

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4648072号  
(P4648072)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int. Cl.	F I
<b>B 2 3 Q 11/00 (2006.01)</b>	B 2 3 Q 11/00 A
<b>B 2 3 B 29/02 (2006.01)</b>	B 2 3 B 29/02 A
<b>B 2 3 P 15/02 (2006.01)</b>	B 2 3 P 15/02
<b>B 2 3 P 15/28 (2006.01)</b>	B 2 3 P 15/28

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-130997 (P2005-130997)	(73) 特許権者	000005452
(22) 出願日	平成17年4月28日(2005.4.28)		株式会社日立プラントテクノロジー
(65) 公開番号	特開2006-305674 (P2006-305674A)		東京都豊島区東池袋四丁目5番2号
(43) 公開日	平成18年11月9日(2006.11.9)	(73) 特許権者	000233066
審査請求日	平成19年7月3日(2007.7.3)		日立ツール株式会社
			東京都港区芝浦一丁目2番1号
		(74) 代理人	110000350
			ポレール特許業務法人
		(74) 代理人	100068504
			弁理士 小川 勝男
		(74) 代理人	100086656
			弁理士 田中 恭助
		(72) 発明者	小野塚 英明
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所 生産技術研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダンパーを備えた工具及びそれを用いた流体機械の羽根車もしくは案内羽根の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体内に軸方向に伸びる中空部が設けられ、該中空部に円筒状の錘が前記本体に対して相対移動可能に内蔵されたダンパーを備えた工具であって、

前記錘の前記軸方向の両端部に、密閉された環状空間が形成されており、該環状空間に粘性流体が封入されており、

前記密閉された環状空間は、前記錘の両端部に配置され各々対をなすリング状の弾性体と、該リング状の弾性体間に配置されたリング状のスペーサと、前記本体中空部の内面で囲まれた領域によって構成されており、

前記スペーサを前記軸方向に移動させる手段を備えたことを特徴とするダンパーを備えた工具。 10

【請求項2】

本体内に軸方向に伸びる中空部が設けられ、該中空部に円筒状の錘が前記本体に対して相対移動可能に内蔵されたダンパーを備えた工具であって、

前記錘の前記軸方向の両端部に、密閉された環状空間が形成されており、該環状空間に粘性流体が封入されており、

前記密閉された環状空間は、前記錘の両端部に配置され各々対をなすリング状の弾性体と、該リング状の弾性体間に配置されたリング状のスペーサと、前記錘の外周で囲まれた領域によって構成されており、

前記スペーサを前記軸方向に移動させる手段を備えたことを特徴とするダンパーを備え 20

た工具。

【請求項 3】

本体内に軸方向に伸びる中空部が設けられ、該中空部に円筒状の錘が前記本体に対して相対移動可能に内蔵されたダンパーを備えた工具であって、

前記錘の両端部に配置され各々対をなすリング状の弾性体と、

前記錘に対して前記軸方向に移動可能な状態で前記リング状の弾性体間に嵌め込まれたスペーサと、

前記スペーサを前記軸方向に移動させる手段とを備えたことを特徴とするダンパーを備えた工具。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記対をなす前記弾性体、前記スペーサの表面、及び前記本体の中空部で囲まれた領域に封入された粘性流体を有することを特徴とするダンパーを備えた工具。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のダンパーを備えた切削用長尺工具。

【請求項 6】

複数の長尺切削工具含む複数の切削工具を用いて羽根車もしくは案内羽根を切削加工する流体機械の羽根車もしくは案内羽根の製造方法であって、

前記各長尺切削工具は、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のダンパーを備えた切削用長尺工具であり

長さの異なる複数の前記長尺切削工具を用意し、

バルク材料を短尺の切削用切削工具で切削加工した後、

切削加工の進展に応じて、前記各長尺切削工具を短いものから長いものに順次交換して、前記羽根車もしくは案内羽根を流体の流路に沿った螺旋形状に切削加工する、ことを特徴とする流体機械の羽根車もしくは案内羽根の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダンパーを備えた工具及びそれを用いた切削加工方法に係り、特に、工作機械によって切削加工を行う際のびびり振動を抑制するために切削工具の内部やワークに取付ける長尺工具及びそれを用いた切削加工方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

旋盤加工における内径ボーリング加工や、マシニングセンタによる中繰り加工、エンドミルやフライス加工による狭隘部、深穴部の加工では工具寸法に対して突出し量の大きい長尺工具を用い、その先端にボーリングバイトやフライス工具等を取付けて加工を行う必要がある。そのため切削工具のホルダが長くなるほど、ホルダ先端での剛性は低下し、びびり振動が発生しやすく、表面粗さや寸法精度の悪化、工具の破損等の悪影響を及ぼす。

【0003】

このような長尺工具を用いた加工においてびびり振動を抑制する手段として、従来より種々の方法が提案されている。例えば、工具ホルダの外周部に超硬合金等のヤング率の高い材質を溶射することによって工具ホルダの剛性を向上する方法が提案されている。また、内部、および外周部に設けた溝に超硬合金等の部材を挿入することによって工具ホルダの剛性を向上する方法も提案されている。

【0004】

一方、錘を弾性体で支持し、粘性流体で錘の振動を減衰させるダンパーにより、工具の振動を減衰する方法も知られている。例えば、特許文献 1 には、錘を弾性支持する機構として棒状の部材を利用する方法が提案されている。さらに、特許文献 2 には、円筒状の錘の外周面と、本体中空部の内面で囲まれた領域に粘性流体を封入する方式が提案されている。特許文献 2 の例は、工具ホルダの中空部にリング状の弾性体と錘を配置することによ

10

20

30

40

50

って、工具ホルダの振動をキャンセルするものである。

【0005】

また、特許文献3には、錘の中空部にクーラントパイプを貫通させ、その隙間に粘性流体を封入する方式が提案されている。すなわち、特許文献3には、円筒状の錘の中心軸付近に設けられた貫通穴にパイプが設置してあり、錘はリング状の弾性体を介してパイプに接続されていることによって本体に対して弾性支持され、パイプ外周面と錘の貫通穴の内面で囲まれた領域に粘性流体が封入される構造が開示されている。

【0006】

【特許文献1】特開平06-31507号公報

【特許文献2】特開昭59-110号公報

【特許文献3】特表平06-505322号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来から提案されているびびり振動を抑制するための工具のうち、工具本体に超硬合金等のヤング率の高い材質を付加する方法は、いずれも工具先端におけるばね定数、すなわち工具先端を単位長さ変位させるのに必要な荷重を大きくする方法である。これらの方法では超硬合金等の材質を付加するための溝や穴を高精度に行う必要が生じる等、製造コストの増大を招く場合もある。またばね定数の向上によって固有振動数を変化させることは可能であるが、接合部の摩擦による減衰はあまり大きくなく、所望の防振効果が得られるとは限らない。

【0008】

一方、弾性支持された錘等のダンパーを工具ホルダに付加する方法は、慣性の大きい錘から工具ホルダの振動振幅に比例した反力を与えることによってダイナミックダンパーを構成し、振動を減衰するものである。これらの方法では工具本体が固有振動モードを持っているが、ダイナミックダンパーによってその固有振動モードを打ち消し、振動振幅を小さくする。この方法では比較的高い減衰比を得ることができ、びびり振動に対する安定性を向上するためには、最も適した方法と考えられる。

【0009】

中繰り工具や、回転工具などにおいては、工具本体が円筒状をしている必要があり、本体に円筒状の中空部を設けてその内部にほぼ円筒状の錘を内蔵させる。錘はリング状の弾性体を介して本体に接続され、弾性支持されていることにより、本体に対して相対運動することが可能になっている。また錘と本体または支持機構の間に粘性流体を封入しておくことによって、錘が本体に対して相対運動する際に、その運動速度に比例した抵抗を受け、振動を減衰する。

【0010】

特許文献2の例では、円筒状の粘性流体中で円筒状の物体が運動する際の粘性抵抗は、流体層の長さ、及びその半径が大きいほど大きい。また隙間、すなわち流体層の厚さが小さいほど粘性抵抗は大きい。

【0011】

ダイナミックダンパーでは、錘の運動に対する粘性抵抗の最適値が存在し、粘性抵抗が大きすぎても小さすぎてもダンパーとしての機能は得られない。錘を支持するばね定数も同様である。そのためこの方式では、粘性流体として通常のシリコンオイルなどを使用した場合、粘性抵抗が大きすぎる場合が多く、隙間を大きくせざるを得ない場合が多い。その結果、ダンパーの内径を一定とした場合、内蔵する錘の体積を小さくすることになり、ダンパーとしての性能が低下することになる。本体の振動特性、すなわちばね定数や固有振動数等によって錘の粘性抵抗や錘を支持するばね定数等の最適値が大きく異なるが、ダンパーを工具に内蔵する場合において、本体の長さや先端に取付ける切削工具の質量等が変化すると、それらの最適値も変化する。この方式においては、ねじを用いて弾性体を圧縮することによってばね定数を調整する手段が示されている。しかし、粘性抵抗を調整

10

20

30

40

50

するには錘の外径を変化させる等の方法が必要となる。ダンパーを色々な状態に対応させるためには封入する油の粘度を変化するか、外径寸法の異なる錘を予め多数容易しておく等の必要がある。そのため、この方式は、工具の生産形態として、種々の用途の工具を製作する多品種少量生産の分野には、適さない。

【 0 0 1 2 】

一方、特許文献3の方式においては、錘の粘性抵抗を調整するには封入する粘性流体の粘度を変化するか、錘の貫通穴の内径を変化する等の必要がある。錘の質量は大きいほどダンパーとしての性能は向上するので、錘の材質は比重の高い材料を用いるほど良い。しかしタングステン等を使用した材料は一般に高価であり、ダンパーを量産するような場合において、内径寸法の異なる錘を多数製作するのは合理的でない。また、専用のダンパーを1個製作する場合においても、粘性抵抗の調整のために内径寸法の異なる錘を多数用意したり、追加工する等の必要がある。そのため、この方式も、工具の生産形態として、種々の用途の工具を製作する多品種少量生産の分野には、適さない。

10

【 0 0 1 3 】

また長尺工具等、ダイナミックダンパーを内蔵する本体が長く、質量が大きい場合には、内蔵する錘の質量も大きい方が本体の振動を減衰しやすい。しかし錘の質量が大きいと、本体に対する錘の相対運動の固有振動数が低下するので、質量に応じて弾性体のばね定数を高くする必要がある。ばね定数を変更するには弾性体を圧縮するなどの方法が可能であるが、その変化の量はさほど小さくなく、リング状の弾性体の断面を小さくする等の必要もある。しかし、弾性体の断面を小さくすると圧縮代も小さくなるので、錘の固有振動数を調整できる余地が減少してしまう。

20

【 0 0 1 4 】

以上のように、従来例による、錘を弾性体で支持し粘性流体で錘の振動を減衰させる構造のダンパーにおいては、錘の運動に対する粘性抵抗を最適化するために、粘性流体層の厚みを容易に変更できる構造の必要がある。また、ダンパーを内蔵する工具本体が長尺工具である等、質量の大きい錘を内蔵する必要がある場合には弾性体の断面を小さくして、ばね定数を高くする必要がある。

【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、工具に内蔵されるダンパーであって、減衰特性を最適化するための設計の自由度を向上させ、多品種少量生産の分野にも容易に適合できるダンパーの構造及びそれを用いた製造方法を提供することにある。

30

【 0 0 1 6 】

本発明の他の目的は、様々な工具本体の動剛性に対して最適のダンパーを製造することが容易なダンパーの構造及びそれを用いた製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

本発明による解決手段の1つを挙げると、次のような構成である。

本体内に軸方向に伸びる中空部が設けられ、該中空部に円筒状の錘が前記本体に対して相対移動可能に内蔵されたダンパーを備えた工具であって、前記錘の前記軸方向の両端部に、密閉された環状空間が形成されており、該環状空間に粘性流体が封入されていることを特徴とするダンパーを備え、前記密閉された環状空間は、前記錘の両端部に配置され各々対をなすリング状の弾性体と、該リング状の弾性体間に配置されたリング状のスペーサと、前記本体中空部の内面で囲まれた領域によって構成されており、前記スペーサを前記軸方向に移動させる手段を備えたことを特徴とするダンパーを備えた工具。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、ダンパーの一部として密閉された環状空間が形成されており、該環状空間に粘性流体が封入されている。そのため、粘性流体層の厚みを変化させ、錘の本体に対する相対運動の減衰特性を詳細に調整することが可能となっている。そのため、種々の

50

サイズや形状の工具に対するダンパーの設計自由度が向上する。また、工具本体の動剛性に対して最適なダンパーを製造することが容易になる。これにより、工作機械の主軸剛性などが異なる状況においても、適切なダンパーを容易に設計、製造することができ、びびり振動の発生を抑制することが容易になる。また、多品種少量生産の分野にも容易に適合できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

まず、本発明の実施の形態になるダンパーを備えた工具について概要を述べる。

【0020】

本発明の実施の形態によれば、本体内に軸方向に伸びる中空部が設けられ、該中空部にほぼ円筒状の錘が前記本体に対して相対移動可能に内蔵されたダンパーを備えた工具であって、前記錘の前記軸方向の両端部に、密閉された環状空間が形成されており、該環状空間に粘性流体が封入されている。本発明の実施の形態のダンパーを備えた工具として、より具体的には、リング状の弾性体をそれぞれ複数個取り付け、錘の外周面、本体の内面、及び複数個の弾性体で囲まれた領域に粘性流体を封入している。また、複数個の弾性体の間は、錘の軸方向に相対移動可能なスペーサが設置されている。本発明の実施の形態になるダンパーによれば、ばね定数の低いリング状弾性体を用いても、複数個の弾性体で錘の重量を支持しているため、必要なばね定数を得ることができる。そのため、大きな断面積を持つリング状弾性体を使用しても、ばね定数を高く設定することができ、なおかつ圧縮によるばね定数の調整代も大きい。また錘の運動に対する粘性抵抗はスペーサの外径によって粘性流体層の厚みを変更することが可能であるが、従来方式とは異なり、外径の異なるスペーサを用意しておくだけで調整が可能であるため、ダンパー製造に関わるコストの低減が可能となっている。

【0021】

以下、本発明の実施形態の一例を、図面を用いて詳細に説明する。

図1は、本発明の実施形態の一例として、長尺工具の内部にダンパーを内蔵した状態を示したものである。チップ1を取付けたカッタ2を、鉄鋼材製のキャップ3に搭載することが可能になっている。キャップ3は、鉄鋼材製の工具本体4の先端に取り付けられている。工具本体4の軸方向に伸びる中空部40が、キャップ3及び工具本体4の内部に形成されている。この中空部40には、ロッド5に保持された錘11が配置されている。ロッド5の両端は、ねじになっており、一端はキャップ3に取り付けられ、もう一端はストッパ6を貫通してナット7に接続されている。

【0022】

錘11の両端には、対をなすリング状の弾性体31、32及び33、34が取付けられている。弾性体31、32は工具本体と同じ鋼材からなるスペーサ22によって隔てられており、キャップ3及び工具本体4の内部に内蔵されている。同様に弾性体33、34はスペーサ23によって隔てられており、ストッパ6に内蔵されている。

【0023】

すなわち、キャップ3及び工具本体4の中空部40で、かつ、ロッド5の外側であって、錘11の左径小部11Aの外周との間に形成される環状の隙間に、スペーサ22を介して一对のリング状の弾性体31、32が取付けられている。また、工具本体4の中空部内のストッパ6の内側でかつ、ロッド5の外側であって、錘11の右径小部11Bの外周との間に形成される環状の隙間に、スペーサ23を介して一对のリング状の弾性体33、34が取付けられている。弾性体31～34は、ナット7が最も後退した初期状態であっても、その内側端部、外側端部、あるいは左右の端部がキャップ3や錘11の表面と接触するように、スペーサ23によって押圧されている。これによって、錘11の両端部に密閉された環状空間41A、41Bが形成されている。キャップ3及び工具本体4の中空部40は、円筒状もしくは実質的に円筒状（ほぼ円筒状）である。同様に、錘11の外形も、円筒状もしくは実質的に円筒状（ほぼ円筒状）である。

【0024】

10

20

30

40

50

図 2 は、錘 1 1 の一端の構造を詳細に説明した図である。環状空間 4 1 A は、キャップ 3 の中空部内面、スペーサ 2 2 の外周面、弾性体 3 1 及び 3 2 で囲まれた領域であり、この環状空間 4 1 A に粘性流体 4 2 が封入されている。粘性流体 4 2 は環状空間 4 1 A 内で自由に移動することが可能になっている。粘性流体 4 2 は、例えば、シリコンオイルである。なお、ストッパ 6 の内側に形成される環状空間 4 1 B も、環状空間 4 1 A と同様な構成になっている。

【 0 0 2 5 】

また、工具本体 4 の中空部でかつ錘 1 1 の外周側の空間や、工具本体 4 の中空部でかつナット 7 の右側の空間及び、錘 1 1 の中空部内側とロッド 5 との間の空間（全体を空間 4 0 として表示）には、通常、工具本体 4 本体交換時に取り込まれた大気圧の空気が存在している。

10

【 0 0 2 6 】

弾性体 3 1 ~ 3 4 はスペーサ 2 2、2 3 によって隔てられている。錘 1 1 及びストッパ 6 は、いずれもロッド 5 に対してその軸方向に自由に動き得る。また、スペーサ 2 2 及び 2 3 及び弾性体 3 1 ~ 3 4 は、錘 1 1 の左右の径小部に対してその軸方向に自由に動き得る。したがって、ナット 7 を締めこむと、弾性体 3 1 ~ 3 4 が均一に圧縮されて、ストッパ 6 がキャップ 3 側、すなわち工具先端側へ移動する。この際、剛性を有するスペーサ 2 2 及び 2 3 は錘 1 1 の軸方向に移動可能であるため、ナット 7 を締めこむと全ての弾性体 3 1 ~ 3 4 を均一に圧縮する。すなわち、複数個の弾性体に同じ張力が作用する構成となっており、1 個のナットのみで、各環状空間 4 1 A、4 1 B の幅 W を均一に圧縮することが可能となっている。逆に、ナット 7 を緩めると、すべての弾性体 3 1 ~ 3 4 が均一に膨張する。

20

【 0 0 2 7 】

工具本体 4 に対して、錘 1 1 とスペーサ 2 2 及び 2 3 は一体となって（軸方向及び半径方向に）相対運動できるように、ロッド 5 を介して保持されている。ダイナミックダンパーは、錘の質量が大きい程高い減衰性能を得ることが可能である。そのため、スペーサ 2 2 及び 2 3 は錘と同じ高密度材料、例えばタングステン合金などを用いている。

【 0 0 2 8 】

本実施例によれば、スペーサが錘に対して可動であることによって、すべての弾性体に作用している張力を均一にでき、なおかつスペーサの外径を変更することによって粘性流体層の厚みを変化させられるので、錘の減衰特性が調整可能になっており、本体の振動特性に対して最適なダンパーを設計する自由度を広げ、製造する際の調整が容易になっている。以下、この点に関して、説明を補足する。

30

【 0 0 2 9 】

図 3、図 4 は、図 2 における A - A' 断面を示した図であり、スペーサ 2 2 とキャップ 3 の間の環状空間 4 1 A に粘性流体 4 2 が封入されている。図 2 に示したように、錘 1 1 は本体 4 に対して弾性体 3 1、3 2、3 3、及び 3 4 を介して、相対運動可能な状態で支持されているので、錘 1 1 及びスペーサ 2 2 がキャップ 3 に対して軸方向に相対移動すると、図 4 に示したように粘性流体 4 2 はその反対方向に移動する。その際に、スペーサ 2 2 はその円周方向の移動速度に比例した抵抗力を粘性流体から受ける。この作用によって、スペーサ 2 2 とキャップ 3 の相対運動が減衰され、その結果として工具本体の振動が抑制されるのである。

40

【 0 0 3 0 】

粘性抵抗力 F と、錘 1 1 及びスペーサ 2 2 の移動速度 V の間には、

$$F = c V \quad \dots (1)$$

の関係があり、c は粘性係数である。ダイナミックダンパーにおいては、本体と錘の質量比、固有振動数に応じて、本体の減衰特性が最適となる粘性係数 c が存在する。この粘性係数 c は、粘性流体の粘度、スペーサ 2 2 とキャップ 3 の隙間寸法、及び弾性体 3 1 及び 3 2 の間隔によって決定される。しかし精度良く最適な粘性係数 c を設計することは困難であり、通常は粘性流体の粘度や隙間寸法を変更するなどの方法によって調整する必要が

50

ある。

【0031】

従来は、この隙間寸法を変更するためには、錘か工具本体を追加工する等の必要があった。しかし、前記した通り、長尺工具では本体の追加工は困難を要し、また錘は重金属等を用いるため、材料が高価であり、寸法変更による詳細な調整は困難であった。

【0032】

本発明によれば、複数のリング状の弾性体の間に、錘とは別部材のスペーサがはめ込まれており、スペーサの外径寸法を選択することによって粘性流体の層の厚みを変更することが可能となっている。したがって、隙間寸法を決定するスペーサ22について、例えば、（内径寸法は一定のまま）、その外径寸法や長さを変化させたものを予め複数個用意しておき、その組合せによってスペーサ22とキャップ3の隙間寸法を変更することが可能である。これによって、錘の振動の減衰特性を調整することができる。そのため、追加工等によらず安価に、ダンパーの減衰特性の調整を行うことが可能になる。弾性体31～34についても、その外径寸法や材質の異なるものを複数個用意しておき、スペーサ22のサイズとの関係等、要求される特性に応じて、使い分けるようにしても良い。例えば、リング状の弾性体の断面として、真円ではなく、楕円形状のものを用いることも考えられる。

10

【0033】

また、図1で示した実施例では、工具本体4に対して錘11を、左右夫々一對の弾性体を介して保持したが、本発明は、この組合せに限定されるものではない。種々の特性に適合させるために、錘11の左右に夫々複数の環状空間を形成し、各々の環状空間に特性の同一あるいは異なる粘性流体を満たすように構成しても良い。例えば、錘11の左右に夫々、スペーサを2個、弾性体を3個用いて、隣接する2つの環状空間を形成し、全体として4つのこれら環状空間を利用して、所望の粘性係数 $c$ を調整するようにしても良い。この場合、各スペーサの径、弾性体のサイズ、環状空間内の粘性流体の粘度等に同一あるいは異なるものを組合わせて、所望の特性を得るようにすることができる。

20

【0034】

ダイナミックダンパーを内蔵した工具を設計する際には、工具本体のばね定数、モード質量に応じて錘質量、粘性係数を概略設計する。従来技術では、粘性流体が封入された領域の長さが、錘の長さとはほぼ同等であったので、この粘性係数の概略設計においては粘性流体層の厚さのみが設計パラメータであった。

30

【0035】

本発明によれば、粘性流体42の層の長さは、対をなす複数個の弾性体の位置関係で決定される。粘性流体層の厚さと長さをそれぞれ任意に設計することができるので、粘性係数 $c$ の高精度な設定が容易となり、広範囲の要求に対して対応可能であり、ダンパー及び長尺工具の設計の自由度を向上することが可能となる。

【0036】

図5は、本発明のダンパーを内蔵した長尺工具の本体4の先端にカッタ2及びチップ1を搭載して、ワーク50を切削加工する模様を示している。長尺工具のもう一端には工作機械の主軸に取付けるためのテーパ71が設けられている。この状態では工具の突出し長さが長いため、工具2の先端におけるばね定数が極めて小さくなる。

40

【0037】

図6Aはダンパーを内蔵しない状態と、ダンパーを内蔵した状態における先端の周波数応答を示したものである。この図からわかるように、本発明によるダンパーを内蔵したことによって、固有振動数における振動振幅が減衰されている。この作用によって、長尺工具が受ける切削力による振動を減衰し、びびり振動を抑制することが可能になったのである。

【0038】

また、工具本体4の長さを $L$ としたとき、先端の周波数応答の特性は、図6Bに示すように、長さ $L$ が長くなるほど図の左上側に移行する。すなわち、先端の周波数応答の特性

50

は、工具本体 4 の長さ L が長くなるほど最大振幅は大きくなるが、ダンパーを内蔵しない状態では、ダンパーを内蔵した状態に比べてその振幅の変化の度合いがかなり大きい。よって、本発明によれば、かなり長い長尺工具であっても、固有振動数における振動振幅が減衰され、長尺工具が受ける切削力による振動を減衰できる。

【 0 0 3 9 】

また、本発明の技術によれば、多様な長さ、直径の長尺工具の設計を高い自由度で行うことができ、さらにその長さ、直径に応じてダンパーの減衰特性を詳細に最適調整することが可能になったのである。

【 0 0 4 0 】

このような本発明の特徴を生かすことで、例えば、長尺工具による羽根車や案内羽根の切削加工が可能になる。以下、この点に関して、説明する。

【 0 0 4 1 】

一般に、回転運動を流体の軸方向の移動に変換する羽根車や案内羽根は材料コストの抑制のため、従来は鋳造もしくは羽根部分を軸に溶接することによって製造されていた。しかし、例えばポンプ等の性能を向上するためには、羽根の形状精度を高くする必要があるが、従来の鋳造や溶接による方法では羽根の形状精度を向上することが困難である。さらに羽根の根元部には大きな力が作用し、性能向上のために一体のバルク材料から羽根車を削り出すことが望ましい。しかし、削り出しでは加工時間が増大し、また材料コストも大きいので、製造コストが増大する。さらに流体の流路をすべて削り出すには長尺工具を用いる必要があるが、びびり振動の発生によって工具の破損や表面粗さの悪化が生じるため、加工能率を向上することができないため、削り出しによる羽根車や案内羽根の製造は極めて困難であった。

【 0 0 4 2 】

本発明の技術によれば、予め、多様な長さ、直径の工具を用意し、羽根車の製造プロセスに応じて、これらを使い分けることで、形状精度の高い羽根車や案内羽根を製造することができる。

【 0 0 4 3 】

図 7 ( 図 7 A ~ 図 7 E ) は、このような羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。最初の工程では、図 7 A に示すように、円柱形のバルク材料 8 0 の右端面から、ダンパーを内蔵していない短尺工具の本体 4 A の先端に装着されたカッタ 2 による切削加工を開始し、羽根のボス部を形成する。このとき、加工部に切削液を供給して切粉を流出させながら切削を行う。次に、図 7 B に示すように、ダンパーを内蔵していないやや長めの短尺工具の先端に装着されたカッタ 2 で、羽根 8 1 のボス部や案内羽根内面を流体の流路に沿った螺旋形状に切削加工する。次に、図 7 C に示すように、本発明のダンパーを内蔵している長尺工具の本体 4 C の先端に装着されたカッタ 2 で羽根 8 1 のボス部や案内羽根内面を流体の流路に沿った螺旋形状に切削加工する。同様にして、図 7 D や図 7 E に示すように、長尺工具をより長い本体 4 D あるいは 4 E に交換して、ボス部や案内羽根内面の底部を切削加工する。また、ボス部や案内羽根の外表面は、他の工具で別途加工する。このようにして、図 7 E に示すように、バルク材料 8 0 から切削加工により羽根車を製造することができる。

【 0 0 4 4 】

一例として、図 7 A に示したステンレス鋼からなるバルク材料 8 0 の半径が 5 0 0 mm ~ 9 0 0 mm の場合、ボス部や案内羽根内面の底部までの加工深さが 3 0 0 mm ~ 9 0 0 mm のとき、短尺工具として長さ L = 3 0 0 mm、4 0 0 mm、5 0 0 mm のものを ( 1 0 0 mm 単位ごとに ) 用意し、本発明のダンパーを内蔵している長尺工具として L = 6 0 0 mm、7 0 0 mm、8 0 0 mm、9 0 0 mm のものを ( 1 0 0 mm 単位ごとに ) 各々用意し、製造プロセスの進捗状況に応じてこれらを順次使い分けることにより、形状精度の高い羽根車や案内羽根を製造することができる。なお、この時、カッタ 2 としては、例えば、直径 ( = 本体の外径 ) が 3 2 mm ~ 1 0 0 mm のものを用いる。

【 0 0 4 5 】



なお、短尺工具と長尺工具の使い分けの目安として、工具の長さLが300mm～500mm程度の範囲は短尺工具、長さLが600mm～900mm程度の範囲は長尺工具とするのが望ましい。

【0046】

本発明によれば、羽根車の製造プロセスに応じて、多様な長さの工具を使い分け、その長さ、直径に応じてダンパーの減衰特性を詳細に最適調整することができるので、羽根車や案内羽根の削り出し切削加工を高能率に行うことが可能となる。

【0047】

図8は、本発明の実施の形態の別の例を示したものである。スペーサ22はキャップ3及び本体4の側に設置されている。錘11の両端にはねじ穴が設置されており、これらのねじ穴にそれぞれボルト51が螺合されている。この実施例では、キャップ3及び工具本体4の中空部で、かつ、錘11の左径小部11Aの外周との間に形成される環状の隙間に、スペーサ22を介して一对のリング状の弾性体31、32が取り付けられている。また、工具本体4の中空部内のストッパ6の内側で、かつ、錘11の右径小部11Bの外周との間に形成される環状の隙間に、スペーサ23を介して一对のリング状の弾性体33、34が取り付けられている。スペーサ22、23は工具本体4と同様に鋼を材料とする。これによって、スペーサ22あるいはスペーサ23の内側に、密閉された環状空間41A、41Bを形成している。各環状空間41A、41Bには、シリコンオイルなどの粘性流体42が封入されている。

【0048】

この実施例でも、ボルト51を締め込むと、対をなす弾性体31、32、33、及び34、換言すると環状空間61A、61B、が均一に変形することによって、ばね定数を変化させ、粘性係数cを調節することが可能になっている。

【0049】

すなわち、図1に示した構造と同様に、設計にあたっては各環状空間61A、61B内の弾性流体62の層の厚さと長さによって減衰特性を概略設計することが可能になっている。さらに、スペーサ22は本体と同様に鋼を材料としているので、その内径を変化させたものを安価に製造できるので、減衰特性の詳細な調整が可能である。

【0050】

図9は、図8を詳細に説明したものである。ボルト51を回転して錘11に締め込むので、弾性体31とボルト51の座面の間にはワッシャ52が設置されている。本実施例によれば、スペーサが錘に対して可動であることによって、すべての弾性体に作用している張力を均一にでき、なおかつスペーサの内径を変更することによって粘性流体層の厚みを変化させられるので、錘の減衰特性が調整可能になっており、本体の振動特性に対して最適なダンパーを設計する自由度を広げ、製造する際の調整が容易になっている。

【0051】

このように、本発明によれば、錘の両端にそれぞれ対をなすリング状の弾性体を配置し、リング間のスペーサの外径もしくは内径を変更することによって、粘性流体層の厚みを変化させ、錘の本体に対する相対運動の減衰特性を調整できるようにしている。これによって、工作機械の主軸剛性などが異なる状況においても、適切なダンパーを容易に設計、製造することができ、びびり振動の発生を抑制することが容易になる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の一実施形態になる長尺工具の内部にダンパーを内蔵した状態を示した図である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】図2のA-A断面を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態における、粘性流体の作用を説明する図である。

【図5】本発明の実施形態において深彫加工を行う状況を説明する図である。

【図6A】ダンパーを内蔵しない状態と、本発明の実施例に基づくダンパーを内蔵した状態

10

20

30

40

50

における先端の周波数応答の差を示した図である。

【図 6 B】 工具本体の長さで長尺工具の振動特性の関係を示す図である。

【図 7 A】 本発明の実施の形態になる羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。

【図 7 B】 本発明の実施の形態になる羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。

【図 7 C】 本発明の実施の形態になる羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。

【図 7 D】 本発明の実施の形態になる羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。

【図 7 E】 本発明の実施の形態になる羽根車の製造プロセスの一例を示す図である。

【図 8】 本発明の他の実施形態になる長尺工具の内部にダンパーを内蔵した状態を示した図である。

【図 9】 図 8 の要部拡大図である。

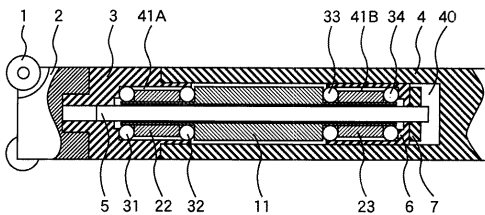
【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

1 ...チップ、2 ...カッタ、3 ...キャップ、4 ...工具本体、5 ...ロッド、6 ...ストッパ、7 ...ナット、11 ...錘、22 ~ 24 ...スペーサ、31 ~ 34 ...弾性体、40 ...空間、41 A ...環状空間、41 B ...環状空間、42 ...粘性流体、50 ...ワーク、51 ...ボルト、52 ...ワッシャ、61 A ...環状空間、61 B ...環状空間、62 ...粘性流体、71 ...テーパ、80 ...バルク材料、81 ...羽根車。

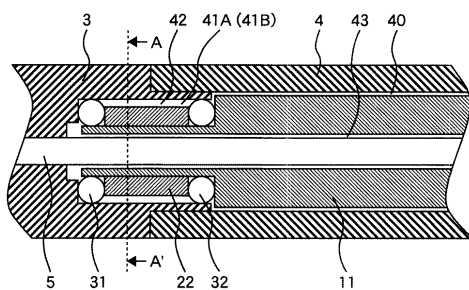
【図 1】

図 1



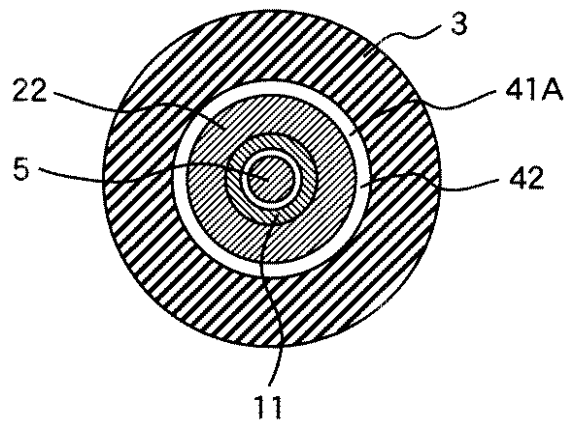
【図 2】

図 2



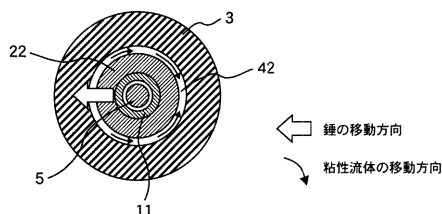
【図 3】

図 3



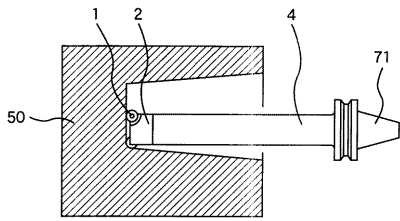
【図 4】

図 4



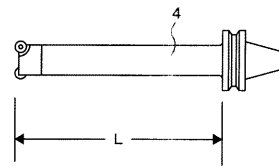
【図5】

図5



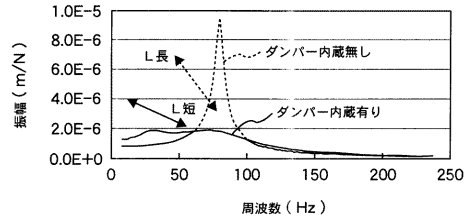
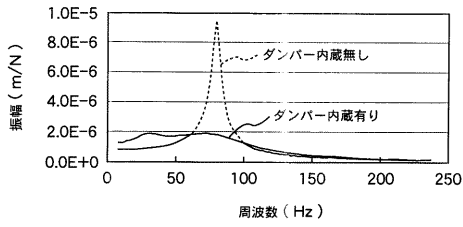
【図6B】

図6B



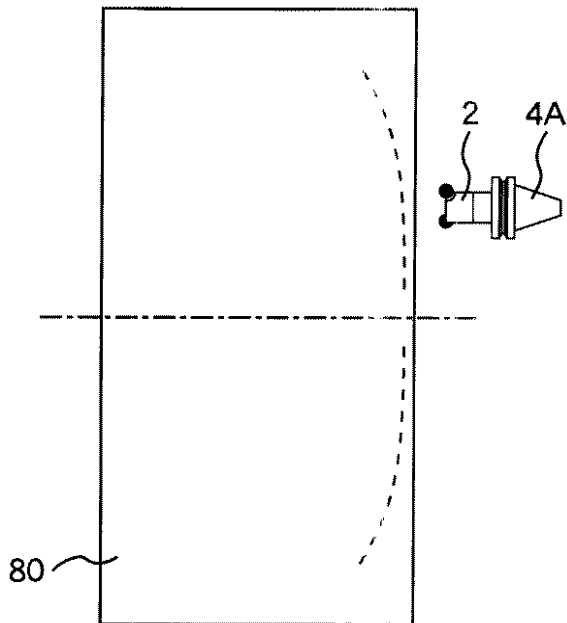
【図6A】

図6A



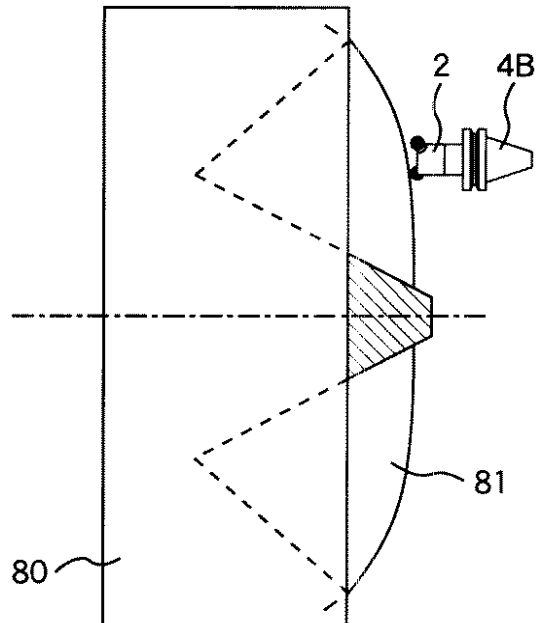
【図7A】

図7A



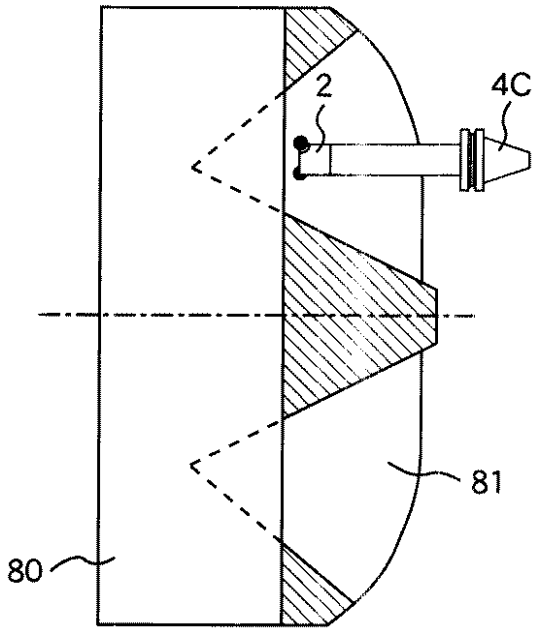
【図7B】

図7B



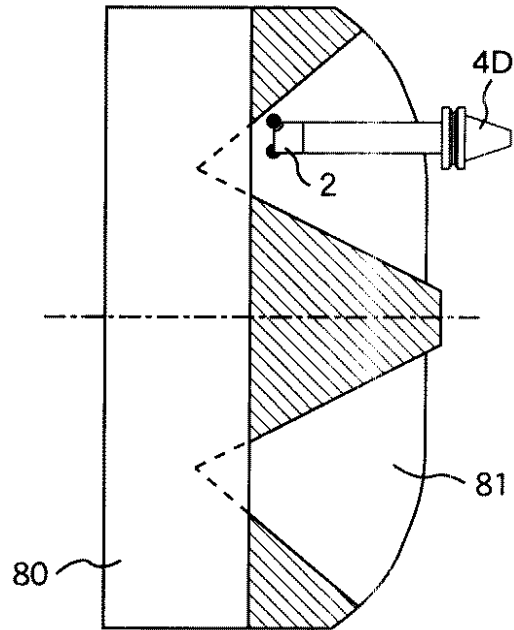
【図7C】

図 7 C



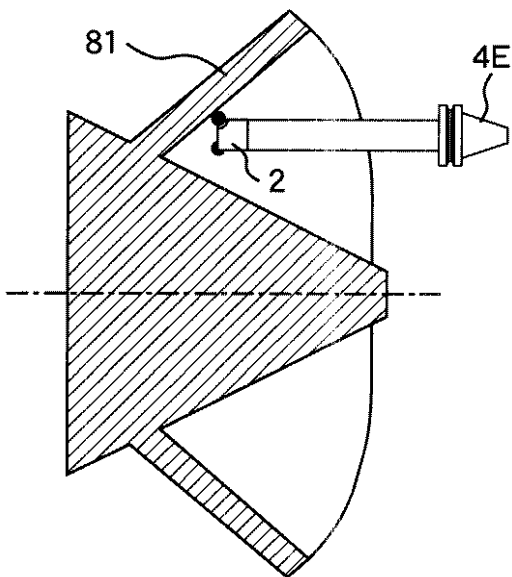
【図7D】

図 7 D



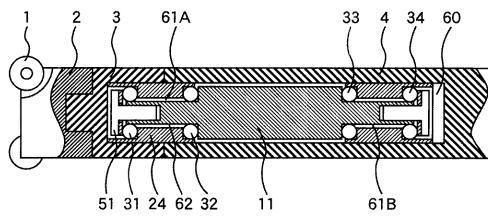
【図7E】

図 7 E



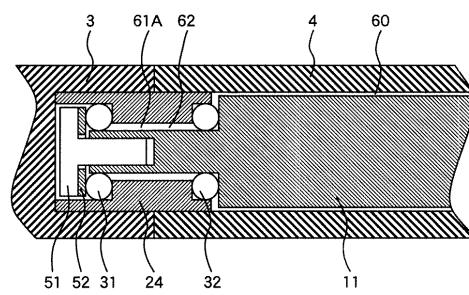
【図8】

図 8



【図9】

図 9



---

フロントページの続き

(72)発明者 高橋 勇人

東京都江東区東陽四丁目1番13号 日立ツール株式会社内

(72)発明者 加藤 吐夢

東京都足立区中川四丁目13番17号 株式会社日立インダストリーズ内

審査官 八木 誠

(56)参考文献 特開平06-031509(JP,A)

特開昭61-109608(JP,A)

特開昭61-044521(JP,A)

特開2004-276130(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q11/00-13/00

B23B35/00-49/06

B23B1/00-25/06

B23B27/00-29/34

B23C1/00-9/00