

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6845893号
(P6845893)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月2日 (2021.3.2)

(51) Int. Cl.	F I
G O 1 M 99/00 (2011.01)	G O 1 M 99/00 A
B 2 3 Q 17/00 (2006.01)	B 2 3 Q 17/00 B
B 2 3 B 31/00 (2006.01)	B 2 3 B 31/00 D

請求項の数 20 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2019-111453 (P2019-111453)	(73) 特許権者	517283514
(22) 出願日	令和1年6月14日 (2019.6.14)		フランツ ケスラー ゲーエムベーハー
(65) 公開番号	特開2020-24187 (P2020-24187A)		ドイツ連邦共和国 88422 パート
(43) 公開日	令和2年2月13日 (2020.2.13)		ブーハウ フランツ-ケスラー-シュト
審査請求日	令和2年8月26日 (2020.8.26)		ラーセ 2
(31) 優先権主張番号	18178007.3	(74) 代理人	110000578
(32) 優先日	平成30年6月15日 (2018.6.15)		名古屋国際特許業務法人
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	ヴァン スプラング ヨアヒム
早期審査対象出願			ドイツ連邦共和国 88213 レーベン
			ズバーグ ヨーゼフ-ストローベル-シュ
			トラーセ 3/7
		(72) 発明者	ワイン ハラルド
			ドイツ連邦共和国 88400 ビーベラ
			バ プロブストシュトラーセ 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振れ誤差チェック機能付き工作機械ユニットとクランプ状態の試験方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステータユニット (2) と、回転軸まわりに回転するロータユニット (3) と、を有するモータ駆動の工作機械ユニット (1) であって、

前記ロータユニット (3) は、ツールクランプ装置を有するツール保持ユニット (12) を含むスピンドルヘッドを備え、前記ロータユニット (3) は、着脱可能及び固定可能なツールのクランプ及び固定のため、回転軸の長手方向に調整可能、及び締付力により作動可能であり、

前記ツールの軸の振れ誤差を試験するための試験装置が設けられ、前記試験装置は、感覚検知のための 1 つのセンサヘッドを有し、

前記センサヘッドは、前記センサヘッド (5) に対し回転する前記スピンドルヘッドにおける前記ツール保持ユニット (12) が位置する側である端側までの距離を計測するよう、前記ステータユニット (2) の定位置に配置されていることを特徴とし、

前記試験装置 (8) は、前記センサヘッド (5) にて計測された距離値の時間的及び／又は位置関連シーケンス (20、21) を記録するよう設計されている、

工作機械ユニット (1)。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の工作機械ユニット (1) であって、

前記スピンドルヘッドが、前記端側に設けられた計測リング (6) を有し、前記センサヘッド (5) が前記計測リングまでの距離を決定するよう配置されていることを特徴とし

、前記計測リング（６）が前記スピンドルヘッドと別体の部品として設計されて前記計測リング（６）は前記スピンドルヘッドに取り付けられ、又は、前記計測リング（６）が前記スピンドルヘッドと一体的に形成される、

工作機械ユニット（１）。

【請求項３】

請求項２に記載の工作機械ユニット（１）であって、

前記計測リング（６）は、２つの前記時間的及び／又は位置関連シーケンス（２０、２１）における前記距離値の位相関係を把握するための初期点を設定するべく、基準マーキングを有していることを特徴とし、前記基準マーキングは、溝或いは穴の窪み、又は前記計測リングの残りの部分から隆起した部分、または光学マーキングとして設計される、

10

工作機械ユニット（１）。

【請求項４】

請求項３に記載の工作機械ユニット（１）であって、

前記基準マーキングを検出するため及び前記初期点を設定するためにトリガセンサが設けられていることを特徴とし、前記トリガセンサは、前記試験装置に、前記初期点、及び／又は前記基準マーキングの検出時間を伝達する、

工作機械ユニット（１）。

【請求項５】

請求項２～４のいずれか１項に記載の工作機械ユニット（１）であって、

前記センサヘッド（５）が渦電流センサ及び／又は容量性センサとして設計されていることを特徴とし、前記計測リング（６）は電気伝導体から成る、

20

工作機械ユニット（１）。

【請求項６】

請求項１～５のいずれか１項に記載の工作機械ユニット（１）であって、

前記試験装置（８）は、前記ロータユニット（３）の変位及び／又は前記回転軸の変位を判断するよう設計されていることを特徴とする、

工作機械ユニット（１）。

【請求項７】

モータ駆動の工作機械ユニット（１）のロータユニット（３）におけるツール保持ユニット（１２）にてクランプされたツールの軸の振れ誤差を試験する試験方法であって、

30

前記ツールは着脱可能に固定され、前記ツール保持ユニット（１２）のツールクランプ装置を使用してクランプされ、前記ツールクランプ装置は締付力により作動可能であり、ツールをクランプしている間、前記ツールクランプ装置は前記回転軸の長手方向において調整され、前記ツール保持ユニットは前記ロータユニット（３）の前記スピンドルヘッド内に配置され、前記工作機械ユニット（１）は、前記ロータユニット（３）が回転軸周りを回転可能に取り付けられていることに関連してステータユニット（２）を有し、

当該方法は、以下の工程：

距離を決定するセンサヘッド（５）を提供すること

前記センサヘッド（５）を、前記ステータユニット（２）の定位置に配置すること、を含み、

40

当該方法は、以下の工程：

前記スピンドルヘッドにおける前記ツール保持ユニット（１２）が位置する側である端側から前記センサヘッド（５）の距離を計測すること（ＩＩ）、

前記センサヘッド（５）にて計測された前記距離値の時間的及び／又は位置関連シーケンス（２０、２１）を記録すること、

前記センサヘッドに対し回転する前記スピンドルヘッドの前記端側までの、計測された前記距離値の前記時間的及び／又は位置関連シーケンスを考慮し、前記軸の振れ誤差（ＩＩＩ、２５）を決定すること、によって特徴付けられる、

試験方法。

【請求項８】

50

請求項 7 に記載の試験方法であって、

前記ロータユニット (3) が前記ステータユニット (2) に応じて回転する間において、クランプされているツールについて、前記距離値に関する前記時間的及び／又は位置関連シーケンスである第 1 シーケンスが記録され、前記第 1 シーケンスは基準計測 (20) として用いられることを特徴とする、

試験方法。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の試験方法であって、

前記ロータユニット (3) が前記ステータユニット (2) に応じて回転する間、クランプされているツールについて、前記距離値に関する前記時間的及び／又は位置関係シーケンス (21) である第 2 シーケンスが記録され、前記第 2 シーケンスは、軸の振れ誤差を決定するため、前記基準計測の比較計測として用いられることを特徴とする、

試験方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の試験方法であって、

前記第 1 のシーケンス (20) 及び前記第 2 のシーケンス (21) の前記距離値の位相関係を把握するため、前記第 1 のシーケンス及び／又は前記第 2 のシーケンスに、初期点が設定される、ことを特徴とする、

試験方法。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載の試験方法であって、

前記第 1 のシーケンス (20) と前記第 2 のシーケンス (21) との間の差形成 (22) 及び、形成された差に対するフーリエ変換 (23) と、

前記第 1 のシーケンスに対するフーリエ変換、前記第 2 のシーケンスに対するフーリエ変換、及び、これらのフーリエ変換の差形成と、

前記第 1 のシーケンスの平均形成、前記第 2 のシーケンスの平均形成、及び、これらの平均の差形成と、

のうち少なくとも 1 つを含む評価シーケンスを用いて前記軸の振れ誤差が決定されることを特徴とする、試験方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の試験方法であって、前記評価シーケンスにおいて、閾値を超える最大値が存在する場合に、前記軸の振れ誤差を決定することを特徴とする、試験方法。

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 に記載の試験方法であって、評価シーケンスにおいて、ロータユニットの単位時間当たりの回転数に応じた周波数値 (24) にて、距離差の値を閾値と比較し、前記閾値 (25) を上回る場合に軸の振れ誤差を決定することを特徴とする、試験方法。

【請求項 14】

請求項 9 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の試験方法であって、前記ロータユニット及び／又は前記回転軸の変位が、前記第 1 のシーケンス (20) と前記第 2 のシーケンス (21) との差 (22) から決定されることを特徴とする、試験方法。

【請求項 15】

請求項 7 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の試験方法であって、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の工作機械ユニット (1) がそのように使用されることを特徴とする、試験方法。

【請求項 16】

前記試験装置 (8) は、少なくとも 2 つの前記距離値の時間的及び／又は位置関連のシーケンスのみから軸の振れ誤差を決定するようになっている、

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の工作機械ユニット (1)。

【請求項 17】

請求項 8 に記載の試験方法であって、

前記ロータユニット（3）が前記ステータユニット（2）に応じて回転する間であって
工作機械ユニットの最初の工作動作前及び又は洗浄動作後において、クランプされている
ツールについて、前記第 1 のシーケンスが記録されることと特徴とする、

試験方法。

【請求項 18】

請求項 9 に記載の試験方法であって、

前記ロータユニット（3）が前記ステータユニット（2）に応じて回転する間、前記基
準計測の後においてクランプされているツールについて、前記第 2 のシーケンスが記録さ
れることを特徴とする、

試験方法。

【請求項 19】

請求項 10 に記載の試験方法であって、

前記初期点に基づき把握された前記第 1 のシーケンス（20）及び前記第 2 のシーケ
ンス（21）の位相関係に基づき、前記第 1 のシーケンス（20）と前記第 2 のシーケンス
（21）との間の差形成（22）、及び／又は、形成された差に対するフーリエ変換（2
3）が行われることを特徴とする、

試験方法。

【請求項 20】

前記評価シーケンスにおいて、フーリエ変換が行われることを特徴とする、請求項 13
に記載の試験方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、請求項 1 のプリアンブルに基づくモータ駆動の工作機械ユニット、及び、請
求項 7 のプリアンブルに基づくクランプ状態の試験方法に関する。

例えば EP 1 889 685 B1 などの先行技術から、工作機械は、ダイヤルゲージの使
用により、スピンドルヘッドの周面の表面輪郭での変形の有無について検査することで知
られている。そのような変形は、その時に切りくずがツールの外面とツールホルダの内面
の間の領域にクランプされているという事実起因する。

【0002】

本発明の目的は、モータ駆動の工作機械ユニット、及び、対応する工作機械による工
作の精度が向上し得るクランプ状態の試験方法を提案することである。

モータ駆動の工作機械ユニット及び冒頭で説明した型式の試験方法を出発点として、請
求項 1 及び請求項 7 の特徴的特性を利用することで、前記の目的は達成される。

【0003】

有利な実施例及び発明の改良は、従属項に記載の方法を用いることで可能である。

本発明のモータ駆動の工作機械ユニットは、ステータユニット及びロータユニットを備
えており、ロータユニットは回転軸まわりに回転可能であるように取り付けられている。
ロータユニットはステータユニットに相対的に回転し、一般的にはモータスピンドル駆動
に属する。ツール保持ユニットがツールを保持するべく設けられており、ロータユニット
のスピンドルの一部にもなっている。ここで、ツール保持ユニット内に保持されているツ
ールは、保持動作のため、ツールクランプ装置を使用してクランプされる。次に、クラン
プ動作のため、前記ツールクランプ装置は締付力により作動し、回転軸の長手方向に調整
される。ここで、クランプ装置の一部は、ツールが径方向の作用力でクランプされ得るよ
うに、例えば、テーパ付ホルダー内に引き込まれてもよい。締付力を解除すると、次にク
ランプ装置の解除も可能になる。

【0004】

本発明では、ツールのクランプ状態を試験するため、試験装置が設けられており、前記
試験装置は感覚検出のため確実に 1 つのセンサヘッドを有している。先行技術から、多数

10

20

30

40

50

のセンサが従来の工作機械に使用されていることがよくあるため、それによって、基本的には既に省コストが実現されている。センサヘッドは、構造ユニットそのもの、または、最終的に感覚検出を行うセンサそのものを備えている。試験装置は全体として、例えば、評価電子機器やセンサのデータを処理する電子機器ユニットを備え得る。

【0005】

従って、本発明の工作機械ユニットは、センサヘッドに対し相対的に回転するスピンドルヘッドの端側部品までの距離を計測するように、センサヘッドがステータユニット上の固定位置に配置されていることを特徴とする。このように、センサヘッドはロータユニットに対し固定的であるよう配置されており、すなわち、前記センサはロータユニットと共に回転するものではなく、むしろセンサヘッドがステータユニットに割り当てられることが可能になる。センサヘッドは、有利には、実質的に回転軸と平行に移動する距離、すなわち、スピンドルヘッドの端側部品までを計測する。ここで、本発明の工作機械ユニットは、切りくずによる変形が、その周面だけではなく、ロータユニットまたはスピンドルヘッドの端側の領域にも観測される変化に、すぐに影響するという事実を利用している。振れ誤差が発生した場合、一般的にはスピンドルヘッドも端側で変形するか、及び／又は、さもなければ、この場合にも、ロータユニットの端側の変位が検出されるよう、振れ誤差により、スピンドルヘッドは回転軸に対する向きに関して変位する。

【0006】

端側距離の計測を可能にするセンサヘッドの配置により、さらに広範囲の誤差スペクトルを有利に記録することが可能になる。さらに、そのような配置は、よりスリムで省スペースな工作機械ユニットの設計を可能にするという利点をもたらす。

【0007】

さらに、モータ駆動の工作機械ユニットのロータユニットのツール保持ユニット内にクランプされているツールのクランプ状態を試験する本発明の方法は、類似的に以下の工程を含む：

距離を決定するセンサヘッドを提供すること、

ステータユニット上の固定位置にセンサヘッドを配置すること、

ロータユニットの端側部品からのセンサヘッドの距離を計測すること、

センサヘッドにて計測された距離値の時間的及び／又は位置関連シーケンスを記録すること、

センサヘッドに対して回転するスピンドルヘッドの端側部品までの、計測された距離値の時間的シーケンスを考慮し、軸の振れ誤差を決定すること。

【0008】

とりわけ、確実に1つのセンサヘッドを使い、距離値を記録する。センサヘッドはステータユニットの一部であるが、回転するロータユニットに対する固定位置にて、時間的に連続した距離値を記録する。従って、工作機械内のロータユニットの角速度は周知のため、位置関連の距離値を有利に得ることも可能である。

【0009】

センサは、ロータユニット、場合によっては計量リングにおけるセンサ自身に垂直な表面、または傾斜面までの距離を決定し得る。計測する表面は、一般には、有利にはスピンドルのツールのインターフェースの領域にあるが、これは、通常クランプの最中には発生しないエラーばかりではなく、ロータユニットまたは回転軸の変位も、特にここで明らかになるためである。

【0010】

エラー分析の改良を可能とするため、試験装置は、少なくとも2つの距離値及び／又は少なくとも2つの距離値のそれぞれの場合での、少なくとも2つの連続したシリーズの時間的及び／又は位置関連シーケンスを記録するよう設計されている。従って、例えば、距離値の時間的及び／又は位置関連シーケンスのみから、振れ誤差を決定することが可能となる。この手段により、クランプ状態を特に効率的に検出することができる。なぜなら、クランプ装置の領域内の、例えば、切りくずの存在などといった典型的なエラーは、回転

しているスピンドルヘッドの静止しているセンサヘッドまでの端側距離が、時間的及び／又は位置関連シーケンスにおいて一定に保たれているのではなく、むしろ変化していることの証明である振れ誤差に関連しているためである。

【0011】

とりわけ、2つのシリーズ間の比較を行えるようにするため、2つのシリーズの計測値を記録することが有利には可能である。例えば、通常運転中の工作機械ユニットについて、新品または洗浄後の工作機械ユニット（第1シリーズとして）がある状態のクランプ装置の場合と、基本的に汚れもあるであろう状態の場合（さらなるシリーズとして）との比較である。第1シリーズでは、理想的なクランプ状態または参考となるべきクランプ状態は、そのように記録され、定義される。参考値は設定点値として使われてもよい。

10

【0012】

クランプ状態を包括的かつ正確に試験するため、試験方法の実施形態の1つでは、使用するツールそれぞれの距離値のシリーズを基準として記録することが可能である。とりわけ、計測値の正確な比較が可能となるよう、一般的には、ツールは幾何学的に他のツールと異なっていることが考慮される。各ツール自身はそれぞれの製造許容値に依存し、一般的には、同じ寸法及び同じ種類のツールであっても幾何学的には対応せず、むしろ幾何学的エラーを有するようになっている。つまり、現在のクランプ状態は、この方法で極めて正確に検出されることになる。

【0013】

更に、この発明を用いることで、振れ誤差は、先行技術に基づいて可能であったこれまでより、はるかに確実に判断される。

20

スピンドル回転に関し、計測値のプロファイルの比較は発明に基づき有利に行われ、一般的にはゆっくり起こるプロセスである、スピンドルでの熱変形を、評価から外すことも可能とする。

【0014】

基準計測は、基本的にいつ行ってもよい。定期的に計測を行うことや、可能であれば、基準計測として出来るだけ最新のデータセットを用いることも好都合でありうる。新品の状態または洗浄後の状態での基準計測は、例えば、切りくずのツール容器内またはチャック内への一切の進入、及び虚偽の計測を防ぐのに役立つ。とはいえ、基準計測の新しい記録を、通常運転の結果の磨耗などで、距離値が一般的に変化するかどうかの確認に使用するのよい。

30

【0015】

技術的な先入観に反し、別の角度位置での変形を判断するため、そして、評価用のデータを使用できるようにするために、回転軸に対し、例えば垂直な平面にある、別の角度位置でのクランプ状態を計測するためのセンサを2点使用する必要はない。むしろ、単一の角度位置での計測で十分であり、そこで設定点値に関する比較は有利に考慮される。

【0016】

ロータユニットは、具体的には計測のため、計測を行う対象、または、センサヘッドが距離計測を行う対象に関する追加の要素を有してもよい。センサヘッドの種類により、計測リングは、例えば、対応する材料からの製造、または計測マーキングを有するなど、計測に有利となる特性を有することが可能である。計測リングの寸法を利用し、試験装置の計測感度及び計測精度が高くなるよう、てこの状況のように、すなわち、少しの変形が、広い距離に対しより強い影響を及ぼすなど、挙動を大きくすることも可能である。誘導性センサの場合、とりわけ渦電流センサでは、計測リングに使用される材料は、導電性でありつつも、さらに強磁性の特性は持たないものが有利でありえ、電圧の誘導のみを考慮する必要がある。計測リングは、例えば、軽量であり、表面に不動態化酸化層を形成する、すなわち耐食性でもあるアルミニウムから製造してもよい。

40

【0017】

本発明の1つの例示的な実施形態では、計測リングは例えばスピンドルヘッドに配置されてもよい。スピンドルヘッド及び計測リングを統合して形成することも考えられ、すな

50

わち、もう片方に固定するように接続するか、1つの材料から製造するかである。後者の実施形態は、スピンドルヘッド及び計測リングを同じ材料から製造することができる場合など、製造上の理由で好都合である。更に、計測リングには、ロータユニットの機能を損なうことなく、基準マーキングをもあらゆる望ましい方法で実質的に施してもよいという利点があり、それによって、計測の品質を向上させることができる。

【0018】

計測値のシーケンスを記録し、例えば次の計測値のシーケンスと比較した場合、有利には、2つのシーケンス間または計測値のシリーズ間の位相関係がわかることになる。評価に意義ある結果をもたらすべく、定位相関係を存在させるよう、少なくとも、比較対象の計測値を割り当てるべきである。一般的には、それぞれのシーケンス内の2つの連続した計測値間において、計測に基づき、計測が行われた位置間における角度差が再現できるよう、それぞれの場合に、計測と計測との間や、同一角度に回転するロータユニットには、常に一定の時間が存在するという利点がある。

10

【0019】

発明の改良版では、有利には、距離値のシーケンスを記録している最中に初期点を設定することも可能である。このために、計測リングは、有利には、例えば、溝、穴、その他窪み、隆起といった形で基準マーキングを有する。光学性マーキングも基本的には考えられる。

【0020】

本発明では、距離値は1つのセンサヘッドのみによって記録される。基準マーキングは、例えば窪みまたは隆起の場合、試験装置にそれを初期点として認識させるよう距離を変化させてもよい。しかし、初期点の検出は、例えば光学性マーキングを利用するなど、それに特化した別の検出方法で行うことも考えられる。別のトリガセンサに検出させてもよいが、そうすると、評価用の距離値を提供することはなくなり、すなわち、距離計測の発明において、別のセンサヘッドを構成することはなくなる。

20

【0021】

光学性マーキングには、比較的少ないアンバランス量で、速い速度で回転する部品に付けることができるという利点があり得る。更に、溝または隆起などの場合のように、基準マーキングも変形として認識されることができなければ、振れ誤差による逸脱と初期点とで明確な区別をつけることも可能である。

30

【0022】

基本的には、ロータユニットまたは計測リングまでの距離を判断できるセンサヘッドとして、様々なセンサの種類を使用し得ることが考えられる。センサヘッドはステータユニットに搭載されており、ロータユニットの一部までの距離を判断するのに求められるため、非接触型の距離センサを使用することは有利に可能である。発明の特に望ましい改良版では、工作機械の運転中にありがちな油分や水分、または非金属の埃に対し、とりわけ一般的に非感受性の渦電流センサが使用される。渦電流センサは、誘電センサとして扱われてもよい。しかし、容量性または光学センサを使った例示的な実施形態も考えられる。

【0023】

本発明のある改良版では、渦電流センサを使用しており、有利には、計測リングを、例えば常磁性材などの非強磁性材から製造することが可能であり、従って、強磁性材は、常に、工作機械に行き渡っている磁界の影響下にあるため、計測精度を向上させることも可能である。よって、強磁性材は、磁界にさらされている状態にある場合、外部場が存在しなくなっても、一定の残留磁気を残している。計測リングの磁化、または、距離判断の対象に関するロータユニットの部分の磁化が、計測に影響することがある場合、強磁性材は避けるべきであり、渦電流センサなどを選択すべきである。

40

【0024】

変形から離れ、ロータユニットまたは回転軸の変位なども判断することが可能である。計測値のシーケンスは、現在どのような状況にあるかに関する情報を提供することができる。変形が起こると、例えば、ロータユニットの周波数と相互関係にある、定期的に再発

50

する距離値の逸脱などの問題が考えられる。回転軸の変位は、具体的には、ロータユニットが回転軸に沿って変位する場合だけでなく、ロータユニットの回転軸が僅かに傾いている場合にも、例えば、以前計測した設定点または基準値から逸脱している距離値に関連し得る。

【0025】

評価では、逸脱を認識及び評価できるよう、現在の計測値同士の差と、それぞれの基準値同士の差を判断することが一般的には利点である。回転するロータユニットに関する距離値の時間的シーケンスが記録されるため、計測信号は、フーリエ変換により連続スペクトルへの分解が可能となる。結果、幾何学的逸脱、すなわち、距離値の逸脱が発生する周波数に従って、逸脱している距離値が割り当てられるよう表される。比較的大きく、とりわけ単独で発生している幾何学的逸脱は、周波数域内に確認され、一般的に振れ誤差が存在していると推測できる。

10

【0026】

評価の簡素化と効率化のため、フーリエ変換されたシーケンスは、厳密に計算される必要はないが、むしろ、例えば、高速フーリエ変換（FFT）または離散フーリエ変換（FFT）などのアルゴリズムを使用することも可能である。この方法で、試験装置の電子機器ユニットでの評価も、更に容易に実施できるようになる。

【0027】

距離値の分析において、距離値の差形成はフーリエ変換の前に行ってもよく、または反対に、シーケンスは最初別々にフーリエ変換され、結果同士の差形成がその後行われる。その代わり、時間的信号の平均を形成することも可能であり、すなわち、記録されたシーケンスの計測値は、例えば、位置に関連する平均のシーケンスが存在するよう、それぞれ平均化される。その後、各シーケンスのそれぞれの平均をもう一方から減ずることで、逸脱を検出する。

20

【0028】

試験装置が振れ誤差を認識した場合、さまざまな措置が考えられる。誤差が深刻であり、ロータユニットの運転に大きく影響が及ぶ場合、試験装置は、場合によっては機械の動作を停止させるべく、データまたは、対応するコマンドを工作機械の監視ユニット（マシンコントローラなど）に送信してもよい。比較的小さな逸脱が存在している場合、位置決め装置の介入により、ツールを適宜調整することも考えられる。評価シーケンス内に極大値があることが明らかな場合、振れ誤差が存在している可能性がある。各計測は基本的に統計的、系統的誤差が起こり得る状態にあるため、基本的に基準計測に関する逸脱が、振れ誤差のない通常運転でも起こることが予想される。従って、振れ誤差が起こるであろう値より高く閾値を設定することが有利である。この閾値も必要に応じて再度修正してもよい。この評価は、コンピュータによる方法で行ってもよい。フーリエ変換したシーケンスでは、具体的な周波数値、例えば、ロータユニットの回転数で、閾値の超過の有無を検討してもよい。同様に、位置関連の場合でも、算出した平均が、その後の評価方法に従い、ある特定の点でも、閾値を超えたかどうかを比較することができるようになっている。一般的には、それぞれの点での変形は、ロータユニットの回転数とともに定期的に発生する逸脱を誘発する。

30

40

【0029】

極大値のために検討される評価シーケンスは、例えば、次の計算式を有し得る：

第1の時間的シーケンス及び第2の時間的シーケンスとその後のフーリエ変換との間の差形成であって、その後のフーリエ変換は、事前に形成された第1及び第2の時間的及び／又は位置関連シーケンスの差の、その後のフーリエ変換、とりわけ離散フーリエ変換、好ましくはFFT及び／又はDFT、及び／又は、

フーリエ変換、とりわけ離散フーリエ変換、望ましくはFFT及び／又はDFFTであって、第1及び第2の時間的及び／又は位置関係シーケンス、及び、それぞれフーリエ変換された第1及び第2の時間的シーケンス間におけるその後の差形成、それぞれについてのフーリエ変換、

50

その後の平均間の差形成をとともう、第1及び第2の時間的及び／又は位置関係シーケンスの平均形成。

【0030】

[例示的な様態]

本発明の例示的な様態は、図面に表されており、さらなる具体的な詳細や利点とともに、以降で詳述する。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、発明に基づく工作機械ユニットの概略図である。

【図2】図2は、クランプ状態を試験するための、発明に基づく試験方法を抽出した概略図である。

10

【図3】図3は、評価結果としての変形パターンの図である。

【図4】図4は、シリーズ運転におけるシーケンスを表した図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

図1は、ステータユニット2とロータユニット3とを有する工作機械ユニット1の概略図であり、図1では、とりわけスピンドルヘッドをロータユニット3の一部として見ることができる。ステータユニット2は、センサヘッドとしての軸センサ5が取り付けられるリング4を有する。ロータユニット3は、アルミニウムから成る計測リング6を備える。軸センサ5は、ロータユニット3の端側面に対する距離を計測するように配置されている。この判断対象となる距離に関する面は、計測リング6にある。汚れの混入の可能性がありつつも、可能な限り最も正確な計測を実現するため、軸センサ5は渦電流センサの形態をとっている。

20

【0033】

センサヘッド／軸センサ5は、電子機器ユニット7に接続され、ともに試験装置8を形成し、その後マシンコントローラ9に接続され、過大な振れ誤差の場合、必要に応じて制御に介入できるようになっている。

【0034】

とりわけ望ましい改良では、センサヘッド5の1つのみが提供されている。例えば、計測リング6上の光学性基準マーキングを検出するため、トリガセンサを追加で使用することも考えられ、前述のタイプのトリガセンサも、例えばセンサリング4に取り付けられてもよい。このようなトリガセンサの使用により、計測用の初期点のみが発動し、評価時にもう一方に対する計測値同士の位相関係を、さらに容易に固定させられるようにする。トリガセンサは必需ではなく、図1にも詳細には示されていない。

30

【0035】

ステータユニット2は、センサリング4のカバー10、及び、軸受けカバー11も備える。ツール保持装置12がロータユニット3に取り付けられている（図1に円錐状リングを表す）。

【0036】

ツール容器内にクランプされるツールがある場合、基準計測値のシーケンス20は、新しい工作機械ユニット1ごとに当初記録される。運転中、距離値の新しいシーケンス21は、後のある時点において、各ツールについて、一般的にはロータユニット3の一定の回転速度で決定される。図2では、差22が形成される。続いて、信号の頻度分析23がフーリエ変換の形で行われる。ここで（工程24）、例えば、ロータユニット3の回転数などの特定の周波数で最大値が存在するか、または、そのような最大値がどの周波数で出現するかの確認がなされる。これら最大値が閾値を超える場合、例えばツールチャック内に切りくずがあることによる変形が存在している（振幅評価：工程25）。

40

【0037】

図3は、次の典型的な変形パターンを表す。イラストAでは、切りくずがない状態で、振幅分布が全体的な角度範囲に渡り、はるかに均一となっており、一方、イラストBでは

50

、切りくずがツールホルダ内にクランプされ、振幅の増加とともに相当なねじれ（１０時～１１時と４時～５時との間）を起こしている。それに応じて、閾値の判断も行うことができる。イラストＣでは、主に $\Delta\phi$ で表す位相に関し、イラストＢとは異なり、別の角度位置において切りくずがある。

【００３８】

シリーズ運転では、クランプ状態の試験は始動期間の極めて短い時間区分にて行われる。図４では、ロータユニット３の加速は最初の６０ミリ秒（フェーズⅠ）で行われ、その後、計測値の検出がフェーズⅡ（期間：ロータユニット３の一定の回転速度において、約９０ミリ秒）で行われる。続いて、フェーズⅢにて約１００ミリ秒で分析が行われる。振れ誤差が検出されなかった場合、フェーズⅣにて更なる加速が加えられてもよい。さもないければ、安全上の理由から、必要に応じフェーズⅣで制動させる必要がある。

【符号の説明】

【００３９】

１…工作機械ユニット、２…ステータユニット、３…ロータユニット、４…センサリング、５…軸センサ、６…計測リング、７…電子機器ユニット、８…試験装置、９…マシンコントローラ、１０…カバー、１１…軸受けカバー、１２…円錐状リング／ツール保持装置、２０…基準信号、２１…計測信号、２２…微分演算子、２３…周波数分析、２４…周波数評価、２５…振幅評価、Ａ…変形パターン（切りくず無し）、Ｂ、Ｃ…変形パターン（切りくずあり、別位置において）、Ⅰ…加速フェーズ、Ⅱ…計測値検出、Ⅲ…分析、Ⅳ…加速／制動、 $\Delta\phi$ …位相差

【図１】

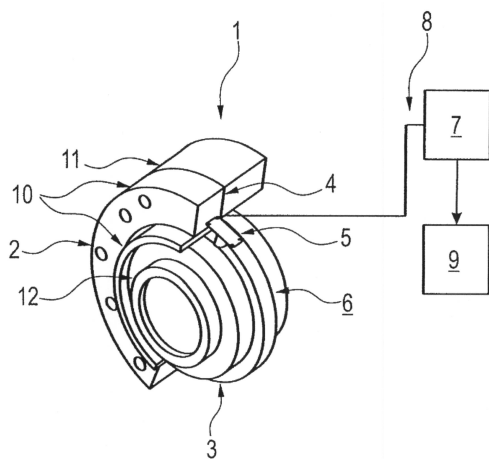


Fig. 1

【図２】

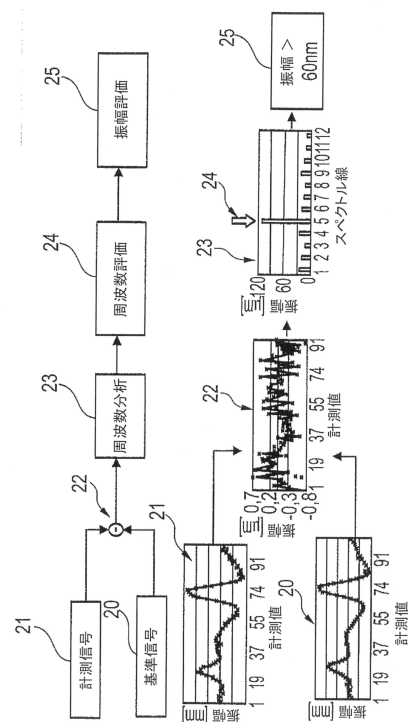
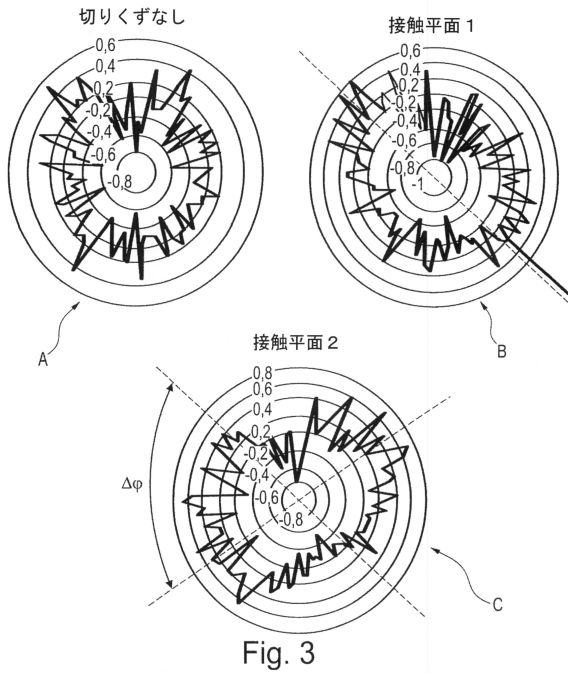


Fig. 2

【図 3】



【図 4】

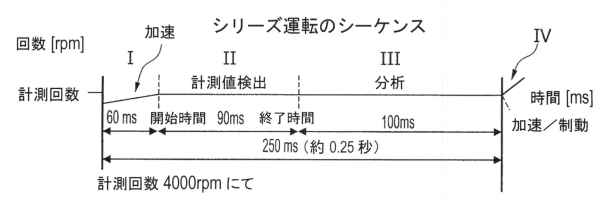


Fig. 4

フロントページの続き

審査官 松岡 智也

- (56)参考文献 特開平06-235422 (JP, A)
特開平05-050359 (JP, A)
特開2003-181747 (JP, A)
特開2011-191077 (JP, A)
特開2010-167557 (JP, A)
特開2011-093065 (JP, A)
特開2012-052813 (JP, A)
米国特許出願公開第2016/0349039 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 13/00-13/045、99/00
B23C 31/00-33/00
B23Q 17/00