6 4 0 r**に流入する。流体の残部は、**截頭三角錐 6 4 3**の円形開口部から内部構造体**5 5 0**と円柱形の空洞**6 4 1**で形成される内部の交差流路**5 5 0 r**に翼**5 5 1**を経て流入する。

【0078】

流体が外側内部構造体**6 4 0**の複数の突起部**6 4 0 p**によって形成された複数の狭い流路**6 4 0 r**を通過すること、及び内側内部構造体**5 5 0**の複数の突起部**5 5 0 p**によって形成された複数の狭い流路**5 5 0 r**を通過することで、多数の微小な渦を発生させる。また、外側内部構造体**6 4 0**では、流体は、複数の突起部**6 4 0 p**に衝突してせん断され、また、複数の交差流路**6 4 0 r**で衝突、混合、分散を繰り返す。内側内部構造体**5 5 0**では、流体は、複数の突起部**5 5 0 p**に衝突してせん断され、また、複数の交差流路**5 5 0 r**で衝突、混合、分散を繰り返す。また、複数の突起部**6 4 0 p**の多段の網状の配置によって、交差する流路**6 4 0 r**では、交互に流れ左右にスイッチングするフリップフロップ現象も生じる。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。突起部**6 4 0 p**、**5 5 0 p**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

10

20

30

40

である。

【 0 0 7 9 】

内部構造体 6 4 0、5 5 0 は、流体が、断面積が大きい上流側（円形の流入口がある截頭三角錐 6 4 3）から断面積が小さい下流側（複数の突起部 6 4 0 p の間に形成された交差流路 6 4 0 r、及び複数の突起部 5 5 0 p の間に形成された交差流路 5 5 0 r）へ流れる構造を有する。第 1 の実施形態で説明したように、ベルヌーイの方程式に従って、静圧が低くなり、キャピテーション現象によって液体のうちに存在する 1 0 0 ミクロン以下の微小な気泡核を核として液体が沸騰し小さい気泡が多数生じる。気化によって発生するファインバブルは水の表面張力を低下させるため浸透性及び潤滑性を向上させる。或いは、流体に予め空気その他の気体を注入し（図 1 の配管 1 2 の途中で気体の注入手段を設ける）、多数の突起部 6 4 0 p、5 5 0 p との流体の衝突によって溶存気体の遊離を起こさせ、多数のファインバブルを発生させることもできる。

【 0 0 8 0 】

外側内部軸体 6 4 0 の三角柱 6 4 2 の各側面の複数の狭い交差流路 6 4 0 r を通過した流体は外側内部構造体 6 4 0 の下流端部に向かって流れる。また、内側内部軸体 5 5 0 の円柱状の複数の狭い交差流路 5 5 0 r を通過した流体は内側内部構造体 5 5 0 の下流端部に流れる。そして二つの流れは合流し、内側内部構造体 5 5 0 の下流端部に設けられた誘導部 5 5 2 によって管本体 1 1 0 の中心方向に誘導され、下流のテーパ部 1 3 6 のある空間へ流れ出る。しかる後、流出口 1 1 2 を通じて流出され、図 1 のノズル 5 - 1 ~ 5 - 6 を通じて工作箇所 G などに向かって吐き出される。

【 0 0 8 1 】

なお、外側内部構造体 6 4 0 の上流部に流入流体を効率的に各側面に分散する截頭三角錐 6 4 3 を設けるようしたが、これは、必須の構成ではない。また、内部構造体 5 5 0 の上流に複数枚の翼 5 5 1 を設けて例えば反時計回りの旋回流を起こしているが、旋回流を起こすには効果的ではあるが、必ずしも翼 5 5 1 は必要でない。更に、内側内部構造体 5 5 0 の下流にドーム状の誘導部 5 5 2 を設けているが、円錐形状でもよいし、又はこれを無くしてもよい。この誘導部 5 5 2 は必須の構成ではない。

【 0 0 8 2 】

（第 7 の実施形態）

次に、図 2 7 及び図 2 8 を参照して、本発明の第 7 の実施形態に係る内部構造体 7 4 0 について説明する。この実施形態では、内部を流れる流体の粘性が高い場合（複数の流体を混合する場合に少なくとも一つの流体の粘性が高い場合、例えばエマルジョン燃料のように粘性が高いオイルと水を混合する場合なども含む）であっても、圧力損失への対策が取れ、せん断、攪拌、拡散、混合が適切にできる流体供給管の内部構造体を提供するものである。図 2 7 にある通り、内部構造体 7 4 0 は、第 1 の実施形態で説明した内部構造体 1 4 0（図 3、図 4 参照）とほぼ同じであって、内部構造体 7 4 0 は、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程は、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を四角錐 7 4 1 に形成する工程と、底面を四角柱 7 4 2 の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 7 4 0 r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 7 4 0 p 1、7 4 0 p 2 を形成する工程とを有する（この場合、突起部 7 4 0 p 1 と突起部 7 4 0 p 2 との高さが異なる）。もともとの円柱部材の半径は、管本体 1 1 0 の内壁の半径と同じまたは僅かに小さく、円柱部材が管本体に入り、隙間が出ないサイズであることが望ましい。

【 0 0 8 3 】

図 2 8 は、図 2 7 の内部構造体 7 4 0 の別の方向からの 3次元斜視図である。上述のように、円柱状の軸体を加工することによって、先頭に四角錐 7 4 1 が形成され、残部には

四角柱 7 4 2 が形成され、四角柱 7 4 2 の 4 つの側面に複数の突起部 7 4 0 p 1、7 4 0 p 2 が形成される。複数の突起部 7 4 0 p 1、7 4 0 p 2 は網状に配置され、その底面は、四角柱 7 4 2 の外表面と同じ面であり、突起部上面は、突起部 7 4 0 p 1 にあつては、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。また突起部 7 4 0 p 2 は、一定の低い高さとなっている。本実施形態では、上流から下流にかけて、3 個ずつの並びのものが低い一定の高さの突起部 7 4 0 p 2 として配列され、一側面の突起部では合計数 4 9 個（突起部 7 4 0 p 1 と突起部 7 4 0 p 2 の合計数）のうち 2 1 個が低い一定の高さの突起部 7 4 0 p 2 とされている（図 5 A 参照）。四角錐 7 4 1 を経て、各側面に到達した流体は、複数の突起部 7 4 0 p 1 及び突起部 7 4 0 p 2 の間に形成された交差する流路 7 4 0 r を流れることになるが、管本体 1 1 0 の円筒形の内壁面とこの複数の突起部 7 4 0 p 1 の高さがほぼ同じ（隙間が出ない）なので、流体は、複数の突起部 7 4 0 p の間を流れる（つまり、複数の突起部 7 4 0 p の上面を流れる流体はほぼ無い）ことになる。これに対して、複数の突起部 7 4 0 p 2 の高さは一定であつて、管本体 1 1 0 の円筒形の内壁面と突起部 7 4 0 p 2 の間に隙間（中央は大きく、横方向では小さい）ができるため、流体は、この隙間を通過することができる。一定の高さの突起部 7 4 0 p 2 と管本体 1 1 0 の内壁面との隙間を流れる補助的な流路が、交差流路 7 4 0 r 以外に存在することによって、複数の突起部間の流路 7 4 0 r の流れのみでは、圧力損失が生じてしまうのを、本実施形態では改善している。本実施形態のその他の構成や作用は、第 1 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 8 4 】

この突起部 7 4 0 p 2 の配列は、圧力損失の状況に応じて、適宜選択、変更が出来るもので、他の実施形態では、四角柱 7 4 2 の各側面において、上流から下流にかけて 4 個ずつの並びのもの（図 5 A 参照）を一定の高さの突起部 7 4 0 p とすることもできる。また、上流から下流にかけて 1 列毎のほか、或いは複数列に一度低い突起部 7 4 0 p 2 を繰り返して出現するようにしてもよい。更には、高、低の 2 段階の突起部 7 4 0 p 1、7 4 0 p 2 ではなく、3 段階あるいは多段階の突起部を設けるようにしてもよい。更には、低い突起部 7 4 0 p 2 を流れに沿って、斜め方向に出現するようにしてもよい。いずれにしても、流体の粘性と、突起部でのせん断、攪拌、拡散、混合の能力とによって、適宜、高い突起部 7 4 0 p 1 と低い突起部 7 4 0 p 2（更には多段階の高さの突起部）の配列の仕方を変更して、流体供給管の圧力損失の改善を図ることができる。

【 0 0 8 5 】

（第 8 の実施形態）

次に、図 2 9 を参照して、本発明の第 8 の実施形態に係る内部構造体 8 4 0 について説明する。この実施形態では、第 7 の実施形態と同様に、内部を流れる流体の粘性が高い場合（複数の流体を混合する場合に少なくとも一つの流体の粘性が高い場合、例えばエマルジョン燃料のように粘性が高いオイルと水を混合する場合なども含む）であっても、圧力損失への対策が取れ、せん断、攪拌、拡散、混合が適切にできる流体供給管の内部構造体を提供するものである。図 2 9 にある通り、内部構造体 8 4 0 は、第 2 の実施形態で説明した内部構造体 2 4 0（図 7 参照）とほぼ同じであつて、内部構造体 8 4 0 は、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3 次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程は、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を三角錐 8 4 1 に形成する工程と、底面を三角柱 8 4 2 の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 8 4 0 r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 8 4 0 p 1、8 4 0 p 2 を形成する工程とを有する（この場合、突起部 8 4 0 p 1 と突起部 8 4 0 p 2 との高さが異なる）。もともとの円

10

20

30

40

50

柱部材の半径は、管本体 110 の内壁の半径と同じまたは僅かに小さく、円柱部材が管本体に入り、隙間が出ないサイズであることが望ましい。

【0086】

上述のように、円柱状の軸体を加工することによって、先頭に三角錐 841 が形成され、残部には三角柱 842 が形成され、三角柱 842 の 3 つの側面に複数の突起部 840 p 1、840 p 2 が形成される。複数の突起部 840 p 1、840 p 2 は網状に配置され、その底面は、三角柱 842 の外表面と同じ面であり、その上面は、突起部 840 p 1 にあつては、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。また突起部 840 p 2 は、一定の高さとなっている。本実施形態では、低い一定の高さの突起部 840 p 2 は、上流側から下流側にかけて 4 個の並びのものが一定の高さの突起部 840 p 2 とされ、一側面の突起部では合計数 63 個（突起部 840 p 1 と突起部 840 p 2 の合計数）のうち 28 個が低い一定の高さの突起部 840 p 2 とされている（図 8 A 参照）。三角錐 841 を経て、各側面に到達した流体は、複数の突起部 840 p 1 及び突起部 840 p 2 の間に形成された交差する流路 840 r を流れることとなるが、管本体 110 の円筒形の内壁面とこの複数の突起部 840 p 1 の高さがほぼ同じ（隙間が出ない）なので、流体は、複数の突起部 840 p の間を流れる（つまり、複数の突起部 840 p 1 の上面を流れる流体はほぼ無い）ことになる。これに対して、複数の突起部 840 p 2 の高さは低く、管本体 110 の円筒形の内壁面と突起部 840 p 2 の上面の間に隙間（中央のものは大きく、横に行くほど小さい）ができるため、流体は、この隙間を通過することができる。一定の低い高さの突起部 840 p 2 と管本体 110 の内壁面との隙間を流れる補助的な流路があることによって、複数の突起部間の流路 840 r の流れのみでは、圧力損失が生じてしまうのを、本実施形態では改善している。本実施形態のその他の構成や作用は、第 2 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0087】

この突起部 840 p 2 の配列は、圧力損失の状況に応じて、適宜選択、変更が出来るもので、他の実施形態では、三角柱 842 の各側面において、上流から下流にかけて 5 個ごとの並びのものを一定の高さの突起部 840 p 2 としてもよく、1 列毎ではなく複数列に一度低い突起部 840 p 2 を繰り返して出現するようにしてもよい。更には、高、低の 2 段階の突起部 840 p 1、840 p 2 ではなく、3 段階あるいは多段階の突起部を設けるようにしてもよい。更には、低い突起部 840 p 2 を、流れに沿って斜め方向に出現するようにしてもよい。いずれにしても、流体の粘性と、突起部でのせん断、攪拌、拡散、混合の能力とによって、適宜、高い突起部 840 p 1 と低い突起部 840 p 2（更には多段階の高さの突起部）の配列の仕方を変更して、流体供給管の圧力損失の改善を図ることができる。

【0088】

（第 9 の実施形態）

次に、図 30 A 乃至図 32 B を参照して本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給管 900 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。図 30 A は本発明の第 9 の実施形態に係る流体供給管 900 の側面分解図であり、図 30 B は流体供給管 900 の側面透視図である。図 31 は流体供給管 900 の内部構造体 940 の 3 次元斜視図である。

【0089】

図 32 A は、内部構造体 940 のひとつの側面を平面上にあらわして、四角錐 941 と突起部 940 p の配列とを示した図であり、上流側の四角錐 941 はその頂角を例えば、60 度とする。もちろん、この角度は適宜変更可能である。そして、下流側の四角柱 942 の 4 つの側面には、第 1 の実施形態同様に、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 940 p が網状に形成される。なお、この頂角も適宜変更可能である。ただし、第 1 の実施形態と異なり、網状に形成された複数の突起部 940 p は、僅かに傾いている。つまり、図 32 B に示す通り、最も上流の 3 つの突起部 940 p の底面の菱形は、その中

10

20

30

40

50

心を軸に、内部構造体 940 の軸体の長さ方向に対し左方向に僅かに (10.56°) 傾いている。そして、次の列の 4 つの突起部 940 p の底面の菱形は、その中心を軸に、内部構造体 940 の軸体の長さ方向に対し右方向に僅かに (10.56°) 傾いている。以下同様に、列毎に交互に左右方向に傾いている。勿論、この傾きの角度 (10.56°) は、これに限られるものではない。したがって、本実施形態においては、複数の突起部 940 p の間に形成される交差流路 940 r の交差角度は、第 1 の実施形態と同様に 41.11° ではあるものの、突起部 940 p が列毎に左右の異なる方向に僅かに傾いているため、流路に突起部 940 p の一部が突出して、流体の突起部 940 p への衝突する頻度は、第 1 の実施形態に比べてより高くなり、多数の微小な渦などを含む乱流を発生し、流体のせん断、攪拌、拡散、混合の効果は増すことになる。更には、ファインバブルの発生についても効果的なものとなる。なお、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 940 p は、第 1 実施形態と同様に、上流から下流にかけて、3 個、4 個、3 個、・・・、4 個と 14 列形成され、ひとつの側面に 49 個あり、4 つの側面の合計は 196 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 940 p の形状は、底面が菱形状の突起でなくても良く (例えば、三角形、多角形、その他)、その配列も図 32A、図 32B から適宜 (角度、間隔など) 変更できる。

【0090】

内部構造体 940 は、他の実施形態同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程としては、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を角錐 (第 9 の実施形態の場合は四角錐 941) に形成する工程と、底面を角柱 (第 9 の実施形態の場合は底面が正方形の四角柱 942) の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 940 r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 940 p を形成する工程とを有する。この場合、列毎に突起部 940 p の傾き角度を左右に変化させながら行う必要がある。円柱状の軸体を加工することによって、先頭に四角錐 941 が形成され、残部の部分には四角柱 942 が形成され、四角柱 942 の 4 つの側面に複数の突起部 940 p が形成される。複数の突起部 940 p は網状に配置され、その底面は、四角柱 942 の外表面 (側面) と同じ面であり、上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。本実施形態のその他の構成や作用は、第 1 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。また、上記第 3 の実施形態、第 5 の実施形態、第 7 の実施形態において説明した突起部 (340 p、350 p、540 p、740 p 1、740 p 2) の配列を図 32A、図 32B と同様に列毎に左右の異なる方向に僅かに傾くようにしてもよい。その場合は、流路に突起部の一部が突出して、流体の突起部への衝突する頻度がより高くなり、多数の微小な渦などを含む乱流を発生し、流体のせん断、攪拌、拡散、混合の効果は増すことになる。更には、ファインバブルの発生についても効果的なものとなる。

【0091】

(第 10 の実施形態)

次に、図 33A 乃至図 35B を参照して本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給管 1000 について説明する。第 2 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。図 33A は本発明の第 10 の実施形態に係る流体供給管 1000 の側面分解図であり、図 33B は流体供給管 1000 の側面透視図である。図 34 は流体供給管 1000 の内部構造体 1040 の 3次元斜視図である。

【0092】

図 35A は、内部構造体 1040 のひとつの側面を平面上にあらわして、三角錐 1041 と複数の突起部 1040 p の配列を示した図であり、上流側の三角錐 1041 はその頂角を例えば、 90° とする。もちろん、この角度は適宜変更可能である。そして、下流側

の三角柱 1042 の 3 つの側面には、第 2 の実施形態同様に、頂角 41.11° の菱形（底面の形状）の突起部 1040 p が網状に形成される。なお、この頂角も適宜変更可能である。ただし、第 2 の実施形態と異なり、網状に形成された複数の突起部 1040 p は、僅かに傾いている。つまり、図 35 B に示す通り、最も上流の 5 つの突起部 1040 p の底面の菱形は、その中心を軸に、内部構造体 1040 の軸体の長さ方向に対し左方向に僅かに (10.56°) 傾いている。そして、次の列の 4 つの突起部 1040 p の底面の菱形は、その中心を軸に、内部構造体 1040 の軸体の長さ方向に対し右方向に僅かに (10.56°) 傾いている。以下同様に、列毎に交互に左右方向に傾いている。勿論、この傾きの角度 (10.56°) は、これに限られるものではない。したがって、本実施形態においては、複数の突起部 1040 p の間に形成される交差流路 1040 r の交差角度は、第 2 の実施形態と同様に 41.11° ではあるものの、突起部 1040 p が列毎に左右の異なる方向に僅かに傾いているため、流路に突起部 1040 p の一部が突出して、流体の突起部 1040 p への衝突する頻度は、第 2 の実施形態に比べてより高くなり、多数の微小な渦などを含む乱流を発生し、流体のせん断、攪拌、拡散、混合の効果は増すことになる。更には、ファインバブルの発生についても効果的なものとなる。なお、一側面に形成される複数の底面が菱形の突起部 1040 p は、第 2 実施形態と同様に、上流から下流にかけて、5 個、4 個、5 個、 \dots 、4 個と 14 列形成され、ひとつの側面に 63 個あり、3 つの側面の合計は 189 個となる。もちろん、この数も適宜に変更できる。複数の突起部 1040 p の形状は、底面が菱形状の突起でなくても良く（例えば、三角形、多角形、その他）、その配列も図 35 A、図 35 B から適宜（角度、間隔など）変更できる。

【0093】

内部構造体 1040 は、他の実施形態同様に、例えば、スチールやアルミのような金属からなる円柱部材を金属加工する方法又はプラスチックのような樹脂を成型する方法等によって形成される。あるいは、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することも可能である。金属の円柱軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。その製造工程としては、円柱状の内部軸体を準備する工程と、円柱状の内部軸体の一端部を角錐（第 10 の実施形態の場合は三角錐 1041）に形成する工程と、底面を角柱（第 10 の実施形態の場合は底面が三角形の三角柱 1042）の側面とし上面を円柱の外径位置とする交差流路 1040 r を形成することにより、底面を角柱の側面とし、上面を円柱の側面とする複数の突起部 1040 p を形成する工程とを有する。この場合、列毎に突起部 1040 p の傾き角度を左右に変化させながら行う必要がある。円柱状の軸体を加工することによって、先頭に三角錐 1041 が形成され、残部の部分には三角柱 1042 が形成され、三角柱 1042 の 3 つの側面に複数の突起部 1040 p が形成される。複数の突起部 1040 p は網状に配置され、その底面は、三角柱 1042 の外表面（側面）と同じ面であり、上面は、もとの円柱状の内部軸体の外表面であり、総体として円弧上の高さとなって丸みを帯びている。本実施形態のその他の構成や作用は、第 2 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。また、上記第 4 の実施形態、第 6 の実施形態、第 8 の実施形態において説明した突起部（440 p、450 p、640 p、840 p 1、840 p 2）の配列を、図 35 A、図 35 B と同様に列毎に左右の異なる方向に僅かに傾くようにしてもよい。その場合は、流路に突起部の一部が突出して、流体の突起部への衝突する頻度がより高くなり、多数の微小な渦などを含む乱流を発生し、流体のせん断、攪拌、拡散、混合の効果は増すことになる。更には、ファインバブルの発生についても効果的なものとなる。

【0094】

（突起部の変形例）

次に、図 36 を参照して、これまで説明してきたそれぞれの実施形態での複数の突起部（140 p ~ 640 p、350 p ~ 550 p、740 p 1、740 p 2、840 p 1、840 p 2、940 p、1040 p）の変形例につき、説明する。これまでの実施形態では

10

20

30

40

50

、各突起部の側面は、平坦であったが、本変形例では、その側面に凹凸をつけて、流体の流れを変化させる。つまり、より複雑な流れとするものである。微細な流路を設けて、微小な渦を含む乱流を生じさせやすく、或いはより細かい流路を形成することで、キャピテーション現象の誘発をより生じさせやすくする。具体的には、図36の(A)乃至(C)のように、水平方向に平行な凹凸をつける。あるいは図36の(D)のように、垂直方向に平行な凹凸をつける。図36(E)、(F)のように、垂直に、複数の曲面(断面が幾何学的な模様となる)をもつ凹凸をつける、更には、図(G)、(H)のように、複数の段差をつける。これらの凹凸形状は、金属または樹脂を、3次元プリンターを用いて形成することが可能である。また、金属の軸体を加工して作る場合は、切削、旋削、研削の加工を単独または組み合わせて行う。例えばエンドミルによる切削加工によることができる。或いは図36には、図示していないが、突起部側面に梨地模様などをつけることや、シボ加工(Texture Processing)もできる。これらは、エッチング処理や、サンドブラストなどの手法によって実現することができる。

【0095】

(第11の実施形態)

次に、図37及び図38を参照して本発明の第11の実施形態に係る流体供給管用の内部構造体1140について、特にその組み立てについて説明する。なお、図示は省略しているが、内部構造体1140が収納固定される流体供給管の形状は、これまで説明した実施形態と同様である。

【0096】

内部構造体1140においては、軸体、すなわち先端に四角錐1141を有し、それに繋がって一体的に形成される四角柱1142の各側面には、複数の穴1140hが形成されている。この穴1140hの配列は、4つの側面において、上流から下流にかけて、3個、4個、3個、・・・、4個と14列形成され、一つの側面に49個の穴1140hが開いている。従って、4つの側面の全部の穴は合計196個となる。勿論、この穴1140hの数や形状(図37では一定の深さの角穴となっている)、配列の仕方は適宜変更できる。この穴1140hの一つずつに、取り付け足(或いは取り付けピン)1140p-fを有する突起部1140pを夫々挿入して取り付ける。従って、各穴1140hの形状、深さは、突起部1140pの取り付け足1140p-fと対応した形状である。この穴1140hへ取り付け足1140p-fを挿入して固定するのは、人手によっても自動機械によってもよい。なお、取り付け足1140p-fは、図37では、角柱状としてあるが、円柱状としてもよいし、更にはその他の形状としてもよい。また挿入し固定する際には、圧入したり、或いは嵌入或いは嵌合したりするようにしてもよい。

【0097】

複数の突起部1140pについては、他の実施形態と同様に、底面が、例えば菱形であり、上面が円柱の表面の一部または、上面形状も単純に菱形平面として、全体として四角柱(菱形角柱)としてもよい。その高さを、段階的に調節すると、第1の実施形態の図4の如く、総体として円弧の一部になるようにすることもできる。更には、一部の高さを固定することで、第7の実施形態の例えば図28の如くすることもできる。

【0098】

更に、複数の突起部1140pの配列を、穴1140h及び取り付け足1140p-fの少なくとも一方に方向性をもたせて、第9の実施形態の例えば図31のように、突起部1140pの方向が軸体の長さ方向に平行からずれて、交互に僅かに傾いているようにすることもできる。

【0099】

図38は、取り付け足を有する突起部の種々の形態を示す図である。(A)は、すでに図37にて説明した突起部1140pであり、側面は平坦である。これに対し、(B)乃至(M)の変形例では、その側面に凹凸又は段差をつけて、流体の流れを変化させる。つまり、より複雑な流れを誘発するものである。微細な流路を設けることによって、微小な渦を含む乱流を生じさせやすく、或いはより細かい流路を形成することで、キャピテーシ

ン現象の誘発をより生じさせやすくする。具体的には、図38の(B)乃至(E)のように、水平方向に平行な凹凸をつける。あるいは図38の(F)のように、垂直方向に平行な凹凸をつける。(G)、(H)のように、垂直に、複数の曲面(断面が幾何学的な模様となる)をもつ凹凸をつける。更には、(I)、(J)のように、一乃至複数の段差をつける。(K)のように、菱形から外れて、4枚の花弁のような形状とすることや、(L)、(M)のように、基本的には円柱であって、側面に凹凸の溝が垂直方向につけられている。更には、図示していないが、突起部側面に梨地模様などをつけることや、シボ加工(Texture Processing)もできる。突起部が個別構成となっているので、突起部に加工を施すことは、一体形成されていた他の実施形態より簡単であり、切削、旋削、研削などの加工や、エッチング処理や、サンドブラスト処理が簡単に行える。

10

【0100】

以上では、四角錐1141を有し、それに繋がって一体的に形成される四角柱1142を準備するとともに、複数の突起部1140pを準備し、四角柱1142に対して、突起部1140の取り付け足1140p-fを各穴1140hに挿入することにより複数の突起部1140pを表面に網状に配列して形成することで内部構造体1140を製造できることを説明した。この場合、内部軸体としては、四角錐1141とそれに繋がる四角柱でなくともよく、例えば、第2実施形態(図7)や第8実施形態(図29)で説明した、三角錐とそれに繋がる三角柱の形状をしたものであってもよく、或いは、その他の実施形態に係る内部軸体に対しても適用できる。また、角錐の形状と多角柱の形状とは適宜変更できる(例えば、五角錐と五角柱の組合せ、六角錐と六角柱の組合せなど)。更に、内部構造体の軸体の材質と突起部の材質とを異ならせることも容易に可能である。例えば、樹脂製の軸体を用意し、それに対して突起部を金属材料で作り、突起部を軸体の穴に挿入し固定するようにしてもよい。

20

【0101】

(第12の実施形態)

次に、図39A及び図39Bを参照して本発明の第12の実施形態に係る弾性材料で形成された内部構造体と管本体とから成る流体供給装置を説明する。これまでの実施形態では、内部構造体や管本体は、金属製或いは樹脂製であっても弾性変形しないものを前提として説明してきた。本実施形態では、これら内部構造体1240、管本体1210を、弾性材料を用いて形成した流体供給管1200を説明する。

30

【0102】

本実施形態の内部構造体や管本体の弾性材料として、エラストマー材料、例えば、これに限定されるものではないが、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ素系樹脂、シリコーン樹脂、更にはセラミック等を用いることができる。これらの弾性材料で内部構造体を製造するには、後述の第14の実施形態で説明する射出成型(インジェクションモールドイング)による方法や、3Dプリンターによる方法も採用できる。これらの手法で製造された内部構造体1240は弾性力をもつため、ホースなど可撓性のある物品にこの流体供給管1200を接続する(この場合、管本体も弾性材料で形成する)ことや、かかる物品に一体的に流体供給管1200を内装設置することができる。図39Aにあるように、流体供給管1200は、これまで説明した他の実施形態同様に、流体が流入する流入口1211と、流体が流出する流出口1212とを有し、断面円形の内部壁面を有する中空の管本体1210と、管本体1210に収納固定される複数の側面(図39Aのものは4面であるが、3面であっても、それ以上の複数の面を有してもよい)を備えた角柱状の軸体(図39Aでは四角柱1242)である内部構造体1240とを有する。管本体1210及び内部構造体1240は、弾性を有する弾性材料で形成され、全体的に弾性変形する。例えば、管本体1210はホース形状であってもよい。内部構造体1240の流入口側には、角錐(図39Aでは、四角錐1241)が設けられる。この角錐の形状も、軸体の有する角柱の側面の数に合わせて適宜変更できる。四角柱1242の側面には、これまで説明した他の実施形態同様に、複数の突起部1240pが網状に配列され、内部構造体1

40

50

240の四角柱1242の側面と管本体1210の内部壁面との間であって、複数の突起部1240pの間に形成される空間が流体の流路となる。流体は、管本体1210の流入口1211から供給され、四角錐1241にて四角柱1242の各側面に分散される。そして、複数の突起部1240pの間の流路1240rを通過することにより流動特性が与えられる。しかる後、流体は流出口1212から流出する。

【0103】

このように、本実施形態にあつては、管本体1210及び内部構造体1240がともに弾性力を持ち、流体供給管1200を、全体として屈曲する必要がある用途（屈曲可能なホース、例えば洗浄用ホースに内蔵するなど）に使用することができる。また、内部構造体1240のみを弾性力をもたせて屈曲した形状で、弾性力を備えていない管本体1210に収納することもできる。例えば、スペースがないシャワーヘッドや、蛇口その他流体の吐出装置にも、内部構造体1240を屈曲した形状で利用できる。

【0104】

図39Bは、第12の実施形態（図39A）の変形例であり、流体供給管1200Aの内部構造体1240Aに設けられた複数の突起部1240pは複数列形成され、その列ごとに、突起部1240pの方向が、内部構造体1240Aの軸体の長さ方向から左右方向に、交互に、第9の実施形態の如く僅かに傾いている（例えば図32A及び図32B参照）。本変形例においては、突起部1240pが列毎に左右の異なる方向に僅かに傾いているため、流路に突起部1240pの一部が突出して、流体の突起部1240pへの衝突する頻度は、図39Aのものに比べてより高くなり、多数の微小な渦などを含む乱流を発生し、流体のせん断、攪拌、拡散、混合の効果は増すことになる。更には、ファインバブルの発生についても効果的なものとなる。

【0105】

（第13の実施形態）

次に図40A、図40Bを参照して、本発明の第13の実施形態を説明する。本実施形態では、複数の内部構造体が連結されて流体供給管1300が構成される。管本体1310の中には、複数の内部構造体1340-1、1340-2が配置される。図40A、図40Bでは、2つであるが、それに限らず3つ以上の内部構造体を連ねることもできる。

管本体1310の上流部に設けられた内部構造体1340-1には、先頭に角錐（図40Aでは、四角錐1341）が設けられる。この角錐の形状も、軸体の有する角柱の側面の数に合わせて適宜変更できる。四角柱1342の側面には、これまで説明した他の実施形態同様に、複数の突起部1340pが網状に配列され、内部構造体1340-1の四角柱1342の側面と管本体1310の内部壁面との間であって、複数の突起部1340pの間に形成される空間が流体の流路1340rとなる。図40Aでは、突起部1340pが列毎に左右の異なる方向に僅かに傾いているため、流路に突起部1340pの一部が突出しているが、突起部1340pが、軸体の長さ方向に対して、すべて平行にあるようにしてもよい。そして、この内部構造体1340-1と下流の内部構造体1340-2とは、角柱形状（図40Aでは四角柱）の連結部1350を経由して接続される。なお、この連結部材1350の形状は、円柱形状であってもよい。そして、下流の内部構造体1340-2は、上流の内部構造体1340-1の四角柱1342の部分の構成と同じであり、その機能も同様であるが、内部構造体1340-1の四角柱1342と、内部構造体1340-2とは相対的に回転して両者が接続されている。つまり、例えば、図40Aの通り、相互に90度の回転がなされて接続されている。このような回転して接続することで、上流の内部構造体1340-1の4つの側面1342での個別の流動特性が付与された流体が、下流の内部構造体の1340-2の別の複数の側面に混合して供給されて、より複雑な流体の流れとなり、流動特性の付与により大きな影響を与える。

【0106】

図40Aで示した管本体1310と複数の内部構造体1340-1、1340-2が弾

10

20

30

40

性の特性を有する場合の変形例を図40Bに示す。このように、管本体1310と複数の内部構造体1340-1、1340-2を弾性材料で構成した流体供給管1300Aにあっては、全体的に弾性変形、或いは屈曲変形が可能であり、可撓性のホースに接続したり、或いは、ホースの内部に設けたりすることもできる。なお、最下流の内部構造体(図40A或いは図40Bでは、内部構造体1340-2)の下流側に角錐(図40A或いは図40Bの場合には四角錐)を一体的に設けて流体を中心に誘導するようにしてもよい。

【0107】

(第14の実施形態)

次に、本発明の第14の実施形態に係り、内部構造体を射出成型(インジェクションモールドイング)によって製造する方法を、図41乃至図43Bを参照して説明する。図41は分割された分割内部構造体を射出成型にて製造する工程を示す図である。特にプラスチックなどの材料で部分内部構造体1410を射出成型する。本実施形態では、上述した実施形態での三角柱の軸体をもつ内部構造体の1/3の部分内部構造体1410を形成する。

【0108】

図41において、上側金型UPPERと下側金型LOWERとの間に、上面注入口(図示せず)から樹脂を、空洞CABITYに注入して固化した後、複数のエジェクタピンEJによって押し出して取り出すことになる。この場合、上側金型UPPERには、部分内部構造体1410の三角錐の1/3部分の形状を形成する凸部、三角柱の側面に形成される突起部(凸部)と流路(凹部)の凸凹が反転した形状の凹部(空洞CABITY)と凸部である平面が形成されている。また、下側金型LOWERには1/3の三角柱を形成するV字形の凹部が形成されている。

【0109】

図42は、このような射出成型によって形成された1/3の分割内部構造体1410の側面図を示し、図43A、図43Bは、夫々別の角度からの1/3の分割内部構造体1410の3次元斜視図である。このように、本実施形態では、三角柱の軸体の内部構造体の1/3の部分内部構造体1410が射出成型で得られるため、3つの分割内部構造体1410を結合(具体的には、接着、溶着、圧着など)して、一つの内部構造体を構成することができる。その結果、分割内部構造体1410が複数結合されて一つに形成された内部構造体は、複数の側面を有する角柱状であって、夫々の側面には、複数の突起部が網状に配列されてなる。この場合、射出成型で使用する材料によっては、結合されて一つになった内部構造体に弾性をもたせることができる。

【0110】

以上説明した例では、1/3の分割内部構造体を射出成型したが、内部構造体の分割の仕方は各種あり、例えば、四角柱の軸体の内部構造体の場合、1/2の分割内部構造体を射出成型した後、2つの分割内部構造体を結合してひとつの内部構造体としてもよい。また、1/4の分割内部構造体を射出成型して、それら4つの分割内部構造体を結合して、四角柱の軸体である一つの内部構造体を構成することができる。その他の多角柱の軸体をもつ内部構造体の場合も、適宜の数の分割内部構造体を結合して、一つの内部構造体とすることができる。

【0111】

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。例えば、内部構造体(外側内部構造体)を三角柱、四角柱となるようにしたが、これに限らず5つ以上の側面がある角柱(五角柱以上)であっても、上述した実施形態と同様に、各側面に網状に複数の突起部を形成して、その間に交差流路を設ければよい。また、内側内部構造体も、五角柱以上の形態をとってもよい。外側内部構造体に形成する中空の空洞の形状に合わせて、外側内部構造体の角柱と異なる側面数をもつ角柱や円柱も採用できる。つまり、例えば、外側内部構造体の角柱が四角柱であっても、内側内部構造体の角柱を三角柱とすることも可能である。また、外側内部構造体を六

10

20

30

40

50

角柱として、内側内部構造体を円柱としてもよい。更に、角柱側面に形成する突起部の大きさを上流から下流にかけて同じサイズのものとしたが、これに限らない。具体的には、上流側の突起部は大きくし、下流側の突起部は小さくすることができる。例えば、14列の突起部（図5A、図5B、図8B、図13A、図13B、図18A、図18B、図32A、図32B、図35A、図35B、図37、図39A、図39B、図40A、図40B参照）の前半7列については、より小さいサイズの突起部（菱形底面の各辺を短くする）を設け、後半は図示の通りとするといったようにすることもできる。また、第3乃至第6の実施形態では、内側内部構造体と外側内部構造体の2つの部材（2層）を管本体に収納するようにしたが、内部構造体を3つ（3層）以上の部材とし、これらを組み合わせて収納し使用することもできる。具体的には、例えば、大、中、小の3つ（3層）の内部構造軸体を用い、夫々の側面には、複数の交差流路を形成して複数の突起部を網状に設け、小の内部構造体を中空の空洞を有する中の内部構造体の中に収納固定し、この小と中の一体化した内部構造体を中空の空洞を有する大の内部構造体の中に収納固定するようにする。

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】

【0112】

1 マシニングセンター

W 被加工物

G 工作箇所

2 刃物

5 - 1 ~ 5 - 6 ノズル

P、100、200、300、400、500、600、900、1000、1200、1200A、1300、1300A 流体供給管

110、1210、1310 管本体

120 流入側部材

130 流出側部材

140、240、340、440、540、640、740、840、940、1040、1140、1240、1240A、1340-1、1340-2 内部構造体

350、450、550 第2の内部構造体（内側内部構造体）

140p、240p、340p、350p、440p、450p、540p、550p、640p、940p、1040p、1140p、1240p、1340p 突起部

740p1、840p1 高い突起部

740p2、740p2 低い突起部

140r、240r、340r、350r、440r、450r、540r、550r、640r、740r、840r、940r、1040r、1240r、1340r（交差）流路

141、351、741、941、1141、1241、1341 四角錐

241、451、841、1041 三角錐

542 截頭四角錐

643 截頭三角錐

341、441、541、641 空洞

1350 連結部

1140h 穴

1140p-f 取り付け足（取り付けピン）

10

20

30

40

50

1410 分割内部構造体
 UPPER 上側金型
 LOWER 下側金型
 C A B I T Y 空洞
 E J エジェクタピン

【要約】

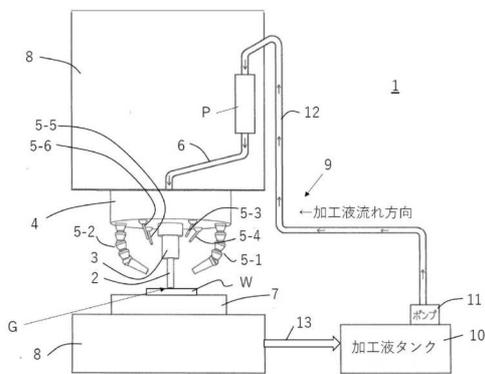
【課題】流体に所定の流動特性を与えて、流体の潤滑性、浸透性、及び冷却効果を向上させることができる流体供給管であって、構成が簡単で、製造が難しい流体供給管を提供することにある。

10

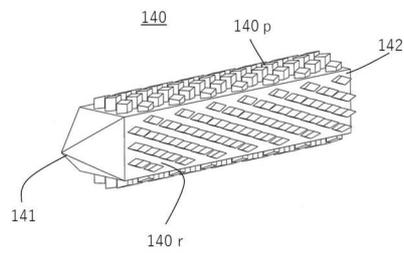
【解決手段】流体供給管は管本体と内部構造体を備える。管本体は、流体が流入する流入口と流体が流出する流出口とを有し、断面円形の内部壁面を有する中空の形状である。内部構造体は、管本体に収納固定される複数の側面を有する角柱状の軸体であり、その側面には、複数の突起部が網状に配列される。内部構造体の側面と管本体の内部壁面との間であって、複数の突起部の間に形成される空間が流体の流路となり、流体が、管本体の流入口から供給され流出口から流出する間に、複数の突起部の間の流路を通過することにより流動特性が与えられる。

【選択図】図4

【図1】



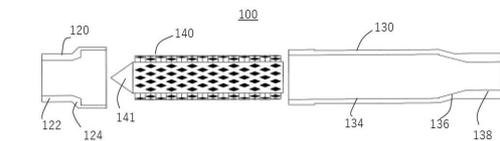
【図3】



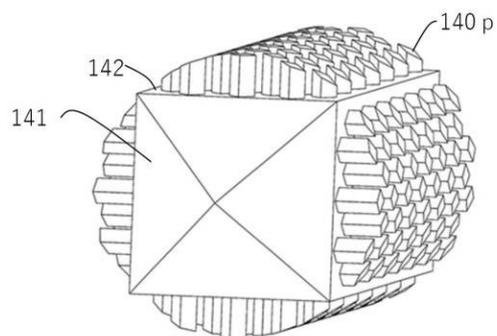
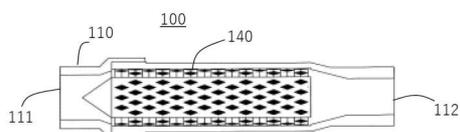
【図4】

140

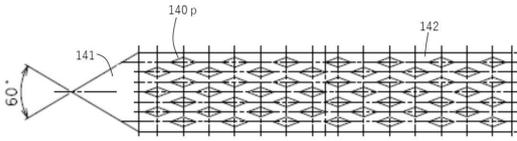
【図2A】



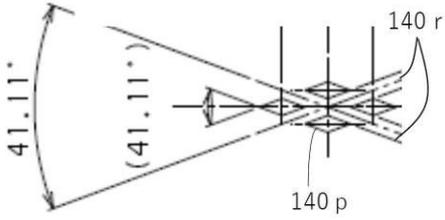
【図2B】



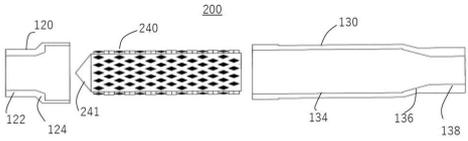
【図 5 A】



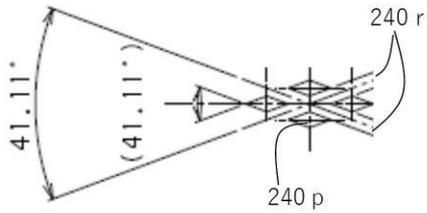
【図 5 B】



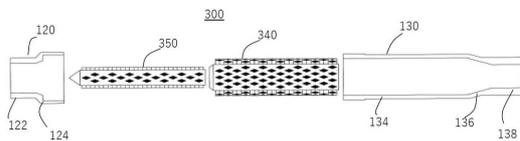
【図 6 A】



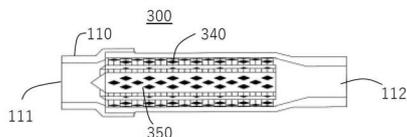
【図 8 B】



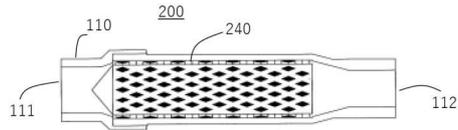
【図 9 A】



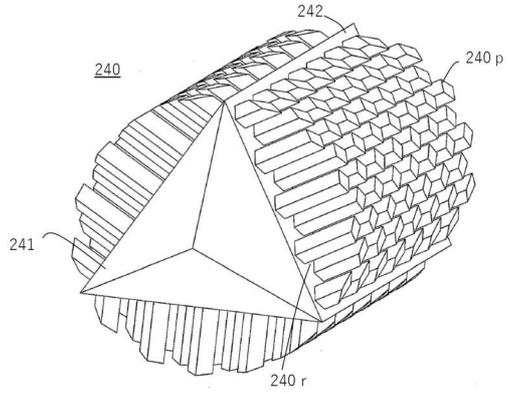
【図 9 B】



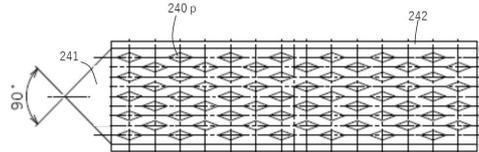
【図 6 B】



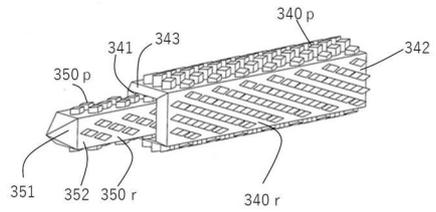
【図 7】



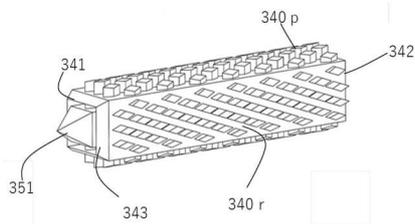
【図 8 A】



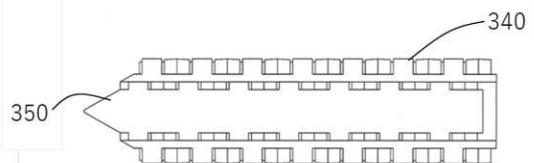
【図 10】



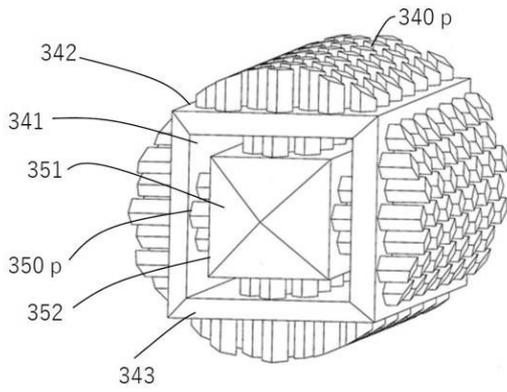
【図 11 A】



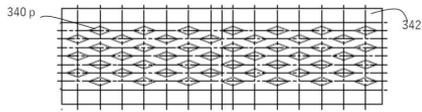
【図 11 B】



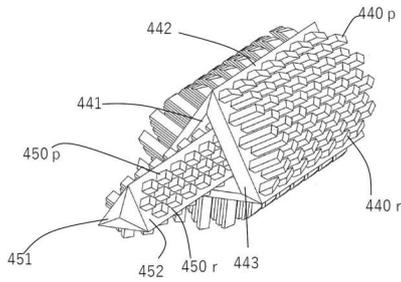
【図 1 2】



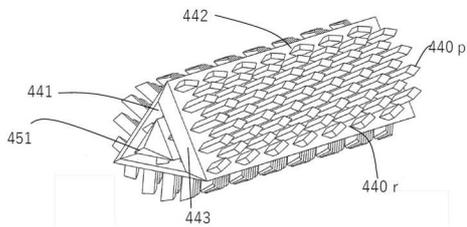
【図 1 3 A】



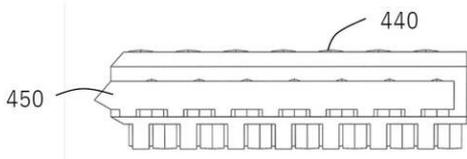
【図 1 5】



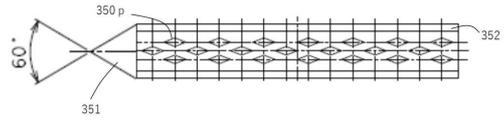
【図 1 6 A】



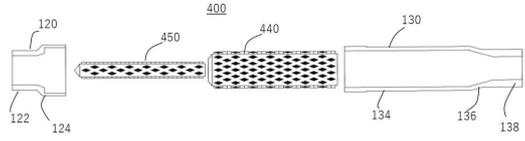
【図 1 6 B】



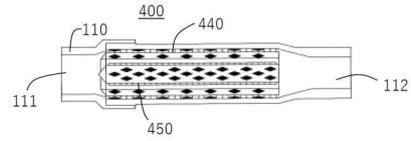
【図 1 3 B】



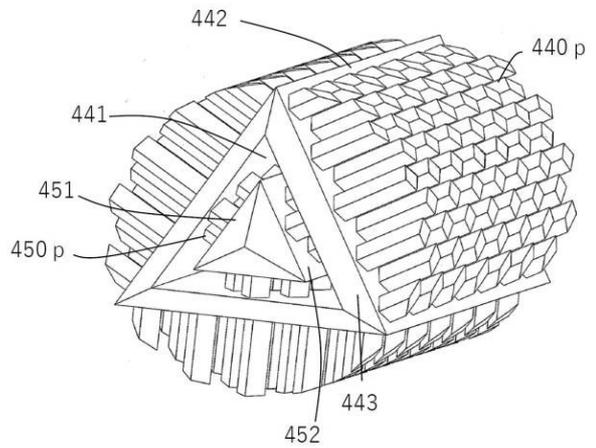
【図 1 4 A】



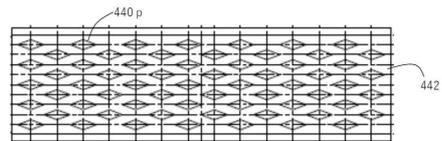
【図 1 4 B】



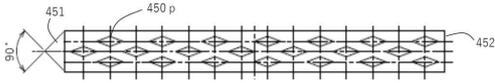
【図 1 7】



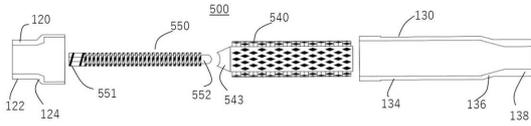
【図 1 8 A】



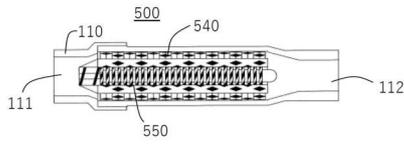
【図 18 B】



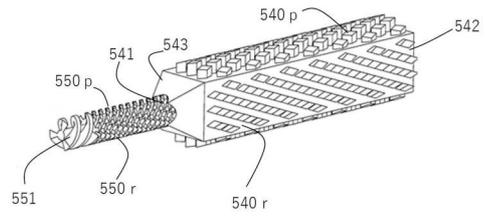
【図 19 A】



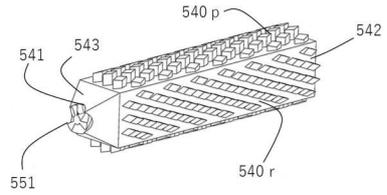
【図 19 B】



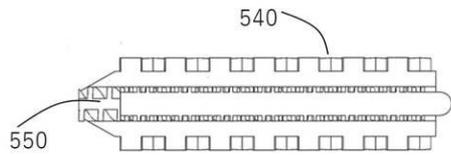
【図 20】



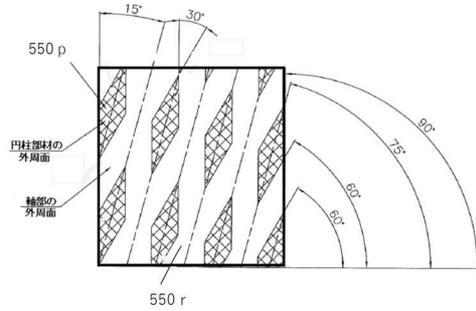
【図 21 A】



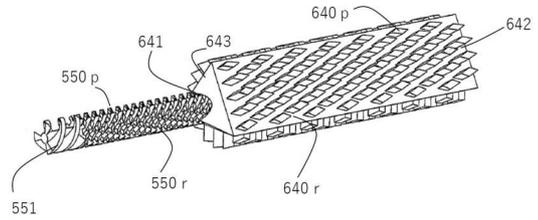
【図 21 B】



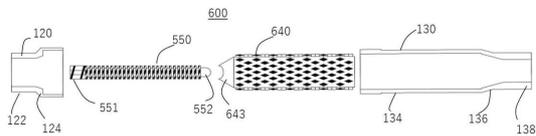
【図 22】



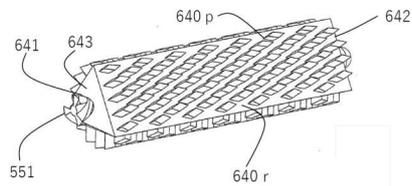
【図 24】



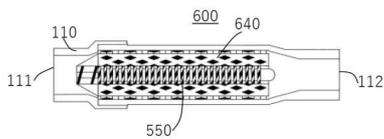
【図 23 A】



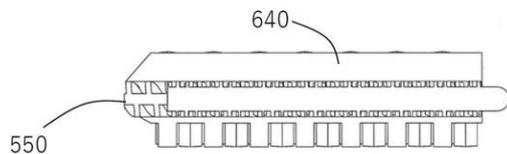
【図 25 A】



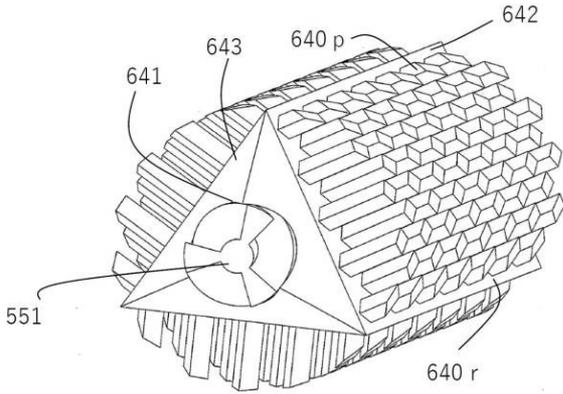
【図 23 B】



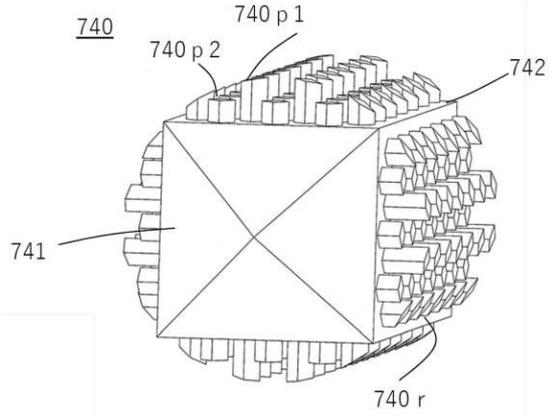
【図 25 B】



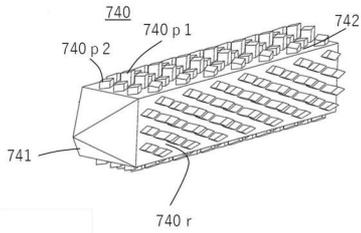
【図 2 6】



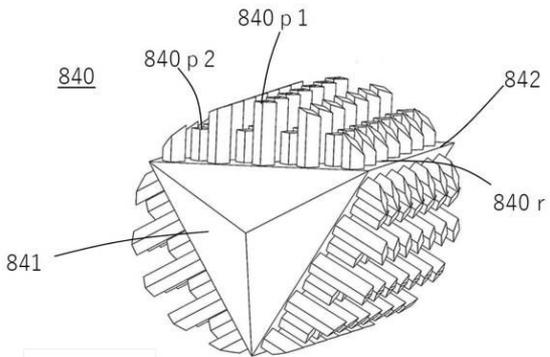
【図 2 8】



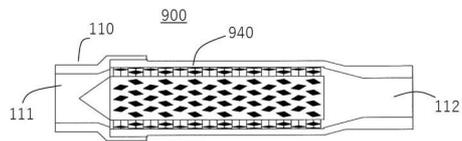
【図 2 7】



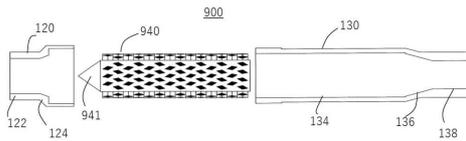
【図 2 9】



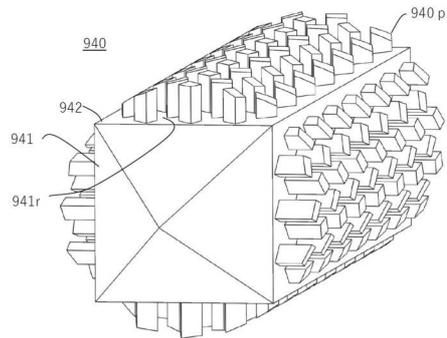
【図 3 0 B】



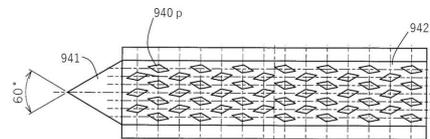
【図 3 0 A】



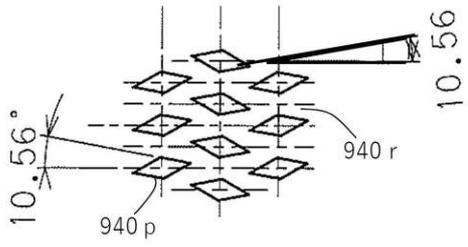
【図 3 1】



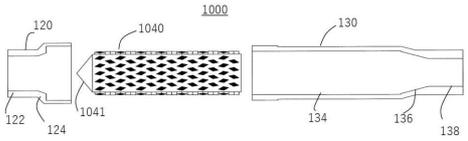
【図 3 2 A】



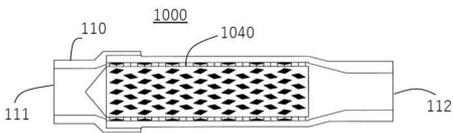
【図 3 2 B】



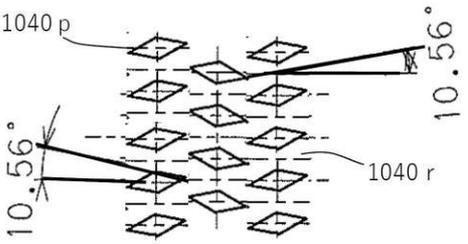
【図 3 3 A】



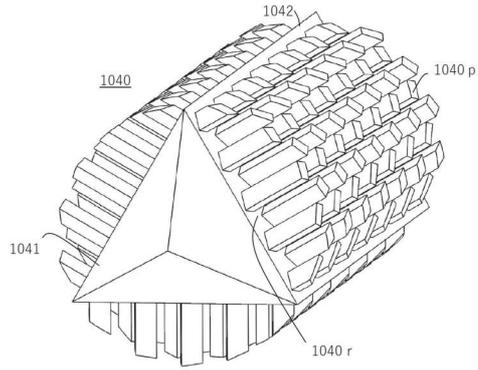
【図 3 3 B】



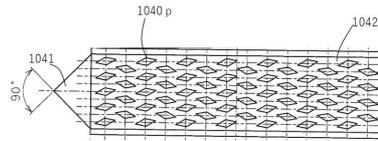
【図 3 5 B】



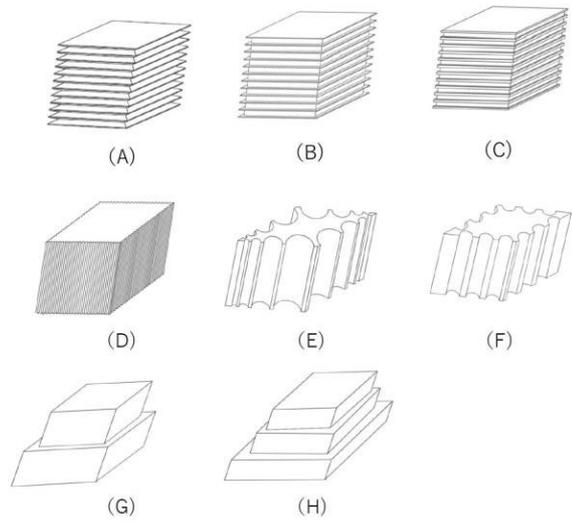
【図 3 4】



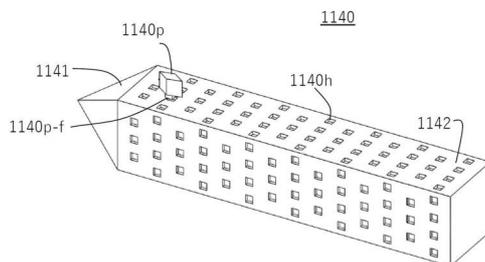
【図 3 5 A】



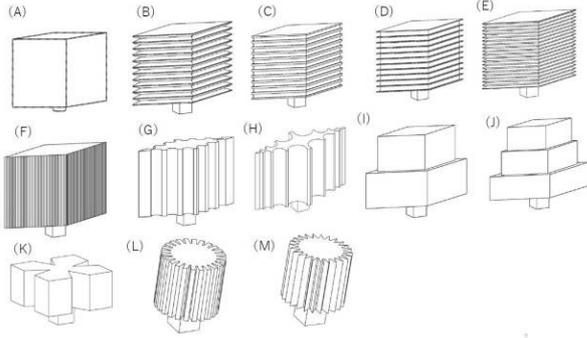
【図 3 6】



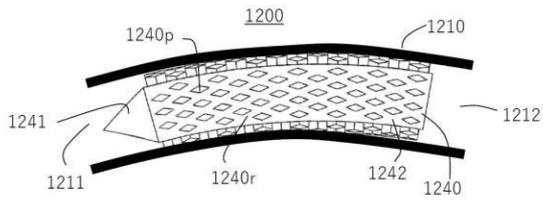
【図 3 7】



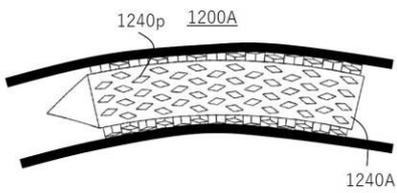
【 図 3 8 】



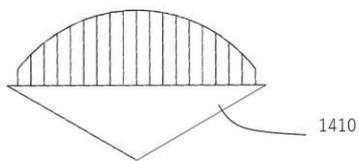
【 図 3 9 A 】



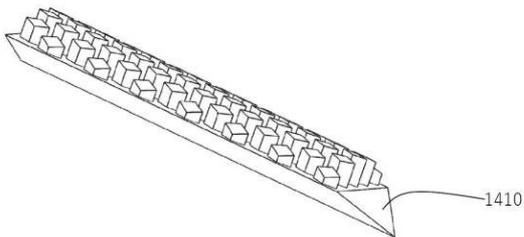
【 図 3 9 B 】



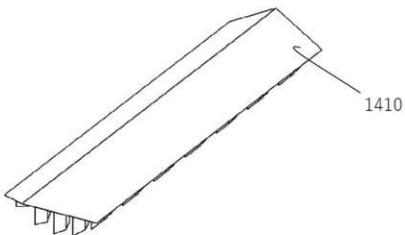
【 図 4 2 】



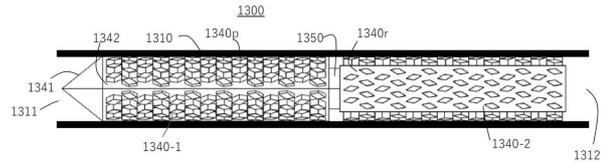
【 図 4 3 A 】



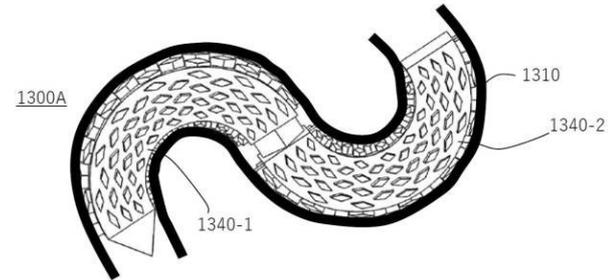
【 図 4 3 B 】



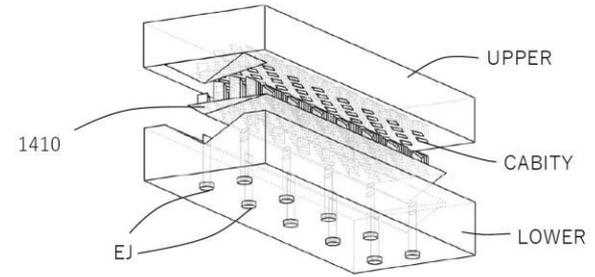
【 図 4 0 A 】



【 図 4 0 B 】



【 図 4 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
A 4 7 K 3/28 (2006.01) A 4 7 K 3/28

(72)発明者 駒澤 心
東京都八王子市美山町1236 株式会社塩内

審査官 久保田 信也

(56)参考文献 特許第6433041(JP, B1)
特開2001-000849(JP, A)
特開2000-262876(JP, A)
特開2002-263678(JP, A)
特許第6077627(JP, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 Q	1 1 / 1 0
A 4 7 K	3 / 2 8
B 0 1 F	1 / 0 0
B 0 1 F	3 / 0 4
B 0 1 F	5 / 0 0
B 0 5 B	1 / 0 0 - 3 / 1 8
B 0 5 B	7 / 0 0 - 9 / 0 8