

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6718107号  
(P6718107)

(45) 発行日 令和2年7月8日(2020.7.8)

(24) 登録日 令和2年6月16日(2020.6.16)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO 1 H</b>	<b>17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 H</b>	<b>17/00</b>	<b>Z</b>
<b>B 2 3 Q</b>	<b>17/09</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 3 Q</b>	<b>17/09</b>	<b>A</b>
<b>GO 1 M</b>	<b>99/00</b>	<b>(2011.01)</b>	<b>GO 1 M</b>	<b>99/00</b>	<b>A</b>

請求項の数 4 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-203922 (P2016-203922)</p> <p>(22) 出願日 平成28年9月28日 (2016.9.28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2018-54587 (P2018-54587A)</p> <p>(43) 公開日 平成30年4月5日 (2018.4.5)</p> <p>審査請求日 令和1年8月7日 (2019.8.7)</p>	<p>(73) 特許権者 000102865 エヌティーエンジニアリング株式会社 愛知県高浜市芳川町3丁目3番地2 1</p> <p>(72) 発明者 駒井 保宏 愛知県高浜市芳川町3丁目3番地2 1 エ ヌティーエンジニアリング株式会社内</p> <p>審査官 福田 裕司</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業機械の振動監視方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械加工時に検出される加工振動を、フーリエ級数展開により周波数と加速度とからなる周波数スペクトルに展開する作業機械の振動監視方法であって、

加工工具の回転数及び刃数から算出された工具通過周波数でのピーク加速度である T P F ピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記工具通過周波数のピークしきい値である T P F しきい値と比較され、前記 T P F ピークが前記 T P F しきい値を越えた回数を、T P F しきい値越え積算表示部に表示させる工程と、

前記工具通過周波数の整数倍の高調波周波数でのピーク加速度である高調波 T P F ピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記高調波周波数のピークしきい値である高調波 T P F しきい値と比較され、前記高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を、高調波 T P F しきい値越え積算表示部に表示させる工程と、

T P F しきい値越え回数と高調波 T P F しきい値越え回数とを比較して変化表示部に表示させる工程と、

を有することを特徴とする作業機械の振動監視方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の振動監視方法であって、前記高調波 T P F しきい値越え積算表示部は、少なくとも、前記工具通過周波数の 2 倍の高調波周波数での第 1 高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を表示させる第 1 高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、

前記工具通過周波数の3倍の高調波周波数での第2高調波T P Fピークが前記高調波T P Fしきい値を越えた回数を表示させる第2高調波T P Fしきい値越え積算表示部と、  
を有し、

前記変化表示部は、前記T P Fしきい値越え回数と、少なくとも第1高調波T P Fしきい値越え回数及び第2高調波T P Fしきい値越え回数の和とを比較して表示させることを特徴とする作業機械の振動監視方法。

【請求項3】

機械加工時に検出される加工振動を、フーリエ級数展開により周波数と加速度とからなる周波数スペクトルに展開する作業機械の振動監視システムであって、

加工工具の回転数及び刃数から算出された工具通過周波数でのピーク加速度であるT P Fピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記工具通過周波数のピークしきい値であるT P Fしきい値と比較され、前記T P Fピークが前記T P Fしきい値を越えた回数を表示させるT P Fしきい値越え積算表示部と、

前記工具通過周波数の整数倍の高調波周波数でのピーク加速度である高調波T P Fピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記高調波周波数のピークしきい値である高調波T P Fしきい値と比較され、前記高調波T P Fピークが前記高調波T P Fしきい値を越えた回数を表示させる高調波T P Fしきい値越え積算表示部と、

T P Fしきい値越え回数と高調波T P Fしきい値越え回数とを比較して表示させる変化表示部と、

を備えることを特徴とする作業機械の振動監視システム。

【請求項4】

請求項3記載の振動監視システムであって、前記高調波T P Fしきい値越え積算表示部は、少なくとも、前記工具通過周波数の2倍の高調波周波数での第1高調波T P Fピークが前記高調波T P Fしきい値を越えた回数を表示させる第1高調波T P Fしきい値越え積算表示部と、

前記工具通過周波数の3倍の高調波周波数での第2高調波T P Fピークが前記高調波T P Fしきい値を越えた回数を表示させる第2高調波T P Fしきい値越え積算表示部と、

を備え、

前記変化表示部は、前記T P Fしきい値越え回数と、少なくとも第1高調波T P Fしきい値越え回数及び第2高調波T P Fしきい値越え回数の和とを比較して表示させることを特徴とする作業機械の振動監視システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工工具又はワークが回転することにより、前記加工工具を介して前記ワークに加工処理を施す際、前記加工工具による振動状態を監視するための作業機械の振動監視方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、加工工具を介してワークに加工処理を施すために、各種の工作機械が使用されている。例えば、ボーリング加工は、中ぐり用カッタ（刃先）が設けられたボーリングツールを工作機械の回転主軸（スピンドル）に取り付け、前記ボーリングツールを高速で回転させながら下穴に沿って順次繰り出すことにより、その刃先加工径で所定の位置に高精度な孔部を加工するものである。

【0003】

この種の作業機械では、高精度な加工を行うために、加工状態の良否を判断する必要がある。従来より、加工状態の良否は、加工音、すなわち、良好な切削加工音であるか否かにより判断することが行われている。また、音と振動とは、同源であり、加工の振動の特性を検出することにより、加工状態の良否を判断することができる。

【0004】

10

20

30

40

50

例えば、特許文献 1 に開示されている加工状態監視方法は、ワークの加工が正常状態であるか否かを判断する正常状態判断工程と、びびり振動が発生しているか否かを判断するびびり振動判断工程と、前記正常状態でなく且つ前記びびり振動が発生していないと判断された際、該正常状態から前記びびり振動に移行する予兆期であると判断する予兆期判断工程と、前記予兆期であると判断された際、該予兆期の加工状態を監視するとともに、該予兆期の加工状態を画面表示する予兆期監視工程と、を有している。このため、予兆期の加工状態から特徴的な情報を得ることにより、びびり振動が発生する前に迅速且つ有効に対応することができる、としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】 特開 2016 - 083759 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記の技術的思想に関連してなされたものであり、簡単な工程及び構成で、加工状態の良否判断を高精度且つ効率的に遂行可能な作業機械の振動監視方法及びシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、機械主軸の空転時の振動をしきい値に設定し、前記機械主軸の加工時に検出される加工振動を、フーリエ級数展開により周波数と加速度とからなる周波数スペクトルに展開する作業機械の振動監視方法及びシステムに関するものである。

【0008】

この振動監視方法は、加工工具の回転数及び刃数から算出された工具通過周波数でのピーク加速度である T P F ピークが、周波数スペクトルに予め設定された前記工具通過周波数のピークしきい値である T P F しきい値と比較され、前記 T P F ピークが前記 T P F しきい値を越えた回数を、T P F しきい値越え積算表示部に表示させる工程と、前記工具通過周波数の整数倍の高調波周波数でのピーク加速度である高調波 T P F ピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記高調波周波数のピークしきい値である高調波 T P F しきい値と比較され、前記高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を、高調波 T P F しきい値越え積算表示部に表示させる工程と、T P F しきい値越え回数と高調波 T P F しきい値越え回数とを比較して変化表示部に表示させる工程と、を有している。

【0009】

また、この振動監視方法では、高調波 T P F しきい値越え積算表示部は、少なくとも、工具通過周波数の 2 倍の高調波周波数での第 1 高調波 T P F ピークが高調波 T P F しきい値を越えた回数を表示させる第 1 高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、前記工具通過周波数の 3 倍の高調波周波数での第 2 高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を表示させる第 2 高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、を有し、前記変化表示部は、前記 T P F しきい値越え回数と、少なくとも第 1 高調波 T P F しきい値越え回数及び第 2 高調波 T P F しきい値越え回数の和とを比較して表示させることが好ましい。

【0010】

さらに、この振動監視システムは、加工工具の回転数及び刃数から算出された工具通過周波数でのピーク加速度である T P F ピークが、周波数スペクトルに予め設定された前記工具通過周波数のピークしきい値である T P F しきい値と比較され、前記 T P F ピークが前記 T P F しきい値を越えた回数を表示させる T P F しきい値越え積算表示部と、前記工具通過周波数の整数倍の高調波周波数でのピーク加速度である高調波 T P F ピークが、前記周波数スペクトルに予め設定された前記高調波周波数のピークしきい値である高調波 T P F しきい値と比較され、前記高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた

10

20

30

40

50

回数を表示させる高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、T P F しきい値越え回数と高調波 T P F しきい値越え回数とを比較して表示させる変化表示部と、を備えている。

【 0 0 1 1 】

さらに、この振動監視システムでは、高調波 T P F しきい値越え積算表示部は、少なくとも、工具通過周波数の 2 倍の高調波周波数での第 1 高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を表示させる第 1 高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、前記工具通過周波数の 3 倍の高調波周波数での第 2 高調波 T P F ピークが前記高調波 T P F しきい値を越えた回数を表示させる第 2 高調波 T P F しきい値越え積算表示部と、を備え、前記変化表示部は、前記 T P F しきい値越え回数と、少なくとも第 1 高調波 T P F しきい値越え回数及び第 2 高調波 T P F しきい値越え回数の和とを比較して表示させることが好ましい。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る振動監視方法及びシステムでは、加工工具を介してワークに加工処理を施す際、工具通過周波数 ( T P F ) でのピーク発生回数と高調波周波数でのピーク発生回数との相関関係を見ることができる。良好な加工状態では、相対的に工具通過周波数でのピーク発生回数が顕著になる一方、不良な加工状態では、前記工具通過周波数と共に高調波周波数でのピーク発生回数が増加する。このため、両者の関係の変化から、加工状態の良否判断が高精度且つ効率的に遂行可能になる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 3 】

【図 1】 本発明の実施形態に係る作業機械の振動監視システムが適用される作業機械の概略説明図である。

【図 2】 前記振動監視システムを構成するコントローラの説明図である。

【図 3】 前記振動監視システムを構成する表示ユニットの構成説明図である。

【図 4】 前記表示ユニットを構成する周波数スペクトル表示部に表示される良好な加工振動の説明図である。

【図 5】 図 4 に示す加工振動をフーリエ変換して得られたスペクトルの説明図である。

【図 6】 前記周波数スペクトル表示部に表示される不良な加工振動の説明図である。

【図 7】 図 6 に示す加工振動をフーリエ変換して得られたスペクトルの説明図である。

30

【図 8】 良好な加工状態における累積比較値の経時変化を表示する説明図である。

【図 9】 不良な加工状態における累積比較値の経時変化を表示する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

図 1 に示すように、本発明の実施形態に係る作業機械の加工状態監視システム ( 振動監視システム ) 1 0 は、工作機械 1 2 に適用される。工作機械 1 2 は、後述する加速度センサ 2 6 やマイクロフォン 2 8 並びにコントローラ 3 0 を機能的にまとめたシステムの作業機械に適用される。

【 0 0 1 5 】

工作機械 1 2 は、ハウジング 1 4 内にベアリング 1 6 を介して回転可能に設けられるスピンドル ( 主軸 ) 1 8 と、前記スピンドル 1 8 に着脱自在なツールホルダ ( 加工工具 ) 2 0 とを備える。ツールホルダ 2 0 の先端には、カッタ 2 2 が装着されている。作業テーブル 2 4 上には、ワーク W が載置されている。

40

【 0 0 1 6 】

加工状態監視システム 1 0 は、カッタ 2 2 による加工が開始される際に発生する振動を検出するために、ハウジング 1 4 の側部に装着される加速度センサ 2 6 又は音波により振動音を取得するマイクロフォン 2 8 の少なくとも一方を備える。加速度センサ 2 6 及び ( 又は ) マイクロフォン 2 8 は、コントローラ 3 0 に接続されるとともに、前記コントローラ 3 0 は、機械制御盤 3 2 に接続される。機械制御盤 3 2 は、工作機械 1 2 を制御するものであり、制御操作盤 3 4 に接続される。

50

## 【 0 0 1 7 】

図2に示すように、コントローラ30は、加速度センサ26及び(又は)マイクロフォン28により検出された機械的振動(加工振動)をアンプ及びフィルタ回路36により増幅して取り込む演算ユニット(演算機構)38を備える。

## 【 0 0 1 8 】

演算ユニット38には、スピンドル18の回転数、カッタ22の刃数及び固有振動数等を入力する入力設定ユニット(入力設定部)40が接続される。入力設定ユニット40では、監視や識別判定のためのしきい値や、しきい値越えの振動が発生した際の信号の処理手順等が設定可能である。入力設定ユニット40には、必要に応じてリピートカウンタ(回路)42が設けられる。

10

## 【 0 0 1 9 】

演算ユニット38には、加工状態判断ユニット44と、後述する演算判断処理した信号を出力するための入出力ユニット46とが接続される。演算ユニット38には、演算結果や検出結果等を画面表示する表示ユニット48が接続される。演算ユニット38から加工状態判断ユニット44には、更新されたデータが、例えば、毎秒送られる。

## 【 0 0 2 0 】

図3に示すように、表示ユニット48は、周波数スペクトル表示部52、しきい値越え積算表示部56及び変化表示部58を備える。周波数スペクトル表示部52では、帯域別や指定周波数別にしきい値が設定可能であり、設定しきい値を越える振動が発生した際には、しきい値越えとしてカウントし、カウント数がしきい値越え積算表示部56に累積表示される。しきい値越え積算表示部56には、予め設定された帯域別や指定周波数別のしきい値越えカウントアップ信号に連動した複数の種別表示窓である第1表示欄(TPFしきい値越え積算表示部)56a、第2表示欄(高調波TPFしきい値越え積算表示部)56b、第3表示欄(高調波TPFしきい値越え積算表示部)56c、第4表示欄(高調波TPFしきい値越え積算表示部)56d及び第5表示欄56eが設定される。変化表示部58では、指定されたしきい値越え積算表示部56の種別表示窓に累積された値同士の間の経時変化が表示される。

20

## 【 0 0 2 1 】

このように構成される加工状態監視システム10による振動監視方法について、以下に説明する。

30

## 【 0 0 2 2 】

図1に示すように、工作機械12では、先端にカッタ22が装着されたツールホルダ20を取り付けたスピンドル18が回転駆動されるとともに、ワークWの下穴Waに沿って繰り出される。そして、ツールホルダ20がワークWの下穴Wa側に相対的に移動する。このため、ツールホルダ20と一体にカッタ22が回転し、前記カッタ22を介してワークWの内壁面に加工が施される。

## 【 0 0 2 3 】

コントローラ30では、機械加工を開始する前に、スピンドル18の空転時の振動を加速度センサ26及び(又は)マイクロフォン28により取得し、この値を無負荷状態の振動量として以降に取得される振動レベルの設定しきい値とする。そして、スピンドル18により加工が開始され、加工振動がアンプ及びフィルタ回路36を介して演算ユニット38に取り込まれる。演算ユニット38では、加工振動がフーリエ変換(フーリエ級数展開)による演算解析が行われる。具体的には、時間振動 $f(t)$ は、

40

## 【 0 0 2 4 】

$f(t) = (a_j \cos 2 J t + b_j \sin 2 J t)$ で表される。なお、 $a_j$ は、周波数 $J$ の余弦調和成分フーリエ係数であり、 $b_j$ は、周波数 $J$ の正弦調和成分フーリエ係数である。

## 【 0 0 2 5 】

そして、周波数 $J$ に対するフーリエ係数は、 $a_j = 1 / 2 T \int_0^T f(t) \cos(2 J t) dt$ 、及び $b_j = 1 / 2 T \int_0^T f(t) \sin(2 J t) dt$ に基づいて、フーリエ

50

級数展開を行う。なお、積分区間は、 $0 \sim T$ であり、この積分区間 $T$ は、周期 $1/J$ の整数倍とする。ここで、実際に加工による振動周波数、例えば、 $10\text{ Hz} \sim 10,000\text{ Hz}$ が取得される。

【0026】

図3に示すように、表示ユニット48には、周波数スペクトル表示部52が設けられている。周波数スペクトル表示部52では、フーリエ解析により演算された周波数 $\text{Hz}$ を横軸に、加速度（振動の強さ） $G$ を縦軸にした周波数スペクトルが表示される。

【0027】

周波数スペクトル表示部52には、種々の加工振動が表示される。例えば、図4には、良好な加工状態の加工振動が示されている一方、図6には、加工が荒れている状態（不良な加工状態）の加工振動が示されている。以下に、具体的に説明する。

10

【0028】

図4に示す加工振動は、ワーク $W$ として鉄系部材を使用し、2刃のカッタ22により、 $3800\text{ RPM}$ の主軸回転速度で加工を行った時に発生したものである。図5は、図4に示す加工振動量を時間経過軸（縦軸に加速度 $G$ 、横軸に測定開始からの経過秒数）で表しており、これをフーリエ変換して周波数別のスペクトル（横軸に周波数 $\text{Hz}$ 、縦軸に加速度 $G$ ）で表している。

【0029】

ここで、加工刃先がワーク $W$ に当接する工具通過周波数（Tool - Passing - Frequency）は、（主軸の回転数 $\text{RPM} / 60$ ） $\times$ 刃数から得られる。図5に示すように、工具通過周波数は、 $127\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF1}$ という）である。さらに、 $\text{TPF1}$ の2倍（整数倍）の高調波周波数は、 $253\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF2}$ という）とし、前記 $\text{TPF1}$ の3倍（整数倍）の高調波周波数は、 $380\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF3}$ という）とし、前記 $\text{TPF1}$ の4倍（整数倍）の高調波周波数は、 $507\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF4}$ という）とする。なお、必要に応じて、 $\text{TPF1}$ の5倍（整数倍）以上の高調波周波数（ $\text{TPFn}$ ）を設定してもよい。

20

【0030】

$\text{TPF1}$ 、 $\text{TPF2}$ 、 $\text{TPF3}$ 及び $\text{TPF4}$ には、それぞれピーク加速度（振動強さ）である $\text{TPF1}$ ピーク、 $\text{TPF2}$ ピーク、 $\text{TPF3}$ ピーク及び $\text{TPF4}$ ピークが発生している。その際、 $\text{TPF1}$ ピークの大きさに比べて、その高調波周波数である他の $\text{TPF2}$ ピーク、 $\text{TPF3}$ ピーク及び $\text{TPF4}$ ピークが相当に小さな値になっている。さらに、 $\text{TPF1}$ ピーク～ $\text{TPF4}$ ピーク以外の他の周波数では、大きなピーク加速度が発生していない。

30

【0031】

すなわち、加工振動の周波数スペクトルを観察すると、工具通過周波数（ $\text{TPF1}$ ）でのピーク加速度（ $\text{TPF1}$ ピーク）だけが顕著に出現しており、他に大きな振動周波数が存在しない状態である。このような状態で行われている加工は、良好であり、加工（切削）の加工音は、快削音を示して良好な加工面が得られている。

【0032】

一方、図6に示す加工振動は、ワーク $W$ として鉄系部材を使用し、2刃のカッタ22により、 $3060\text{ RPM}$ の主軸回転速度で加工を行った時に発生したものである。図7は、図6に示す加工振動量を時間経過軸（縦軸に加速度 $G$ 、横軸に測定開始からの経過秒数）で表しており、これをフーリエ変換して周波数別のスペクトル（横軸に周波数 $\text{Hz}$ 、縦軸に加速度 $G$ ）で表している。

40

【0033】

ここで、工具通過周波数（ $\text{TPF}$ ）は、 $102\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF1}$ という）である。さらに、 $\text{TPF1}$ の2倍（整数倍）の高調波周波数は、 $204\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF2}$ という）とし、前記 $\text{TPF1}$ の3倍（整数倍）の高調波周波数は、 $306\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF3}$ という）とし、前記 $\text{TPF1}$ の4倍（整数倍）の高調波周波数は、 $408\text{ Hz}$ （以下、 $\text{TPF4}$ という）とする。なお、必要に応じて、 $\text{TPF1}$ の5倍（整数倍）以上の高調波

50

周波数 ( T P F n ) を設定してもよい。

【 0 0 3 4 】

そして、 T P F 1 のピーク加速度である T P F 1 ピークの大きさに対する、 T P F 2、 T P F 3 及び T P F 4 のそれぞれのピーク加速度である T P F 2 ピーク、 T P F 3 ピーク及び T P F 4 ピークの大きさを比較する。その際、 T P F 1 ピークの大きさに比べて、その高調波周波数である他の T P F 2 ピーク、 T P F 3 ピーク及び T P F 4 ピークの大きさが同様の値になっている。このような状態で行われる加工は、加工振動音が大きくなり、加工音の周波数は、 T P F 1 の音の他、 T P F 2、 T P F 3 及び T P F 4 の音が混在するとともに、さらに励起した T P F 周波数以外の低周波の音も同時に混在している。従って、振動音量が大きな雑多な加工音として聞こえてしまい、快削性を感じさせるものではなく、しかも加工面も荒れた状態になってしまう。

10

【 0 0 3 5 】

上記のように、加工状態監視システム 1 0 において、加工状態の良否を判断するために、加工における工具通過周波数 ( T P F ) のピーク加速度とその高調波周波数のピーク加速度を常時監視し、 T P F 1 ピークの振動量に対して、 T P F 2 ~ T P F n ( n = 3 以上の整数 ) の振動量の変化を比較している。以下に、その詳細を説明する。

【 0 0 3 6 】

図 1 に示すように、加速度センサ 2 6 及び ( 又は ) マイクロフォン 2 8 により取得された加工振動は、アンプ及びフィルタ回路 3 6 を介して演算ユニット 3 8 に送られる。図 2 に示すように、演算ユニット 3 8 では、加工振動がフーリエ変換 ( フーリエ級数展開 ) による演算解析が行われ、その値は、周波数スペクトル表示部 5 2 に表示されるとともに、その表示は、一定時間毎 ( 通常、 1 秒間毎 ) に更新される。一方、入力設定ユニット 4 0 において、スピンドル 1 8 の回転数、カッタ 2 2 の刃数及び固有振動数等の情報が入力されている。この入力情報により、周波数スペクトルの振動情報は、各々 T P F 1、 T P F 2、 T P F 3 ... T P F n 等に区別できるようになっている。

20

【 0 0 3 7 】

図 3 に示すように、周波数スペクトル表示部 5 2 に表示される振動強さ ( ピーク加速度 ) が、その周波数の種類によって設定されたしきい値を越えた場合、しきい値越えのカウントアップ値として、しきい値越え積算表示部 5 6 の種別表示窓に送られる。また、周波数スペクトル表示部 5 2 で検出されたカウントアップ値を、そのまましきい値越え積算表示部 5 6 の種別表示窓に積算表示させる前に、別途設けられたリピートカウンタ 4 2 を介して、例えば、 T P F 1 のしきい値越えのカウントアップ信号が複数回だされた際に、しきい値越え積算表示部 5 6 の種別表示窓に積算表示させることもできる。この場合のリピートカウンタのカウント数の設置は、入力設定ユニット 4 0 の設定画面で行われる。

30

【 0 0 3 8 】

しきい値越え積算表示部 5 6 では、例えば、カッタ 2 2 による加工時に発生する振動の周波数スペクトルにおいて、 T P F 1 の振動 ( T P F 1 ピーク ) が、周波数スペクトル表示部 5 2 に設定されたしきい値を越えると、そのしきい値越えのカウントアップ値が、前記しきい値越え積算表示部 5 6 の第 1 表示欄 5 6 a に送られる。第 1 表示欄 5 6 a には、 T P F 1 のカウントアップ値が累積して表示される。従って、しきい値越え積算表示部 5 6 の第 1 表示欄 5 6 a に表示されるグラフは、 T P F 1 のしきい値越えのカウントアップ値が送られる度に累積加算される。

40

【 0 0 3 9 】

同様に、加工振動の周波数スペクトルにおいて、高調波周波数の T P F 2 の振動 ( T P F 2 ピーク ) が、周波数スペクトル表示部 5 2 に設定されたしきい値を越えると、そのしきい値越えのカウントアップ値が、前記しきい値越え積算表示部 5 6 の第 2 表示欄 5 6 b に送られる。第 2 表示欄 5 6 b には、 T P F 2 のカウントアップ値が累積して表示される。従って、しきい値越え積算表示部 5 6 の第 2 表示欄 5 6 b に表示されるグラフは、 T P F 2 のしきい値越えのカウントアップ値が送られる度に累積加算される。

【 0 0 4 0 】

50

さらに、高調波周波数の T P F 3 の振動 ( T P F 3 ピーク ) が、周波数スペクトル表示部 5 2 に設定されたしきい値を越えると、そのしきい値越えのカウントアップ値が、前記しきい値越え積算表示部 5 6 の第 3 表示欄 5 6 c に送られる。一方、高調波周波数の T P F 4 の振動 ( T P F 4 ピーク ) が、周波数スペクトル表示部 5 2 に設定されたしきい値を越えると、そのしきい値越えのカウントアップ値が、前記しきい値越え積算表示部 5 6 の第 4 表示欄 5 6 d に送られる。さらにまた、 T P F 1 ~ T P F 4 以外の T P F 高調波周波数の振動は、周波数スペクトル表示部 5 2 に設定されたしきい値を越えると、そのしきい値越えのカウントアップ値が、前記しきい値越え積算表示部 5 6 の第 5 表示欄 5 6 e にまとめて表示される。

#### 【 0 0 4 1 】

変化表示部 5 8 では、周波数スペクトル表示部 5 2 の第 1 表示欄 5 6 a ~ 第 4 表示欄 5 6 d ( 必要に応じて第 5 表示欄 5 6 e も含む ) の累積カウントアップ値を比較し、経時表示する。その際、比較するパラメータは、別途の設定画面により選択することができる。具体的には、変化表示部 5 8 には、累積された T P F 1 のカウントアップ値 ( T P F しきい値越え回数 ) に対し、累積された T P F 2、 T P F 3 及び T P F 4 ( さらに必要であれば T P F n ) の各カウントアップ値 ( 高調波 T P F しきい値越え回数 ) の和の値を経時的に比較する。すなわち、 ( T P F 2 のカウントアップ値 + T P F 3 のカウントアップ値 + T P F 4 のカウントアップ値 + T P F n のカウントアップ値 ) / T P F 1 のカウントアップ値 = 比較値である。

#### 【 0 0 4 2 】

図 8 に示す変化表示部 5 8 には、 T P F 1 の累積されたカウントアップ値に対し、累積された T P F 2、 T P F 3 及び T P F 4 ( さらに必要であれば T P F n ) の各カウントアップ値の和の累積値が低い場合が表示されている。その比較値は、 1 以下であり、加工状態が快削な状態であることが検知される。一方、図 9 に示す変化表示部 5 8 には、 T P F 1 の累積されたカウントアップ値に対し、累積された T P F 2、 T P F 3 及び T P F 4 ( さらに必要であれば T P F n ) の各カウントアップ値の和の累積値が高い場合が表示されている。その比較値は、 2 . 5 以上であり、加工状態が快削な状態でないことが検知される。

#### 【 0 0 4 3 】

すなわち、加工振動の周波数スペクトルから、工具通過周波数とその高調波周波数におけるしきい値越えをする顕著な特定信号だけを取り出し、その特定信号の発生状況を比較することで、その加工が良好であるか否かを、数値とグラフで表示させることができる。なお、しきい値越え積算表示部 5 6 の種別表示窓の累積値に対し、何と何とを比較するかの選択は、任意である。

#### 【 0 0 4 4 】

この場合、本実施形態では、カッタ 2 2 を介してワーク W に加工処理を施す際、工具通過周波数 ( T P F 1 ) でのピーク発生回数と高調波周波数 ( T P F 2 ~ ) でのピーク発生回数との相関関係を見ることができる。そして、良好な加工状態では、相対的に工具通過周波数でのピーク発生回数が顕著になる一方、不良な加工状態では、前記工具通過周波数と共に高調波周波数でのピーク発生回数が増加する。このため、両者の関係の変化から、加工状態の良否判断を高精度且つ効率的に遂行可能になるという効果が得られる。

#### 【 0 0 4 5 】

また、変化表示部 5 8 には、工具通過周波数 ( T P F 1 ) でのピーク発生回数と、複数の高調波周波数 ( T P F 2 ~ ) でのピーク発生回数の和との比の変化を判定するためのしきい値が設定され、比較した状態の判定信号が出力されている。例えば、比較値が 1 以下の場合には、快削性を示す ( 良好な加工状態 ) として O K 信号が出力される。さらに、比較値が 1 を超える場合には、出力信号は、 + O K 信号となり、予兆状態にあることを示一方、比較値が 2 . 5 を超える場合には、 N G 信号が出力され、非快削状態 ( 不良な加工状態 ) にあることが出力される。

#### 【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50



しかも、加工振動の周波数スペクトルに含まれる T P F 1 での振動と高調波周波数 ( T P F 2 ~ ) での振動との関係を監視することにより、時々加工状態の判断が有効に行われる他、自動加工が行われる際には、比較値を監視することにより、快削な加工が遂行されているか否かの判断を自動化することができる。

【 0 0 4 7 】

ここで、変化表示部 5 8 に表示される累積比較値が、工具刃先の摩耗と関連する場合には、比較値信号の出力を工具交換の信号として利用することが可能である。例えば、加工刃先が鋭利且つ鋭角な場合は、累積比較値の変化が小さいものの、加工が進んで刃先の摩耗が進行すると、該累積比較値の変化が大きくなる。このため、刃先交換の時期を判断するために、累積比較値を用いることにより、効果的な刃先交換処理が遂行可能になる。

10

【 0 0 4 8 】

さらにまた、例えば、加工中に刃先にチップングが発生したり、ワーク W の加工取り代が不要に大きく変わる等、加工の負荷が加工中に変動する場合は、工具通過周波数でのピーク発生回数に比べて、高調波周波数 ( T P F 2 ~ ) でのピーク発生回数が増加する傾向がある。従って、変化表示部 5 8 に表示される累積比較値を、加工状態の監視機能として使用することができる。

【 0 0 4 9 】

また、図 4 と図 6 では、回転数の違いによる加工 ( 切削 ) の振動状態の相違を示したが、切削する回転数を変更しながら最適の回転数を検索する場合、いずれの回転数が快削性を示すかを判断する手段として使用することができる。具体的には、比較値が小さくなった回転数を、良好な加工条件であると判断することに利用することが可能である。

20

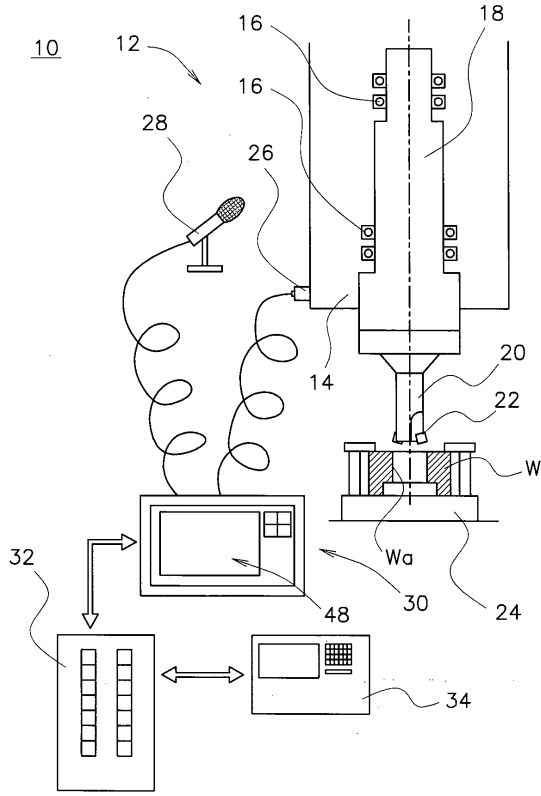
【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

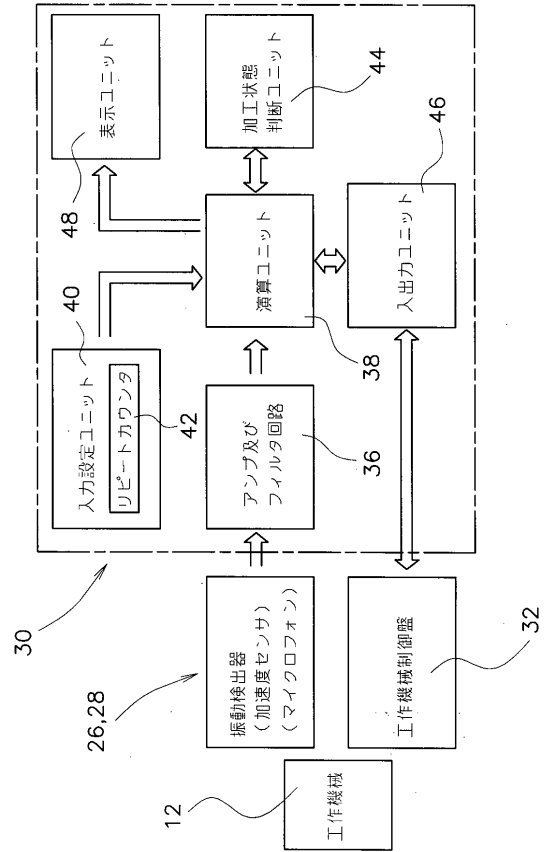
1 0 ... 加工状態監視システム	1 2 ... 工作機械
1 4 ... ハウジング	1 8 ... スピンドル
2 0 ... ツールホルダ	2 2 ... カッタ
2 6 ... 加速度センサ	2 8 ... マイクロフォン
3 0 ... コントローラ	3 2 ... 機械制御盤
3 4 ... 制御操作盤	3 8 ... 演算ユニット
4 0 ... 入力設定ユニット	4 4 ... 加工状態判断ユニット
4 6 ... 入出力ユニット	4 8 ... 表示ユニット
5 2 ... 周波数スペクトル表示部	5 6 ... しきい値越え積算表示部
5 6 a ~ 5 6 e ... 表示欄	5 8 ... 変化表示部

30

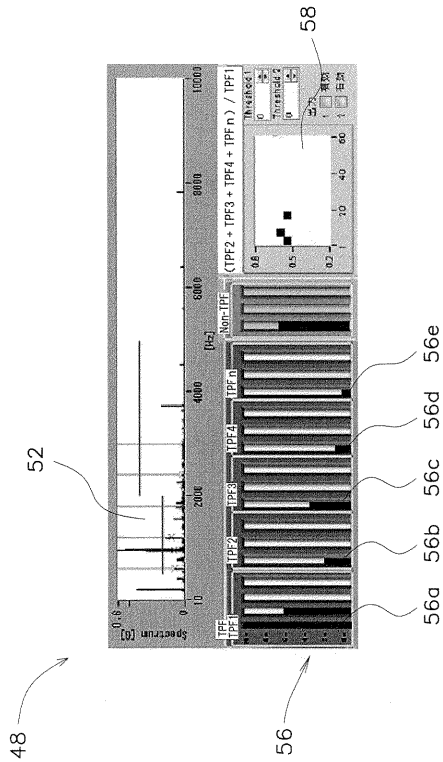
【図1】



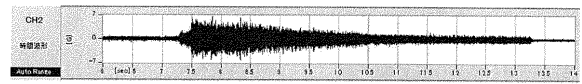
【図2】



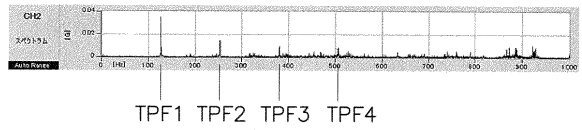
【図3】



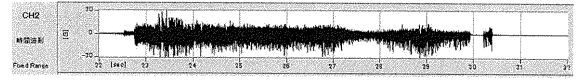
【図4】



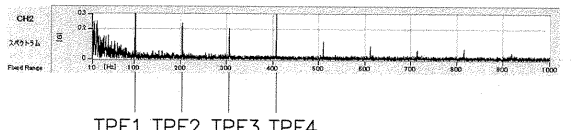
【図5】



【図6】

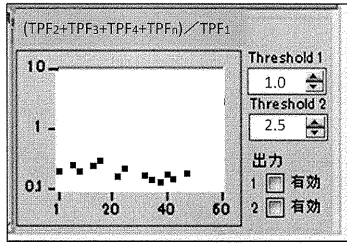


【図7】



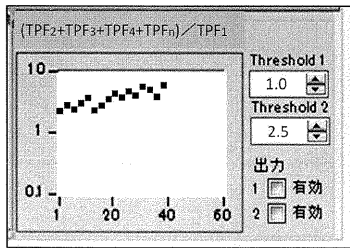
【 図 8 】

58



【 図 9 】

58



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2016-083759(JP,A)  
特開2010-247316(JP,A)  
特開昭62-193750(JP,A)  
米国特許出願公開第2006/0188351(US,A1)  
特開2017-077618(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01H 17/00  
B23Q 17/09  
G01M 99/00