

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7433738号
(P7433738)

(45)発行日 令和6年2月20日(2024.2.20)

(24)登録日 令和6年2月9日(2024.2.9)

(51)国際特許分類 F I
B 2 3 P 17/00 (2006.01) B 2 3 P 17/00 A

請求項の数 8 (全20頁)

(21)出願番号	特願2023-74643(P2023-74643)	(73)特許権者	000132161 株式会社スギノマシン
(22)出願日	令和5年4月28日(2023.4.28)		富山県滑川市栗山2880番地
審査請求日	令和5年11月17日(2023.11.17)	(74)代理人	110002712 弁理士法人みなみ特許事務所
早期審査対象出願		(72)発明者	松井 大貴 富山県滑川市栗山2880番地 株式会 社スギノマシン内
		審査官	小川 真

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 キャビテーション処理方法及びキャビテーション処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物が、対象穴を有しており、
前記対象穴の1つの入口以外の部分が塞がれており、
前記対象物及びノズルを処理液中に浸漬し、
前記対象穴の外側に位置する前記ノズルから前記対象穴の前記入口を通して前記対象穴の内側へ向けてキャビテーションが発生するように前記処理液の噴流を噴射し、
前記対象穴の内側の表面の領域であって前記対象穴の塞がれた奥部の領域が、キャビテーション処理を行う処理領域となり、
前記対象物が、前記対象穴の内側の表面であって前記処理領域に対して前記噴流の流れ方向の上流側の位置に、キャビテーション処理を行わない領域である非処理領域を有しており、
被覆体が、前記対象穴の内側に配置されるように前記対象物に装着されて、前記非処理領域を覆い、
前記被覆体が、この前記被覆体を貫通する通過穴を有しており、
前記噴流が前記通過穴を通過する、
キャビテーション処理方法。

【請求項2】

前記ノズルの外径が、前記対象穴の前記入口の内径よりも大きい、
請求項1に記載のキャビテーション処理方法。

10

20

【請求項 3】

前記入口が前記対象穴の唯一の開口である、
請求項 1 に記載のキャビテーション処理方法。

【請求項 4】

前記対象物が、前記入口以外に前記対象穴の開口部を有しており、
前記開口部を閉塞体によって塞ぐ、
請求項 1 に記載のキャビテーション処理方法。

【請求項 5】

前記処理領域に対して前記噴流の流れ方向の下流側の位置に配置されるように、前記噴流の流れを妨げる障害体を前記対象物に装着する、
請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のキャビテーション処理方法。

10

【請求項 6】

前記噴流の流れ方向に沿って前記障害体を移動させる、
請求項 5 に記載のキャビテーション処理方法。

【請求項 7】

前記対象物が、前記入口に配置される第 1 の雌ねじ部を有しており、前記第 1 の雌ねじ部は前記非処理領域の少なくとも一部であり、

前記被覆体が第 1 の雄ねじ部を有しており、前記第 1 の雄ねじ部を前記第 1 の雌ねじ部にねじ込み、前記被覆体を前記対象物に装着する、

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のキャビテーション処理方法。

20

【請求項 8】

1つの入口以外の部分が塞がれた対象穴を含む対象物であって、前記対象穴の内側の表面の領域であって前記対象穴の塞がれた奥部の領域であるキャビテーション処理を行う第 1 の処理領域と、前記入口に配置される第 1 の雌ねじ部と、前記入口に近接し前記第 1 の処理領域に対して前記入口側の位置に配置されるキャビテーション処理を行わない領域である第 1 の非処理領域と、を有する前記対象物に対してキャビテーション処理を行うキャビテーション処理装置であって、

前記入口に装着される入口用キャップであって、

第 1 の頭部と、

前記第 1 の頭部に配置され、前記第 1 の雌ねじ部にねじ込まれる第 1 の雄ねじ部と、

前記第 1 の雄ねじ部に配置され、前記第 1 の非処理領域を覆う第 1 の被覆部と、

前記第 1 の頭部と、前記第 1 の雄ねじ部と、前記第 1 の被覆部とを貫通する通過穴と、を含む前記入口用キャップと、

30

前記対象穴の外側に位置し、前記通過穴を通して、前記対象穴の内側へ向けてキャビテーションが発生するように処理液の噴流を噴射するノズルと、

前記処理液が貯留され、前記ノズルと前記入口用キャップが装着された前記対象物が浸漬される槽と、

を備えるキャビテーション処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、対象物の表面にキャビテーション処理を行うキャビテーション処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、金属製の対象物に対するキャビテーション処理が行われている（特許第 6872929 号公報）。キャビテーション処理は、対象物にキャビティ（気泡）を含む流体の噴流を衝突させ、キャビティが崩壊する際の衝撃力によって対象物の表面を処理するものである。キャビテーション処理によって、対象物の表面に圧縮残留応力を付加するピーニング、対象物の表面にディンプル形状を形成することによる摺動性の向上、その他、洗浄、

50

剥離、切断、バリ取り等の効果が得られる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

キャビテーション処理の対象となる対象物の形状や大きさは様々である。適切なキャビテーション処理を行うためには、対象物の条件に応じた適切な方法で、対象物の表面に噴流を衝突させる必要がある。

本発明は、対象物の対象穴の内側の表面にキャビテーション処理を行うキャビテーション処理方法及びこのキャビテーション処理方法に用いられるキャビテーション処理装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

代表的な本発明は、

対象物が、対象穴を有しており、

前記対象穴の1つの入口以外の部分が塞がれており、

前記対象物及びノズルを処理液中に浸漬し、

前記対象穴の外側に位置する前記ノズルから前記対象穴の前記入口を通して前記対象穴の内側へ向けてキャビテーションが発生するように前記処理液の噴流を噴射し、

前記対象穴の内側の表面の領域であって前記対象穴の塞がれた奥部の領域が、キャビテーション処理を行う処理領域となり、

20

前記対象物が、前記対象穴の内側の表面であって前記処理領域に対して前記噴流の流れ方向の上流側の位置に、キャビテーション処理を行わない領域である非処理領域を有しており、

被覆体が、前記対象穴の内側に配置されるように前記対象物に装着されて、前記非処理領域を覆い、

前記被覆体が、この前記被覆体を貫通する通過穴を有しており、

前記噴流が前記通過穴を通過する、

キャビテーション処理方法である。

【0005】

キャビテーション処理の際、対象物とノズルとは、いずれも槽に貯留された処理液中に浸漬される。処理液中において、ノズルから対象物に向けて処理液の噴流が噴射される。処理液は、例えば水である。処理液は、水に研磨材が混合されたものでも良い。槽に貯留された処理液に、研磨材が混濁されても良い。

30

【0006】

対象物は、金属で構成される。対象物を構成する金属は、例えば、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタン、チタン合金、鉄鋼である。対象物は、例えば、機械部品である。機械部品は、例えば、バルブ、配管継手である。対象物が有する対象穴は、分岐を有さない穴でも良い。対象穴は、分岐を有しても良い。対象穴の深さは、例えば、50mm～300mmである。対象穴の内径は、例えば、10mm～40mmである。ノズルの噴口径は、例えば、0.5mm～3mmである。噴流の噴射圧力は、例えば、10MPa～80MPaである。

40

【0007】

閉塞体は、例えば金属である。閉塞体は、対象穴の開口部に嵌め合うものでも良い。閉塞体は、雄ねじを有し、対象穴の開口部に形成された雌ねじにねじ込まれるものでも良い。閉塞体は、対象穴に対して、わずかな隙間（例えば0.5mm）を隔てたものでも良い。例えば対象穴の断面形状が円形の場合に、閉塞体は、円板形、円柱形や円筒形であって良い。

【0008】

被覆体は、例えば金属である。被覆体を構成する金属は、例えば、ステンレス鋼である。被覆体は、対象穴の内側の表面の非処理領域に接するものでも良い。被覆体は、対象穴

50

に対して、わずかな隙間（例えば0.5mm）を隔てたものでも良い。例えば対象穴の断面形状が円形の場合に、被覆体は、円板形、円柱形や円筒形であって良い。

【0009】

通過穴は、噴流の流れ方向に被覆体を貫通する穴であって良い。例えば対象穴の断面形状が円形の場合に、通過穴は断面形状が円形であってその中心軸が対象穴の中心軸と一致したものであって良い。

【0010】

処理領域となる対象穴の奥部の領域とは、対象穴が塞がれた位置の近傍の領域である。具体的には、対象穴が塞がれた位置から、対象穴の深さ方向において5mm～20mmの領域である。

【0011】

障害体は、例えば金属である。障害体を構成する金属は、例えば、ステンレス鋼である。障害体は、対象穴の内側の表面に接するものでも良い。障害体は、対象穴に対して、隙間を隔てたものでも良い。

障害体は、噴流の流れ方向の上流側から下流側に向けて移動しても良い。障害体は、噴流の流れ方向の下流側から上流側に向けて移動しても良い。

【0012】

閉塞体と被覆体とは、一体に形成されても良い。閉塞体は、対象穴の開口部を塞ぐとともに、対象穴の内側の表面を覆っても良い。閉塞体が覆う領域が非処理領域であるとき、閉塞体は被覆体としても機能する。すなわち、閉塞体が被覆体を兼ねても良い。

【0013】

被覆体と障害体とは、一体に形成されても良い。被覆体は、対象穴の内側の表面を覆うとともに、噴流の流れを妨げても良い。このとき、被覆体は障害体としても機能する。すなわち、被覆体が障害体を兼ねても良い。

【0014】

閉塞体と障害体とは、一体に形成されても良い。閉塞体は、対象穴の開口部を塞ぐとともに、噴流の流れを妨げても良い。このとき、閉塞体は障害体としても機能する。すなわち、閉塞体が障害体を兼ねても良い。

【0015】

閉塞体と被覆体と障害体とは、一体に形成されても良い。閉塞体は、対象穴の開口部を塞ぐとともに、対象穴の内側の表面を覆い、かつ噴流の流れを妨げても良い。このとき、閉塞体は被覆体および障害体としても機能する。すなわち、閉塞体が被覆体と障害体とを兼ねても良い。

【発明の効果】

【0016】

本発明のキャビテーション処理方法によれば、キャビテーション処理装置は対象物の対象穴の内側の表面にキャビテーション処理を行える。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1実施形態のキャビテーション処理装置

【図2】第1実施形態のワークの縦断面図

【図3A】第2実施形態のワークと第1キャップの縦断面図

【図3B】第2実施形態の第1キャップが装着されたワーク

【図4A】第3実施形態のワークと第1キャップ及び第7キャップの縦断面図

【図4B】第3実施形態の第1キャップ及び第7キャップが装着されたワーク

【図5A】第4実施形態のワークと第2キャップの縦断面図

【図5B】第4実施形態の第2キャップが装着されたワーク

【図6A】第5実施形態のワークと第2キャップ及び第3キャップの縦断面図

【図6B】第5実施形態の第2キャップ及び第3キャップが装着されたワーク

【図7A】第6実施形態のワークと第4キャップの縦断面図

10

20

30

40

50

【図 7 B】第 6 実施形態の第 4 キャップが装着されたワーク
 【図 8 A】第 7 実施形態のワークと第 5 キャップの縦断面図
 【図 8 B】第 7 実施形態の第 5 キャップが装着されたワーク
 【図 9 A】第 8 実施形態のワークと第 6 キャップの縦断面図
 【図 9 B】第 8 実施形態の第 6 キャップが装着されたワーク
 【発明を実施するための形態】

【0018】

第 1 実施形態のキャビテーション処理方法に用いるキャビテーション処理装置について説明する。図 1 に示すように、キャビテーション処理装置 100 は、槽 101 と、ノズル 102 と、載置台 103 と、を有する。キャビテーション処理装置 100 は、ワーク（対象物）10 に対してキャビテーション処理を行う。

10

【0019】

槽 101 は、処理液 104 を貯留する。処理液 104 は、例えば水である。槽 101 は、貯留した処理液 104 を循環させる装置を有していても良い。

【0020】

ノズル 102 は、高圧流体供給源（不図示）から供給される処理液 104 の噴流 C1 を噴射する。噴流 C1 は、キャビティを多く含む。ノズル 102 は、下向きに噴流 C1 を噴射する。噴射の方向は、下向き以外でも良い。ノズル 102 は、水平方向（前後方向および左右方向）と上下方向との 3 軸方向に移動できる。噴流 C1 の噴射速度（圧力）やノズル 102 の 3 軸方向の動作は、制御装置（不図示）により制御される。ノズル 102 の噴口径（内径）は、例えば、0.5 mm ~ 3 mm である。

20

【0021】

載置台 103 は、ワーク 10 を載置し固定する。載置台 103 は、ワーク 10 をボルト、クランプ等の締結具で固定するものや、ワーク 10 を挟み込んで固定するものである。載置台 103 は、上下方向に移動できる。載置台 103 の上下動により、ワーク 10 を槽 101 に対して出し入れできる。載置台 103 の上下方向の動作は、制御装置（不図示）により制御される。

【0022】

このように構成されたキャビテーション処理装置 100 は、ワーク 10 の任意の箇所に対して、任意の距離から、噴流 C1 を噴射できる。

30

【0023】

キャビテーション処理装置 100 によって行われる、本実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。図 2 に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 10a は、1 つの対象穴 20a を有する。

ここで、図 2 は、対象穴 20a の中心を通る断面で切断した断面図である。図の左側が上、右側が下である。図 3A ~ 図 9B において同じ。

ワーク 10a は、対象穴 20a の 1 つの入口 21 を有する。入口 21 は、ワーク 10a の 1 つの面に開口する。対象穴 20a は、断面円形であって、入口 21 から直線状に延びる穴である。対象穴 20a は、円筒形状の側面 22 と、円形状の底面 23 と、を有する。対象穴 20a の入口 21 の内径は、ノズル 102 の外径よりも小さい。よって、ノズル 102 は対象穴 20a に挿入できない。対象穴 20a は、入口 21 から奥へ向けて、内径が変化しないものであっても良いし、内径が変化するものであっても良い。

40

対象穴 20a の深さは、例えば、50 mm ~ 100 mm である。入口 21 の内径は、例えば、10 mm である。

【0024】

ワーク 10a は、対象穴 20a の内側の表面に、処理領域 A1a を有している。処理領域 A1a は、キャビテーション処理を行う領域である。すなわち、処理領域 A1a は、キャビテーション処理による効果を付与したい領域である。処理領域 A1a は、任意に設定される。ワーク 10a においては、底面 23 の近傍の側面 22 が処理領域 A1a となっている（図 2 の一点鎖線で示す領域）。底面 23 の近傍は、例えば、底面 23 から 10 mm

50

程度の範囲である。

【 0 0 2 5 】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、以下のとおりである。

最初に、槽 1 0 1 に処理液 1 0 4 を貯留する。貯留する処理液 1 0 4 の量は、ワーク 1 0 a を十分な深さに浸漬できる量である。十分な深さは、例えば、3 0 0 mm ~ 5 0 0 mm である。このとき、ノズル 1 0 2 及び載置台 1 0 3 は、処理液 1 0 4 の液面より上側に位置している。

次に、ワーク 1 0 a を載置台 1 0 3 に載置固定する。ワーク 1 0 a は、対象穴 2 0 a の入口 2 1 が上向きとなる姿勢で固定される。

次に、載置台 1 0 3 を下方向に移動させて、槽 1 0 1 に貯留された処理液 1 0 4 にワーク 1 0 a (載置台 1 0 3) を浸漬する。

次に、ノズル 1 0 2 を水平方向に移動させて、対象穴 2 0 a の入口 2 1 にノズル 1 0 2 を対向させる。

次に、ノズル 1 0 2 を下方向に移動させて、槽 1 0 1 に貯留された処理液 1 0 4 にノズル 1 0 2 を浸漬する。そして、ノズル 1 0 2 とワーク 1 0 a の処理領域 A 1 a との間の距離を、キャビテーション処理に適した距離とする。キャビテーション処理に適した距離は、例えば、ノズル 1 0 2 の噴口径の 5 0 倍 ~ 2 0 0 倍程度の距離である。よって、ノズル 1 0 2 の噴口径が 1 mm であれば、ノズル 1 0 2 とワーク 1 0 a の処理領域 A 1 a との間の距離は 5 0 mm ~ 2 0 0 mm とすることが望ましい。

最後に、高圧流体供給源 (不図示) を起動して、ノズル 1 0 2 から噴流 C 1 を噴射する。噴流 C 1 は、対象穴 2 0 a の入口 2 1 から、対象穴 2 0 a の内部に進入し、処理領域 A 1 a へと至る。

【 0 0 2 6 】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 a に対してキャビテーション処理が行われる。すなわち、処理領域 A 1 a に圧縮残留応力が付加されるピーニング等の効果が得られる。対象穴 2 0 a にはノズル 1 0 2 が入らないが、対象穴 2 0 a の外側から、閉じた穴 (1 つの入口 2 1 以外の開口を有さない穴) である対象穴 2 0 a に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 a の内側の表面の処理領域 A 1 a にキャビテーション処理を行える。処理領域 A 1 a は、底面 2 3 の近傍である。

【 0 0 2 7 】

なお、本実施形態のキャビテーション処理方法の各工程の順序は、上記の順序に限られない。例えば、載置台 1 0 3 やノズル 1 0 2 を移動させてから、槽 1 0 1 に処理液 1 0 4 を貯留しても良い。ノズル 1 0 2 は、下方向に移動させてから水平方向に移動させても良いし、水平方向と下方向とに同時に移動させても良い。

【 0 0 2 8 】

ワーク 1 0 a が複数の対象穴 2 0 a を有する場合には、1 つの対象穴 2 0 a に対するキャビテーション処理が終了した後、ノズル 1 0 2 を移動させて、他の対象穴 2 0 a に対するキャビテーション処理を行っても良い。

【 0 0 2 9 】

第 2 実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

【 0 0 3 0 】

図 3 A に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 1 0 b は、1 つの対象穴 2 0 b を有する。ワーク 1 0 b は、対象穴 2 0 b の 1 つの入口 2 1 と、対象穴 2 0 b の 1 つの開口部 2 4 と、を有する。入口 2 1 は、ワーク 1 0 b の 1 つの面に開口する。開口部 2 4 は、ワーク 1 0 b の他の面に開口する。すなわち、対象穴 2 0 b は、ワーク 1 0 b の 1 つの面から他の面へと貫通する穴である。対象穴 2 0 b は、断面円形であって、入口 2 1 から開口部 2 4 へと直線状に延びる穴である。対象穴 2 0 b は、円筒形状の側面 2 2 を有する。開口部 2 4 には、雌ねじ部 2 5 が形成されている。対象穴 2 0 b の入口 2 1 の内径は、ノズル 1 0 2 (図 3 A 以降の図において不図示) の外径よりも小

10

20

30

40

50

さい。よって、ノズル102は対象穴20bに挿入できない。対象穴20bは、入口21から開口部24へ向けて、内径が変化しないものであっても良いし、内径が変化するものであっても良い。

【0031】

ワーク10bは、対象穴20bの内側の表面に、非処理領域B1bを有している。非処理領域B1bは、キャビテーション処理を行わない領域である。すなわち、非処理領域B1bは、キャビテーション処理による効果を付与したくない領域である。非処理領域B1bは、任意に設定される。ワーク10bにおいては、雌ねじ部25が非処理領域B1bとなっている(図3Aの二点鎖線で示す領域)。雌ねじ部25にキャビテーション処理を行うと、ねじ山が変形してねじとしての性能を損なうおそれがあるため、非処理領域B1bとされている。

10

【0032】

ワーク10bは、対象穴20bの内側の表面に、処理領域A1bを有している。ワーク10bにおいては、側面22のうち、雌ねじ部25に隣接する所定の領域が処理領域A1bとなっている(図3Aの一点鎖線で示す領域)。所定の領域は、例えば、雌ねじ部25から5mm~10mm程度の範囲である。

【0033】

図3A及び図3Bに示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法においては、事前に、ワーク10bの開口部24に、第1キャップ30が取り付けられる。第1キャップ30は、ボルト形状であり、雄ねじ部(閉塞体、被覆体)31と、頭部32と、を有する。第1キャップ30の雄ねじ部31をワーク10bの雌ねじ部25にねじ込むと、雄ねじ部31によって開口部24が塞がれるとともに、雄ねじ部31によって非処理領域B1b(雌ねじ部25)が覆われる。すなわち、雄ねじ部31は、開口部24を塞ぐ閉塞体1であり、且つ、非処理領域B1bを覆う被覆体2である。このように第1キャップ30が取り付けられたワーク10bに対して、キャビテーション処理を行う。

20

【0034】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、最初にワーク10bに第1キャップ30を取り付ける点を除いて、第1実施形態のキャビテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

【0035】

噴流C1により、処理領域A1bに対してキャビテーション処理が行われる。開口部24に第1キャップ30を取り付けることで、閉塞体1(雄ねじ部31)が開口部24を塞ぎ、対象穴20bが閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴20bの外側から、対象穴20bに対して噴流C1を噴射することで、対象穴20bの内側の表面の処理領域A1bにキャビテーション処理を行える。処理領域A1bは、閉塞体1(雄ねじ部31)の近傍である。閉塞体1は、対象穴20bの塞がれた奥部である。非処理領域B1bは、被覆体2(雄ねじ部31)により覆われているので、噴流C1が接触しない。そのため、非処理領域B1bに対しては、キャビテーション処理が行われない。

30

【0036】

第3実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第1実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置100が用いられる。

40

【0037】

図4Aに示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク10cは、1つの対象穴20cを有する。ワーク10cは、対象穴20cの1つの入口21と、対象穴20cの2つの開口部(第1開口部24a及び第2開口部24b)と、を有する。入口21は、ワーク10cの1つの面に開口する。第1開口部24aは、ワーク10cの他の面に開口する。第2開口部24bは、ワーク10cの更に他の面に開口する。すなわち、対象穴20cは、ワーク10cの1つの面から、分岐して2つの他の面へと貫通する穴である。対象穴20cは、断面円形であって、主流路26aと分岐流路26bとを有する。主流路26aは、入口21から第1開口部24aへと直線状に延びる。分岐流路26

50

bは、主流路26aの中間部から分岐して、第2開口部24bへと直線状に延びる。すなわち、対象穴20cは、T字状の流路を有する。対象穴20cは、円筒形状の2つの側面22の組み合わせにより形成される。第1開口部24a及び第2開口部24bには、雌ねじ部25が形成されている。対象穴20cの入口21の内径は、ノズル102の外径よりも小さい。よって、ノズル102は対象穴20cに挿入できない。対象穴20cは、入口21から第1開口部24aや第2開口部24bへ向けて、内径が変化しないものであっても良いし、内径が変化するものであっても良い。

【0038】

ワーク10cは、対象穴20cの内側の表面に、非処理領域B1cを有している。ワーク10cにおいては、2つの雌ねじ部25が非処理領域B1cとなっている(図4Aの二点鎖線で示す領域)。

10

【0039】

ワーク10cは、対象穴20cの内側の表面に、処理領域A1cを有している。ワーク10cにおいては、側面22のうち、第1開口部24aに形成された雌ねじ部25に隣接する所定の領域が処理領域A1cとなっている(図4Aの一点鎖線で示す領域)。処理領域A1cは、対象穴20cの主流路26aの深さ方向に、5mm~10mm程度の範囲である。

【0040】

図4A及び図4Bに示すように、本実施形態のキャピテーション処理方法においては、事前に、ワーク10cの第1開口部24aに第1キャップ30が取り付けられ、ワーク10cの第2開口部24bに第7キャップ90が取り付けられる。第7キャップ90は、雄ねじ部(閉塞体、被覆体)91と、頭部92と、支持部94と、阻害部95と、を有する。雄ねじ部91及び頭部92は、第1キャップ30の雄ねじ部31及び頭部32と実質的に同じである。支持部94は、棒状であり、雄ねじ部91の先端から分岐流路26bが延びる方向に沿って延びる。阻害部95は、円板形状であり、支持部94の先端に配置される。阻害部95は、先端面95aと、側周面95bと、を有する。阻害部95の外径は、分岐流路26bの内径よりわずかに小さい。側周面95bにシール部材を設けて、阻害部95と分岐流路26bの隙間を塞いでも良い。先端面95aは、阻害部95の主流路26a側の端面である。先端面95aは、平面である。先端面95aから頭部92までの高さL2cは、第2開口部24bから主流路26aの側面22までの距離L1cに実質的に等しい。先端面95aは、曲面であっても良い。支持部94と阻害部95と雄ねじ部91とは一体で良い。支持部94の中心軸と阻害部95の中心軸と雄ねじ部91の中心軸とは一致する。

20

30

図4Bに示すように、第7キャップ90の雄ねじ部91を第2開口部24bの雌ねじ部25にねじ込むと、雄ねじ部91によって第2開口部24bが塞がれるとともに、雄ねじ部91によって非処理領域B1c(雌ねじ部25)が覆われる。更に、阻害部95が、分岐流路26bの主流路26a側の端部に位置する。主流路26a側から見ると、阻害部95によって分岐流路26bの入口が塞がれる。好ましくは、第7キャップ90がワーク10cに装着されたときに、先端面95aは、主流路26aの側面22となだらかに接続する。すなわち、雄ねじ部91は、第2開口部24bを塞ぐ閉塞体1であり、且つ、非処理領域B1cを覆う被覆体2である。このように第1キャップ30と第7キャップ90とが取り付けられたワーク10cに対して、キャピテーション処理を行う。

40

【0041】

本実施形態のキャピテーション処理方法の工程は、最初に第1開口部24aに第1キャップ30を取り付け、第2開口部24bに第7キャップ90を取り付ける点を除いて、第1実施形態のキャピテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

【0042】

噴流C1により、処理領域A1cに対してキャピテーション処理が行われる。第1開口部24に第1キャップ30を取り付け、第2開口部24bに第7キャップ90を取り付けることで、閉塞体1(雄ねじ部31, 91)が第1開口部24aと第2開口部24bとを

50

塞ぎ、更に阻害部 9 5 が分岐流路 2 6 b の入口を塞ぐ。そして、実質的に、対象穴 2 0 c が分岐を有さない、閉じた穴となっている。つまり、対象穴 2 0 c は、第 2 実施形態の対象穴 2 0 b と、実質的に同じになる。閉じた穴である対象穴 2 0 c の外側から、対象穴 2 0 c に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 c の内側の表面の処理領域 A 1 c にキャビテーション処理を行える。処理領域 A 1 c は、第 1 キャップ 3 0 の閉塞体 1 (雄ねじ部 3 1) の近傍である。閉塞体 1 は、対象穴 2 0 c の塞がれた奥部である。非処理領域 B 1 c は、被覆体 2 (雄ねじ部 3 1、9 1) により覆われているので、噴流 C 1 が接触しない。そのため、非処理領域 B 1 c に対しては、キャビテーション処理が行われない。

【 0 0 4 3 】

第 4 実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

10

【 0 0 4 4 】

図 5 A に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 1 0 d は、1 つの対象穴 2 0 d を有する。対象穴 2 0 d は、第 2 実施形態の対象穴 2 0 b と実質的に同じである。

【 0 0 4 5 】

ワーク 1 0 d は、対象穴 2 0 d の内側の表面に、非処理領域 B 1 d , B 2 d を有している。ワーク 1 0 d においては、側面 2 2 のうち、雌ねじ部 2 5 が、非処理領域 B 1 d となり、雌ねじ部 2 5 に隣接する所定の領域が、非処理領域 B 2 d となっている (図 5 A の二点鎖線で示す領域)。ここで、雌ねじ部 2 5 に隣接する領域は、内径について公差が指定されている箇所である。公差が指定されている箇所にキャビテーション処理を行うと、寸法の精度が維持できないおそれがあるため、非処理領域 B 2 d とされている。

20

【 0 0 4 6 】

ワーク 1 0 d は、対象穴 2 0 d の内側の表面に、処理領域 A 1 d を有している。ワーク 1 0 d においては、側面 2 2 のうち、非処理領域 B 2 d に隣接する所定の領域が処理領域 A 1 d となっている (図 5 A の一点鎖線で示す領域)。所定の領域は、例えば、非処理領域 B 2 d から 5 mm ~ 1 0 mm 程度の範囲である。開口部 2 4 から処理領域 A 1 d の先端 (入口 2 1 側の端) までの距離を高さ L 3 d という。以後、入口 2 1 側の方向を先端方向という。また、対象穴 2 0 a ~ 2 0 g (後述) について、高さというときは、開口部 2 4 からの距離をいう。また、キャップ 3 0 ~ 6 0 や可動板 7 5 , 8 5 (後述) について、高さというときは、頭部からの先端までの距離 (頭部自体は含めない) をいう。

30

【 0 0 4 7 】

図 5 A 及び図 5 B に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法においては、事前に、ワーク 1 0 d の開口部 2 4 に、第 2 キャップ 4 0 が取り付けられる。第 2 キャップ 4 0 は、雄ねじ部 (閉塞体、被覆体) 4 1 と、頭部 4 2 と、被覆部 (被覆体) 4 3 と、を有する。雄ねじ部 4 1 及び頭部 4 2 は、第 1 キャップ 3 0 の雄ねじ部 3 1 及び頭部 3 2 と実質的に同じである。被覆部 4 3 は、円柱形状であり、雄ねじ部 4 1 の先端に配置される。被覆部 4 3 と雄ねじ部 4 1 とは一体で良い。被覆部 4 3 の中心軸と雄ねじ部 4 1 の中心軸とは一致する。被覆部 4 3 の外径は、対象穴 2 0 d の内径よりわずかに小さい。被覆部 4 3 の高さ L 2 d は、開口部 2 4 からの非処理領域 B 2 d の高さ L 1 d に実質的に等しい。被覆部 4 3 の側周面にシール部材を設けて、被覆部 4 3 と対象穴 2 0 d との間の隙間を塞いでも良い。第 2 キャップ 4 0 の雄ねじ部 4 1 をワーク 1 0 d の雌ねじ部 2 5 にねじ込むと、雄ねじ部 4 1 によって開口部 2 4 が塞がれるとともに、雄ねじ部 4 1 によって非処理領域 B 1 d (雌ねじ部 2 5) が覆われる。更に、被覆部 4 3 の側周面は、非処理領域 B 2 d とわずかな隙間を隔てて対向する。つまり、被覆部 4 3 が、非処理領域 B 2 d (雌ねじ部 2 5 に隣接する領域) を実質的に覆う。すなわち、雄ねじ部 4 1 は、開口部 2 4 を塞ぐ閉塞体 1 であり、且つ、非処理領域 B 1 d を覆う被覆体 2 である。被覆部 4 3 は、非処理領域 B 2 d を覆う被覆体 2 である。なお、被覆部 4 3 と非処理領域 B 2 d とが当接しても良い。このように第 2 キャップ 4 0 が取り付けられたワーク 1 0 d に対して、キャビテーション処理を行う。

40

50

【 0 0 4 8 】

本実施形態のキャピテーション処理方法の工程は、最初にワーク 1 0 d に第 2 キャップ 4 0 を取り付ける点を除いて、第 1 実施形態のキャピテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

【 0 0 4 9 】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 d に対してキャピテーション処理が行われる。開口部 2 4 に第 2 キャップ 4 0 を取り付けることで、閉塞体 1 (雄ねじ部 4 1) が開口部 2 4 を塞ぎ、対象穴 2 0 d が閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴 2 0 d の外側から、対象穴 2 0 d に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 d の内側の表面の処理領域 A 1 d にキャピテーション処理を行える。処理領域 A 1 d は、被覆体 2 (被覆部 4 3) の近傍である。被覆体 2 は、対象穴 2 0 d の塞がれた奥部である。非処理領域 B 1 d , B 2 d は、被覆体 2 (雄ねじ部 4 1 及び被覆部 4 3) により覆われているので、噴流 C 1 が接触しない。そのため、非処理領域 B 1 d , B 2 d に対しては、キャピテーション処理が行われない。

10

【 0 0 5 0 】

なお、第 2 実施形態のワーク 1 0 b に、第 2 実施形態のキャピテーション処理を実施した後に、第 1 キャップ 3 0 に換えて本実施形態の第 2 キャップ 4 0 を取り付けて、本実施形態のキャピテーション処理を実施しても良い。例えば、被覆部 4 3 の高さ L 2 d を、第 2 実施形態の処理領域 A 1 b の高さ L 3 b に一致させれば、連続した長い領域について、キャピテーション処理を実施できる。第 3 実施形態のワーク 1 0 c についても実質的に同じである。

20

【 0 0 5 1 】

第 5 実施形態のキャピテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャピテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

【 0 0 5 2 】

図 6 A に示すように、本実施形態のキャピテーション処理方法において、ワーク 1 0 e は、1 つの対象穴 2 0 e を有する。対象穴 2 0 e は、次の点を除いて、第 2 実施形態の対象穴 2 0 b と実質的に同じである。対象穴 2 0 e の入口 2 1 には、雌ねじ部 2 5 が形成されている。

【 0 0 5 3 】

ワーク 1 0 e は、対象穴 2 0 e の内側の表面に、非処理領域 B 1 e , B 2 e を有している。ワーク 1 0 e においては、側面 2 2 のうち、両方の雌ねじ部 2 5 が、非処理領域 B 1 e となり、両方の雌ねじ部 2 5 にそれぞれ隣接する所定の領域が、非処理領域 B 2 e となっている (図 6 A の二点鎖線で示す領域)。ここで、雌ねじ部 2 5 に隣接する領域は、内径について公差が指定されている箇所である。

30

【 0 0 5 4 】

ワーク 1 0 e は、対象穴 2 0 e の内側の表面に、処理領域 A 1 e を有している。ワーク 1 0 e においては、側面 2 2 のうち、開口部 2 4 の側の非処理領域 B 2 e に隣接する所定の領域が処理領域 A 1 e となっている (図 6 A の一点鎖線で示す領域)。ここで、処理領域 A 1 e の対象穴 2 0 e の深さ方向の幅は、5 mm ~ 2 0 mm である。

40

【 0 0 5 5 】

図 6 A 及び図 6 B に示すように、本実施形態のキャピテーション処理方法においては、事前に、ワーク 1 0 e の開口部 2 4 に、第 2 キャップ 4 0 が取り付けられる。ワーク 1 0 e の入口に、第 3 キャップ 5 0 が取り付けられる。第 3 キャップ 5 0 は、雄ねじ部 (被覆体) 5 1 と、頭部 5 2 と、被覆部 (被覆体) 5 3 と、を有する。雄ねじ部 5 1、頭部 5 2 及び被覆部 5 3 は、第 2 キャップ 4 0 の雄ねじ部 4 1、頭部 4 2 及び被覆部 4 3 と実質的に同じである。そして、第 3 キャップ 5 0 には通過穴 5 8 が形成されている。通過穴 5 8 は、頭部 5 2 から被覆部 5 3 へと貫通する穴である。通過穴 5 8 は、断面円形であって直線状に延びる穴である。通過穴 5 8 の中心軸と雄ねじ部 5 1、頭部 5 2 及び被覆部 5 3 の中心軸とは一致する。通過穴 5 8 の内径は、例えば、5 mm ~ 2 0 mm である。好ましく

50

は、通過穴 5 8 の内径は、被覆部 5 3 の外径よりも、3 mm ~ 1 0 mm 小さい。第 3 キャップ 5 0 の雄ねじ部 5 1 をワーク 1 0 e の入口 2 1 の雌ねじ部 2 5 にねじ込むと、雄ねじ部 5 1 によって非処理領域 B 1 e (雌ねじ部 2 5) が覆われる。更に、被覆部 5 3 の側周面は、非処理領域 B 2 e とわずかな隙間を隔てて対向する。つまり、被覆部 5 3 が、非処理領域 B 2 e (雌ねじ部 2 5 に隣接する領域) を実質的に覆う。すなわち、雄ねじ部 5 1 は、非処理領域 B 1 e を覆う被覆体 2 である。被覆部 5 3 は、非処理領域 B 2 e を覆う被覆体 2 である。なお、被覆部 5 3 と非処理領域 B 2 e とが当接しても良い。通過穴 5 8 があるので、第 3 キャップ 5 0 は入口 2 1 を塞がない。このように第 2 キャップ 4 0 と第 3 キャップ 5 0 とが取り付けられたワーク 1 0 e に対して、キャビテーション処理を行う。

【 0 0 5 6 】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、最初にワーク 1 0 e に第 2 キャップ 4 0 及び第 3 キャップ 5 0 を取り付け除いて、第 1 実施形態のキャビテーション処理方法の工程と実質的に同じである。ただし、ノズル 1 0 2 から噴射された噴流 C 1 は、第 3 キャップ 5 0 の通過穴 5 8 を通過して、対象穴 2 0 e の内部に進入し、処理領域 A 1 e へと至る。

【 0 0 5 7 】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 e に対してキャビテーション処理が行われる。開口部 2 4 に第 2 キャップ 4 0 を取り付けることで、閉塞体 1 (雄ねじ部 4 1) が開口部 2 4 を塞ぎ、対象穴 2 0 e が閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴 2 0 e の外側から、対象穴 2 0 e に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 e の内側の表面の処理領域 A 1 e にキャビテーション処理を行える。処理領域 A 1 e は、第 2 キャップ 4 0 の被覆体 2 (被覆部 4 3) の近傍である。被覆体 2 は、対象穴 2 0 e の塞がれた奥部である。非処理領域 B 1 e , B 2 e は、被覆体 2 (雄ねじ部 4 1 , 5 1 及び被覆部 4 3 , 5 3) により覆われているので、噴流 C 1 が接触しない。そのため、非処理領域 B 1 e , B 2 e に対しては、キャビテーション処理が行われない。

【 0 0 5 8 】

第 6 実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

【 0 0 5 9 】

図 7 A に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 1 0 f は、1 つの対象穴 2 0 f を有する。対象穴 2 0 f は、第 2 実施形態の対象穴 2 0 b と実質的に同じである。

【 0 0 6 0 】

ワーク 1 0 f は、対象穴 2 0 f の内側の表面に、非処理領域 B 1 f , B 2 f を有している。ワーク 1 0 f においては、側面 2 2 のうち、雌ねじ部 2 5 が、非処理領域 B 1 f となり、雌ねじ部 2 5 に隣接する所定の領域が、非処理領域 B 2 f となっている (図 7 A の二点鎖線で示す領域)。ここで、雌ねじ部 2 5 に隣接する領域は、内径について公差が指定されている箇所である。

【 0 0 6 1 】

ワーク 1 0 f は、対象穴 2 0 f の内側の表面に、処理領域 A 1 f を有している。ワーク 1 0 f においては、側面 2 2 のうち、非処理領域 B 2 f から入口 2 1 側に離隔した位置の所定の領域が処理領域 A 1 f となっている (図 7 A の一点鎖線で示す領域)。処理領域 A 1 f の基端までの高さ L 1 f は、例えば、5 0 mm ~ 7 0 mm である。処理領域 A 1 f の幅は、例えば、1 0 mm 程度である。

【 0 0 6 2 】

図 7 A 及び図 7 B に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法においては、事前に、ワーク 1 0 f の開口部 2 4 に、第 4 キャップ 6 0 が取り付けられる。第 4 キャップ 6 0 は、雄ねじ部 (閉塞体、被覆体) 6 1 と、頭部 6 2 と、被覆部 (被覆体) 6 3 と、支持部 6 4 と、阻害部 (阻害体) 6 5 と、を有する。雄ねじ部 6 1、頭部 6 2 及び被覆部 6 3 は、第 2 キャップ 4 0 の雄ねじ部 4 1、頭部 4 2 及び被覆部 4 3 と実質的に同じであ

10

20

30

40

50

る。支持部 6 4 及び阻害部 6 5 は、第 7 キャップ 9 0 の支持部 9 4 及び阻害部 9 5 と実質的に同じである。ただし、阻害部 6 5 の高さ L 2 f は、高さ L 1 f と実質的に同じである。支持部 6 4 は、被覆部 6 3 の先端から対象穴 2 0 f が延びる方向に沿って延びる。第 4 キャップ 6 0 の雄ねじ部 6 1 をワーク 1 0 f の雌ねじ部 2 5 にねじ込むと、雄ねじ部 6 1 によって開口部 2 4 が塞がれるとともに、雄ねじ部 6 1 によって非処理領域 B 1 f (雌ねじ部 2 5) が覆われる。更に、被覆部 6 3 の側周面は、非処理領域 B 2 f とわずかな隙間を隔てて対向する。つまり、被覆部 6 3 が、非処理領域 B 2 f (雌ねじ部 2 5 に隣接する領域) を実質的に覆う。更に、阻害部 6 5 が、処理領域 A 1 f に対して入口 2 1 の反対側に隣接して位置する。すなわち、雄ねじ部 6 1 は、開口部 2 4 を塞ぐ閉塞体 1 であり、且つ、非処理領域 B 1 f を覆う被覆体 2 である。被覆部 6 3 は、非処理領域 B 2 f を覆う被覆体 2 である。阻害部 6 5 は、噴流 C 1 の流れを妨げる阻害体 3 である。なお、被覆部 6 3 と非処理領域 B 2 f とが当接しても良い。被覆部 6 3 を省いて、雄ねじ部 6 1 の先端に支持部 6 4 を配置しても良い。被覆部 6 3 が無くても、阻害部 6 5 により、噴流 C 1 が非処理領域 B 2 f に接触しない。この場合、阻害部 6 5 が被覆体 2 となる。このように第 4 キャップ 6 0 が取り付けられたワーク 1 0 f に対して、キャビテーション処理を行う。

10

【 0 0 6 3 】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、最初にワーク 1 0 f に第 4 キャップ 6 0 を取り付ける点を除いて、第 1 実施形態のキャビテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

【 0 0 6 4 】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 f に対してキャビテーション処理が行われる。開口部 2 4 に第 4 キャップ 6 0 を取り付けることで、閉塞体 1 (雄ねじ部 6 1) が開口部 2 4 を塞ぎ、対象穴 2 0 f が閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴 2 0 f の外側から、対象穴 2 0 f に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 f の内側の表面の処理領域 A 1 f にキャビテーション処理を行える。噴流 C 1 の流れが阻害体 3 (阻害部 6 5) によって妨げられるので、阻害体 3 の入口 2 1 側の処理領域 A 1 f に対してキャビテーション処理が行われる。処理領域 A 1 f は、阻害体 3 の近傍である。阻害体 3 は、対象穴 2 0 f の塞がれた奥部である。非処理領域 B 1 f , B 2 f は、被覆体 2 (雄ねじ部 6 1 及び被覆部 6 3) により覆われているので、噴流 C 1 が接触しない。そのため、非処理領域 B 1 f , B 2 f に対しては、キャビテーション処理が行われない。

20

30

【 0 0 6 5 】

なお、第 4 実施形態のワーク 1 0 d に、第 4 実施形態のキャビテーション処理を実施した後に、第 2 キャップ 4 0 に換えて本実施形態の第 4 キャップ 6 0 を取り付けて、本実施形態のキャビテーション処理を実施しても良い。例えば、第 4 キャップ 6 0 の阻害部 6 5 の高さ L 2 f を、処理領域 A 1 d の高さ L 3 d に一致させれば、連続した長い範囲にキャビテーション処理を実施できる。ワーク 1 0 c や、ワーク 1 0 e についても実質的に同じである。

また、第 2 実施形態のワーク 1 0 b に、第 2 実施形態のキャビテーション処理を実施した後に、第 1 キャップ 3 0 に換えて、本実施形態の第 4 キャップ 6 0 を取り付けて、本実施形態のキャビテーション処理を行っても良い。例えば、第 4 キャップ 6 0 の阻害部 6 5 の高さ L 2 f を、処理領域 A 1 b の高さ L 3 b よりも高くすれば、離隔した 2 つの範囲にキャビテーション処理を実施できる。

40

【 0 0 6 6 】

第 7 実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

【 0 0 6 7 】

図 8 A に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 1 0 g は、1 つの対象穴 2 0 g を有する。ワーク 1 0 g は、対象穴 2 0 g の 1 つの入口 2 1 と、対象穴 2 0 g の 1 つの開口部 2 4 と、を有する。入口 2 1 は、ワーク 1 0 g の 1 つの面に開口する。開口部 2 4 は、ワーク 1 0 g の他の面に開口する。すなわち、対象穴 2 0 g は

50

、ワーク 10 g の 1 つの面から他の面へと貫通する穴である。対象穴 20 g は、断面円形であって、入口 21 から開口部 24 へと直線状に延びる穴である。対象穴 20 g は、円筒形状の側面 22 を有する。対象穴 20 g の入口 21 の内径は、ノズル 102 の外径よりも小さい。よって、ノズル 102 は対象穴 20 g に挿入できない。

【0068】

ワーク 10 g は、対象穴 20 g の内側の表面に、処理領域 A1 g を有している。ワーク 10 g においては、側面 22 の全面が処理領域 A1 g となっている（図 8 A の一点鎖線で示す領域）。

【0069】

図 8 A 及び図 8 B に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法においては、ワーク 10 g の開口部 24 に、第 5 キャップ 70 が取り付けられる。第 5 キャップ 70 は、可動板 75 と、駆動装置 76 と、を有する。可動板（閉塞体、障害体）75 は、円板形状である。可動板 75 は、先端面 75 a と、側周面 75 b と、を有する。可動板 75 の外径は、対象穴 20 g の内径よりわずかに小さい。可動板 75 の側周面 75 b にシール部材を設けて、可動板 75 と対象穴 20 g との間の隙間を塞いでも良い。駆動装置 76 は、可動板 75 を、噴流 C1 の流れ方向（対象穴 20 g の中心軸方向）に沿って移動させる。駆動装置 76 は、流体シリンダ装置である。流体シリンダは、例えば、エアシリンダや水圧シリンダである。駆動装置 76 は、シリンダ本体 77 と、ロッド 74 を有する。シリンダ本体 77 は、円筒形状である。ロッド 74 は、棒状であり、シリンダ本体 77 に対して進退する。ロッド 74 の先端が可動板 75 に接続されている。駆動装置 76 の動作は、制御装置（不図示）により制御される。駆動装置 76 は、第 5 キャップ 70 の可動板 75 をワーク 10 g の開口部 24 に位置させ、対象穴 20 g に挿入する。すると、可動板 75 によって開口部 24 が塞がれる。可動板 75 の側周面 75 b と対象穴 20 g の側面 22 との間にはわずかな隙間があるが、そのような状態も、塞がれた状態に含む。つまり、対象穴 20 g は、可動板 75 によって実質的に塞がれている。更に、可動板 75 が、処理領域 A1 g に対して入口 21 の反対側に隣接して位置している。すなわち、可動板 75 は、開口部 24 を塞ぐ閉塞体 1 であり、且つ、噴流 C1 の流れを妨げる障害体 3 である。このように第 5 キャップ 70 が取り付けられたワーク 10 g に対して、キャビテーション処理を行う。

【0070】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、最初にワーク 10 g に第 5 キャップ 70 を取り付けると、駆動装置 76 によって可動板 75 を移動させる点と、を除いて、第 1 実施形態のキャビテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

まず、駆動装置 76 は、可動板 75 を、開口部 24 側の端部に位置させる。次いで、ノズル 102 は、噴流 C1 を噴射する。このとき、噴流 C1 の流れが障害体 3（可動板 75）によって妨げられる。そして、障害体 3 の入口 21 側の近傍の領域 A11 に対してキャビテーション処理が行われる。領域 A11 は、障害体 3 の近傍である。領域 A11 の高さを L31 とする。次いで、駆動装置 76 は、先端面 75 a が高さ L31 に位置するように、可動板 75 を移動させる。すると、領域 A11 に隣接する領域 A12 に対して、キャビテーション処理が行われる。このように、駆動装置 76 は、可動板 75 の先端面 75 a を、キャビテーション処理された領域 A1m の高さ L3m に順次移動させることで、連続した領域 A11 ~ A1n にキャビテーション処理を実行できる（m、n は自然数、 $n = m + 1$ ）。最終的には、駆動装置 76 は、可動板 75 を、開口部 24 側の端部から、入口 21 側の端部の近傍まで移動させる。

障害体 3 は、対象穴 20 g の塞がれた奥部である。そして、キャビテーション処理を行いながら障害体 3 が移動するので、キャビテーション処理が行われる領域も移動する。障害体 3 が開口部 24 から入口 21 まで移動することで、対象穴 20 g の側面 22 の全面に対してキャビテーション処理が行われる。結果として、対象穴 20 g の側面 22 の全面が処理領域 A1 g となる。

なお、対象穴 20 g の一部に、キャビテーション処理を禁止するまでもないが、キャビテーション処理が不要である領域がある場合には、キャビテーション処理を行うときに、

10

20

30

40

50

駆動装置 7 2 は、キャビテーション不要部分を飛ばして、可動板 7 5 を移動させれば良い。

また、駆動装置 7 6 は、可動板 7 5 を、開口部 2 4 から入口 2 1 の近傍まで、連続して移動させても良い。

【 0 0 7 1 】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 g に対してキャビテーション処理が行われる。開口部 2 4 に第 5 キャップ 7 0 を取り付けることで、閉塞体 1 (可動板 7 5) が開口部 2 4 を塞ぎ、対象穴 2 0 g が閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴 2 0 g の外側から、対象穴 2 0 g に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 g の内側の表面の処理領域 A 1 g にキャビテーション処理を行える。

【 0 0 7 2 】

なお、キャビテーション処理において、ノズル 1 0 2 と処理領域 A 1 g との間のノズルオフセット距離 (ノズル 1 0 2 から障害体 3 までの距離) には適正な距離がある。障害体 3 の移動量が大きいと、適正な距離の範囲を外れる場合がある。その場合、ノズル 1 0 2 も移動させて、ノズルオフセット距離が適正な距離となるようにしても良い。

【 0 0 7 3 】

第 8 実施形態のキャビテーション処理方法について説明する。本実施形態においても、第 1 実施形態と実質的に同じキャビテーション処理装置 1 0 0 が用いられる。

【 0 0 7 4 】

図 9 A に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法において、ワーク 1 0 h は、1 つの対象穴 2 0 h を有する。対象穴 2 0 h は、第 2 実施形態の対象穴 2 0 b と実質的に同じである。

【 0 0 7 5 】

ワーク 1 0 h は、対象穴 2 0 h の内側の表面に、非処理領域 B 1 h , B 2 h を有している。ワーク 1 0 h においては、側面 2 2 のうち、雌ねじ部 2 5 が、非処理領域 B 1 h となり、雌ねじ部 2 5 に隣接する所定の領域が、非処理領域 B 2 h となっている (図 9 A の二点鎖線で示す領域) 。ここで、雌ねじ部 2 5 に隣接する領域は、内径について公差が指定されている箇所である。

【 0 0 7 6 】

ワーク 1 0 h は、対象穴 2 0 h の内側の表面に、処理領域 A 1 h を有している。ワーク 1 0 h においては、側面 2 2 のうち、非処理領域 B 1 h , B 2 h 以外の全面が処理領域 A 1 h となっている (図 9 A の一点鎖線で示す領域) 。

【 0 0 7 7 】

図 9 B に示すように、本実施形態のキャビテーション処理方法においては、ワーク 1 0 h の開口部 2 4 に、第 6 キャップ 8 0 が取り付けられる。第 6 キャップ 8 0 は、雄ねじ部 (閉塞体、被覆体) 8 1 と、頭部 8 2 と、被覆部 (被覆体) 8 3 と、可動板 (障害体) 8 5 と、駆動装置 8 6 と、を有する。更に、第 6 キャップ 8 0 には通過穴 8 8 が形成されている。雄ねじ部 8 1、頭部 8 2、被覆部 8 3 及び通過穴 8 8 は、第 3 キャップ 5 0 の雄ねじ部 5 1、頭部 5 2、被覆部 5 3 及び通過穴 5 8 と実質的に同じである。可動板 8 5 及び駆動装置 8 6 は、第 5 キャップ 5 0 の可動板 7 5 及び駆動装置 7 6 と実質的に同じである。すなわち、駆動装置 8 6 は、シリンダ本体 8 7 と、ロッド 8 4 と、を有する。そして、ロッド 8 4 が通過穴 8 8 を貫通している。ロッド 8 4 の外径は、通過穴 8 8 の内径よりわずかに小さい。可動板 8 5 は、被覆部 8 3 側に位置しており、シリンダ本体 8 7 は、頭部 8 2 側に位置している。可動板 8 5 の厚みと、被覆部 8 3 の幅と、雄ねじ部 8 1 の幅との和 L 2 h が、非処理領域 B 2 h の高さ L 1 h と実質的に同じである。ここで、非処理領域 B 2 h の高さ L 1 h とは、非処理領域 B 2 h の入口 2 1 側の端部から、開口部 2 4 までの長さである (図 9 A 参照) 。駆動装置 8 6 により、雄ねじ部 8 1、頭部 8 2 及び被覆部 8 3 が固定された状態で、可動板 8 5 だけを移動させられる。第 6 キャップ 8 0 の雄ねじ部 8 1 をワーク 1 0 h の雌ねじ部 2 5 にねじ込むと、雄ねじ部 8 1 によって開口部 2 4 が塞がれるとともに、雄ねじ部 8 1 によって非処理領域 B 1 h (雌ねじ部 2 5) が覆われる。更に、被覆部 8 3 の側周面は、非処理領域 B 2 h とわずかな隙間を隔てて対向する。つま

10

20

30

40

50

り、被覆部 8 3 が、非処理領域 B 2 h (雌ねじ部 2 5 に隣接する領域) を実質的に覆う。更に、可動板 8 5 が、処理領域 A 1 h に対して入口 2 1 の反対側に隣接して位置する。すなわち、雄ねじ部 8 1 は、開口部 2 4 を塞ぐ閉塞体 1 であり、且つ、非処理領域 B 1 h を覆う被覆体 2 である。被覆部 8 3 は、非処理領域 B 2 h を覆う被覆体 2 である。可動板 8 5 は、噴流 C 1 の流れを妨げる障害体 3 である。なお、被覆部 8 3 と非処理領域 B 2 h とが当接しても良い。被覆部 8 3 を省いても良い。被覆部 8 3 が無くても、可動板 8 5 により、噴流 C 1 が非処理領域 B 2 h に接触しない。この場合、可動板 8 5 が被覆体 2 となる。このように第 6 キャップ 8 0 が取り付けられたワーク 1 0 h に対して、キャビテーション処理を行う。

【0078】

本実施形態のキャビテーション処理方法の工程は、第 7 実施形態のキャビテーション処理方法の工程と実質的に同じである。

【0079】

噴流 C 1 により、処理領域 A 1 h に対してキャビテーション処理が行われる。開口部 2 4 に第 6 キャップ 8 0 を取り付けることで、閉塞体 1 (雄ねじ部 8 1) が開口部 2 4 を塞ぎ、対象穴 2 0 h が閉じた穴となっている。閉じた穴である対象穴 2 0 h の外側から、対象穴 2 0 h に対して噴流 C 1 を噴射することで、対象穴 2 0 h の内側の表面の処理領域 A 1 h にキャビテーション処理を行える。噴流 C 1 の流れが障害体 3 (可動板 8 5) によって妨げられるので、障害体 3 の入口 2 1 側の処理領域 A 1 h に対してキャビテーション処理が行われる。処理領域 A 1 h は、障害体 3 の近傍である。障害体 3 は、対象穴 2 0 h の塞がれた奥部である。そして、キャビテーション処理を行いながら障害体 3 が移動するので、キャビテーション処理が行われる領域も移動する。障害体 3 が、処理領域 A 1 h に対して入口 2 1 の反対側に隣接する位置から、入口 2 1 まで移動することで、対象穴 2 0 h の側面 2 2 の非処理領域 B 1 h , B 2 h 以外の全面に対してキャビテーション処理が行われる。結果として、対象穴 2 0 h の側面 2 2 の非処理領域 B 1 h , B 2 h 以外の全面が処理領域 A 1 h となる。非処理領域 B 1 h , B 2 h は、被覆体 2 (雄ねじ部 8 1 及び被覆部 8 3) により覆われているので、噴流 C 1 が接触しない。そのため、非処理領域 B 1 h , B 2 h に対しては、キャビテーション処理が行われない。

【0080】

なお、対象穴 2 0 h の入口 2 1 付近に、雌ねじ部や、非処理領域がある場合には、入口 2 1 に第 3 キャップ 5 0 を取り付けられた状態で、キャビテーション処理を行う。

【0081】

本発明は前述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であり、特許請求の範囲に記載された技術思想に含まれる技術的事項の全てが本発明の対象となる。前記実施形態は、好適な例を示したものであるが、当業者ならば、本明細書に開示の内容から、各種の代替例、修正例、変形例あるいは改良例を実現することができ、これらは添付の特許請求の範囲に記載された技術的範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0082】

- 1 閉塞体
- 2 被覆体
- 3 障害体
- 1 0 , 1 0 a , 1 0 b , 1 0 c , 1 0 d , 1 0 e , 1 0 f , 1 0 g , 1 0 h ワーク (対象物)
- 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c , 2 0 d , 2 0 e , 2 0 f , 2 0 g , 2 0 h 対象穴
- 2 1 入口
- 2 4 開口部
- 5 8 通過穴
- 1 0 2 ノズル
- A 1 a , A 1 b , A 1 c , A 1 d , A 1 e , A 1 f , A 1 g , A 1 h 処理領域

10

20

30

40

50

B 1 b , B 1 c , B 1 d , B 1 e , B 1 f , B 1 h , B 2 d , B 2 e , B 2 f , B 2 h 非処理領域

C 1 噴流

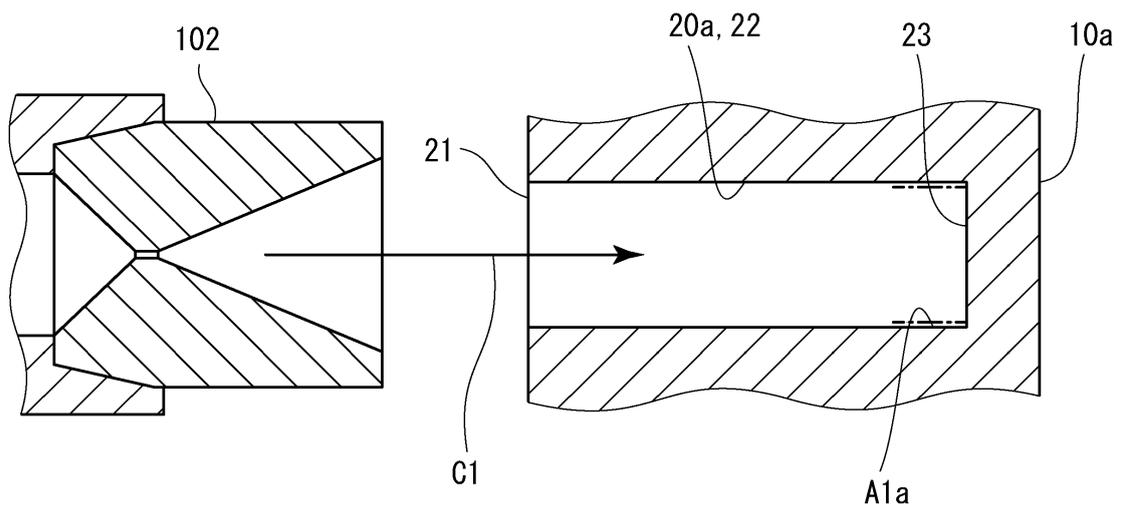
【要約】

【課題】対象物の対象穴の内側の表面にキャビテーション処理を行うキャビテーション処理方法を提供する。

【解決手段】ワーク（対象物）10aが、対象穴20aを有しており、対象穴20aの1つの入口21以外の部分が塞がれており、ワーク10a及びノズル102を処理液中に浸漬し、対象穴20aの外側に位置するノズル102から対象穴20aの入口21を通して対象穴20aの内側へ向けてキャビテーションが発生するように処理液の噴流を噴射し、対象穴20aの内側の表面の領域であって対象穴20aの塞がれた奥部の領域が、キャビテーション処理を行う処理領域A1aとなる。

10

【選択図】図2



20

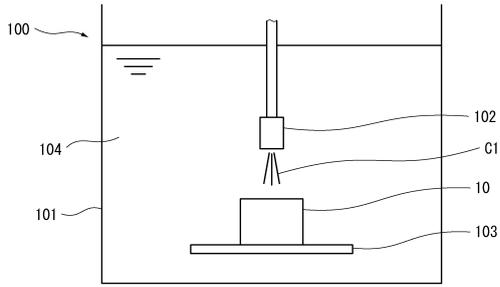
30

40

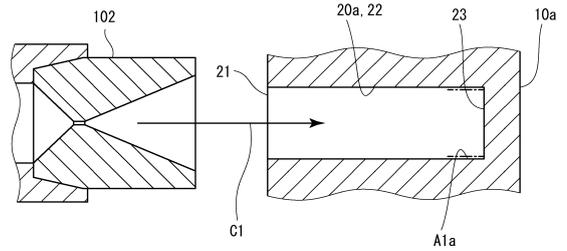
50

【図面】

【図 1】

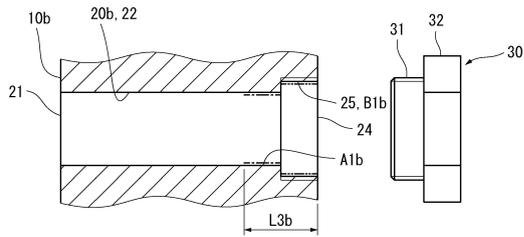


【図 2】

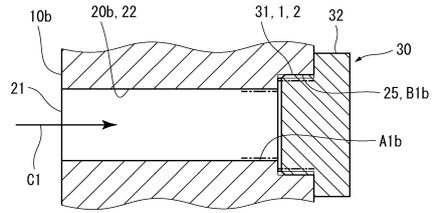


10

【図 3 A】

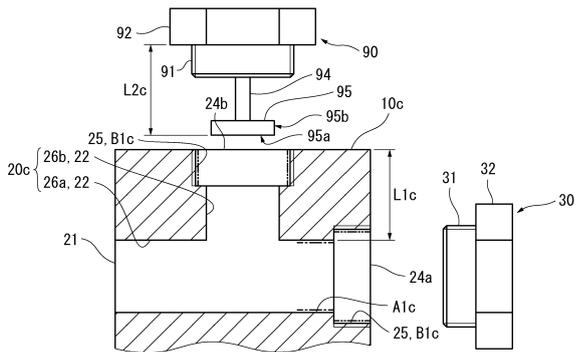


【図 3 B】

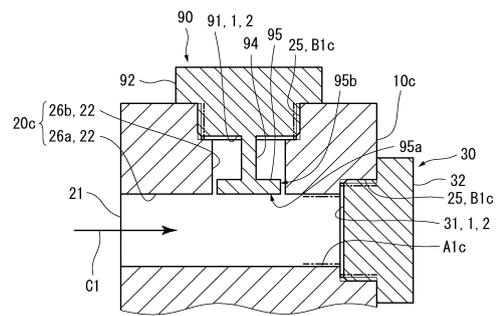


20

【図 4 A】



【図 4 B】

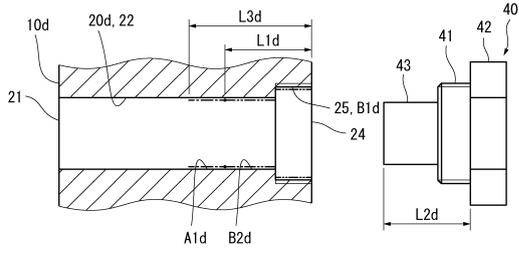


30

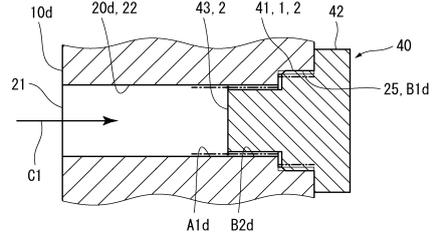
40

50

【図 5 A】

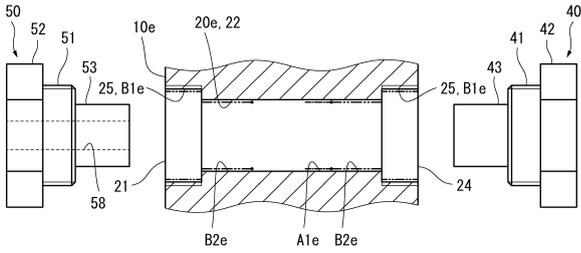


【図 5 B】

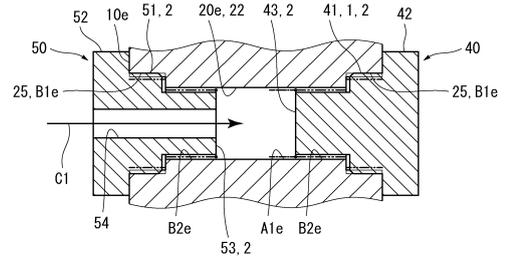


10

【図 6 A】

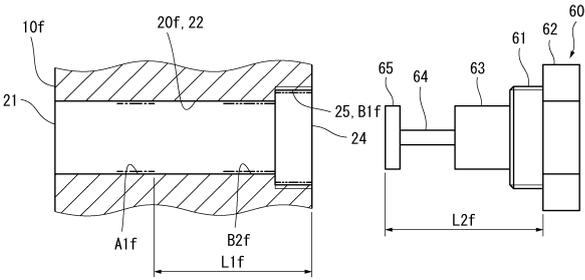


【図 6 B】

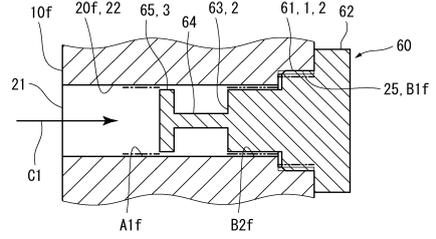


20

【図 7 A】



【図 7 B】

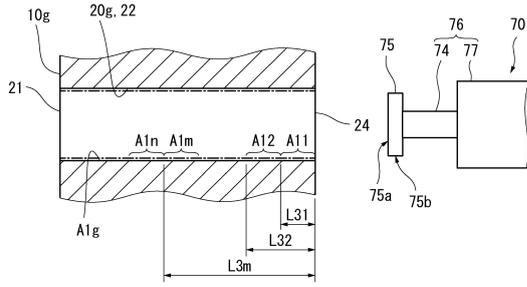


30

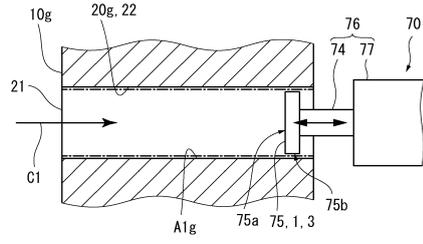
40

50

【 8 A 】

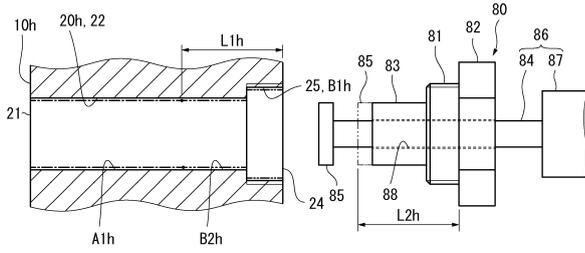


【 8 B 】

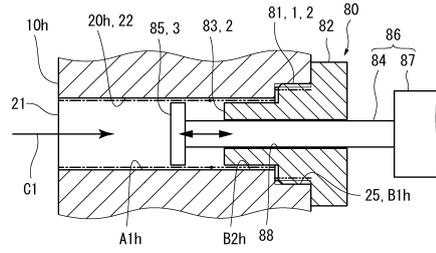


10

【 9 A 】



【 9 B 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2020-157470(JP,A)
特開2010-253667(JP,A)
特開2007-054895(JP,A)
特開2007-050492(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23P 17/00
B24C 1/10、3/32
B08B 3/02