

(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2012-187685

(P2012-187685A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
B23Q	15/12	(2006.01)	B23Q	15/12	A	3C001
B23Q	17/12	(2006.01)	B23Q	17/12		3C269
G05B	19/18	(2006.01)	G05B	19/18	T	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2011-54532 (P2011-54532)
 (22) 出願日 平成23年3月11日 (2011. 3. 11)

(71) 出願人 000149066
 オークマ株式会社
 愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目25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 浜口 顕秀
 愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の1 オークマ株式会社内
 Fターム(参考) 3C001 KA07 KB09 TA06 TB08 TC05
 3C269 AB31 BB03 CC01 CC17 DD01
 EF30 MN04 MN24

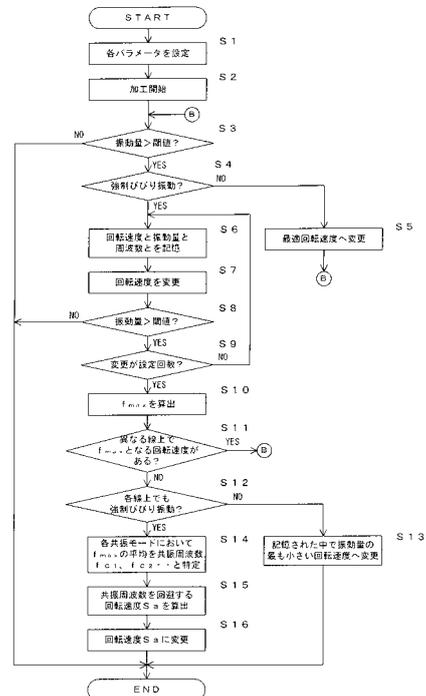
(54) 【発明の名称】 工作機械の回転軸制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 実際の加工状態から情報を得ることで精度の高い分析を行ってびびり振動の種類を判別し、発生したびびり振動に対して適切な対処を行ってびびり振動を低減する。

【解決手段】 S1で主轴の初期回転速度及びその初期回転速度からの変更パターンをそれぞれ設定し、S2で初期回転速度で加工を行う。S3で加工中に発生する振動を検出して、S4で検出された振動が強制びびり振動か否かを判別し、振動が強制びびり振動であれば、S6～S9で初期回転速度から変更パターンに基づいて回転速度を変更する。回転速度の変更後に依然として強制びびり振動が発生していれば、S10で強制びびり振動の振動量が最大となったときの振動周波数を算出し、S14で当該振動周波数に基づいて共振周波数を特定して、S15で特定された共振周波数を回避する回転速度を算出してS16で当該回転速度に変更する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸に装着した工具又はワークを回転させて加工を行う工作機械において、前記回転軸の回転を制御するための回転軸制御方法であって、

前記回転軸の初期回転速度及びその初期回転速度からの変更パターンをそれぞれ設定するパラメータ設定ステップと、

前記初期回転速度で前記回転軸を回転させて加工を行い、加工中に発生する振動を検出する振動検出ステップと、

検出された前記振動を解析して強制びり振動か否かを判別する振動判別ステップと、

前記振動が強制びり振動であれば、前記初期回転速度から前記変更パターンに基づいて前記回転速度を変更する回転速度変更ステップと、

前記回転速度の変更後に前記振動の検出及び解析を行い、前記振動が強制びり振動であれば、前記強制びり振動の振動量が最大となったときの振動周波数に基づいて共振周波数を特定する共振周波数特定ステップと、

特定された前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更する回転速度算出/変更ステップと

を実行することを特徴とする工作機械の回転軸制御方法。

【請求項 2】

前記パラメータ設定ステップでは、前記回転速度の上下限をそれぞれ設定し、

前記共振周波数特定ステップでは、前記回転速度の上下限内での異なるハーモニクス線上で前記振動量が最大の振動周波数となる前記回転速度があるか否かを算出し、当該回転速度がある場合には前記ハーモニクス線上での前記振動周波数に基づいて共振周波数を特定し、

前記回転速度算出/変更ステップでは、各ハーモニクス線上で特定された複数の前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更することを特徴とする請求項 1 に記載の工作機械の回転軸制御方法。

【請求項 3】

回転軸に装着した工具又はワークを回転させて加工を行う工作機械において、前記回転軸の回転を制御するための回転軸制御装置であって、

前記回転軸の初期回転速度及びその初期回転速度からの変更パターンをそれぞれ設定するパラメータ設定手段と、

前記回転軸を回転させて加工を行った際に発生する振動を検出する振動検出手段と、

検出された前記振動を解析して強制びり振動か否かを判別する振動判別手段と、

前記振動が強制びり振動であれば、前記初期回転速度から前記変更パターンに基づいて前記回転速度を変更する回転速度変更手段と、

前記回転速度の変更後に検出及び解析された前記振動が強制びり振動であれば、前記強制びり振動の振動量が最大となったときの振動周波数に基づいて共振周波数を特定する共振周波数特定手段と、

特定された前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更する回転速度算出/変更手段と

を備えることを特徴とする工作機械の回転軸制御装置。

【請求項 4】

前記パラメータ設定手段は、前記回転速度の上下限をそれぞれ設定し、

前記共振周波数特定手段は、前記回転速度の上下限内での異なるハーモニクス線上で前記振動量が最大の振動周波数となる前記回転速度があるか否かを算出し、当該回転速度がある場合には前記ハーモニクス線上での前記振動周波数に基づいて共振周波数を特定し、

前記回転速度算出/変更手段は、各ハーモニクス線上で特定された複数の前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更することを特徴とする請求項 3 に記載の工作機械の回転軸制御装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転軸に装着した工具又はワークを回転させて加工を行う工作機械において、加工中に発生するびびり振動を抑制するために回転軸の回転を制御する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、たとえば回転可能な主軸に工具を支持させ、工具及びワークを送りながら相対移動させて、ワークに加工を施すといった工作機械がある。該工作機械においては、切削加工における切込み量を大きくし過ぎると、加工中に「びびり振動」が発生して、加工面の仕上げ精度の悪化、急速な工具摩耗、工具欠損などの問題が生じる。

10

このため、事前に発生するびびり振動を予測して対策を行う方法がある。具体的には特許文献1に記載されているように、加工前にシミュレーションや測定によりびびり振動が発生する加工条件を予測して、びびり振動が発生し難い加工条件で加工を行う技術が考案されている。また、加工中の振動を検出及び分析して対策を行う方法もある。これは特許文献2、3に記載されているように、分析結果を用いてびびり振動の種類を判別し、各びびり振動に対して適切な回転速度に調整して加工中に発生するびびり振動の低減処置を行う技術となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2009-274179号公報

【特許文献2】特開2008-290186号公報

【特許文献3】特開2009-078350号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献1の方法では、シミュレーション精度が低いと実物との固有振動数の誤差が大きくなる上、加工によっては静止状態と加工状態とでは異なる特性を持つ場合があるため、事前に測定を行った場合にも誤った加工条件を提案してしまう危険がある。また、特許文献2、3の方法では、演算精度が低いと正確な分析が行えず、びびり振動の種類を正しく判別できずに誤った処置を行ってしまう危険がある一方、高い演算精度を得ようとすると、処理時間が長くなったり、演算負荷が大きくなったりして、十分なびびり振動の低減効果が得られない可能性がある。

30

【0005】

そこで、本発明は上記問題に鑑みなされたものであって、実際の加工状態から情報を得ることで精度の高い分析を行うとともに、若干の分析誤差を含んだ場合においても、びびり振動の種類を判別可能にし、発生したびびり振動に対して適切な対処を行い、びびり振動の低減が期待できる回転軸制御方法及び装置を提供することを目的としたものである。

【課題を解決するための手段】

40

【0006】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、回転軸に装着した工具又はワークを回転させて加工を行う工作機械において、前記回転軸の回転を制御するための回転軸制御方法であって、

前記回転軸の初期回転速度及びその初期回転速度からの変更パターンをそれぞれ設定するパラメータ設定ステップと、前記初期回転速度で前記回転軸を回転させて加工を行い、加工中に発生する振動を検出する振動検出ステップと、検出された前記振動を解析して強制びびり振動が否かを判別する振動判別ステップと、前記振動が強制びびり振動であれば、前記初期回転速度から前記変更パターンに基づいて前記回転速度を変更する回転速度変更ステップと、前記回転速度の変更後に前記振動の検出及び解析を行い、前記振動が強制

50

びびり振動であれば、前記強制びびり振動の振動量が最大となったときの振動周波数に基づいて共振周波数を特定する共振周波数特定ステップと、特定された前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更する回転速度算出/変更ステップとを実行することを特徴とするものである。

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 の構成において、前記パラメータ設定ステップでは、前記回転速度の上下限をそれぞれ設定し、前記共振周波数特定ステップでは、前記回転速度の上下限内での異なるハーモニクス線上で前記振動量が最大の振動周波数となる前記回転速度があるか否かを算出し、当該回転速度がある場合には前記ハーモニクス線上での前記振動周波数に基づいて共振周波数を特定し、前記回転速度算出/変更ステップでは、各ハーモニクス線上で特定された複数の前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更することを特徴とするものである。

10

【0007】

上記目的を達成するために、請求項 3 に記載の発明は、回転軸に装着した工具又はワークを回転させて加工を行う工作機械において、前記回転軸の回転を制御するための回転軸制御装置であって、

前記回転軸の初期回転速度及びその初期回転速度からの変更パターンをそれぞれ設定するパラメータ設定手段と、前記回転軸を回転させて加工を行った際に発生する振動を検出する振動検出手段と、検出された前記振動を解析して強制びびり振動か否かを判別する振動判別手段と、前記振動が強制びびり振動であれば、前記初期回転速度から前記変更パターンに基づいて前記回転速度を変更する回転速度変更手段と、前記回転速度の変更後に検出及び解析された前記振動が強制びびり振動であれば、前記強制びびり振動の振動量が最大となったときの振動周波数に基づいて共振周波数を特定する共振周波数特定手段と、特定された前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更する回転速度算出/変更手段とを備えることを特徴とするものである。

20

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 の構成において、前記パラメータ設定手段は、前記回転速度の上下限をそれぞれ設定し、前記共振周波数特定手段は、前記回転速度の上下限内での異なるハーモニクス線上で前記振動量が最大の振動周波数となる前記回転速度があるか否かを算出し、当該回転速度がある場合には前記ハーモニクス線上での前記振動周波数に基づいて共振周波数を特定し、前記回転速度算出/変更手段は、各ハーモニクス線上で特定された複数の前記共振周波数を回避する前記回転速度を算出して当該回転速度に変更することを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【0008】

請求項 1 及び 3 に記載の発明によれば、実際の加工状態から効率良く複数の情報を得るため、計測や分析に誤差を含んだ場合においても、迅速且つ高精度にびびり振動の種類を判別を行い、適切な対処を行うことができる。よって、加工振動の低減が期待できる。

請求項 2 及び 4 に記載の発明によれば、上記効果に加えて、強制びびり振動が発生する可能性が高い共振周波数を確実に回避して最適な回転速度を選択することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

40

【図 1】立形マシニングセンタの概略構成図である。

【図 2】主軸制御のフローチャートである。

【図 3】キャンベル線図である。

【図 4】具体例のキャンベル線図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、工作機械の一例である立形マシニングセンタの概略構成図で、立形マシニングセンタ 1 は、上方に設けた主軸頭 2 に回転軸としての主軸 3 を設け、その主軸 3 に取り付けられた工具 4 によって、下方の加工テーブル 5 上にセットされたワーク 6 を加工する周知の

50

構成で、図示しない自動工具交換装置によって工具 4 を自動交換可能となっている。

【 0 0 1 1 】

また、立形マシニングセンタ 1 は、回転軸制御装置としての主軸制御装置 1 0 を具備している。この主軸制御装置 1 0 は、主軸頭 2 に設けられて振動を検出する振動検出手段としての振動センサ（ここでは加速度ピックアップ）7 と、振動センサ 7 による検出値に基づいて主軸 3 の回転を制御する制御装置 1 1 とを備えている。

まず振動センサ 7 は、主軸 3 の回転に伴って生じる時間領域の振動（時間軸上の振動）を検出するもので、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸方向での時間領域の振動情報を検出可能な状態で主軸頭 2 に取り付けられている。

【 0 0 1 2 】

制御装置 1 1 は、主軸 3 の回転速度の上下限と回転速度の変更パターン（ここでは回転速度の変更範囲及び変更回数）、主軸制御に係る閾値や工具刃数を入力するパラメータ設定手段としての入力装置 1 2 と、振動センサ 7 により検出された振動加速度を基にフーリエ解析を行い、びびり振動が発生しているかの判断やびびり振動の種類判別、回転速度の算出等を行う演算装置 1 3 と、主軸 3 の回転速度と振動センサ 7 から送信された測定結果及び演算装置 1 3 における演算結果とを関連付けて記憶する記憶装置 1 4 と、演算装置 1 3 からの指令を受けて主軸 3 の回転を制御する NC 装置 1 5 とを備えている。

ここでは演算装置 1 3 が振動判別手段及び共振周波数特定手段として機能し、演算装置 1 3 及び NC 装置 1 5 が回転速度変更手段及び回転速度算出 / 変更手段として機能することになる。

【 0 0 1 3 】

以上の如く構成された主軸制御装置 1 0 は、加工中にびびり振動が発生した場合において、強制びびり振動の可能性があると判断された場合に、振動量が閾値を下回るか、複数の回転速度においても強制びびり振動と考えられる挙動を示すかを監視しながら、得られた測定結果から安定な回転速度を算出し、その回転速度へ変更することで加工中に発生するびびり振動を低減する。以下、この主軸 3 の制御を図 2 のフローチャートに基づいて説明する。

【 0 0 1 4 】

まず、S 1 で、加工開始前に入力装置 1 2 により、演算装置 1 3 で用いる振動量の閾値と、工具刃数と、回転速度の上下限と、回転速度の変更範囲（例えば初期回転速度の ± 数 % の範囲内で小側から大側へ所定速度ずつ段階的に変更する等）及び変更回数をそれぞれ設定する（パラメータ設定ステップ）。

S 2 で加工を開始し、加工中は、演算装置 1 3 が振動センサ 7 で測定した振動加速度をフーリエ解析して、振動量（ここでは最大加速度）を算出し、振動量と閾値とを比較する（S 3、振動検出ステップ）。振動量が閾値より小さければ制御を終了する。一方、S 3 の判別で振動量が閾値以上であれば、びびり振動が発生したと判断して、S 4 で、演算装置 1 3 は発生したびびり振動が強制びびり振動か否かを再生びびり振動かを判定する（振動判別ステップ）。再生びびり振動と判定した場合、S 5 で最適回転速度へ変更して S 3 へ戻る。

【 0 0 1 5 】

一方、S 4 で強制びびり振動と判定した場合、演算装置 1 3 は、S 6 でそのときの回転速度と振動量と振動周波数とを記憶装置 1 4 に記憶し、S 7 で、設定した変更パターンに従って NC 装置 1 5 を介して回転速度を変更して、S 8 で再び振動量と閾値との比較を行う。ここで振動量が閾値より小さくなれば制御を終了し、振動量が閾値以上であれば、S 9 で回転速度の変更回数が設定した回数に達したか否かを判別する。ここで設定回数に達していなければ、S 6 に戻って再び回転速度等を記憶して S 7 で回転速度の変更を行い、S 8 で振動量と閾値との比較を行う。この S 6 ~ S 8 の処理は、振動量が閾値を下回らない場合は S 9 の判別で変更回数が設定回数に達するまで繰り返される（回転速度変更ステップ）。

【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

そして、振動量が閾値を下回らないまま回転速度の変更が設定回数に達したら（S9でYES）、演算装置13は、S10で、S6で記憶されたデータの中で最も振動量の大きかったときの振動周波数を f_{max} として算出し、S11では、設定した回転速度の上下限の範囲内において、異なるハーモニクス線上で f_{max} と成り得る回転速度が存在するか否かを判別する。ここで他のハーモニクス線上でも当該回転速度が存在する場合には、S3に戻って当該ハーモニクス線上でも回転速度を変更しながら振動量と閾値との比較を行い、 f_{max} を算出する。

【0017】

そして、S11の判別で、異なるハーモニクス線上で f_{max} となり得る回転速度が存在しないと確認されると、演算装置13は、S12で、それまでの処理で記憶した測定データに対して、S4と同様に各ハーモニクス線上での各回転速度で発生したびびり振動が強制びびり振動か再生びびり振動かを判定する。ここで、強制びびり振動と再生びびり振動が混在していると判定された場合、S13で、記憶された測定データの中で振動量が最も小さい回転速度へ変更し、制御を終了する。一方、S12の判別で強制びびり振動のみが発生していると判定された場合、S14で、各ハーモニクス線上で算出された f_{max} の値同士を比較して、一定の周波数差以内の f_{max} を同一の共振モードとして分別し、分別された各共振モードにて f_{max} の値の平均を共振周波数 f_{c1} 、 f_{c2} ・・・として特定する（共振周波数特定ステップ）。次に、S15で、それらの共振周波数を回避するような入力となる回転速度 S_a を算出し、S16でその回転速度 S_a に変更して制御を終了する（回転速度算出/変更ステップ）。

10

20

【0018】

ここで上記手順において、S4及びS12での強制びびり振動か否かの判定では、例えば特許文献2に含まれる以下の式(1)～(4)の位相情報を用いて、同特許文献と同様の方法で判定することができる。具体的には、式(3)で得られた位相情報が0に近い値、例えば0とした定数1より大きく、且つ0.1とした定数2より小さければ、強制びびり振動が発生していると判断でき、それ以外の場合には再生びびり振動が発生していると判断できる。この場合、S5の最適回転速度への変更では、例えば式(4)の計算式を用いて算出された回転速度を用いることができる。ここで用いる k_1 値は、例えば k_1 値 = k 値 + 1によって算出すればよい。この回転速度に変更することで、再生びびり振動を最も抑制できる。

30

【0019】

$$k' \text{ 値} = 60 \times \text{びびり振動数} / (\text{工具刃数} \times \text{主軸回転速度}) \quad \dots (1)$$

$$k \text{ 値} = k' \text{ 値の整数部} \quad \dots (2)$$

$$\text{位相情報} = k' \text{ 値} - k \text{ 値} \quad \dots (3)$$

$$\text{最適回転速度} = 60 \times \text{びびり振動数} / (\text{工具刃数} \times k_1 \text{ 値}) \quad \dots (4)$$

【0020】

次に、S11の判別について、図3のキャンベル線図をもとに説明する。まず、入力となる各ハーモニクス線 $f_k(S)$ は、以下の式(5)で示される S の一次関数として算出できる。

$$f_k(S) = S \times Z \times k / 60 \quad (k: \text{整数値}) \quad \dots (5)$$

40

ここで、 S は回転速度、 Z は工具刃数である。図3のS31のように、この値が共振周波数帯 f_1 と一致すると強制びびり振動が発生する。ここで、図3のように上限回転速度 S_{max} と下限回転速度 S_{min} が設定されていた場合、その範囲内において、図3のS32のように、 $k=3$ のハーモニクス線上でも共振周波数帯 f_1 と一致して強制びびり振動が発生すると判断されるため、異なるハーモニクス線上で f_{max} と成り得る回転速度が存在すると判断される。

【0021】

そして、異なるハーモニクス線上で試行した回転速度において f_2 での振動量が大きかった場合には、 f_2 の共振周波数帯と一致する回転速度においても上記 f_1 と同様の動作を行う。さらに異なる共振周波数帯で振動量が大きかった場合にも同様である。

50

【 0 0 2 2 】

また、S 1 5での回転速度の算出、S 1 6での変更について、図3のキャンベル線図をもとに説明する。S 1 4までの動作に基づき、例えば f_1 及び f_2 の共振周波数帯が確認されたとする。このとき、式(5)から、どちらの共振周波数帯とも一致しない回転速度(例えば図3の回転速度 S_a)が算出されるため、当該回転速度 S_a に変更することで強制びり振動の発生しない安定な加工を行うことができる。

【 0 0 2 3 】

以下、図4をもとに制御事例を示す。

まず、S 1で、工具刃数 Z が4枚の工具、初期回転速度 1400min^{-1} 、上限回転速度 2500min^{-1} 、下限回転速度 1000min^{-1} で各パラメータをそれぞれ設定し、S 2で加工を開始した場合、S 3で 187Hz で振動量が閾値を超えて最も大きくなった。S 4で、式(3)を用いて強制びり振動と判定されたため、S 6～S 9において 1400min^{-1} から $\pm 10\%$ となる 1260min^{-1} から 1540min^{-1} で段階的に回転速度を変更して加工を行ったところ、 1500min^{-1} 時に 200Hz で最も振動が大きくなった(S 10)。

そのため、 200Hz に共振周波数が存在すると判断でき、その $\pm 10\%$ の領域が共振周波数帯、すなわち $180\text{Hz} \sim 220\text{Hz}$ において強制びり振動が発生する領域であると算出される。

【 0 0 2 4 】

次にS 11では、以下の手順で判別を行う。

まず、式(5)に各値を代入して変形すると、以下の式(6)になる。

$$S = f_k(S) \times 15 / k \quad \dots (6)$$

ここで、 $f_k(S)$ に上記 $180\text{Hz} \sim 220\text{Hz}$ を代入すると、以下の式(7)になり、その回転速度 S では強制びり振動が発生すると予測される。

$$S = 2700 / k \sim 3300 / k \quad \dots (7)$$

式(6)において、 200Hz 、 $k = 3$ で $S = 1000$ となり、下限回転速度 1000min^{-1} 内に含まれる範囲を有するため、S 11の判別がYESとなる。

よって、S 3に戻って続くS 6～S 9では、 $1000\text{min}^{-1} \sim 1100\text{min}^{-1}$ で回転速度を変更して加工を行う。

【 0 0 2 5 】

ここで、例えば $1000\text{min}^{-1} \sim 1100\text{min}^{-1}$ において、 $600\text{Hz} \sim 660\text{Hz}$ の振動が発生し、S 10において 1000min^{-1} 時に 600Hz で最も振動が大きくなったとする。そのため、 600Hz に共振周波数が存在すると判断でき、その $\pm 10\%$ の領域を共振周波数帯、すなわち $540\text{Hz} \sim 660\text{Hz}$ において強制びり振動が発生する領域であると算出される。

よって、上述の手順と同様に計算すると、以下の式(8)になり、その回転速度 S では強制びり振動が発生することになる。

$$S = 8100 / k \sim 9900 / k \quad \dots (8)$$

式(6)において、 600Hz 、 $k = 4 \sim 9$ において、上限回転速度 2500min^{-1} 、下限回転速度 1000min^{-1} に含まれる範囲を有するため、S 11の判別がYESとなる。よって、S 3に戻ってこれらの回転速度においても同様の加工を行う。

【 0 0 2 6 】

そして、このように各ハーモニクス線上でそれぞれ回転速度を変更した加工を行ったとき、S 12で依然として各ハーモニクス線上で強制びり振動が発生していたら、S 14において、 200Hz の共振周波数帯、及び 600Hz の共振周波数帯をそれぞれ特定し、S 15では、入力が各共振周波数帯に一致する回転速度を算出してそれ以外の回転速度 S_a を算出することで強制びり振動を回避することができる。今回の場合、例えば 2000min^{-1} がそれに当たるため、S 16ではその回転速度へ変更することで強制びり振動が回避できる。

10

20

30

40

50

なお、回転速度変更中に閾値を切った場合には、その回転速度で制御を終了する。

【0027】

このように、上記形態の主軸制御装置10によれば、実際の加工状態から効率良く複数の情報を得るため、計測や分析に誤差を含んだ場合においても、迅速且つ高精度にびびり振動の種類を判別を行い、適切な対処を行うことができる。よって、加工振動の低減が期待できる。

特にここでは、異なるハーモニクス線上でも振動量が最大の振動周波数となる回転速度があれば、当該ハーモニクス線上でも共振周波数を特定して、各ハーモニクス線上で特定された複数の共振周波数を回避する回転速度を算出して変更するようにしているので、強制びびり振動が発生する可能性が高い共振周波数を確実に回避して最適な回転速度を選択することができる。

10

【0028】

なお、本発明の回転軸制御装置に係る構成は、上記実施の形態に記載した態様に何ら限定されるものではなく、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。

たとえば、振動の検出には加速度ピックアップの代わりに変位計やマイクを採用して、振動加速度の代わりに振動変位や振動音を用いることも可能である。

また、上記制御事例では共振周波数帯を共振周波数の $\pm 10\%$ としているが、異なる割合に変えたり、変更可能にしたり、回転速度の絶対値での範囲としたりすることも可能である。

20

さらに、上記制御事例では異なるハーモニクス線上でも複数の回転速度での加工を試みているが、制御時間短縮のために特定された共振周波数となる回転速度のみで加工を行うことも可能である。

【0029】

一方、上記形態では回転速度の制御を自動で実行しているが、自動制御の代わりに手動で対話式に各動作を行ってもよいことは言うまでもない。

その他、工作機械としては立形マシニングセンタに限らず、主軸に装着したワークを回転させて加工を行うNC旋盤等の他の工作機械であっても本発明は適用可能である。

【符号の説明】

【0030】

1・・・立形マシニングセンタ、2・・・主軸頭、3・・・主軸、4・・・工具、6・・・ワーク、7・・・振動センサ、10・・・主軸制御装置、11・・・制御装置、12・・・入力装置、13・・・演算装置、14・・・記憶装置、15・・・NC装置。

30

