

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2010-99793
(P2010-99793A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 Q 15/12 (2006.01)	B 2 3 Q 15/12 A	3 C 0 0 1
B 2 3 Q 17/12 (2006.01)	B 2 3 Q 17/12	3 C 2 6 9
G 0 5 B 19/18 (2006.01)	G 0 5 B 19/18 T	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-274611 (P2008-274611)	(71) 出願人	000149066
(22) 出願日	平成20年10月24日 (2008.10.24)		オークマ株式会社
			愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目2 5 番地の1
		(74) 代理人	100078721
			弁理士 石田 喜樹
		(74) 代理人	100121142
			弁理士 上田 恭一
		(72) 発明者	稲垣 浩
			愛知県丹羽郡大口町下小口5 丁目2 5 番地の1 オークマ株式会社内
		F ターム (参考)	3C001 KA07 TA06 TB08 TC06
			3C269 AB01 BB03 BB07 CC17 EF36
			MN09 MN26 QB03

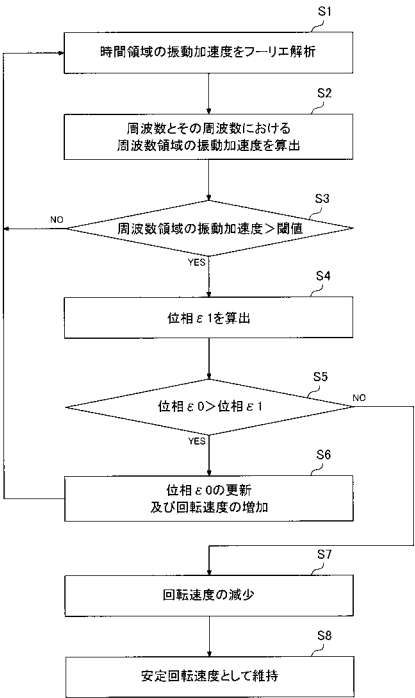
(54) 【発明の名称】 振動抑制方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 びびり振動が継続するような場合に、より正確な安定回転速度を得ることができ、びびり振動を確実に抑制することができる振動抑制方法及び装置を提供する。

【解決手段】 びびり振動が検知される度に、位相 ϵ_1 を算出するとともに、算出した位相 ϵ_1 と前回びびり振動が検知された際に算出した位相 ϵ_0 とを比較する。そして、今回算出した位相 ϵ_1 が前回算出した位相 ϵ_0 よりも小さい場合には、今回算出した位相 ϵ_1 を位相 ϵ_0 として更新記憶するとともに、回転軸の回転速度を所定の変更量だけ変更する一方、今回算出した位相 ϵ_1 が前回算出した位相 ϵ_0 以上である場合には、回転軸の回転速度を、前回の回転速度へ変更するようにした。したがって、位相値が最小となる回転速度で加工することができ、ひいては加工面の品位の向上、工具摩耗の抑制等を図ることができる。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工具又はワークを回転させるための回転軸を備えた工作機械において、回転中の前記回転軸にびびり振動が生じると、前記回転軸の回転速度を変更し、前記びびり振動を抑制する振動抑制方法であって、

回転中の前記回転軸による時間領域の振動を検出する第 1 ステップと、

検出した時間領域の振動にもとづいて、びびり周波数及び該びびり周波数における周波数領域の振動加速度を算出する第 2 ステップと、

算出した周波数領域の振動加速度が所定の閾値を超えた場合に、下記の演算式 (1) により位相 ε_1 を算出する第 3 ステップと、

算出した位相 ε_1 と、前回振動加速度が所定の閾値を超えた際に、位相 ε_1 と同様の演算式 (1) にて算出し記憶している位相 ε_0 とを比較する第 4 ステップと、

第 4 ステップによる比較結果に応じて、前記回転軸の回転速度を変更する第 5 ステップと

を実行することを特徴とする振動抑制方法。

演算式 (1) : 位相 $\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) \}$ の小数部

【請求項 2】

第 4 ステップにおける比較の結果、算出した位相 ε_1 が前回算出した位相 ε_0 よりも小さい場合には、第 5 ステップにおいて、今回算出した位相 ε_1 を位相 ε_0 として更新記憶するとともに、前記回転軸の回転速度を所定の変更量だけ変更する一方、

第 4 ステップにおける比較の結果、算出した位相 ε_1 が前回算出した位相 ε_0 以上である場合には、第 5 ステップにおいて、前記回転軸の回転速度を、位相 ε_0 算出時の回転速度へ変更することを特徴とする請求項 1 に記載の振動抑制方法。

【請求項 3】

工具又はワークを回転させるための回転軸を備えた工作機械において、回転中の前記回転軸にびびり振動が生じると、前記回転軸の回転速度を変更し、前記びびり振動を抑制するための振動抑制装置であって、

回転中の前記回転軸の時間領域の振動を検出する検出手段と、

検出した時間領域の振動にもとづいて、びびり周波数及び該びびり周波数における周波数領域の振動加速度を算出する第 1 演算手段と、

算出した周波数領域の振動加速度が所定の閾値を超えた場合に、下記の演算式 (1) により位相 ε_1 を算出する第 2 演算手段と、

前回振動加速度が所定の閾値を超えた際に、前記第 2 演算手段が位相 ε_1 と同様の演算式 (1) にて算出した位相 ε_0 を記憶する記憶手段と、

前記第 2 演算手段が位相 ε_1 を算出すると、算出した位相 ε_1 と前記記憶手段に記憶されている位相 ε_0 とを比較し、その結果に応じて前記回転軸の回転速度の変更を指令する制御手段と、

前記回転軸の回転速度を制御する回転速度制御手段と

を備えたことを特徴とする振動抑制装置。

演算式 (1) : 位相 $\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) \}$ の小数部

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工具又はワークを回転させながら加工を行う工作機械において、加工中に発生する振動を抑制する方法、及び当該方法を実行可能な振動抑制装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械の振動抑制方法としては、たとえば特許文献 1 に記載の方法が知られている。この振動抑制方法では、加工面の仕上げ精度悪化の原因となる自励振動としての再

10

20

30

40

50

生型びびり振動を抑制するため、工具やワーク等といったびびり振動が生じる系の固有振動数を求め、これを60倍すると共に工具刃数及び所定の整数で除して得た値を安定回転速度とする。そして、当該安定回転速度にて加工を行うことにより、加工中に発生するびびり振動を抑制しようとしている。なお、固有振動数は、工具やワークをインパルス加振することにより得ている。

【0003】

また、特許文献2に記載の振動抑制方法も知られている。この振動抑制方法は、びびり振動が生じる系の加工中のびびり周波数を求め、これを60倍すると共に工具刃数及び所定の整数で除した値を安定回転速度として加工を行うことにより、びびり振動を抑制しようとするものである。なお、加工中のびびり周波数は、工具やワークの近傍に音センサを配置し、回転中に音センサで検出された振動周波数に基づいて得ている。

10

【0004】

【特許文献1】特開2003-340627号公報

【特許文献2】特表2001-517557号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の振動抑制方法では、高価なインパルス装置が必要となる上、この装置を用いた加振には高度な技術を要し、手間がかかる。しかも、加工前に得た固有振動数と加工中に発生するびびり振動数とは必ずしも一致しないため、正確な安定回転速度を得にくいという問題もある。

20

一方、特許文献2に記載の振動抑制方法では、回転音等の分析により得られたびびり周波数と実際に発生しているびびり振動数（固有振動数）とが互いにやや異なった値となるため、やはり正確な安定回転速度を得にくい。このため、本件出願人は、回転中の回転軸の時間領域の振動を検出する検出手段と、その時間領域の振動に基づいてびびり振動数等を算出する演算手段とを設置して、より正確なびびり振動数を求め、更に最適な安定回転速度を得ようとした振動抑制装置（たとえば、特願2007-138166）を考案した。しかしながら、当該振動抑制装置では、検出手段の検出誤差に起因して、演算手段が算出したびびり振動数と実際に発生しているびびり振動数との間に計算誤差が生じ、回転軸を安定回転速度としたにも拘わらず、びびり振動が継続してしまう事態が考えられる。

30

【0006】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みなされたものであって、びびり振動が継続するような場合に、より正確な安定回転速度を得ることができ、びびり振動を確実に抑制することができる振動抑制方法及び装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明のうち請求項1に記載の発明は、工具又はワークを回転させるための回転軸を備えた工作機械において、回転中の前記回転軸にびびり振動が生じると、前記回転軸の回転速度を変更し、前記びびり振動を抑制する振動抑制方法であって、回転中の前記回転軸による時間領域の振動を検出する第1ステップと、検出した時間領域の振動にもとづいて、びびり周波数及び該びびり周波数における周波数領域の振動加速度を算出する第2ステップと、算出した周波数領域の振動加速度が所定の閾値を超えた場合に、下記の演算式（1）により位相 ε_1 を算出する第3ステップと、算出した位相 ε_1 と、前回振動加速度が所定の閾値を超えた際に、位相 ε_1 と同様の演算式（1）にて算出し記憶している位相 ε_0 とを比較する第4ステップと、第4ステップによる比較結果に応じて、前記回転軸の回転速度を変更する第5ステップとを実行することを特徴とするものである。

40

演算式（1）：位相 $\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) \}$ の小数部

尚、請求項1に記載の第1ステップにより検出される「振動」とは、振動加速度、振動による変位、及び振動による音圧等、振動自体は勿論、振動に起因して回転軸に発生し、

50

間接的に振動を検出することができる物理的变化を含むものである。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、第 4 ステップにおける比較の結果、算出した位相 ε_1 が前回算出した位相 ε_0 よりも小さい場合には、第 5 ステップにおいて、今回算出した位相 ε_1 を位相 ε_0 として更新記憶するとともに、前記回転軸の回転速度を所定の変更量だけ変更する一方、第 4 ステップにおける比較の結果、算出した位相 ε_1 が前回算出した位相 ε_0 以上である場合には、第 5 ステップにおいて、前記回転軸の回転速度を、位相 ε_0 算出時の回転速度へ変更することを特徴とするものである。

【 0 0 0 9 】

一方、請求項 3 に記載の発明は、工具又はワークを回転させるための回転軸を備えた工作機械において、回転中の前記回転軸にびびり振動が生じると、前記回転軸の回転速度を変更し、前記びびり振動を抑制するための振動抑制装置であって、回転中の前記回転軸の時間領域の振動を検出する検出手段と、検出した時間領域の振動にもとづいて、びびり周波数及び該びびり周波数における周波数領域の振動加速度を算出する第 1 演算手段と、算出した周波数領域の振動加速度が所定の閾値を超えた場合に、下記の演算式 (1) により位相 ε_1 を算出する第 2 演算手段と、前回振動加速度が所定の閾値を超えた際に、前記第 2 演算手段が位相 ε_1 と同様の演算式 (1) にて算出した位相 ε_0 を記憶する記憶手段と、前記第 2 演算手段が位相 ε_1 を算出すると、算出した位相 ε_1 と前記記憶手段に記憶されている位相 ε_0 とを比較し、その結果に応じて前記回転軸の回転速度の変更を指令する制御手段と、前記回転軸の回転速度を制御する回転速度制御手段とを備えたことを特徴とするものである。

演算式 (1) : 位相 $\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) \}$ の小数部

尚、請求項 3 において検出手段が検出する「振動」も、請求項 1 に記載の「振動」と同様のものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、「びびり振動」が生じた際、当該回転速度における位相 ε_1 を算出し、その位相 ε_1 と前回振動加速度が所定の閾値を超えた際の回転速度における位相 ε_0 とを比較し、その結果に応じて回転軸の回転速度を変更し対応するため、状況に応じた対応が可能となり、「再生型びびり振動」の影響を従来以上に抑制することができる。

特に、現在の回転速度における位相 ε_1 と前回の回転速度における位相 ε_0 とを比較し、位相 ε_1 が位相 ε_0 以上になると、回転速度を前回の回転速度 (すなわち、位相 ε_0 が算出された際の回転速度) に変更することにより、位相値が最小となる回転速度にて加工することが可能となる。したがって、「再生型びびり振動」の発生をより効果的に抑制することができ、ひいては加工面の品位の向上、工具摩耗の抑制等を図ることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の一実施形態となる振動抑制方法及び装置について、図面をもとに説明する。

図 1 は、振動抑制装置 10 のブロック構成説明図である。図 2 は、振動抑制の対象となる回転軸ハウジング 1 を側方から示した説明図であり、図 3 は、回転軸ハウジング 1 を軸方向から示した説明図である。

【 0 0 1 2 】

振動抑制装置 10 は、回転軸ハウジング 1 に C 軸周りで回転可能に備えられた回転軸 3 に発生する「びびり振動」を抑制するためのものであって、回転中の回転軸 3 に生じる時間領域の振動加速度 (時間軸上の振動加速度を意味する) を検出するための振動センサ (検出手段) 2 a ~ 2 c と、振動センサ 2 a ~ 2 c による検出値をもとにして回転軸 3 の回転速度を制御する制御装置 5 とからなる。

【 0 0 1 3 】

振動センサ 2 a ~ 2 c は、図 2 や図 3 に示すように、互いに直角となる方向における時

間領域の振動加速度を検出すべく、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸方向での時間領域の振動加速度を検出可能な状態で、回転軸ハウジング 1 に取り付けられている。

【0014】

また、制御装置 5 は、振動センサ 2 a ~ 2 c により検出された時間領域の振動加速度をもとにフーリエ解析を行う FFT 演算装置 1 1 と、FFT 演算装置 1 1 で算出された値にもとづいて安定回転速度の算出等を行う演算装置 1 2 と、回転軸ハウジング 1 での加工を制御する NC 装置（回転速度制御手段）1 3 と、演算装置 1 2 にて算出された各種数値を記憶する記憶装置 1 4 とを備えている。なお、NC 装置 1 3 は、回転軸 3 の回転速度をモニタリングしている。また、記憶装置 1 4 には、位相 ε_0 の初期値（ $\varepsilon_0 = 1$ ）が記憶されている。

10

【0015】

ここで、上述したような振動抑制装置 1 0 による「びびり振動」の振動抑制方法について、図 7 のフローチャートをもとに説明する。

加工開始当初、制御装置 5 は、図 7 のフローチャートにもとづいて回転軸 3 の回転動作を制御する。

まず、FFT 演算装置 1 1 では、振動センサ 2 a ~ 2 c によって回転軸 3 の回転中に常時検出される時間領域の振動加速度についてフーリエ解析を行い（S 1）、図 4 に示すような最大加速度（周波数領域の振動加速度）及びその周波数 4（びびり周波数）を常時計算している（S 2）。なお、時間領域の振動加速度についてフーリエ解析を行うと、周波数と周波数領域の振動加速度との関係を示す図 4 のような波形が複数パターン取得されるが、ここでは周波数領域の振動加速度が最大となる波形を用いる。

20

【0016】

次に、演算装置 1 2 では、FFT 演算装置 1 1 において算出された周波数領域の振動加速度と予め設定されている所定の閾値とを比較し（S 3）、周波数領域の振動加速度が所定の閾値を超えた場合（例えば、図 4 における周波数 4 での周波数領域の振動加速度が検出された場合）には、回転軸 3 に抑制すべき「びびり振動」が発生しているとして、下記演算式（1）により位相 ε_1 を算出する（S 4）。

【0017】

$$\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) \} \text{の小数部} \cdots (1)$$

ここで、演算式（1）における「工具刃数」は、予め演算装置 1 2 に設定されているものとする。また、演算式（1）における「回転速度」とは、現在の回転速度のことである。さらに、びびり周波数とは、「びびり振動」が発生した場合の周波数 4 のことである。

30

【0018】

そして、算出した位相 ε_1 と記憶装置 1 4 に記憶されている位相 ε_0 とを比較する（S 5）。回転軸 3 の回転開始後、初めて「びびり振動」が検知された場合、位相 ε_0 は初期値である（すなわち $\varepsilon_0 = 1$ である）ため、必ず $\varepsilon_1 < \varepsilon_0$ （S 5 における判断が YES）となる。このように算出した位相 ε_1 が記憶装置 1 4 に記憶されている位相 ε_0 よりも小さい場合、記憶装置 1 4 では、今回算出した位相 ε_1 の値を位相 ε_0 として更新記憶するとともに、NC 装置 1 3 では、回転速度を所定の変更量だけ増加させる（S 26）。尚、この変更量は予め記憶されており、たとえば、加工開始時に設定する回転速度の数%（たとえば 3%）の値とする。

40

【0019】

そして、上述したような回転速度の変更後には S 1 へ戻り、FFT 演算装置 1 1 では、変更後の回転速度にて回転中の回転軸 3 において常時検出される時間領域の振動加速度についてのフーリエ解析及び、最大加速度とその周波数 4（びびり周波数）との計算を継続するとともに、演算装置 1 2 では、FFT 演算装置 1 1 において算出された周波数領域の振動加速度と予め設定されている所定の閾値との比較を行う（S 3）。ここで、再び所定の閾値を超える振動加速度を検出する（S 3 において YES と判断する）と、再度上記演算式（1）により、位相 ε_1 を算出し（S 4）、前回更新された位相 ε_0 と今回算出した位相 ε_1 とを比較する（S 5）とともに、今回算出した位相 ε_1 が前回更新した位相 ε_0

50

よりも小さい場合には、記憶装置 14 における位相 ε_0 の更新（すなわち、今回算出した位相 ε_1 の値への更新）、及び NC 装置 13 における回転速度の増加制御を行う（S6）。そして、この S1～S6 までのステップは、S6 における判断が NO、すなわち位相 ε_1 が位相 ε_0 以上となるまで繰り返す。尚、S6 において回転速度を増加させた結果、「びびり振動」が検知されなくなった場合（すなわち、S3 における判断において YES とならなくなった場合）、加工終了となるまで、その増加させた回転速度を安定回転速度として維持することになる。

【0020】

一方、増加させた回転速度において「びびり振動」が発生し、その際に算出した位相 ε_1 が位相 ε_0 以上となった、すなわち S6 における判断が NO となった場合、NC 装置 13 では、回転速度を前回増加させた変更量だけ減少させる（S7）。つまり、今回算出した位相 ε_1 が記憶装置 14 に記憶されている位相 ε_0 （すなわち、前回算出した位相 ε_1 ）以上であるということは、位相値としては位相 ε_0 が最も小さいということなので、その位相値が最も小さくなる一段階前の回転速度（直前の回転速度）へと回転軸 3 の回転速度を復帰させる。そして、その減少させた回転速度を安定回転速度として、加工終了となるまで当該回転速度を維持する（S28）。

【0021】

ここで、上述したように回転軸 3 の回転速度を増減させる場合と、従来のように一度しか回転速度を変更しない場合との「びびり振動」の抑制結果について、図 5 及び図 6 をもとに検討する。

従来のように「びびり振動」を検知したことをうけて、その検知結果（若しくは従前の実験結果）にもとづき、回転軸 3 の回転速度を、理論値としては理想の回転速度に変更したとしても、振動の検出値の誤差、回転速度の制御誤差等に起因して、びびり周波数（周波数 4）における振動加速度 7 は 1 割程度しか減少しない（図 5）。つまり、回転速度の変更後にも「びびり振動」が断続的に発生する事態が起こり得る。

一方、上述したように「びびり振動」の検知をうけるたびに回転速度を変更し、最終的に位相が最小値となる回転速度を安定回転速度として維持するとした制御を実行した場合、図 6 に示す如く、びびり周波数における振動加速度 7 を 4 割程度も減少させることができることになる。尚、図 5 及び図 6 において、6 は回転速度の変化を、7 はびびり周波数における振動加速度の変化を、8 は位相の変化を夫々示している。

【0022】

上述したような振動抑制装置 10 及び当該振動抑制装置 10 による振動抑制方法によれば、「びびり振動」が生じた際、当該回転速度における位相 ε_1 を算出し、その位相 ε_1 と前回の回転速度における位相 ε_0 とを比較し、その結果に応じて回転軸の回転速度を変更し対応するため、状況に応じた対応が可能となり、「再生型びびり振動」の影響を従来以上に抑制することができる。

特に、現在の回転速度における位相 ε_1 と前回の回転速度における位相 ε_0 とを比較し、位相 ε_1 が位相 ε_0 以上になると、回転速度を前回の回転速度（すなわち、位相 ε_0 が算出された際の回転速度）に変更することにより、位相値が最小となる回転速度にて加工することが可能となる。したがって、「再生型びびり振動」の発生をより効果的に抑制することができ、ひいては加工面の品位の向上、工具摩耗の抑制等を図ることができる。

【0023】

なお、本発明の振動抑制方法及び装置に係る構成は、上記実施形態に記載の態様に何ら限定されるものではなく、びびり周波数の検出や振動抑制の制御に係る構成を、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、必要に応じて適宜変更することができる。

【0024】

たとえば、上記実施形態では、算出する位相 ε_1 の値に応じて回転軸 3 の回転速度を変化させる構成としているが、この際の回転速度の変化率は、予め設定した回転速度の大小や工具刃数、動特性等に応じて変更した方がよい。つまり、回転速度が低速の場合は、 10 min^{-1} 程度の変化量でも効果がある一方、回転速度が高速になればなるほど、安

10

20

30

40

50

定 / 不安定域が広範囲になるため、回転速度の 20 ~ 30 % 程度変化させなければ振動抑制効果を十分に得られないこともあるため、上記条件に応じて適宜変更した方がよい。

【0025】

また、上記実施形態では、算出した位相 ε_1 が位相 ε_0 を超えなかった場合、回転速度を増加させるとしているが、当初設定した回転速度や種々の条件によっては、S6における判断がYESであった場合に、回転速度を所定の変更量だけ減少させるようにしてもよい。この制御に際しては、最終的に位相 ε_1 が位相 ε_0 以上になると、回転速度を所定の変更量だけ増加させて、当該回転速度を安定回転速度として維持することになる。

【0026】

さらに、背景技術の文献等にも記載されているように位相が 2π であるところが、「再生型びびり振動」の最も小さくなる回転速度となるものの、理論式を導く過程には計算誤差が含まれてしまうため、位相が 2π の回転速度を求めたところで、その値が必ずしも安定回転速度にはならない。したがって、演算式(1)の代わりに下記演算式(2)を用い、位相を補正して計算することで、より最適な安定回転速度を求めることも可能となる。

$$\varepsilon_1 = \{ 60 \times \text{びびり周波数} / (\text{工具刃数} \times \text{回転速度}) + A \} \text{の小数部} \cdots (2)$$

ここで、演算式(2)におけるAとは所定の定数であって、0に近い値(たとえば、0.1)を用いる。

【0027】

さらにまた、上記実施形態では、時間領域の振動加速度のフーリエ解析により複数パターン取得される波形のうち周波数領域の振動加速度が最大となる波形を用いて振動抑制の制御を行うようにしているが、周波数領域の振動加速度の値が上位となる複数(たとえば3つ)の波形を用いて予想安定回転速度を算出するようにして、「びびり振動」の抑制効果の更なる向上を図ってもよい。

また、上記実施形態では、検出手段を振動センサとしているが、これに代えて、振動による回転軸の変位や音圧を検出可能な検出手段を採用することも可能である。さらにまた、振動センサを用いる場合であっても、上記実施形態の如く回転する側(すなわち回転軸)の振動を検出するのではなく、回転しない側の振動を検出して、予想安定回転速度を求めるようにしてもよい。

加えて、本発明に係る振動抑制装置は、工具を回転させて加工するマシニングセンタに限らず、ワークを回転させる旋盤等の工作機械の振動を抑制することも可能であるし、検出手段の設置位置や個数等を、工作機械の種類、大きさに応じて適宜変更可能であることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】振動抑制装置のブロック構成説明図である。

【図2】回転軸ハウジングを側方から示した説明図である。

【図3】回転軸ハウジングを軸方向から示した説明図である。

【図4】時間領域の振動加速度のフーリエ解析結果の一例を示した説明図である。

【図5】従来の振動抑制制御におけるびびり周波数における振動加速度の変化を示した説明図である。

【図6】本実施例の振動抑制制御におけるびびり周波数における振動加速度の変化を示した説明図である。

【図7】本実施例の振動抑制制御に係るフローチャート図である。

【符号の説明】

【0029】

1・・・回転軸ハウジング、2a、2b、2c・・・振動センサ、3・・・回転軸、5・・・制御装置、10・・・振動抑制装置、11・・・FFT演算装置、12・・・演算装置、13・・・NC装置、14・・・記憶装置。

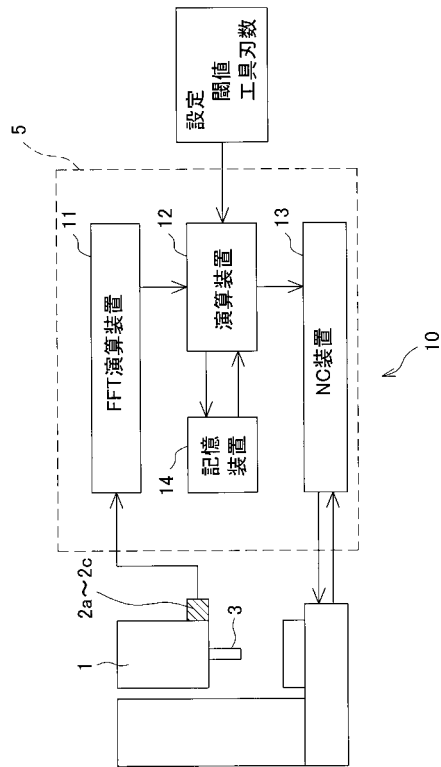
10

20

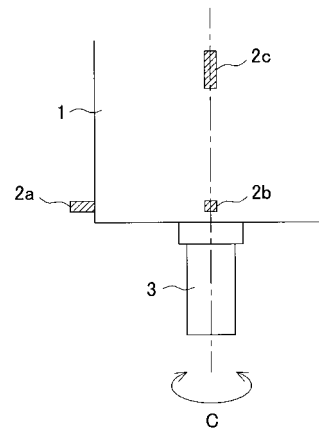
30

40

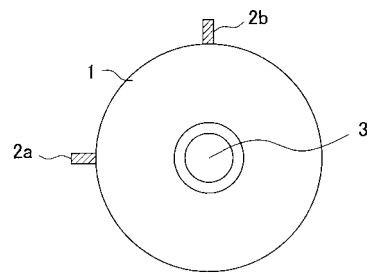
【図 1】



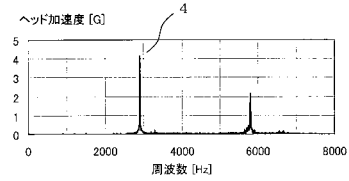
【図 2】



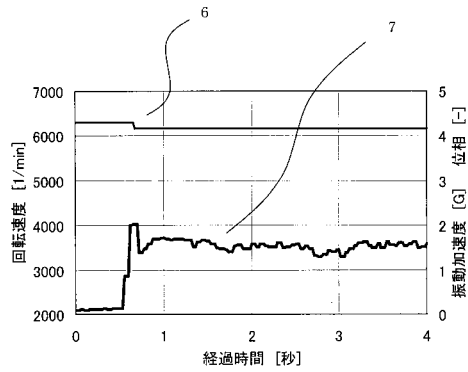
【図 3】



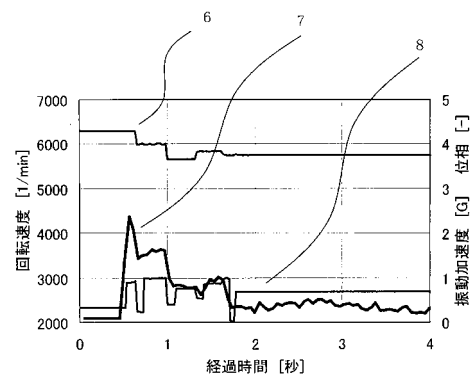
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【 図 7 】

