

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)		
B 2 3 P	17/00	B 2 3 P	17/00	A	3 B 1 1 6
B 0 8 B	3/02	B 0 8 B	3/02	A	3 B 2 0 1
	3/04		3/04	Z	
	3/10		3/10	Z	
	7/00		7/00		

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002-280391(P2002-280391)
(62)分割の表示 特願平11-322561の分割
(22)出願日 平成11年11月12日(1999. 11. 12)
(31)優先権主張番号 特願平11-5947
(32)優先日 平成11年1月13日(1999. 1. 13)
(33)優先権主張国 日本 (J P)

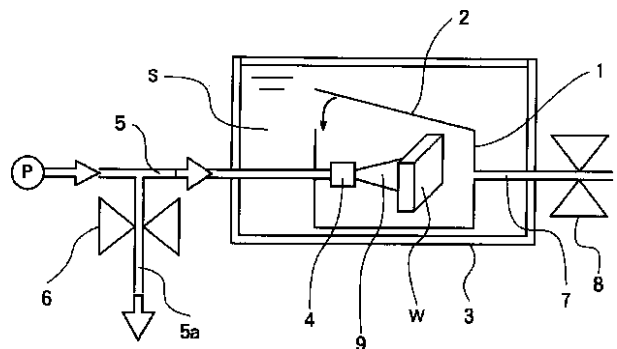
(71)出願人 396020800
科学技術振興事業団
埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(72)発明者 祖山 均
宮城県仙台市青葉区貝ヶ森3-9-1
(74)代理人 100099265
弁理士 長瀬 成城
Fターム(参考) 3B116 AA12 AA46 AB23 BB22 BB81
BB82 CD42 CD43
3B201 AA12 AA46 AB23 BB22 BB81
BB82 CD42 CD43

(54)【発明の名称】 金属部品等の表面改質および洗浄方法およびその装置

(57)【要約】

【課題】ショットピーニングを用いて表面改質している機械加工業、および、部品洗浄を要する分野に好適な金属部品等の表面改質および洗浄方法を提供する。

【解決手段】被加工部品を液体を満たした第1容器内に設置し、前記部品表面から離れたノズルから第1容器内に流入する液体と第1容器から流出する液体の流量を制御して第1容器を加圧し、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャピテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピーニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被加工部品を液体を満たした第 1 容器内に設置し、前記部品表面から離れたノズルから第 1 容器内に流入する液体と第 1 容器から流出する液体の流量を制御して第 1 容器を加圧し、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 2】被加工部品を液体を満たした第 1 容器内に設置し、前記第 1 容器を液体を満たした第 2 容器内に設置し、前記部品表面から離れたノズルから第 1 容器内に流入する液体と第 1 容器から流出する液体の流量を制御して第 1 容器を加圧し、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 3】前記第 1 容器内に流入する液体と第 1 容器から流出する液体の流量をそれぞれ圧力制御弁を制御して第 1 容器を加圧し、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする請求項 2 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 4】前記第 1 容器と第 2 容器内との間に音響インピーダンスの異なる物質を入れたことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 5】前記第 1 容器と第 2 容器内との間に満たす液体の温度を制御して第 1 容器内の液体の温度を制御することを特徴とする請求項 2 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 6】第 1 容器内に注入するキャビテーション噴流を、第 1 容器から冷却手段に送って冷却後、キャビテーション噴流用のポンプに戻すようにしたことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれかに記載の金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項 7】被加工部品を収納できる第 1 容器と、第 1 容器を密閉状態にする蓋と、前記第 1 容器を収納できる第 2 容器と、第 1 容器内に加圧液体を噴出するノズルと、前記ノズルからの噴出圧力を制御する流量制御弁と、第 1 容器内の液圧を制御する圧力制御弁とからなることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 8】前記ノズルは複数設けてあることを特徴とする請求項 7 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 9】前記第 2 容器は第 1 容器の高さよりも深い容器として構成されていることを特徴とする請求項 7 ま

たは請求項 8 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 10】前記第 1 容器と第 2 容器内との間に音響インピーダンスの異なる物質を配置したことを特徴とする請求項 7 ~ 請求項 9 のいずれか 1 項に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 11】前記第 1 容器の蓋は所定の力で閉じられていることを特徴とする請求項 7 ~ 請求項 10 のいずれか 1 項に記載の金属部品等の表面改質装置。

10 【請求項 12】前記第 2 容器内の液体を加熱もしくは冷却する手段を備えていることを特徴とする請求項 7 ~ 請求項 11 のいずれか 1 項に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 13】前記被加工物部品は、被加工部品を移送する移送手段上に載置されていることを特徴とする請求項 7 ~ 請求項 12 のいずれかに記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

20 【請求項 14】被加工部品上に液体を満たした第 1 容器を配置し、ノズルから第 1 容器内に流入する液体と第 1 容器から流出する液体の流量を制御して第 1 容器を加圧し、該加圧された第 1 容器を間隔制御手段により被加工部品上を間隔を制御しながら移動させ、さらに、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法。

30 【請求項 15】被加工部品上に配置した第 1 容器と、第 1 容器内に加圧液体を注入するノズルと、前記第 1 容器と被加工部品表面との間隔を制御する間隔制御手段と、第 1 容器内の加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを備え、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置。

40 【請求項 16】前記第 1 容器と第 1 容器内に加圧液体を注入するノズルと第 1 容器内の加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを一体で構成したことを特徴とする請求項 15 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 17】前記第 1 容器内の液圧は弁等の液圧調整手段によって制御されるべく構成されていることを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項 18】前記被加工部品は第 2 容器内の液体内に浸漬されていることを特徴とする請求項 15 ~ 請求項 17 のいずれかに記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

50 【請求項 19】前記被加工部品は第 2 容器内に入れた液体の表面より上に配置してなることを特徴とする請求項

18に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項20】第1容器内に注入するキャビテーション噴流液を冷却する手段を備えていることを特徴とする請求項15～請求項19のいずれかに記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項21】前記第1容器内にキャビテーション噴流液を囲むように加圧液体を注入することを特徴とする請求項15～請求項20の何れかに記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項22】パイプ状または管路等の被加工部品において、被加工部品内に液体加圧室を形成し、該加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出し、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、この衝撃力により被加工部品内面にピニング効果を与えて被加工部品内面の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法。

【請求項23】パイプまたは管路内に液体加圧室を形成する第1部材と第2部材と、該第1部材と第2部材との間に加圧液体を注入するノズルと、前記液体加圧室内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを備え、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【請求項24】第1部材と第2部材のいずれか一方には、液体加圧室内の液圧を調整する弁等の液圧調整手段が設けられていることを特徴とする請求項23に記載の金属部品等の表面改質および洗浄装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、歯車、ばね、金型等の金属部品の表面改質方法およびその装置に関するものであり、特にショットピニングを用いて表面改質（残留応力を圧縮に改善、疲労強度改善、加工硬化など）している機械加工業、および、部品洗浄を要する分野に好適な金属部品等の表面改質および洗浄方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来よりショットピニングを用いて各種金属部品の表面改質（残留応力を圧縮に改善、疲労強度改善、加工硬化など）が行われている。また、最近では原子炉圧力容器などの応力腐食割れを阻止および防止するために、複数個のノズルから構成されるノズルを用いて水中に加圧水を吹き出して、キャビテーションを発生させて、被加工物表面の残留応力を圧縮にする技術等もある。

【0003】しかし前記加圧水を吹き出して表面改質を行う技術は、キャビテーションの圧潰衝撃力を利用していかのように開示されているが、実際には「キャビテーション噴流」を空气中に噴射する「一般のウォータージェット」と混同して使用されている。即ち「一般のウ

ォータージェット」は、表面改質の程度（改善される残留応力の値、改善される疲労強度の程度、加工硬化する程度、など）は噴射する加圧水の圧力に依存するとし、ポンプの吐き出し圧力を高価な高圧ポンプを使用して高くしているが、表面改質の点で満足しうる加工能力を得ていない。また、表面改質におけるキャビテーション圧潰衝撃力の支配因子を把握しておらず、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力およびキャビテーション噴流による表面改質効果を有効に活用していない、等の問題点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明者はこうしたキャビテーション気泡の圧潰衝撃力およびキャビテーション噴流による表面改質の現象について研究を進めた結果、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力およびキャビテーション噴流による表面改質効果（残留応力改善、加工硬化、疲労強度向上）は、加圧水の圧力ばかりでなく被加工物を設置する水槽の圧力に依存すること、加圧水の圧力と水槽の圧力の比に最適値が存在すること、キャビテーション圧潰衝撃力は液温の温度により増減すること、こうした条件を満足できればキャビテーションの圧潰衝撃力が増大することを確認した。本発明はこうした知見をもとに成されたものであり、水またはオイル等の液体で満たした槽に設置した被加工物にキャビテーション噴流を噴射して加工し、キャビテーション噴流の加工能力を増大させるために被加工物を設置した槽を加圧し、短時間で被加工物を設置した槽を加圧制御することにより、部品の表面改質を行うことができる金属部品等の表面改質および洗浄方法およびその装置を提供する。また、被加工物上にキャビテーション噴流を噴射する加圧容器を移動自在に設けることで、大型構造物の表面加工ができる金属部品等の表面改質および洗浄方法およびその装置を提供する。さらに、パイプ内にキャビテーション噴流を噴射する加圧区間を形成し、この区間をパイプ内面に沿って移動させながら、パイプ内面の表面加工、洗浄を行うことができる金属部品等の表面改質および洗浄方法およびその装置を提供する。そして上記洗浄方法および装置により、上述した問題点を解決することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】このため本発明が採用した課題解決手段は、被加工部品を液体を満たした第1容器内に設置し、前記部品表面から離れたノズルから第1容器内に流入する液体と第1容器から流出する液体の流量を制御して第1容器を加圧し、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、被加工部品を液体を満たした第1容器内に設

置し、前記第1容器を液体を満たした第2容器内に設置し、前記部品表面から離れたノズルから第1容器内に流入する液体と第1容器から流出する液体の流量を制御して第1容器を加圧し、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、前記第1容器内に流入する液体と第1容器から流出する液体の流量をそれぞれ圧力制御弁を制御して第1容器を加圧し、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、前記第1容器と第2容器内との間に音響インピーダンスの異なる物質を入れたことを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、前記第1容器と第2容器内との間に満たす液体の温度を制御して第1容器内の液体の温度を制御することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、第1容器内に注入するキャビテーション噴流液を、第1容器から冷却手段に送って冷却後、キャビテーション噴流用のポンプに戻すようにしたことを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、被加工部品を収納できる第1容器と、第1容器を密閉状態にする蓋と、前記第1容器を収納できる第2容器と、第1容器内に加圧液体を噴出するノズルと、前記ノズルからの噴出圧力を制御する流量制御弁と、第1容器内の液圧を制御する圧力制御弁とからなることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記ノズルは複数設けてあることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第2容器は第1容器の高さよりも深い容器として構成されていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第1容器と第2容器内との間に音響インピーダンスの異なる物質を配置したことを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第1容器の蓋は所定の力で閉じられていることを特徴とする金属部品等の表面改質装置である。また、前記第2容器内の液体を加熱もしくは冷却する手段を備えていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記被加工物部品は、被加工部品を移送する移送手段上に載置されていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、被加工部品上に液体を満たした第1容器を配置し、ノズルから第1容器内に流入する液体と第1容器から流出する液体の流量を制御して第1容器を加圧し、該加圧された第1容器を間隔制御手段により被加工部品上を間隔を制御しながら移動させ、さらに、前記ノズルから噴出する高圧水によって発生するキャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、該衝撃力によ

り部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、被加工部品上に配置した第1容器と、第1容器内に加圧液体を注入するノズルと、前記第1容器と被加工部品表面との間隔を制御する間隔制御手段と、第1容器内の加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを備え、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第1容器と第1容器内に加圧液体を注入するノズルと第1容器内の加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを一体で構成したことを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第1容器内の液圧は弁等の液圧調整手段によって制御されるべく構成されていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記被加工部品は第2容器内の液体内に浸漬されていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記被加工部品は第2容器内に入れた液体の表面より上に配置してなることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、第1容器内に注入するキャビテーション噴流液を冷却する手段を備えていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、前記第1容器内にキャビテーション噴流液を囲むように加圧液体を注入することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、パイプまたは管路等の被加工部品において、被加工部品内に液体加圧室を形成し、該加圧液体内にキャビテーション噴流を噴出し、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力を増大させ、この衝撃力により被加工部品内面にピニング効果を与えて被加工部品内面の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄方法である。また、パイプまたは管路内に液体加圧室を形成する第1部材と第2部材と、該第1部材と第2部材との間に加圧液体を注入するノズルと、前記液体加圧室内にキャビテーション噴流を噴出するノズルとを備え、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力により部品表面にピニング効果を与えて加工部品の表面を強化、洗浄することを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。また、第1部材と第2部材のいずれか一方には、液体加圧室内の液圧を調整する弁等の液圧調整手段が設けられていることを特徴とする金属部品等の表面改質および洗浄装置である。

【0006】

【実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面に基づいて説明すると、図1は第1実施形態に係わる金属部品等の表面改質装置の構成図である。図1において、1は被加工物を容易に出し入れでき、蓋2によって密閉可能に構成された被加工部品の表面改質を行う第1容器、3は

同第1容器1を収納できかつ第1容器1の高さよりも深く形成され第1容器周囲に対して適当な空間Sを形成することができる第2容器、4は第1容器1内にキャビテーション噴流を噴射するノズル、5はノズルにポンプPからの高圧液体を供給するための管路、6は高圧液体の流量制御弁、7は第1容器1内の流体を容器外に排出する管路、8は同管路に設けられ第1容器1内の圧力を調整する圧力制御弁である。なお、ノズルは第1容器1に複数設けることができ、また流量制御弁6は高圧ポンプPとノズル4とを接続する管路5に直接設けるよりも分岐した管路5a内の設ける方が好ましい。

【0007】被加工物Wは、容易に出し入れおよび密閉可能な水またはオイル等の液体で満たした第1容器1に入れられ、また、第1容器1と第2容器3との間にも水またはオイル等の液体が満たされている。上記流量制御弁6、圧力制御弁8およびポンプP等は図示せぬ電子制御装置と接続され、第1容器1内に配置して図示せぬ圧力、温度センサー等からの信号をもとに最適値となるように制御される。

【0008】上記実施形態の具体的作用（作動）被加工物Wを第1容器1内に入れたあと、密閉可能な蓋2によって密閉し、ノズル4から高圧水を噴出して、噴流まわりにキャビテーション9を発生させて、キャビテーション気泡を被加工物Wに当てる。キャビテーション気泡の圧潰衝撃力が被加工面に作用して、被加工面の加工硬化、残留応力改善、疲労強度向上などをもたらす。

【0009】キャビテーション気泡9の圧潰衝撃力を増大させるために、ノズル4から第1容器1に流入する高圧水の流量を流量制御弁6でまた第1容器1から流出する流量を圧力制御弁8によって制御し、第1容器1内の高圧圧力を制御する。また、第1容器1に気相部分があると、気相部分が高圧水により圧縮されるために、加圧するために一定時間を要する。このため、本形態では第1容器1を短時間で加圧するために第2容器3の深さを深くし、第2容器3に充満した液体の圧力で第1容器1に所定の圧力を与えておく。こうすることで第1容器1内を短時間で加圧し、第1容器1内の気相部分を短時間で極力少なくすることができる。

【0010】以上のように本発明では、加圧する第1容器1の気相部分を極力小さく出来るので、第1容器1を加圧するのに要する時間を短縮出来る。例えば、第1容器内の最適圧力が5気圧の場合、第1容器内に12リットル程度の空気が入っているとすると、10リットル/minの高圧ポンプで1分間程度加圧に要し、実際に加工する時間（数十秒程度～数分程度、ノズルの配置によりさらに短縮が可能）と同程度の時間が無駄になる。本発明では、予め第1容器1を第2容器3に充満した液体内に沈めておくために、第1容器内の空気を1/10以下に少なくできるので加圧時間も1/10以下に短縮できる。また第2容器の深さに比例して、第1容器に所定

の圧力を与えておくため、例えば、上記の場合では、第1容器内に12リットル程度の空気が入っていても第2容器の水深が50mあれば加圧時間は0となり、加圧時間を100%短縮することができる。

【0011】以上のように第1容器1を加圧しない場合に比べて、本形態では残留応力を大きく改善でき、疲労強度も改善できる、圧縮残留応力を被加工面の表面から奥深くまで入れられる、加圧しない場合に比べて、加工効率が（短時間で行える）、被加工物表面を加工硬化できる等の効果を奏することができる。図3に加圧データを示す。加圧しない場合に比べて加圧した場合は、圧縮残留応力が被加工面に入る深さは2倍から10倍以上であり、加工に要する時間は1/2から1/10以下となる（この値は噴流の吐出圧力が20Mpa、ノズル口径が0.4～0.8mm程度のものであり、ノズルが大きく、また吐出圧力が増大するほど加圧による効果は顕著となる）。

【0012】キャビテーション気泡の圧潰衝撃力は、液温にも依存する。第1容器1の周囲に、第2容器3を設置し、さらに第2容器3に対して液温制御装置を付加することで第1容器1の液温を一定に保つことができ、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力が最適となる液温30℃～60℃に制御できる。第2容器3を設置しない場合、第1容器1が昇温してキャビテーション気泡の圧潰衝撃力が減衰するとともに、高圧水のポンプおよび配管、第1容器が漏れたり、破壊しやすくなり危険である。なお、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力は、水を用いた場合、沸点と融点の間である50℃で最大となる。実用上、高圧ポンプや配管は高温（80℃以上）になると耐圧力が極端に低下するので危険である。このため第1容器1の水温を30℃から60℃にした方がよい。

【0013】第2容器3の設置により、第1容器内で生じるキャビテーション騒音を低減できる。第1容器と第2容器との間にさらに音響インピーダンスの異なる物質を入れることにより、防音（消音）の効果が増す。第2容器3の設置により第1容器1内の気相部分（圧縮性気体）を極力排除できるので、第1容器1から漏れを生じた場合にも、圧縮された部分がほとんど存在せず、漏れても第1容器内の液体は非圧縮性なので、瞬時に第1容器内の圧力は減衰するので安全である。第1容器1内に気相部分が存在すると、気相部分が膨張して、漏れた箇所より噴出し続けて危険である。

【0014】キャビテーション気泡の圧潰衝撃力は、第1容器1内の液体の空気含有度にも依存する。第1容器内の液体が大気に触れて空気含有量が大きくなると、キャビテーション気泡の圧潰衝撃力は減衰、すなわちキャビテーション噴流の加工能力が小さくなる。第2容器3の設置により、第1容器1内の液体が直接大気に触れないので、第1容器1内の液体の空気含有量の変化が少な

く、キャビテーション噴流の加工能力はほぼ一定である。

【0015】つづいて本発明の第2実施形態を図面に基づいて説明すると、図2は第2実施形態に係わる金属部品等の表面改質装置の構成図である。第2実施形態のものは、第1実施形態のものに比較して第2容器の深さが浅くなっており、第1容器1の上縁から液体が溢れ出る構成となっており、加工の作用は第1実施形態と同様である。第2実施形態のものも第1容器1内を加圧する必要があるので第1実施形態の場合と同様に蓋2を閉じ、蓋2の隙間から液体が溢れ出るようにする。なお、第1容器1の蓋2の上に錘を乗せたり、あるいは蓋と容器とを所定のバネ定数のバネ等で連結しておくことにより、蓋の開放に抵抗を与え第1容器1内を機械的に加圧することもできる。なお、この加圧力も当然のことながら電子制御装置等により制御することが可能である。

【0016】さらに本発明の第3実施形態を図4を参照して説明する。第3実施形態は、第1実施形態、第2実施形態とは第1容器からの液体の排出方法が異なっている。即ち、第3実施形態では第1容器からの液体は流量制御弁を介して第2容器内に排出し、さらに第2容器内の液体を流量制御弁を介して容器外に排出するようになっており、このような構成とすることにより、キャビテーション気泡崩壊後に第1容器内に残留する気泡を効果的に除去することができる。

【0017】つづいて本発明の第4～第6実施形態を図面に基づいて説明する。上述した第1～第3実施形態は、水等の液体を満たした密閉可能な圧力容器に加工物全体を入れる必要があるため、被加工物よりも大きな第1容器を必要とする。このため、長尺の被加工物などの表面加工は困難である。また、床、や道路、橋梁などの構造物への適用は不可能であった。さらに、パイプ内部の表面加工、洗浄なども行うことができないなどの問題もある。そこで、ここでは、加圧する第1容器が被加工物より小さい場合でも、上記実施形態と同様にキャビテーション気泡の圧潰衝撃力が被加工面に作用して、被加工面の加工硬化、残留応力改善、疲労強度向上などをもたらすことができる第4、第5実施形態について、さらにパイプ内部の内面加工を行うことができる第6実施形態について説明する。

【0018】図5は本発明に係る第4実施形態であり、図6は第4実施形態に係わる第1容器部の拡大構成図である。図5において、21は被加工物の表面改質を行う第1容器であり、その大きさは図に示すように被加工物22の表面の一部を覆うことができるものとして形成されている。第1容器21は被加工物22上を移動できるように図6に示すように下部にローラ31等が配置された脚部材30に支持されており、脚部材30は被加工物22を跨ぐよう設けられる。第1容器21内には同容器内にキャビテーション噴流28を噴射するノズル24

が配置され、このノズル24に連通する流路には流量制御弁25が設けられている。また第1容器21には容器内に高圧液体を注入するノズル26が配置され、このノズル26に連通する流路には圧力制御弁27が配置されている。第1容器には図示せぬポンプ（遠心ポンプ、渦巻きポンプ等）から前記ノズル26を介して高圧液（圧力 $0.1 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ ）が注入され、これによって所定の圧力を維持できるようになっている。また、図中29は被加工物を自由に出し入れできる第2容器である。

【0019】なお、本例ではローラ31を有する脚部材30に第1容器21を支持する構成を採用しているが、必要に応じて被加工物22上を移動できるローラ31を第1容器下面に直接設けることもできる。いずれの場合も第1容器21が容器内に注入された高圧液の作用で浮き上がり被加工物22の表面と第1容器21下面との間隔が開きすぎないようにする適宜な間隔制御手段（例えば磁石等）が設ける。また、脚部材30と第1容器21の間にはスプリング等の弾性材を入れ、第1容器を被加工物側に付勢しておくことも可能である。

【0020】上記第4実施形態の作用を説明する。被加工物22を第2容器29内の液中に配置し、被加工物22の表面上に第1容器21を載置する。この状態で第1容器21内に加圧液を注入し、またノズル24から第1容器21内にキャビテーション噴流28を噴射し、噴流まわりにキャビテーションを発生させて、キャビテーション気泡を被加工物22に当てる。この時、第1容器21内の液圧は圧力制御弁27により、またキャビテーション噴流28の圧力は流量制御弁25によって制御される。キャビテーション気泡の圧潰衝撃力が被加工面に作用して、被加工面の加工硬化、残留応力改善、疲労強度向上などをもたらす。また汚れを伴った液は、第1容器と被加工物との間から外に排出される。

【0021】本実施形態では、第2容器内の液中に没した被加工物22に載置した小型の第1容器21内の加圧液体内においてキャビテーション噴流28を生じさせ、被加工部分の一部を加工するようにしているため、加圧する第1容器部分を極力小さく出来、第1容器を加圧するのに要する時間を短縮出来る。また被加工物の表面の一部を順に加工してゆくため、大きな加工物でも容易に処理することができる。

【0022】なお、本実施形態では当然のことながら、第1容器21と被加工物22の間から漏れを生じるので、この漏れを上回る流量を第1容器内にキャビテーション噴流を生じる高圧液とは別のポンプにより加圧液を注入する必要がある。この加圧のためのポンプからの注液はキャビテーションを生じさせる必要はないので比較的低吐出し圧力（キャビテーション噴流用ポンプの $1/100 \sim 1/50$ 以下の吐出し圧力、 $0.1 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ 程度）のポンプでよい。ただし流量を要するの

で、キャビテーション噴流用ポンプ（一般にはプランジャポンプ、 $10 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$ 程度）とは形式が異なる（遠心ポンプ、渦巻きポンプなど）ポンプを用いたほうが良い。キャビテーション噴流用ポンプは、通常、数リットル/min～数十リットル/min程度の流量なので、被加工物表面に押し付けた第1容器から漏れ流量全てを補うことは困難である。そこでキャビテーション噴流用高圧液と別の比較的低圧の高圧液を第1容器に注液する。

【0023】以上のように本実施形態は、キャビテーション噴流用高圧液とは別に第1容器内を加圧するための高圧液を小型の第1容器に注入して第1容器内を加圧する点に大きな特徴がある。なお、第1容器内の液圧制御は、第1容器側に開閉弁を取り付け、この開閉弁を制御することで行うことも可能である。

【0024】次に第5実施形態の説明をする。第5実施形態は、第4実施形態のように被加工物22を第2容器29内の液中に没することなく、液表面より上方に配置した例である。この例では図に示すように第2容器29内の水位を被加工物表面よりも低くした点を除いて、他の構成は第4実施形態と同様である。なお、この形態の発展形としては、第2容器を無くし、被加工物の表面上に第1容器のみを配置したものも含まれる。ところで、上記第4、第5実施形態は、ベルトコンベア等の移送手段の上のせられ移送される被加工物にも適用できる。例えば、移送手段上に被加工物をのせ、移送手段によって被加工物を1容器の下に移動し、ついで移送手段を停止し、第1容器を下降して第1容器内に被加工物を収納し、この状態で第1容器内にキャビテーション噴流用高圧液を注入することで、上記各実施形態と同様に移送手段上の被加工物の加工、洗浄が可能となる。

【0025】第6実施形態の説明をする。第6実施形態は、パイプあるいは部材に形成した管路内部の表面を加工する例である。この例では、パイプ（管路）内部に第1部材（第1栓）と第2部材（第2栓）を設け、これら二つの部材間にある管路表面を加工するものである。図8において、41は被加工物としてのパイプであり、このパイプ41内には、第1栓42と第2栓43が連結棒44によって所定の間隔をもって配置される。第1栓42は、パイプ内面と液密状態にシールされ、かつ摺動自在に配置されており、この第1栓42には流体排出孔45が形成され、この孔45には孔を塞ぐことができる弁46が設けられている。この弁46は図示のようにパネ47等の付勢力によって孔45に向けて押しつけられており、内部の液圧が所定圧以上になると、孔45から高圧液が排出される構成となっている。なお、弁の形態としては同様の機能を奏する他の形態のものを使用することもできる。

【0026】また第2栓43は、パイプ加圧液注入用のパイプ48と、キャビテーション噴流用高圧液を注入す

るパイプ49を保持しており、第2栓43はその周囲がパイプ内面との間に僅かな隙間50を持って配置されている。なお、パイプ48およびパイプ49には上記実施形態と同様に圧力制御弁、流量制御弁が配置され、それぞれのパイプから供給される液圧を調整することができる。図中、51はパイプ内面に付着した汚れである。この形態ではパイプ内に連結棒で連結された第1栓42および第2栓43を図のように配置し、これらの栓42、43の間にパイプ内加圧用の液を注入し、両栓の間を所定の液圧に保持しながら、キャビテーション噴流用高圧液をいれ、パイプ内部の洗浄を行う。また、キャビテーション噴流をパイプ内面に当てると、パイプ内面の表面加工を行うことができる。また、加工中、第1栓42と第2栓43との間の液体は汚れとともに第2栓43とパイプ41の間50から排出されることになる。こうして、第1栓42、第2栓43の位置を適宜手段によって徐々に移動させて行くことで、パイプ内面全周を洗浄、あるいは表面加工することができる。なお、第1栓42と第2栓43との間の液圧は何れかの栓に弁を設け、これらの弁を開閉することにより制御することも可能である。

【0027】また、この実施形態では第1栓と第2栓とを連結棒44によって連結しているが、連結棒の代わりに連結紐等も使用することもできる。さらに状況によっては第1栓および第2栓は必ずしも棒や紐等で連結する必要はなく、この場合には、第1栓と第2栓は、加工中の高圧液の作用によってパイプ内面を移動することのないよう摩擦力などの適宜固定手段によってパイプ内に固定しておく必要がある。

【0028】図9に本発明を使用して合金工具鋼を処理した時の圧縮残留応の様子、図10に本発明を使用して浸炭歯車材を処理した時の圧縮残留応の様子を示すグラフを示す。図9において、第1容器を加圧した場合には10分間で強化処理できるが、加圧しないばあいには150分間を有し、圧縮残留応力値も60%程度である。また図11に加工硬化の比較例を示す。

【0029】以上のように第5実施形態では加圧する第1容器が被加工物よりも小さくてすむため、第1容器に入れられない長尺の鋼板、大型の金型などでも容易に表面改質が可能になる。また本方法は、キャビテーション噴流による床の洗浄などにも適用できる。また第1容器の加圧用注水をキャビテーション噴流用の加圧水と別に設置することにより大流量のプランジャポンプを必要とせず、設備が安価になる。また、第6実施形態では、パイプ内に加圧区間を形成することで容易にパイプ内面を加工、洗浄することができる。

【0030】以上本発明に係わる種々の実施の形態について説明したが、流量制御弁、圧力制御弁等は手動によるもの、自動制御によるもの等を使用することができる。また液体は水、オイル等を使用することができる。

また、上記各実施形態において第1容器にキャピテーション噴流を注入する際に、モータのパワーがキャピテーション噴流を通して熱に変わり、水温が上昇しすぎることがある。この場合には、第1容器内の圧力を利用して、第1容器内の液を第1容器外の公知の各種冷却手段に送って液を冷却し、その後、再びポンプに供給することもできる。このように第1容器内の液圧を利用して液を冷却手段に供給する手法を採用すると第1容器内の液を冷却手段におくための新たなポンプは不要であり、液の冷却を簡単に実現できる。また、第1容器へのキャピテーション噴流と加圧水の注入方法として、上記各実施形態のようにキャピテーション噴流のノズルと加圧水注入用のノズルを隣接して配置する方法の他に、容器の中心部にキャピテーション噴流ノズルを配置しそのノズルを囲むように加圧水注入用のノズルを配置し、キャピテーション噴流を加圧水で囲むようにして被加工物に当てることもできる。さらにキャピテーション噴流ノズルと加圧水注入ノズルの位置関係については必要に応じてその他の形態に自由に変更することも可能である。また、第1容器内への被加工物の配置については当然のことながら被加工物の形状などをもとに自由に設定することも可能であり、例としてノズル自身を容器と一体に成形したりする形態も当然のことながら可能である。さらに本発明はその精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいかなる形でも実施できる。そのため、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず限定的に解釈してはならない。

【0031】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、被加工物を第1容器内に入れたあと、密閉し、ノズルから高圧水を噴出して、噴流まわりにキャピテーションを発生させて、キャピテーション気泡を被加工物に当てることにより、キャピテーション気泡の圧潰衝撃力が被加工面に作用して、被加工面の加工硬化、残留応力改善、疲労強度向上などの表面改質効果および洗浄効果を奏することができる。また、第1容器を被加工物上に載置する方法を採用した場合には長尺の鋼板、大型の金型なども容易に表面改質することができる。さらにキャピテーション噴流による床の洗浄などにも適用できる。また、パイプあるいは管路内に加圧区間を形成することで容易にパイプ内面を加工、洗浄することもできる。さらに、第1容器の加圧用注水をキャピテーション噴流用の加圧水と別に設置することにより大流量のプランジャポンプを必要とせず、設備が安価になる、等の優れた効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図2】本発明の第2実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図3】本発明に係わる加圧データを示す。

【図4】本発明の第3実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図5】本発明の第4実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図6】図5中、第1容器の加工物への押しつけ方法を説明する図である。

【図7】本発明の第5実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図8】本発明の第6実施形態に係わる表面改質装置の構成図である。

【図9】本発明を使用して合金工具鋼を処理した時の圧縮残留応の様子を示すグラフである。

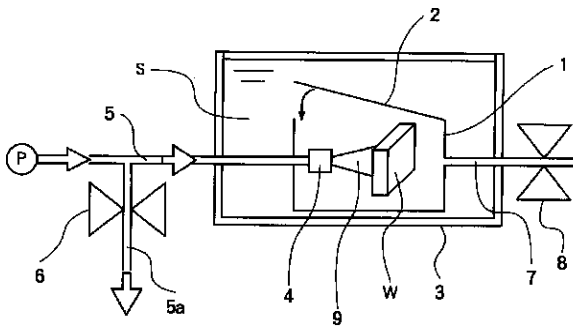
【図10】本発明を使用して浸炭歯車材を処理した時の圧縮残留応の様子を示すグラフである。

【図11】加工硬化の比較例の表である。

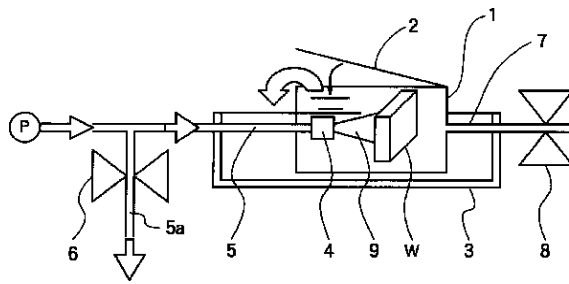
【符号の説明】

- 1 第1容器
- 2 蓋
- 3 第2容器
- 4 ノズル
- 5 管路
- 5 a 分岐管路
- 6 流量制御弁
- 7 管路
- 8 圧力制御弁
- 9 キャピテーション噴流
- W 被加工物
- P 高圧ポンプ
- 2 1 第1容器
- 2 2 被加工物
- 2 4 キャピテーション噴流用のノズル
- 2 5 流量制御弁
- 2 6 高圧液圧注入用のノズル
- 2 7 圧力制御弁
- 2 8 キャピテーション噴流
- 2 9 第2容器
- 3 0 脚部材
- 3 1 ローラ
- 4 0 4 1 パイプ
- 4 2 第1栓
- 4 3 第2栓
- 4 4 連結棒
- 4 5 孔
- 4 6 弁
- 4 7 バネ
- 4 8 加圧液注入用のパイプ
- 4 9 キャピテーション噴流用のパイプ
- 5 0 隙間
- 5 0 5 1 汚れ

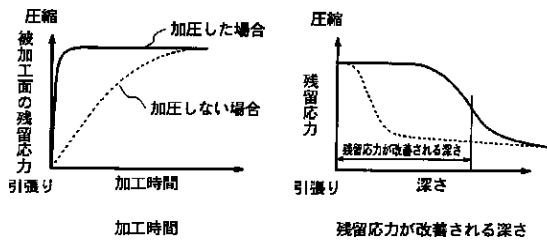
【図1】



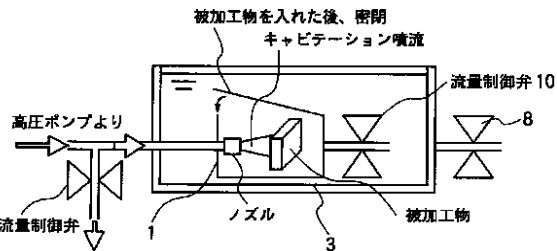
【図2】



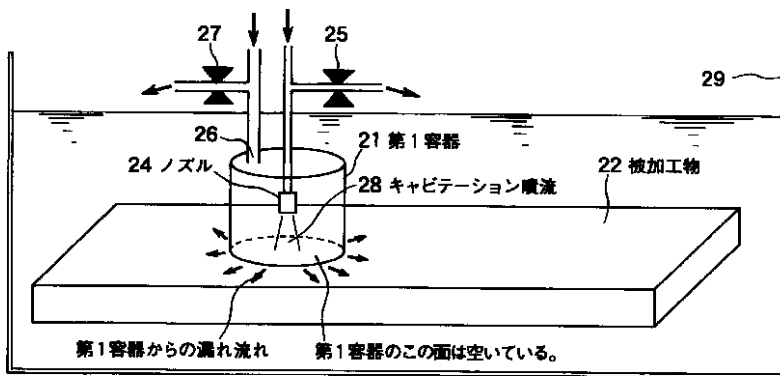
【図3】



【図4】



【図5】



【図10】

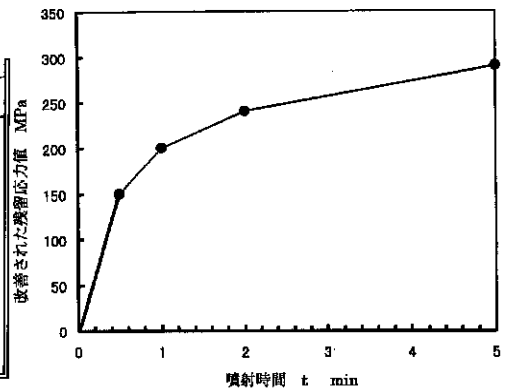
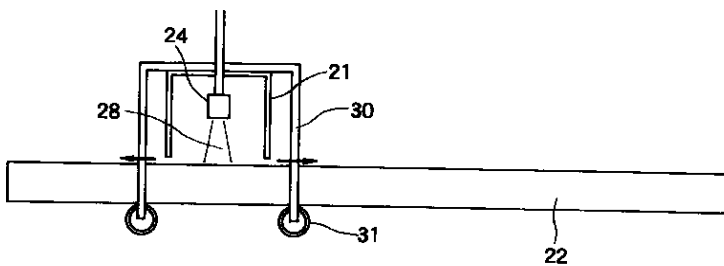
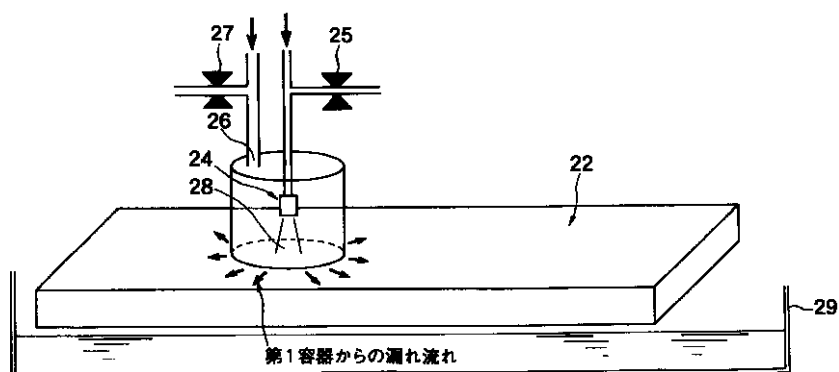


図2 浸炭歯車材への圧縮残留応力導入
ノズル直径：2mm
噴射圧力：30MPa
加圧圧力：0.32MPa

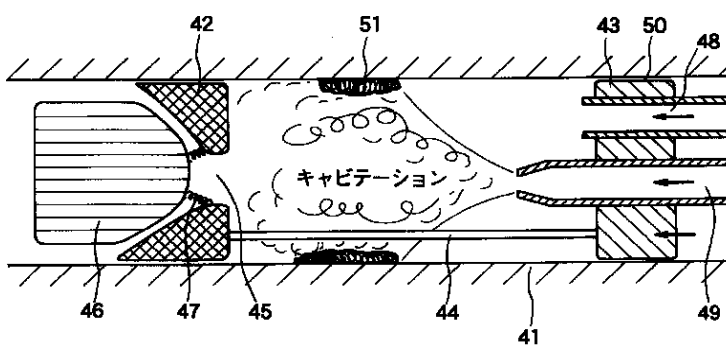
【図6】



【図7】



【図8】



【図11】

表1 加工硬化

ノズル直径：2mm
 噴射圧力：30MPa
 加圧圧力：0.32MPa

材質	表面改質前	表面改質後	硬さ
SKD61	633	800	ビッカース Hv
SKD61	83	86	ロックウェルスーパーフィシャル HR15N
SUP7	76	78	ロックウェルスーパーフィシャル HR15N
SUS304	55	57	ロックウェルスーパーフィシャル HR15N
チタン	55	60	ロックウェルスーパーフィシャル HR15N
S20C	51	61	ロックウェルスーパーフィシャル HR15N

【図9】

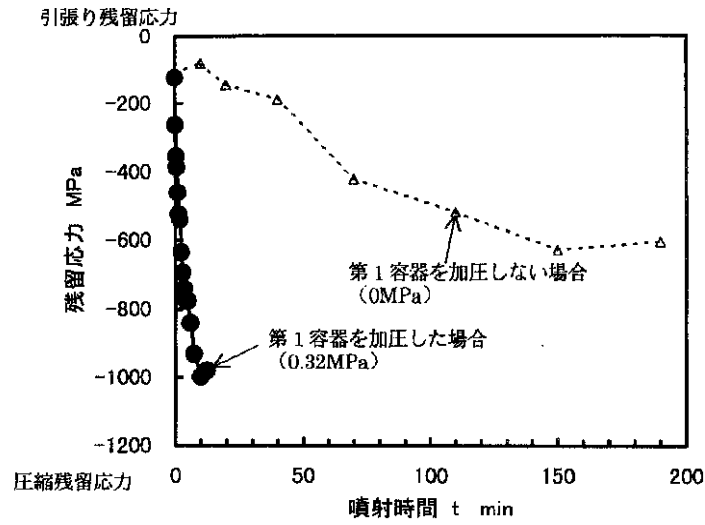


図1 合金工具鋼（鍛造用金型材）への圧縮残留応力導入
 材質：SKD61
 ノズル直径：2mm
 噴射圧力：30MPa

※第1容器を加圧した場合には10分間で強化処理できるが、加圧しない場合には150分間要し（15倍）、圧縮残留応力値も60%程度である。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

B 0 8 B 7/04
 9/032

識別記号

F I
 B 0 8 B 7/04
 9/02

テ-マ-ド^{*} (参考)

Z
 C