(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2017-209743
(P2017-209743A)
(43)公開日　平成29年11月30日(2017.11.30)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B23Q 17/09	(2006.01)	B23Q	17/09	Z	3C029

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2016-103357 (P2016-103357)
(22)出願日　平成28年5月24日 (2016.5.24)

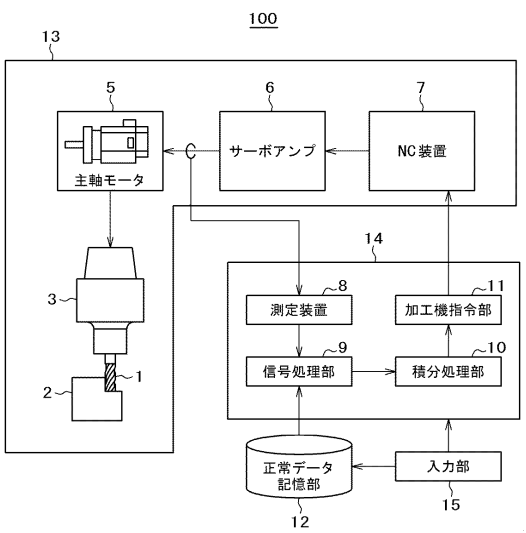
(71)出願人　507250427
日立ＧＥニュークリア・エナジー株式会社
茨城県日立市幸町三丁目１番１号
(74)代理人　110001689
青稜特許業務法人
(72)発明者　西川　顕二
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内
(72)発明者　佐野　靖
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内
(72)発明者　岡田　真
茨城県日立市幸町三丁目１番１号　日立ＧＥニュークリア・エナジー株式会社

Ｆターム(参考)　3C029 DD11

(54)【発明の名称】加工装置

(57)【要約】
【課題】加工装置において、工具摩耗の進展を加工装置の信号で測定し、工具が異常状態になる前に異常判定を検出することを可能にする。
【解決手段】被削材を切削加工する加工装置を、被削材を加工する工具を保持する主軸とこの主軸を回転駆動する駆動部とを備えた加工装置本体と、加工装置本体の駆動部で回転駆動している主軸から得られる信号を測定する測定部と、主軸から得られる信号のうち主軸が正常に動作しているときに得られる信号を格納する正常信号記憶部と、測定部で測定して得た測定信号および正常信号記憶部に記憶された正常信号を所定の時間間隔ごとに所定の時間分だけ取出して処理する信号処理部と、信号処理部で測定信号と正常信号とを所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに処理した結果を積分する積分処理部と、積分処理部で積分処理した結果に基づいて加工装置本体を制御する加工機指令部とを備えて構成した。
【選択図】　図１

図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
被削材を切削加工する加工装置であって、
被削材を加工する工具を保持する主軸と前記主軸を回転駆動する駆動部とを備えた加工装置本体と、
前記加工装置本体の前記駆動部で回転駆動している前記主軸から得られる信号を測定する測定部と、
前記主軸から得られる信号のうち前記主軸が正常に動作しているときに得られる信号を格納する正常信号記憶部と、
前記測定部で測定して得た測定信号および前記正常信号記憶部に記憶された正常信号を所定の時間間隔ごとに所定の時間分だけ取出して処理する信号処理部と、
前記信号処理部で前記測定信号と前記正常信号とを前記所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに処理した結果を積分する積分処理部と、
前記積分処理部で積分処理した結果に基づいて前記加工装置本体を制御する加工機指令部と
を備えたことを特徴とする加工装置。
【請求項２】
請求項１記載の加工装置であって、前記測定部は、前記加工装置本体の前記駆動部で回転駆動している前記主軸から得られる電流値、電力値、加速度、又は切削力の信号を測定することを特徴とする加工装置。
【請求項３】
請求項１記載の加工装置であって、前記積分処理部は、前記信号処理部で前記測定信号を処理して得られた信号の積分値と前記正常信号を処理して得られた信号の積分値とを求め、前記測定信号を処理して得られた信号の積分値に含まれる前記正常信号を処理して得られた信号の積分値の割合を求めることを特徴とする加工装置。
【請求項４】
請求項１記載の加工装置であって、加工機指令部は、前記積分処理部で前記測定信号を処理して得られた信号の積分値に含まれる前記正常信号を処理して得られた信号の積分値の割合が予め設定した閾値を超えたときに加工機を制御することを特徴とする加工装置。
【請求項５】
請求項１記載の加工装置であって、前記信号処理部は、前記測定信号と前記正常信号を所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに取出した信号の信号波形について、波形の振幅方向に指定した間隔で複数本の標本線を設定し、該設定した各標本線と前記出力信号の波形が交差する回数をカウントするとともに、前記交差して前記出力信号の波形が前記標本線よりも大きくなっている時間を計測し、該カウントした回数と前記出力信号の波形が前記標本線よりも大きくなっている時間とについて統計処理を行ってカウントデータ量を求めることを特徴とする加工装置。
【請求項６】
請求項５記載の加工装置であって、前記積分処理部は、前記信号処理部で処理して求めたカウントデータ量を、前記所定の時間間隔ごとに時間積分することにより時間軸における前記測定信号のデータ量と前記正常信号のデータ量を求め、前記測定信号のデータ量に含まれる前記正常信号のデータ量の割合を求めることを特徴とする加工装置。
【請求項７】
請求項５記載の加工装置であって、加工機指令部は、前記積分処理部で前記測定信号と前記正常信号とを処理して得られた前記測定信号のデータ量に含まれる前記正常信号のデータ量の割合が予め設定した閾値を超えたときに加工機を制御することを特徴とする加工装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、加工装置に関し、特に工具の異常を予測する機能を備えた加工装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

切削工具などの加工工具の異常や寿命を検知できる方法および装置が特開２００５－２２０５２号公報（特許文献1）に記載されている。この公報には、「加工工具の加工毎の累積消費電力を求める累積消費電力演算部を備え、この累積消費電力演算部で求めた１加工当たりの累積消費電力量を記憶部に記憶させた基準消費電力量と比較して、加工工具の異常・寿命を判定する。基準消費電力量を新品の加工工具による初回１回加工時の累積消費電力とするのが望ましい。また、累積消費電力は加工工具の空転によって消費される電力相当分を除いて求めるのが望ましい。切削工具の製造バラツキや使用環境等のバラツキによる誤差を排除して、工具寿命を正確に検知できるため、工具費用を飛躍的に削減できる。」と記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２００５－２２０５２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

特許文献１には、加工工具の異常や寿命を検知できる方法および装置が記載されている。しかし、特許文献１に記載された装置は、累積消費電力量が基準消費電力量と比較してある閾値を超えると工具の異常もしくは寿命と判断するもので、工具がほとんど摩耗しなかった場合でも、一定の電力量を消費すると、まだ加工ができる状態で工具の異常と判断してしまい、工具を交換することになる。

【０００５】

また、消費電力と工具の摩耗状態に相関があるとは言えないので、工具のチッピング等の異常が発生してから、異常と判断する可能性もある。この際、異常状態の工具で加工を進めることとなり、主軸とワークの衝突や、被削材に所望の加工ができず不良品を出す可能性がある。

【０００６】

また、特許文献1には、累積電力量だけでなく、「消費電力に対して瞬時の閾値と比較して加工工具の異常・寿命を判定することを特徴とする。」と記載があるが、加工中の突発的な切り屑かみこみ等による電力値増加や、ノイズによる瞬間的な電力値増加によって、工具が異常ではない状態でも、異常と判断する場合が考えられる。

【０００７】

従って、特許文献１に記載されている従来技術では、製品となる被削材の精度確保および歩留まり向上などの生産安定化のために、工具摩耗がまだ進展していない状態で工具を交換する管理が行われており、工具交換回数の増加による加工リードタイム増加や使用工具本数増加による工具費用増加などが課題となる。

【０００８】

そこで、本発明は、工具摩耗の進展を加工装置の信号で測定し、工具が異常状態になる前に異常判定を検出することを可能にする加工装置を提供する。

【０００９】

すなわち、本発明は、上記した従来技術の課題を解決して、工具が異常な加工を起こす前の摩耗状態まで加工することを可能にして、各工具の使用期間を向上させ、工具交換回数低減による加工リードタイム短縮や使用工具本数減少による工具費用削減などを可能にする工具の異常を予測する機能を備えた加工装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。
本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、被削材を切削加工する加工装置を、被削材を加工する工具を保持する主軸とこの主軸を回転駆動する駆動部とを備えた加工装置本体と、加工装置本体の駆動部で回転駆動している主軸から得られる信号を測定する測定部と、主軸から得られる信号のうち主軸が正常に動作しているときに得られる信号を格納する正常信号記憶部と、測定部で測定して得た測定信号および正常信号記憶部に記憶された正常信号を所定の時間間隔ごとに所定の時間分だけ取出して処理する信号処理部と、信号処理部で測定信号と正常信号とを所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに処理した結果を積分する積分処理部と、積分処理部で積分処理した結果に基づいて加工装置本体を制御する加工機指令部とを備えて構成した。

【発明の効果】
【００１１】
本発明によれば、工具が異常な加工を起こす前の摩耗状態まで加工することができるため、各工具の使用期間が向上し、工具交換回数低減による加工リードタイム短縮や使用工具本数減少による工具費用削減などの効果が得られる。
【００１２】
上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明より明らかにされる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】本発明の実施例１に係る工具の異常を予測する機能を備えた加工装置の概略の構成を示すブロック図である。
【図２】本発明の実施例１に係る切削工具の外観を示す斜視図である。
【図３】本発明の実施例１に係る切削工具における工具摩耗の例を示す切削交互の先端部分付近の斜視図である。
【図４】本発明の実施例１に係る工具の異常を予測する加工装置の動作フローを示すフローチャートである。
【図５】本発明の実施例１に係る測定信号の電流値を示す電流波形図である。
【図６】本発明の実施例１に係る正常信号の電流値を示す電流波形図である。
【図７】本発明の実施例１に係る測定信号から一定時間のデータを抜き出す例を示す電流波形図である。
【図８】本発明の実施例１に係る抜き出した信号に対して標本線を設定する例を示す電流波形図である。
【図９】本発明の実施例１に係る標本線から交差カウントおよびカウント量の説明をする電流波形図である。
【図１０】本発明の実施例１に係る測定信号を処理して得られたカウントデータ量を説明するヒストグラムである。
【図１１】本発明の実施例１に係る正常信号を処理して得られたカウントデータ量を説明するヒストグラムである。
【図１２】本発明の実施例１に係る工具摩耗幅と正常データ割合の関係を示すグラフである。
【図１３】本発明の実施例１に係る入力部の構成と、制御部、加工装置本体との関係を示すブロック図である。
【図１４Ａ】本発明の実施例１に係る入力部の信号処理方法を入力する表示画面の例を示す画面の正面図である。
【図１４Ｂ】本発明の実施例１に係る入力部の信号処理方法で事前処理方法を選択したときの表示画面の例を示す画面の正面図である。
【図１５】本発明の実施例２に係る工具の異常を加速度データで予測する加工装置の概略の構成を示すブロック図である。
【図１６】本発明の実施例３に係る工具の異常を切削力データで予測する加工装置の概略の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】
【００１４】
本発明は、加工機で測定した切削力、切削工具を駆動するモータの電流値・電力値を測定し、それらの値の変化から工具の摩耗を所望の摩耗幅で検知できる検知アルゴリズムで解析して工具の異常を予測し、加工条件又は加工機の動作を制御するようにしたものである。
【００１５】
特に、工具の摩耗幅と工具を駆動する主軸を駆動する駆動信号との相関が高いことに着目して、主軸を駆動する電流値を測定して得たデータから電流値の振幅の大きさの特徴をパターン認識による解析手法を用いて解析することにより、工具の摩耗を所望の摩耗幅で検知できるようにしたものである。
【００１６】
また、本発明では、加工機で測定した切削力、切削工具を駆動するモータの電流値・電力値を測定して得たデータから、測定データに占める正常データの割合の変化から摩耗の進展度合いを推定する、摩耗進展に追従した処理方法を提供するものである。
【００１７】
即ち本発明は、被削材を切削加工する加工装置を、被削材を加工する工具を回転させる主軸と、前記主軸の信号を測定する測定装置と、正常信号を格納する正常信号記憶部と、対象の加工で測定した信号である測定信号および正常信号を時間ごとに信号処理する信号処理部と、信号処理部で処理された出力信号について時間ごとの出力の大きさをカウントし、カウントされた結果を時間積分する積分処理部と、積分処理後の正常信号と測定信号の処理結果より閾値を設定し、閾値を超えたときに加工機を制御する加工機指令部とを含んで構成したものである。
【００１８】
以下、実施例を図面を用いて説明する。本実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付すようにし、その繰り返しの説明は原則として省略する。ただし、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。本発明の思想ないし趣旨から逸脱しない範囲で、その具体的構成を変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。
【実施例１】
【００１９】
本実施例では、工具の異常を電流値もしくは電力値で予測する加工装置の例を説明する。
図１は、本実施例に係る工具の異常を予測する機能を備えた加工装置１００の構成と信号の流れを示すブロック図である。本実施例に係る工具の異常を予測する加工装置１００は、加工装置本体１３と、測定データを演算し加工機の制御命令を出力する演算部１４と、正常データが記憶されている正常データ記憶部１２と、加工装置の設定を入力する入力部１５を備えている。
【００２０】
加工装置本体１３では、切削工具１を主軸３で固定し、主軸モータ５で主軸３を回転させることで被削材２を所望の形状に加工する。このとき、ＮＣプログラムが記憶されたＮＣ装置７からの指令により、サーボアンプ６が主軸モータ５に入力する電圧値と電流値を制御する。これにより、指令通りの回転数にて主軸モータ５を回転させる。
【００２１】
ここでは、加工機の電流値もしくは電力値を測定する例について説明する。対象とする加工の測定信号は、サーボアンプ６と主軸モータ５の間より得られた電圧値と電流値を、演算部１４の測定装置８で測定する。このとき、測定は電圧センサや電流センサを用いても良い。
【００２２】
測定装置８で測定された測定信号は、信号処理部９で一定時間分ごとの波形を抜き出し

、抜き出した波形に対して指定の事前信号処理を行う。このとき、事前信号処理方法はローパスフィルタ、ハイパスフィルタ、バンドパスフィルタや、移動平均フィルタなどのノイズ除去フィルタで行っても良い。

【００２３】

一方、正常信号は正常データ記憶部１２から出力される。正常データ記憶部１２では、切削工具１が正常状態で被削材２を加工した時にサーボアンプ６と主軸モータ５の間より得られた電圧値と電流値を演算部１４の測定装置８で測定した信号が記憶されている。このとき、正常状態とは切削工具１に工具摩耗が進展していない１パス目を加工するときのデータを用いても良い。

【００２４】

正常データ記憶部１２から出力されて信号処理部９に入力された正常信号は、測定信号と同間隔の一定時間分ごとの波形を抜き出され、必要に応じて事前信号処理が施される。

【００２５】

信号処理部９で処理された測定信号と正常信号は、積分処理部１０にて統計処理および積分計算され、工具摩耗の進展を指標とするカウント数に変換される。

【００２６】

続いて加工機指令部１１では、積分処理部１０で処理された正常信号より閾値を設定する。積分処理部１０で処理された測定信号の出力値が、この閾値を超えたときに、入力部１５で指定した加工装置本体１３の動作方法を実施する指令を、加工装置本体１３のNC装置７に出す。このときの指令は、工具交換、加工条件調整、工具退避でも良い。

【００２７】

図２に切削工具１の例を、図３に切削工具１の工具摩耗の例を示す。切削工具１では、刃先２０部分で被削材２を加工する。加工前の新品状態では刃先２０は摩耗していないが、加工が進むと工具刃先２０の逃げ面２３の側において工具摩耗２１が進展する。このときの逃げ面２３の摩耗幅２２が増大すると、切削力の増加、加工振動発生、加工精度悪化、工具折損などの加工異常が発生する。そのため、加工異常が発生する前に逃げ面２３の摩耗幅２２の進展具合を検知し、加工装置本体１３を制御する必要がある。

【００２８】

図４は切削工具１の異常を予測する加工装置１００の動作フローを示すフローチャートの例である。先ずステップＳ３０で条件の入力を行う。入力する条件としては、ＮＣ装置７で制御する加工データ、サーボアンプ６の制御方法、演算部１４における信号処理方法などである。

【００２９】

条件の入力を終了したら、ステップＳ３１で測定対象の加工を開始する。加工開始と同時に、ステップＳ３２で加工機の主軸３を駆動する信号を測定装置８で測定する。このとき測定する信号は、主軸３と連結する駆動モータ５を制御するサーボアンプ６から出力される電流値、電力値、および主軸３から直接取得する加速度、切削力などである。次にステップＳ３３で信号処理部９において、測定装置８から出力される測定信号について一定時間分ごとの波形を抜き出し、必要に応じて事前信号処理を行う。また、同時にステップＳ３９より正常データ記憶部１２から正常データの入力がある。

【００３０】

次に、ステップＳ３４にて積分処理部１０において、信号処理部９で指定された処理を施された信号波形の積分が行われ、ステップＳ３５で正常信号処理結果より閾値が設定される。次に、ステップＳ３６にて測定信号の処理結果と閾値を比較評価し、測定信号の処理結果が閾値を超えた場合(閾値以上)は、工具の異常が発生する兆候であるという判断のため、ステップＳ３７に進み加工機本体１３の制御をおこなう。

【００３１】

ここで、ステップＳ３７で実行する加工機本体１３の制御の具体的な例としては、切削工具１を交換すること、ＮＣ装置７で設定する加工条件の調整、又は切削工具１の退避などである。

【００３２】
制御が終わると、ステップＳ３８にて終了する。ステップ３６で測定信号の処理結果が閾値未満と判定された場合は、切削工具１に異常が無いという判断をして、ステップＳ３１に戻り、加工を継続する。
【００３３】
図５は、測定装置８で測定される、電流値を例とする測定信号５０のグラフである。切削速度450m/min、一刃送り0.1mm/toothの条件で、幅6mm、深さ2mmの溝を加工した例である。横軸は時間[s]を示し、縦軸は主軸モータ５とサーボアンプ６の間から測定された加工装置の主軸３における電流値[A]である。
【００３４】
図５に示した信号波形では、すでに主軸３が回転している状態から測定しているため、空転している状態での電流値が0から6秒あたりまで発生しており、6秒あたりから切削工具１が被削材２と接触し、加工が開始される。加工が開始すると、主軸３に負荷が発生するため、主軸モータ５を一定回転数で回転させるための制御がサーボアンプ６から働くため、測定装置８で検出される電流値が増大する。図５は、工具摩耗が約0.2mm進展したときの測定装置８で検出された電流値の測定信号５０の例である。
【００３５】
図６は、正常データ記憶部１２で蓄積されている、図５と同加工条件において、工具摩耗が進展していない新品の切削工具１で加工したときに測定装置８で検出された電流値の信号である。例えば、このときの信号を、正常信号としても良い。もしくは、測定装置８において、新品の切削工具１で１回目を加工するときの信号を、正常信号としても良い。
【００３６】
図５に示した信号波形では、切削工具１の摩耗が進展した状態で被削材２を加工したため、切削力が増大し、電流値が高くなっていることがわかる。一方、図６に示した正常信号は刃先の状態がシャープなため被削材の切れ味が良く、切削力を低く抑えられるため、正常信号の信号波形６０における電流値は、図５における信号波形５０の電流値と比べ低いことがわかる。
【００３７】
図７は、信号処理部９において一定時間分の測定信号を抜き出す状態を説明するグラフである。ここでは、0.5秒間隔のデータ７１を測定信号７０および正常信号(図示せず)から抜き出す場合を例とする。このデータを抜き出す時の時間間隔は、入力部１５にて任意に設定しても良い。ただし、１パス分の加工時間に対して、十分に短く設定する必要がある。
【００３８】
図８に、図７で抜き出した0.5秒分の測定信号７１を示す。このグラフに、波形の時間軸と平行する標本線４０を、振幅方向に指定した間隔および本数分設定する。標本線４０の間隔および本数は、入力部１５にて任意に設定しても良い。ただし、波形の振幅間隔に対して、複数本納まる間隔および本数である必要がある。例えば、図８では標本線１から標本線nまで標本線をn本、電流値が0Aから30Aの範囲で等間隔に設定した場合を例とする。
【００３９】
図９は、代表として図８に示した測定信号７１を標本線３で処理する場合を説明する。標本線３では、測定信号７１の波形と交差する部分があり、交差する回数を交差カウント４１とする。また、測定信号７１の波形が標本線３と交差して測定信号７１の波形が一旦標本線３よりも大きくなってから次の交差がくるまでの標本線３の長さ、即ち、標本線３が測定信号７１の波形の電流値以下となる間隔を、カウント量４２とする。ここで、標本線３の場合、交差カウント４１の値は18となり、カウント量４２は0.09秒間なので0.09とする。
【００４０】
ここで、標本線は1からnまであるので、図８のグラフよりそれぞれn個の交差カウント

４１とカウント量４２が求まる。標本線nにおける交差カウント４１をX_{1n}、カウント量４２をX_{2n}とし、交差カウント４１とカウント量４２から構成されたベクトルXを作成する。

【００４１】

【数１】

$$X=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{21} \\ X_{12} & X_{22} \\ X_{13} & X_{23} \\ \vdots & \vdots \\ X_{1\,n-1} & X_{2\,n-1} \\ X_{1n} & X_{2n} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{数}1)$$

【００４２】

次に、統計処理として、行列Xの各列における平均値$\overline{X}$と標準偏差σを求める。

【００４３】

【数２】

$$\overline{X_1}=\frac{\sum_i^n X_{1i}}{n},\ \overline{X_2}=\frac{\sum_i^n X_{2i}}{n},\ \sigma_1=\sqrt{\frac{\sum_i^n (X_{1i}-\overline{X_1})^2}{n}},\ \sigma_2=\sqrt{\frac{\sum_i^n (X_{2i}-\overline{X_2})^2}{n}} \quad \cdots(\text{数}2)$$

【００４４】

次に、各行列要素を正規化するために、正規化行列Zを計算する。

【００４５】

【数３】

$$Z_{1i}=\frac{X_{1i}-\overline{X_1}}{\sigma_1},\ Z_{2i}=\frac{X_{2i}-\overline{X_2}}{\sigma_2}\ \text{とすると、}\ Z=\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{21} \\ Z_{12} & Z_{22} \\ Z_{13} & Z_{23} \\ \vdots & \vdots \\ Z_{1\,n-1} & Z_{2\,n-1} \\ Z_{1n} & Z_{2n} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{数}3)$$

となる。

【００４６】

次に、相関行列Rを定義する。変数は交差カウント数４１とカウント量４２の２種類となるため、２×２の正方行列で作成する。

【００４７】

【数４】

$$R=\begin{bmatrix} 1 & \frac{\sum_i^n X_{1i}\times X_{2i}}{n} \\ \frac{\sum_i^n X_{2i}\times X_{1i}}{n} & 1 \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{数}4)$$

【００４８】

次に、加工の異常を予測できるよう、波形の特徴化を行うために、カウントデータ量Dを求める。

【００４９】

【数５】

$$D=\frac{ZR^{-1}Z^T}{2} \quad \cdots(\text{数}5)$$

【００５０】

ここで、R^{-1}は相関行列Rの逆行列を表し、Z^Tを正規化行列Zの転値行列を表す。これにより、信号処理部９で抜き出した0.5秒分のカウントデータ量Ｄを求めることができる。

【００５１】

図１０に測定信号の評価時間間隔5秒間における0.5秒毎のカウントデータ量を示す。横軸は時間を示し、縦軸は対数目盛でカウントデータ量Ｄを示す。図１１に同範囲における正常信号のグラフを示す。図１１に示した信号の振幅が小さい正常信号は、カウントデータ量Ｄが小さく示される。一方、図１０に示した振幅が大きい測定信号はカウントデータ量が大きく示される。

【００５２】

次に、積分処理部１０にて、求めた測定信号と正常信号それぞれのカウントデータ量Ｄのグラフ面積を求めるために、積分処理を行う。ここでは例として、先ほど図１０と図１１で求めた評価時間間隔5秒間のデータで説明する。図１０に示した測定信号を積分処理したデータを測定データ量、図１１に示した正常信号を積分処理したデータを正常データ量と定義する。

【００５３】

測定データ量に含まれる正常データ量の割合を求めるため、正常データ量を測定データ量で割った値を正常データ割合Sと定義する。正常データ割合Sは次の式で求まる。

【００５４】

【数６】

$$\text{正常データ割合}S = \frac{\int_D \text{正常}\,dt}{\int_D \text{測定}\,dt} \times 100\,[\%] \qquad \cdots (\text{数}6)$$

【００５５】

ここで、図１２に工具摩耗幅と正常データ割合Sの関係を示すグラフを示す。なお、このグラフデータは正常データ記憶部１２に蓄積されていても良い。

【００５６】

切削工具１が図２及び図３に示すエンドミルなどの場合、一般的に工具の摩耗幅２２が0.2～0.4mmになると、加工異常の兆候が始まり、工具を交換するタイミングになる。このため、摩耗幅２２が0.2～0.4mmになるレベルにおいて、閾値を設定しても良い。例えば、加工を制御する工具摩耗幅を0.2mmと設定する。ここで、図１２のグラフより、正常データ割合Sの約50%を閾値とすればよい。

【００５７】

今回の例では、5秒間毎にカウントデータ量が求まるため、5秒毎に閾値との比較が実施され、閾値を超えるとステップＳ３７にて加工機の制御を行う。さらに短い周期で正常データ割合Sと閾値による制御を実施する場合は、図７にて抽出するデータを短くすればよい。または、図１０および図１１におけるカウントデータ量の評価時間を短くすればよい。これらの設定は、入力部１５で設定しても良い。

【００５８】

図１３に入力部１５の例を示す。入力部１５から入力されたデータは、演算部１４および正常データ記憶部１２に入力され、加工装置本体１３の制御を実施する。

【００５９】

入力部１５では、加工データ入力部５０で、被削材の材質、工具の種類、プログラム、パス、および加工条件を入力する。次に、加工制御方法入力部５１で加工機の制御方法を選択する。ここでは、工具交換、工具退避、および加工条件調整から選択する例を示す。

【００６０】

次に信号処理方法入力部５２にて、演算部１４で演算する信号処理条件を入力する。ここでは、信号処理部９で実施する事前処理方法、信号処理部９と積分処理部１０で設定する処理時間間隔、積分処理部１０で設定する評価時間間隔、および積分処理部１０で設定する標本線数を入力する例を示す。

【００６１】

図１４Ａに、信号処理方法入力部５２の表示画面５２０の例を示す。信号処理方法入力部５２の表示画面５２０には、事前処理方法５２１、処理時間間隔５２２、評価時間間隔５２３、標本線数５２４を選択する画面が表示される。この画面上で事前処理方法５２１を選択した場合、図１４Ｂに示すような、事前処理方法選択画面５２１０に事前処理方法の具体的な処理方法５２１１が表示され、画面上でそのいずれかを選択したマウスでクリックすることにより、選択した処理方法で事前処理が実行される。

【００６２】

以上では、電流値を用いた例を説明したが、電力値も同様の処理を行えばよい。パラメータの単位が電流値[A]から電力値[W]に代わり、それ以外は実施例１と同様である。

【００６３】

本実施例によれば、工具が異常な加工を起こす前の摩耗状態まで加工することができるため、各工具の使用期間が向上し、工具交換回数低減による加工リードタイム短縮や使用工具本数減少による工具費用削減などの効果が得られる。例えば、工具径３００mm、刃数２０枚の切削工具で溝幅７mm、溝長さ４０００mmの溝加工を炭素鋼の被削材で繰返し行う場合、本実施例の適用により、工具費用を約５０％削減し、加工時間を約２０％短縮することができる。

【実施例２】

【００６４】

次に、切削工具１の異常を加速度データで予測する加工装置１５００の実施例を、図１５を用いて説明する。

【００６５】

加工装置本体１３１では、主軸３に加速度センサ３０１が設置されており、加工中の加速度を測定する。加速度を測定することにより、加工中の振動を評価することができる。切削工具１の工具摩耗２２が進展すると、切削力が増大し、加工中の振動も併せて増大する。そのため、切削工具１の異常を加速度で評価することができる。加速度データは演算部１４１の測定装置８１に入力される。その後の信号処理部９１、積分処理部１０１、加工機司令部１１１の処理方法は、正常データ記憶部１２１、入力部１５１を含めてパラメータの単位が電流値[A]から加速度[G]に代え、それ以外は実施例１で説明した処理方法と同様である。

【実施例３】

【００６６】

次に、切削工具１の異常を切削力データで予測する加工装置１６００の実施例を、図１６を用いて説明する。

【００６７】

加工装置本体１３２では、加工装置内のテーブル３０２に力センサ３０３が設けられている。力センサ３０３上に被削材２を固定する。加工中の切削力を力センサ３０３で測定する。切削工具１の工具摩耗２２が進展すると、切削力が増大するため、加工中の工具異常の予測ができる。切削力データは測定装置８２に入力される。その後の信号処理部９２、積分処理部１０２、加工機司令部１１２の処理方法は、正常データ記憶部１２２、入力部１５２を含めてパラメータの単位が電流値[A]から切削力[N]に代え、それ以外は実施例１で説明した処理方法と同様である。ここで、力センサはひずみゲージやロードセルを用いても良い。

【００６８】

上記に説明したように、本発明では、被削材を切削加工する加工方法において、被削材を加工する工具を保持する主軸を加工装置本体の駆動部で回転駆動している状態で前記主軸から得られる信号を測定部で測定し、前記主軸から得られる信号のうち前記主軸が正常に動作しているときに得られる信号を正常信号記憶部に格納し、前記測定部で測定して得た測定信号および前記正常信号記憶部に記憶された正常信号を所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに信号処理部で処理し、前記信号処理部で前記測定信号と前記正常信号とを前記所定の時間分だけ所定の時間間隔ごとに処理した結果を積分処理部で積分し、前記積分

処理部で積分処理した結果に基づいて加工機指令部からの指令信号により前記加工装置本体を制御するようにしたものである。

【００６９】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換することが可能である。

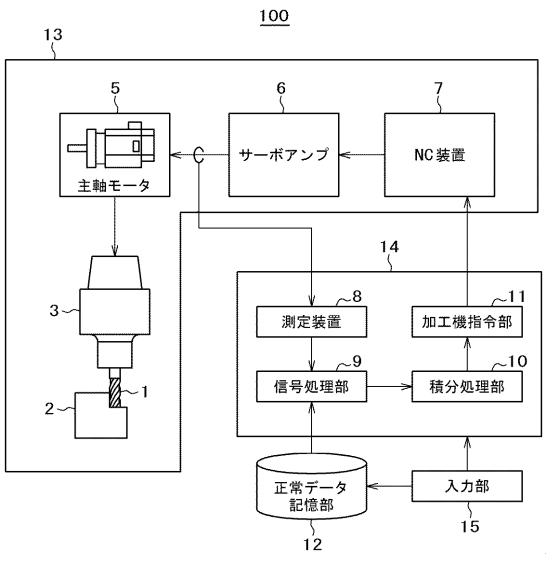
【符号の説明】

【００７０】

３…主軸　５…主軸モータ　６…サーボアンプ　８，８１，８２…測定装置　９，９１，９２…信号処理部　１０，１０１，１０２…積分処理部　１１，１１１，１１２…加工機指令部　１２，１２１，１２２…正常データ記憶部　１４，１４１，１４２…制御部　１３，１３１，１３２…加工装置本体　１００，１５００，１６００…加工装置。

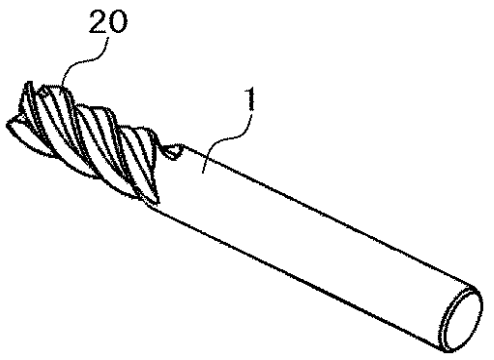
【図１】

図１



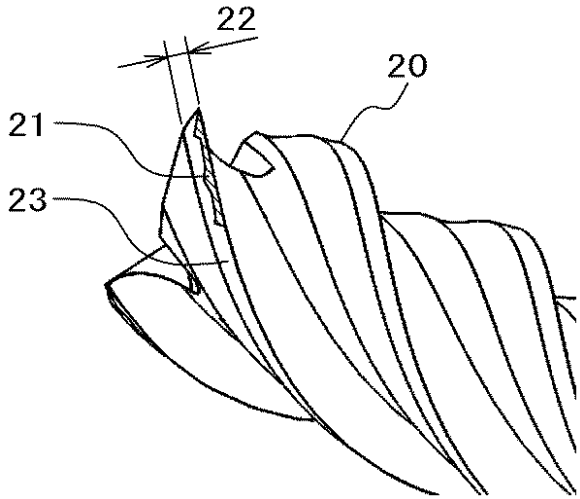
【図２】

図２



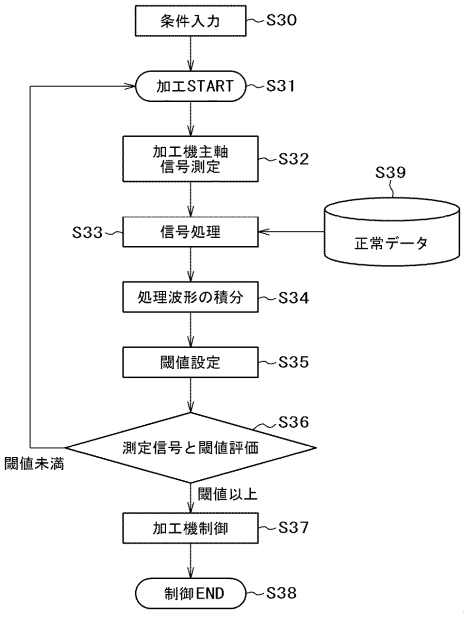
【図３】

図３



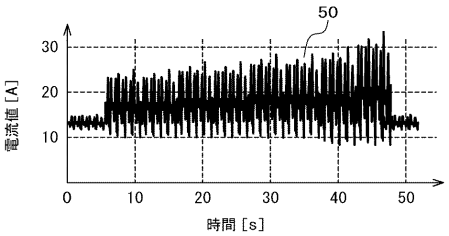
【図４】

図４



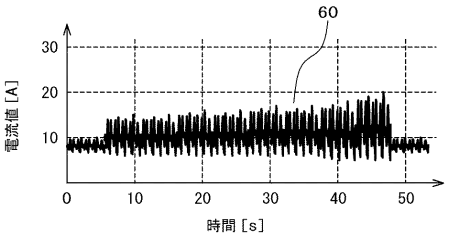
【図５】

図５



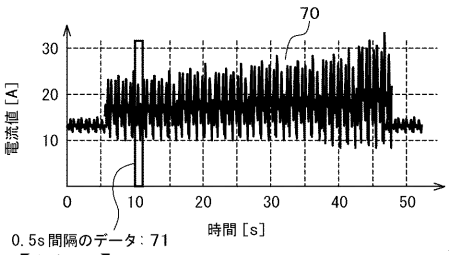
【図６】

図６



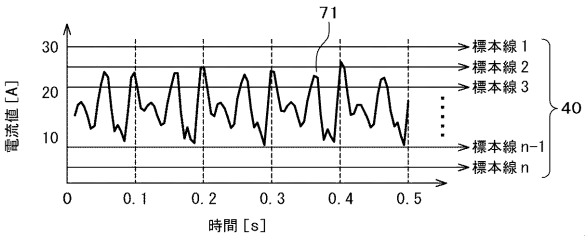
【図７】

図７



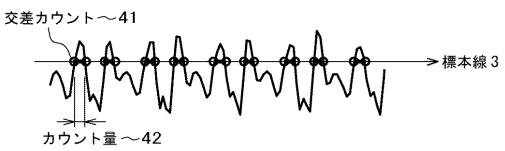
【図８】

図８



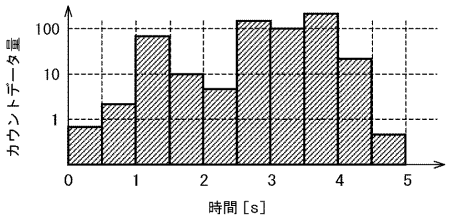
【図９】

図９



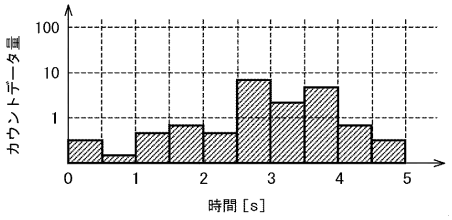
【図１０】

図１０



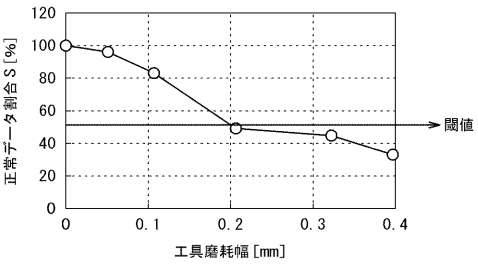
【図１１】

図１１



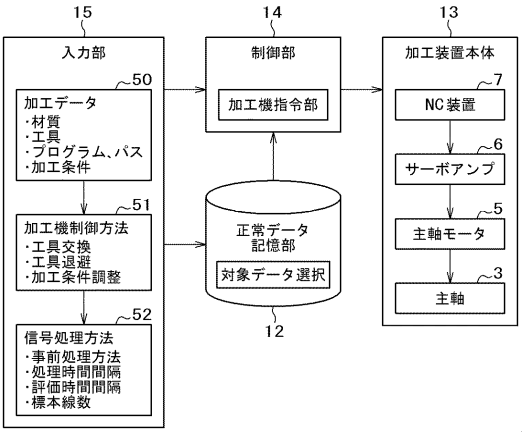
【図１２】

図１２



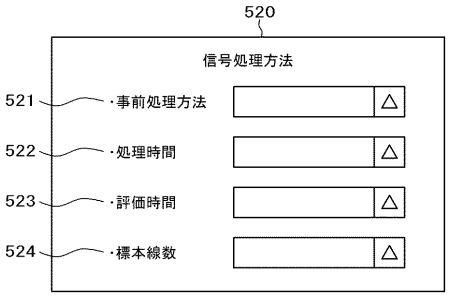
【図１３】

図１３



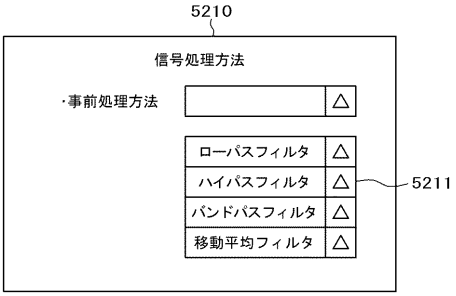
【図１４Ａ】

図１４Ａ



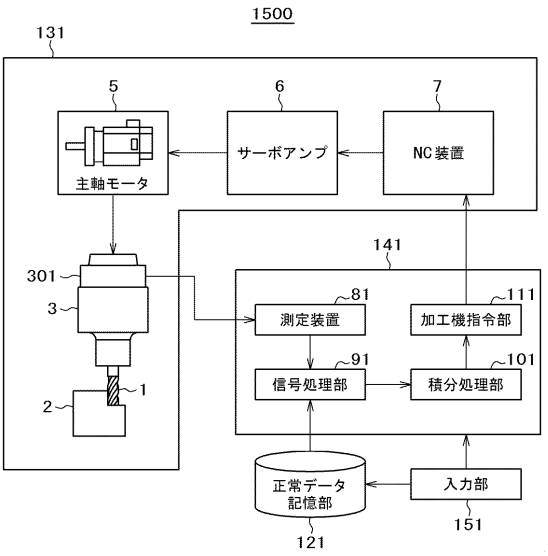
【図１４Ｂ】

図１４Ｂ



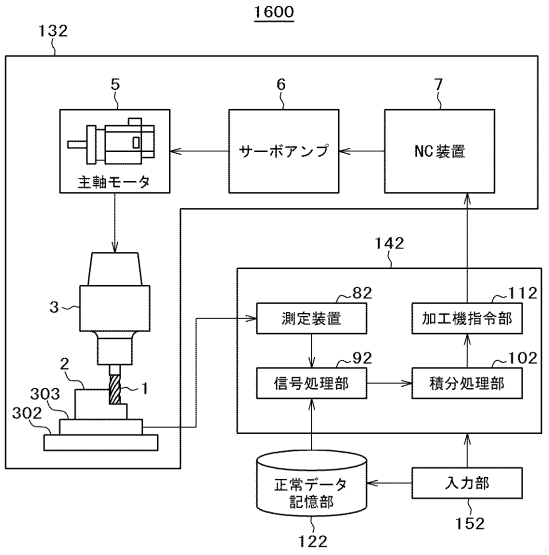
【図１５】

図１５



【図１６】

図１６


1600
132
5
6
7
主軸モータ
サーボアンプ
NC装置
142
3
82
112
測定装置
加工機指令部
2
92
102
信号処理部
積分処理部
303
1
302
正常データ
記憶部
入力部
122
152