(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6501155号
(P6501155)
(45)発行日　平成31年4月17日(2019.4.17)　(24)登録日　平成31年3月29日(2019.3.29)

(51)Int.Cl.　F I
B23Q 17/09 (2006.01)　B23Q 17/09 D
B23Q 17/09 F

請求項の数 4　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2015-121591 (P2015-121591)
(22)出願日　平成27年6月17日 (2015.6.17)
(65)公開番号　特開2016-40071 (P2016-40071A)
(43)公開日　平成28年3月24日 (2016.3.24)
審査請求日　平成30年5月10日 (2018.5.10)
(31)優先権主張番号　特願2014-163483 (P2014-163483)
(32)優先日　平成26年8月11日 (2014.8.11)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005083
日立金属株式会社
東京都港区港南一丁目２番７０号
(72)発明者　安藤　貴之
埼玉県熊谷市三ヶ尻６０１０番地　日立金属株式会社生産システム研究所内
(72)発明者　須田　和孝
埼玉県熊谷市三ヶ尻６０１０番地　日立金属株式会社生産システム研究所内

審査官　久保田　信也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】工具異常検知方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置に適用する工具異常検知方法であって、
前記切削工具を送る電力値を、時間ｔｐのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積し、電力値データとする、電力値データ作成ステップと、
前記電力値データにおいて、最新から時間ΔＴ１前までの前記電力値の分散値を求めて第１の電力分散値とし、これを、時間ｔ１のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の電力分散値データとする、第１の電力分散値データ作成ステップと、
前記第１の電力分散値データにおいて、最新から時間ΔＴ２前までの前記第１の電力分散値の分散値を求めて第２の電力分散値とし、これを、時間ｔ２のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の電力分散値データとする、第２の電力分散値データ作成ステップと、
前記第２の電力分散値データにおいて、最新の第２の電力分散値Ｖｐ１と、最新から所定個数Ｎｐ個前のタイミングにおける第２の電力分散値Ｖｐ２との比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）を逐次求め、その比が閾値αを所定回数ｍ回続けて越えたとき、前記電力値に異常が発生したと判定する、電力値異常判定ステップと
を有し、前記電力値異常判定ステップにおける異常判定の情報を基に、前記切削工具に工具異常が発生したと判定することを特徴とする工具異常検知方法。
【請求項２】
前記閾値αを、前記第２の電力分散値Ｖｐ２に応じて設定することを特徴とする請求項

１に記載の工具異常検知方法。
【請求項３】
前記切削工具の振動にかかる加速度値を、時間ｔａのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積し、加速度値データとする、加速度値データ作成ステップと、
前記加速度値データにおいて、最新から時間ΔＴ３前までの前記加速度値の分散値を求めて第１の加速度分散値とし、これを、時間ｔ３のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の加速度分散値データとする、第１の加速度分散値データ作成ステップと、
前記第１の加速度分散値データにおいて、最新から時間ΔＴ４前までの前記第１の加速度分散値の分散値を求めて第２の加速度分散値とし、これを、時間ｔ４のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の加速度分散値データとする、第２の加速度分散値データ作成ステップと、
前記第２の加速度分散値データにおいて、最新の第２の加速度分散値Ｖａ１と、最新から所定個数Ｎａ個前のタイミングにおける第２の加速度分散値Ｖａ２との比（Ｖａ１／Ｖａ２）を逐次求め、その比が閾値βを所定回数ｎ回続けて越えたとき、前記加速度値に異常が発生したと判定する、加速度値異常判定ステップと
を有し、前記電力値異常判定ステップにおける異常判定と、前記加速度値異常判定ステップにおける異常判定の、両方の情報を基に、前記切削工具に工具異常が発生したと判定することを特徴とする請求項１または２に記載の工具異常検知方法。
【請求項４】
前記閾値βを、前記第２の加速度分散値Ｖａ２に応じて設定することを特徴とする請求項３に記載の工具異常検知方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置に適用する工具異常検知方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
エンドミル、ドリル、正面フライス等の工作機械に用いられる工具は、切粉等の噛込みや、使用限界に起因する過負荷により、工具異常（欠損、激しい摩耗）を発生することがある。工具異常は、工作機械の破損・故障、或いは、ワークの加工不良に繋がる可能性があり、特に、一つのワークを長時間に渡り連続加工する工作機械では、重大な装置の故障、或いは、重大な加工不良の発生に繋がる可能性がある。そこで、工具の状態を常時監視し、工具異常の発生を検知する方法が、種々提案されている。
【０００３】
例えば、一つの方法として、工具を駆動するモータの供給電力波形を用いて、工具異常の発生を検知する方法がある。図１３に示すように、モータの供給電力は、駆動初期に大きな値を示し、その後空転して、安定した低電力値を示す。そして、工具がワークに接触し、加工を開始すると、波形は工具の加工負荷を反映し、ピーク値Ｐを有する電力波形（基準グラフＧ）を示す。そこで、基準グラフＧに対し、ピーク値上限判定値Ａとピーク値下限判定値Ｂに挟まれる正常域Ｄを設定し、ピーク値Ｐが正常域Ｄ内にあるとき、工具は正常であると判定し、ピーク値Ｐが正常域Ｄ外に出たとき、工具異常が発生したと判定する。（例えば、特許文献１参照）
【０００４】
また、他の方法として、工作機械の主軸モータの電力値の実績を用いて、工具異常の発生を検知する方法がある。この方法では、ワークを加工するごとに主軸モータの電力データを測定・記憶し、今回測定した電力データと前回測定した電力データとの変化率を求める。そして、その変化率が、予め設定した上限値を超えたとき、工具異常が発生したと判

定する。（例えば、特許文献２参照）
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特許３２９１６７７号公報
【特許文献２】特許３７８３１９１号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
モータの供給電力は、工具の摩耗に従って、徐々に大きくなることが知られている。そのため、供給電力波形を用いる方法では、ピーク値上限判定値Ａを、予め大きな値に設定し、誤検知を防止することが必要になる。また、工具交換直後の工具異常は、モータの供給電力波形に、小さなピーク値Ｐを形成することが知られている。そのため、供給電力波形を用いる方法では、ピーク値下限判定値Ｂを、予め小さな値に設定し、検出漏れを防止することが必要になる。しかし、以上のような設定すると、正常域Ｄの幅が広くなり、工具異常の発生を精度よく検知できなくなる可能性がある。
【０００７】
また、主軸モータの電力値を用いる方法では、電力値の変化量が小さく、変化率を精度よく算出できないことがある。そこで、異常判定の閾値を小さくし、検出漏れを防止しようとすると、工具異常に関係のない電力値のピーク、例えば、切粉等の噛込みやワークの溶着等に起因する電力値のピークを、工具異常の発生と誤検知し、工具異常の発生を精度よく検知できなくなる可能性がある。
【０００８】
特に、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置では、送り軸モータの仕事量における加工寄与分が極めて小さく、定格容量の数％にも満たないことがある。そのため、工具異常の発生に起因する電力値変化を、精度よく得られないことがあり、工具異常の発生を精度よく検知できない可能性がある。
【０００９】
本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置に適用し、加工中における工具異常（欠損、激しい摩耗）の発生を精度よく検知できる、工具異常検知方法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】
【００１０】
本発明は、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置に適用する工具異常検知方法であって、前記切削工具を送る電力値を、時間ｔｐのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積し、電力値データとする、電力値データ作成ステップと、前記電力値データにおいて、最新から時間ΔＴ１前までの前記電力値の分散値を求めて第１の電力分散値とし、これを、時間ｔ１のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の電力分散値データとする、第１の電力分散値データ作成ステップと、前記第１の電力分散値データにおいて、最新から時間ΔＴ２前までの前記第１の電力分散値の分散値を求めて第２の電力分散値とし、これを、時間ｔ２のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の電力分散値データとする、第２の電力分散値データ作成ステップと、前記第２の電力分散値データにおいて、最新の第２の電力分散値Ｖｐ１と、最新から所定個数Ｎｐ個前のタイミングにおける第２の電力分散値Ｖｐ２との比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）を逐次求め、その比が閾値αを所定回数ｍ回続けて越えたとき、前記電力値に異常が発生したと判定する、電力値異常判定ステップとを有し、前記電力値異常判定ステップにおける異常判定の情報を基に、前記切削工具に工具異常が発生したと判定する工具異常検知方法である。

【００１１】
また、本発明では、前記閾値αを、前記第２の電力分散値Ｖｐ２に応じて設定することが好ましい。
【００１２】
また、本発明では、前記切削工具の振動にかかる加速度値を、時間ｔａのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積し、加速度値データとする、加速度値データ作成ステップと、前記加速度値データにおいて、最新から時間ΔＴ３前までの前記加速度値の分散値を求めて第１の加速度分散値とし、これを、時間ｔ３のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の加速度分散値データとする、第１の加速度分散値データ作成ステップと、前記第１の加速度分散値データにおいて、最新から時間ΔＴ４前までの前記第１の加速度分散値の分散値を求めて第２の加速度分散値とし、これを、時間ｔ４のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の加速度分散値データとする、第２の加速度分散値データ作成ステップと、前記第２の加速度分散値データにおいて、最新の第２の加速度分散値Ｖａ１と、最新から所定個数Ｎａ個前のタイミングにおける第２の加速度分散値Ｖａ２との比（Ｖａ１／Ｖａ２）を逐次求め、その比が閾値βを所定回数ｎ回続けて越えたとき、前記加速度値に異常が発生したと判定する、加速度値異常判定ステップとを有し、前記電力値異常判定ステップにおける異常判定と、前記加速度値異常判定ステップにおける異常判定の、両方の情報を基に、前記切削工具に工具異常が発生したと判定してもよい。
【００１３】
また、本発明では、前記閾値βを、前記第２の加速度分散値Ｖａ２に応じて設定することが好ましい。
【発明の効果】
【００１４】
本発明によれば、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、前記円柱体或いは円筒体の外形加工をする切削加工装置において、モータの供給電力値を基に、工具異常の発生を精度よく検知することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１５】
【図１】本発明の実施形態で外形加工をするロールの一例を示す断面模式図である。
【図２】第１実施形態における、ロール旋盤加工機とその周辺機器の概略図である。
【図３】第１実施形態において、電力値の異常を判定するフローチャートである。
【図４】第２実施形態における、ロール旋盤加工機とその周辺機器のを示す概略図である。
【図５】図４のロール旋盤加工機における、切削工具と加速度センサの配置を示す概略図である。
【図６】第２実施形態において、加速度値の異常を判定するフローチャートである。
【図７】実施例１における、加工開始直後の電力値の変化を示すグラフである。
【図８】実施例１における、閾値αと第２の電力分散値Ｖｐ２との関係を示すグラフである。
【図９】実施例１において、電力値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）電力値の変化、（ｂ）第１の電力分散値の変化、（ｃ）第２の電力分散値の変化、を示すグラフである。
【図１０】実施例２において、電力値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）電力値の変化、（ｂ）第２の電力分散値の変化、を示すグラフである。
【図１１】実施例２における、閾値βと第２の加速度分散値Ｖａ２との関係を示すグラフである。
【図１２】実施例２において、加速度値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）加速度値の変化、（ｂ）第１の加速度分散値の変化、（ｃ）第２の加速度分散値の変化を示すグラフである。
【図１３】工具を駆動するモータの供給電力波形の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】
【００１６】
以下、本発明の第１実施形態として、本発明をロールの外形加工に適用した例について、図面を参照しながら説明する。
【００１７】
［第１実施形態］
本発明は、例えば、図１に示すように、内径面Ｒ１と外径面Ｒ２を有する円筒状のロールＲの外形加工に適用することができる。このロールＲは、円柱状の軸体Ｓを、内径面Ｒ１の内側軸方向に貫通させている。
そして、ロールＲの外形加工では、軸体Ｓを軸Ｓ１周りに回転し、切削工具Ｔをロール10
Ｒ表面に送るようにする。図１では、切削工具Ｔの加工位置の種々の例を○で示しており、例えば、ロールＲの外径面Ｒ２の加工では、切削工具Ｔを、外径面Ｒ２の垂直方向（図のＸ方向）に加工分だけ切り込みつつ、ロールＲの軸方向（図のＺ方向）に送るようにする。また、ロールＲの側面Ｆ１、Ｆ２の加工では、切削工具Ｔを、側面Ｆ１、Ｆ２の垂直方向（図のＺ方向）に加工する分だけ切り込みつつ、ロールＲの垂直方向（図のＸ方向）に送るようにする。
【００１８】
また、本発明は、図２に示すようなロール旋盤加工機１（以下、加工機１と略す）に適用することができる。加工機１は、ロールＲの外形加工をする装置であり、ロールＲを軸体Ｓの軸Ｓ１周りに回転するモータ２と、ロールＲの外径面Ｒ２を加工する切削工具Ｔと20
、切削工具Ｔを保持する工具ホルダ３と、工具ホルダ３を図のＸ軸方向に移動する（別の言い方をすれば、切削工具Ｔをロールに押し当てる）Ｘ軸サーボモータ４と、工具ホルダ３を図のＺの方向に送るＺ軸サーボモータ５と、加工機１の制御配電盤６を備えている。
そして、Ｘ軸サーボモータ４とＺ軸サーボモータ５は、それぞれ、Ｘ軸サーボアンプ７とＺ軸サーボアンプ８に接続し、これらサーボアンプが、Ｘ軸サーボモータ４とＺ軸サーボモータ５を駆動制御するようにしている。
【００１９】
また、加工機１は、電力計９、データ収集機１０、パソコン１１、Ｉ／Ｏユニット１２を、周辺に配置している。30
電力計９は、Ｘ軸サーボアンプ７およびＺ軸サーボアンプ８の２次側のＵ、Ｖ、Ｗ相配線から、電流値、電圧値を計測し、これら計測値から、切削工具Ｔの切削負荷を電力値として求め続けるようにしている。電力計９は、計測した電力値を、アナログ電圧に変換し、データ収集機（ＤＡＣ：Ｄａｔａ　ａｃｑｕｉｓｉｔｉｏｎ）１０に出力するようにしている。データ収集機１０は、電力計９から送られた電圧値を収集して蓄積した後、Ａ／Ｄ変換してパソコン１１に出力するようにしている。パソコン１１は、電圧値を電力値に変換し、電力値データにしている。
【００２０】
また、加工機１の制御配電盤６は、幾つかのリレー接点を備え、接点からの信号を、逐次、Ｉ／Ｏ（Ｉｎｐｕｔ／Ｏｕｔｐｕｔ）ユニット１２を通して、パソコン１１に出力するようにしている。これにより、パソコン１１が、加工機１を常時監視して、自動加工運転状態か否か、送り軸の駆動状態、どの送り軸が加工に寄与しているか、を確認できるようにしている。40
【００２１】
なお、制御配電盤６は、ロールＲの材質等を把握するためのリレー接点を備え、加工機１のＮＣプログラムに、ロールＲの材質を示すコードを記載できるようにしてもよい。これにより、ロールＲの材質等をパソコン１１により自動的に把握し、ロールＲの材質に最適な条件にて、工具異常の発生を検知することができる。
【００２２】
次に、本実施形態の手順について、図３のフローチャートに従って説明する。なお、本50

実施形態は、電力値の異常判定の情報を基に、工具異常の発生を判定して検知するものである。

【００２３】

（電力値データ作成ステップ：Ｓ１－Ｓ３）

図３に示すように、本実施形態は、ステップＳ１からフローを開始し、ステップＳ２に進み、電力計９により電力値を計測し電圧値として出力する。そして、ステップＳ３に進み、データ収集機１０により、電圧値に変換した電力値を、時間ｔｐのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積する。蓄積したデータは、パソコン１１に送り、電力値に変換して電力値データとする。以降のステップは、パソコン１１にて処理を行う。

なお、本実施形態では、装置の構成により、電力値を電圧値に変換する操作を経由しているが、電力値のまま処理を行うことと、フローは実質同等である。

【００２４】

（第１の電力分散値データ作成ステップ：Ｓ４，Ｓ５）

次に、ステップＳ４に進み、電力値データにおける最新から時間ΔＴ１前までの電力値の分散値を求めて第１の電力分散値とし、ステップＳ５に進み、第１の電力分散値を、時間ｔ１のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の電力分散値データとする。

【００２５】

（第２の電力分散値データ作成ステップ：Ｓ６，Ｓ７）

次に、ステップＳ６に進み、第１の電力分散値データにおける最新から時間ΔＴ２前までの第１の電力分散値の分散値を求めて第２の電力分散値とし、ステップＳ７に進み、第２の電力分散値を時間ｔ２のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の電力分散値データする。

なお、ステップＳ７では、時間ｔ１と時間ｔ２が等しい場合、第２の電力分散値を求めた第１の電力分散値のデータ群に対し、続けて求めた第１の電力分散値１つをデータ群に加えると共に、時間ΔＴ２前の第１の電力分散値１つをデータ群から削除し、その後、再びデータ群の分散値を求めて第２の電力分散値とすることができる。そして、この手順を繰り返すことにより、第２の電力分散値データを求め続けてもよい。

【００２６】

（電力値異常判定ステップ：Ｓ８－Ｓ１２）

次に、ステップＳ８に進み、第２の電力分散値データにおける最新の第２の電力分散値Ｖｐ１と、最新から所定個数Ｎｐ個前のタイミングにおける第２の電力分散値Ｖｐ２との比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）を逐次求める。Ｎｐの値は、電力値に異常が発生したと判定する精度が高くなるよう、正の整数値を適宜設定する。

次に、ステップＳ９に進み、予め第２の電力分散値Ｖｐ２に応じて設定した閾値αを参照し、ステップＳ１０に進み、第２の電力分散値Ｖｐ１と第２の電力分散値Ｖｐ２の比が、閾値αを、所定回数ｍ回続けて越えたとき、ステップＳ１１進み、電力値に異常が発生したと判定する。

【００２７】

本実施形態では、ステップＳ１１において電力値に異常が発生したと判定したとき、その異常判定の情報を基に、切削工具Ｔに工具異常が発生したと判定し、工具異常の発生を検知する。また、ステップ１１において、電力値に異常が発生したと判定しなかったとき、ステップ１２に進み、比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）と閾値αとの比較を継続する。

【００２８】

なお、切削工具Ｔに工具異常が発生したと判定したとき、パソコン１１から作業者に対して、視覚的あるいは聴覚的に信号を発生し、工具異常が発生したことを知らせるようにしてもよい。また、パソコン１１から加工機１に信号を送り、切削工具ＴをロールＲから自動的に退避させ、切削作業を停止するようにしてもよい。

【００２９】

本実施形態では、第２の電力分散値データを用いて、電力値に異常が発生したと判定するので、工具異常の発生に起因する電力値変化を強調して検知することができる。これにより、切粉等の噛込みやワークの溶着等に起因する電力値の変化から、工具異常の発生に起因する電力値変化を判別しやすくすることができ、工具異常の発生を精度よく検知することができる。

【００３０】

また、本実施形態では、閾値αを、第２の電力分散値Ｖｐ２に応じて設定している。すなわち、閾値αを、電力値の変化に応じて動的に設定している。これにより、第２の電力分散値Ｖｐ２が小さく、且つ、第２の電力分散値Ｖｐ１と第２の電力分散値Ｖｐ２の比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）が大きい電力値変化、例えば、切粉等の噛込みやワークの溶着等に起因する電力値変化から、工具異常の発生に起因する電力値変化をより判別しやすくすることができ、工具異常の発生をより精度よく検知することができる。

【００３１】

［第２実施形態］

次に、本発明の第２実施形態として、第１実施形態と同じく、本発明をロールＲの外形加工に適用した例について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の第１実施形態と同じ部分については、第１実施形態と同じ符号を付している。

【００３２】

本発明は、図４に示すようなロール旋盤加工機２０（以下、加工機２０と略す）に適用することができる。加工機２０は、第１実施形態の加工機１と同じく、ロールＲの外径加工をする装置であり、図２の加工機１の構成に加え、切削工具Ｔの近傍に加速度センサ１３を備えている。

【００３３】

そして、図５に示すように、加工機２０では、工具ホルダ３が切削工具Ｔを保持し、筐体１４が工具ホルダ３を保持するようにしていて、筐体１４の内部に加速度センサ１３を配している。図５の矢印は、円筒断面で示すロールＲの回転方向を示していて、加速度センサ１３の感度方向は、図のＹ方向、すなわち、ロールＲの周方向にしている。なお、加速度センサ１３は、ロールＲと干渉しない範囲において切削工具Ｔ近くに配することが好ましい。このようにすることで、切削工具Ｔの振動をより検出しやすくすることができる。

【００３４】

そして、図４に示すように、加工機２０は、第１実施形態の構成に加え、アンプユニット１５、データ収集機１６を、周辺に配置している。

アンプユニット１５は、加速度センサ１３から出力した加速度値（アナログ電圧信号）を増幅し、データ収集機１６に出力するようにしている。データ収集機１６は、加速度センサ１３から送られた加速度値を収集して蓄積した後、Ａ／Ｄ変換してパソコン１１に出力するようにしている。なお、データ収集機１６は、無線通信機能を有するものにしていて、パソコン１１が加工機２０から離れていても、データを無線送信できるようにしている。

【００３５】

次に、本実施形態の手順について、図６のフローチャートに従って説明する。本実施形態は、電力値の異常判定と、加速度値の異常判定の、両方の情報を基に、工具異常の発生を判定して検知するものである。電力値に異常が発生したことを判定するフローは、図３のフローチャートと同じあり、図６のフローチャートは、加速度値に異常が発生したことを判定するフローを示している。

【００３６】

（加速度値データ作成ステップ：Ｓ２１－Ｓ２３）

図６に示すように、本実施形態において加速度値に異常が発生したことを判定するフローは、ステップＳ２１からフローを開始し、ステップＳ２２に進み、加速度センサ１３に

より加速度値を計測し出力する。そして、ステップＳ２３に進み、データ収集機１６により、加速度値を時間ｔａのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積する。蓄積したデータは、パソコン１１に送り、加速度値データとする。以降のステップは、パソコン１１にて処理を行う。

【００３７】

（第１の加速度分散値データ作成ステップ：Ｓ２４，Ｓ２５）

次に、ステップＳ２４に進み、加速度値データにおける最新から時間ΔＴ３前までの加速度値の分散値を求めて第１の加速度分散値とし、ステップＳ２５に進み、第１の加速度分散値を、時間ｔ３のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の加速度分散値データとする。

【００３８】

（第２の加速度分散値データ作成ステップ：Ｓ２６，Ｓ２７）

次に、ステップＳ２６に進み、第１の加速度分散値データにおける最新から時間ΔＴ４前までの第１の加速度分散値の分散値を求めて第２の加速度分散値とし、ステップＳ２７に進み、第２の加速度分散値を時間ｔ４のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の加速度分散値データとする。

ステップＳ２７では、第２の加速度分散値を求めた第１の加速度分散値のデータ群に対し、続けて求めた第１の加速度分散値１つをデータ群に加えると共に、時間ΔＴ２前の第１の加速度分散値１つをデータ群から削除し、その後、再びデータ群の分散値を求めて第２の加速度分散値とすることができる。そして、この手順を繰り返すことにより、第２の加速度分散値データを求め続けることができる。

【００３９】

（加速度値異常判定ステップ：Ｓ２８－Ｓ３２）

次に、ステップＳ２８に進み、第２の加速度分散値データにおける最新の第２の加速度分散値Ｖａ１と、最新から所定個数Ｎａ個前のタイミングにおける第２の加速度分散値Ｖａ２との比（Ｖａ１／Ｖａ２）を逐次求める。Ｎａの値は、加速度値に異常が発生したと判定する精度が高くなるよう、正の整数値を適宜設定する。

次に、ステップ２９に進み、予め第２の加速度分散値Ｖａ２に応じて設定した閾値βを参照し、ステップ３０に進み、第２の加速度分散値Ｖａ１と第２の加速度分散値Ｖａ２の比が、閾値βを、所定回数ｎ回続けて越えたとき、ステップＳ３１に進み、加速度値に異常が発生したと判定する。

【００４０】

本実施形態では、ステップＳ３１において加速度値に異常が発生したと判定し、且つ、図３のフローチャートにおいて電力値に異常が発生したと判定したとき、両方の情報を基に、切削工具Ｔに工具異常が発生したと判定し、工具異常の発生を検知する。例えば、電力値に異常が発生したとする判定と、加速度値に異常が発生したとする判定とを、同時に判定したとき、工具異常が発生したと判定する。また、ステップＳ３１において、加速度値に異常が発生したと判定しなかったとき、ステップ３２に進み、比（Ｖａ１／Ｖａ２）と閾値βとの比較を継続する。

【００４１】

本実施形態では、第２の加速度分散値データを用いて、加速度値に異常が発生したと判定するので、工具異常の発生に起因する加速度値変化を強調して検知することができる。そして、加速度に基づく判定は、切削工具Ｔに発生する変化を、電力に基づく判定より敏感に検知することができる。このため、電力値の異常判定を、加速度値の異常判定により補完し、工具異常の発生を判定することにより、工具異常の発生をより精度よく検知することができる。

【００４２】

また、本実施形態では、閾値βを、第２の加速度分散値Ｖａ２に応じて設定している。

すなわち、閾値βを、加速度値の変化に応じて動的に設定している。これにより、第２の加速度分散値Ｖａ２が小さく、且つ、第２の加速度分散値Ｖａ１と第２の加速度分散値Ｖａ２の比（Ｖａ１／Ｖａ２）が大きい加速度値変化から、工具異常の発生に起因する加速度値変化をより判別しやすくすることができ、工具異常の発生をより精度よく検知することができる。

【００４３】

［実施例１］

次に、本発明の実施例１について説明する。本実施例は、第１実施形態を、ロールＲ外径面に形成された熱処理肌面の除去加工（粗加工）に適用した例である。

本実施例には、仕上げ外形寸法が１２００ｍｍになるロールＲを用いた。加工では、ロールＲを、軸周りに周速１１５ｍ／ｍｉｎにて回転しつつ、切削工具Ｔを、軸方向に０．２５ｍｍ／ｒｏｔの速度で送るようにした。切削工具Ｔには、円板型のｃＢＮチップを用いた。

また、図２に示した電力計９には、エルファイ社製Ｖ３８２ＶＦＤモータロードコンバータを用い、切削工具Ｔを駆動するＺ軸サーボモータ５の電力値を計測した。

【００４４】

図７に示すように、電力計９が計測した電力値は、加工初期において、切削工具Ｔを加工開始位置まで高速送りしたことに起因するピーク７１と、切削工具Ｔをロールに接触するまで空転したことに起因するエアカット区間７２とを示した。そして、電力値は、切削工具Ｔがロールに接触して電力値が上昇し、区間７３から定常加工状態となった後、多少の増減を繰り返しながら、ほぼ安定した波形を示した。

【００４５】

そして、本実施例では、図３に示したフローチャートのパラメータを、パソコン１１において、

ステップＳ３の時間ｔｐ　：　１／３０秒
ステップＳ４の時間ΔＴ１　：　０．５秒
ステップＳ５の時間ｔ１　：　０．５秒
ステップＳ６の時間ΔＴ２　：　３０秒
ステップＳ７の時間ｔ２　：　０．５秒
ステップＳ８の所定個数Ｎｐ　：　６０個
ステップＳ１０の所定回数ｍ　：　５回

と設定した。

【００４６】

なお、ステップＳ７では、第２の電力分散値を求めた第１の電力分散値のデータ群に対し、続けて求めた第１の電力分散値１つをデータ群に加えると共に、３０秒前の第１の電力分散値１つをデータ群から削除し、その後、再びデータ群の分散値を求めて第２の電力分散値とした。そして、この手順を繰り返すことにより、第２の電力分散値を求め続けて蓄積し、第２の電力分散値データとした。

【００４７】

また、図８に示すように、ステップＳ９では、第２の電力分散値Ｖｐ２が大きくなるに従って、閾値αが小さくなるように設定した。

【００４８】

図９は、電力値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）電力値の変化、（ｂ）第１の電力分散値の変化、（ｃ）第２の電力分散値の変化、を示したものである。なお、図９（ｃ）中には、電力値の異常判定ラインＪをあわせて示していて、第２の電力分散値Ｖｐ１と第２の電力分散値Ｖｐ２の比が、閾値αを５回続けて越えたとき、電力値の異常判定ラインＪが、ゼロを示すようにしている。

【００４９】

図９に示すように、図９（ａ）の電力値の波形には、周辺よりも高いピーク９１ａとピーク９２ａとを計測していた。そして、ピーク９２ａは、図９（ｂ）の第１の電力分散値

の波形において、ピーク９２ｂに強調され、図９（ｃ）の第２の電力分散値の波形において、さらにピーク９２ｃに強調されていた。そして、ピーク９２ｃにおいて電力値の異常判定ラインＪがゼロを示し、電力値に異常が発生したと判定した。この判定後、切削工具Ｔをロール Ｒから退避し、切削工具Ｔの状態を確認したところ、切削工具Ｔのエッジに僅かな欠損が発生していた。

【００５０】

また、他方のピーク９１ａは、図９（ｂ）の第１の分散値の波形において、ピーク９１ｂとなり、図９（ｃ）第２の分散値の波形において、周囲と区別がつきにくいピーク９１ｃとなっていた。そして、ピーク９１ｃにおいて、第２の電力分散値Ｖｐ１と第２の電力分散値Ｖｐ２の比は、閾値αを２回しか続けて越えず、電力値の異常判定ラインＪはゼロを示さなかった。

図９（ａ）の波形は、ピーク９１ａの後、ピーク前と同じレベルで推移していることから、ピーク９１は、切削工具Ｔに、ロールＲの異物や欠陥、切粉等を噛込んだことに起因するピークであり、工具異常ではないと考えられる。

以上から、第１実施形態の工具異常検知方法により、工具異常の発生に起因する電力値のピークと、他に起因する電力値のピークとを判別し、工具異常の発生を検知できることを確認できた。

【００５１】

［実施例２］

次に、本発明の実施例２について説明する。本施例も、第１実施形態を、ロールＲの外径面に形成された熱処理肌面の除去加工に適用した例であり、実施例１よりも硬い材質のロールＲを加工した例である。

本実施例には、仕上げ外径寸法が９００ｍｍになるロールＲを用いた。加工では、このロールＲを、軸周りに周速８０ｍ／ｍｉｎにて回転しつつ、切削工具Ｔを、軸方向に０．１６ｍｍ／ｒｏｔでの速度で送るようにした。切削工具Ｔには、実施例１と同じ工具を用いた。

その他、加工機１および周辺機器の構成、図３のフローチャートにおける時間ｔｐ、時間ΔＴ１、時間ｔ１、時間ΔＴ２、時間ｔ２、所定個数Ｎｐ、所定回数ｍの条件は、実施例１と同じにし、閾値αは、第２の電力分散値Ｖｐ２が大きくなるに従って小さくなるよう、別途設定した。

【００５２】

図１０は、電力値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）電力値の変化、（ｂ）第２の電力分散値の変化、を示したものである。そして、図中には、電力値に異常が発生したと判定した位置をＡとして示した。このＡの位置の後、切削工具Ｔをロール Ｒから退避し、切削工具Ｔの状態を確認したところ、切削工具Ｔのエッジに僅かな欠損が発生していた。

【００５３】

本実施例は、実施例１よりも硬い材質のロールＲを加工しており、実施例１よりも切削工具Ｔの送り速度を遅くしている。そのため、図１０（ａ）の電力値の波形は、Ｓ／Ｎ比が小さく、電力値とノイズとの判別が難しいので、閾値との比較にて電力値に異常が発生したと判定することは困難である。

しかし、このような波形の電力値であっても、第２の電力分散値をとって波形にすることにより、図１０（ｂ）に示すように、Ａの位置に明確なピークを形成することができ、電力値に異常が発生したと判定することができた。

【００５４】

［実施例３］

次に、本発明の実施例３について説明する。本実施例は、第２実施形態を、ロールＲ外径面に形成された熱処理肌面の除去加工に適用した例である。

なお、ロールＲおよび切削工具Ｔ、切削工具Ｔの送り速度は、実施例１と同じである。

【００５５】

そして、本実施例では、図６に示したフローチャートのパラメータを、パソコン１１において、

ステップＳ２３の時間ｔａ　：　１／２００秒、
ステップＳ２４の期間ΔＴ３　：　０．５秒、
ステップＳ２５の時間ｔ３　：　０．５秒、
ステップＳ２６の時間ΔＴ４　：　３０秒、
ステップＳ２７の時間ｔ４　：　０．５秒、
ステップＳ２８の所定個数Ｎａ　：　６０個
ステップＳ３０の所定回数ｎ　：　５回

と設定した。

【００５６】

なお、ステップＳ２７では、第２の加速度分散値を求めた第１の加速度分散値のデータ群に対し、続けて求めた第１の加速度分散値１つをデータ群に加えると共に、３０秒前の第１の加速度分散値１つをデータ群から削除し、その後、再びデータ群の分散値を求めて第２の加速度分散値とした。そして、この手順を繰り返すことにより、第２の加速度分散値を求め続けて蓄積し、第２の加速度分散値データとした。

【００５７】

また、図１１に示すように、ステップＳ２９では、第２の加速度分散値Ｖａ２が大きくなるに従って、閾値βが小さくなるように設定した。

【００５８】

図１２は、加速度値に異常が発生したと判定した前後の、（ａ）加速度値の変化、（ｂ）第１の加速度分散値の変化、（ｃ）第２の加速度分散値の変化、を示したものである。なお、図１２の測定は、図９の測定と同時に行ったものであり、図１２には、図９の電力値ピーク９１ａ、９２ａの位置を、それぞれ、Ｂ、Ｃとして示した。

【００５９】

図１２（ａ）の電力値の波形には、図９のピーク９２ａの位置Ｃに、小さなピーク９３ａを計測していた。そして、ピーク９３ａは、図１２（ｂ）の第１の加速度分散値の波形において、ピーク９３ｂに強調され、図１２（ｃ）の第２の加速度分散値の変化において、さらにピーク９３ｃと強調されていた。そして、ピーク９３ｃにおいて、第２の加速度分散値Ｖａ１と第２の加速度分散値Ｖａ２との比（Ｖａ１／Ｖａ２）が、閾値βを５回続けて越え、加速度値に異常が発生したと判定した。

【００６０】

また、図１２（ａ）の加速度値の変化において、図９のピーク９１ａが計測された位置Ｂに、加速度値のピークは計測されなかった。そして、図１２（ｂ）の第１の加速度分散値の変化と、図１２（ｃ）の第２の加速度分散値の変化においても、位置Ｂにピークは計測されなかった。

【００６１】

実施例１では、ピーク９１ａについて、第２の電力分散値Ｖｐ１と第２の電力分散値Ｖｐ２の比（Ｖｐ１／Ｖｐ２）が、閾値αを所定回数５回続けて越えていないことにより、電力値に異常が発生したと判定しなかった。したがって、ｍ回の設定次第では、工具異常の誤検知に繋がる可能性がある。しかし、本実施例のように、電力値を基にする異常判定と、加速度値を基にする異常判定の、両方の情報を基に、工具異常を判定する方法によれば、ピーク９１ａのようなピークについて、加速度値を基にする、工具異常に起因するピークでないと明確に判定することができ、工具異常の発生をより精度よく検知できることが確認できた。

【００６２】

以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明は上記の実施形態に限定されるものではない。

例えば、本発明が適用することができる切削加工装置は、ロール旋盤加工機の限らず、軸周りに回転する円柱体或いは円筒体の表面に切削工具を送り、円柱体或いは円筒体の外

形加工をする切削加工装置であればよく、シャフトや丸棒等の表面の切削加工装置にも適用することができる。

【００６３】

また、本発明は、円柱体或いは円筒体の外径面加工だけでなく、側面加工の工具異常検知にも適用することができる。すなわち、実施形態における、ロールＲの側面Ｆ１、Ｆ２の加工にも適用することができる。その場合、図３或いは図６のフローをそのまま適用し、閾値α、βを適宜設定すればよい。

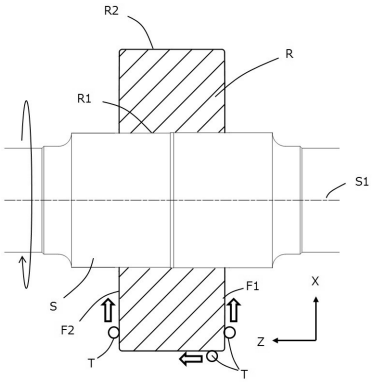
【符号の説明】

【００６４】

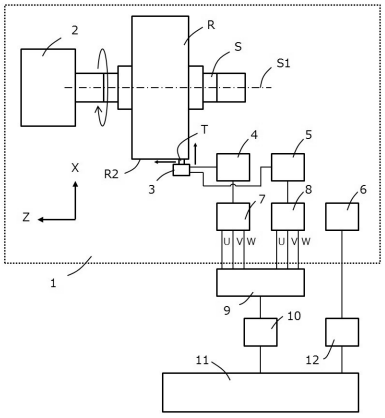
１，２０：ロール旋盤加工機
２：モータ
３：工具ホルダ
４：Ｘ軸サーボモータ
５：Ｚ軸サーボモータ
６：制御配電盤
７：Ｘ軸サーボアンプ
８：Ｚ軸サーボアンプ
９：電力計
１０：データ収集機
１１：パソコン
１２：Ｉ／Ｏユニット
１３：加速度センサ
１４：筐体
１５：アンプユニット
１６：データ収集機

Ｒ：ロール
Ｒ１：内径面、Ｒ２：外径面
Ｆ１，Ｆ２：側面
Ｓ：軸体
Ｔ：切削工具

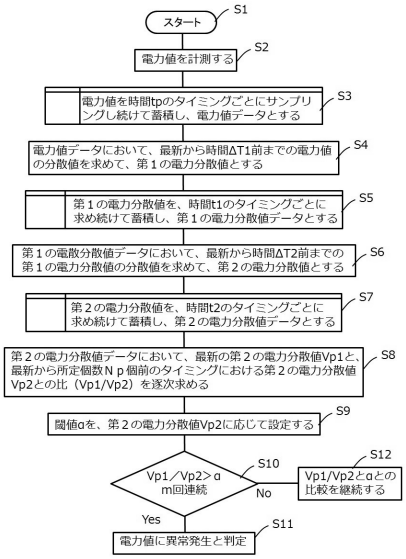
【図１】


R2
R
R1
S1
S
F1
X
F2
Z
T
T

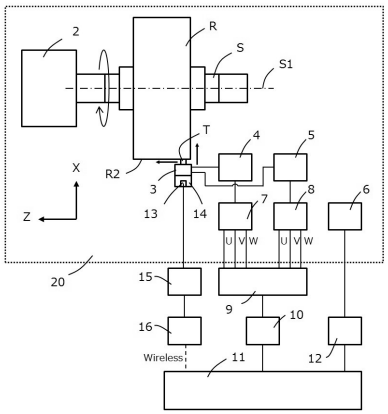
【図２】


2
R
S
S1
T
4
5
R2
X
3
8
6
Z
7
U V W
U V W
1
9
10
11
12

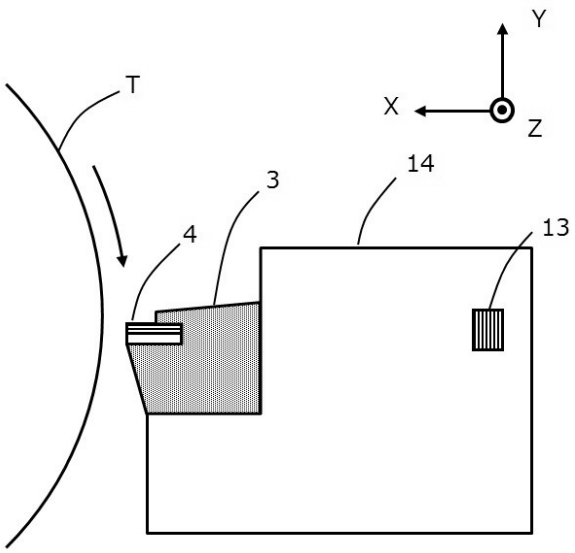
【図３】


スタート
S1
電力値を計測する
S2
電力値を時間tpのタイミングごとにサンプリングし続けて蓄積し、電力値データとする
S3
電力値データにおいて、最新から時間ΔT1前までの電力値の分散値を求めて、第１の電力分散値とする
S4
第１の電力分散値を、時間t1のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第１の電力分散値データとする
S5
第１の電散分散値データにおいて、最新から時間ΔT2前までの第１の電力分散値の分散値を求めて、第２の電力分散値とする
S6
第２の電力分散値を、時間t2のタイミングごとに求め続けて蓄積し、第２の電力分散値データとする
S7
第２の電力分散値データにおいて、最新の第２の電力分散値Vp1と、最新から所定個数Ｎｐ個前のタイミングにおける第２の電力分散値Vp2との比（Vp1/Vp2）を逐次求める
S8
閾値αを、第２の電力分散値Vp2に応じて設定する
S9
Vp1／Vp2＞α
m回連続
S10
No
Vp1/Vp2とαとの比較を継続する
S12
Yes
電力値に異常発生と判定
S11

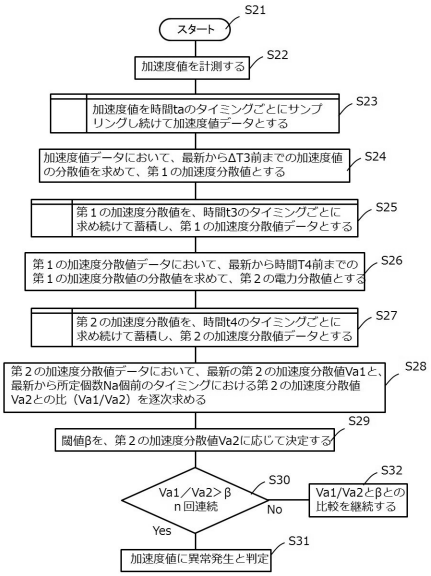
【図４】


2
R
S
S1
T
4
5
R2
X
3
8
6
Z
13
14
7
U V W
U V W
20
15
9
10
16
Wireless
11
12

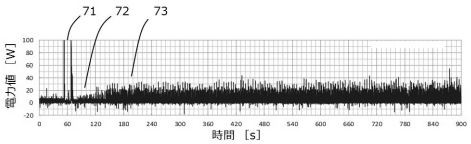
【図５】


Y
T
X
Z
14
3
13
4

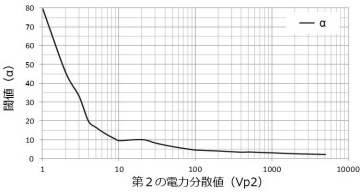
【図６】



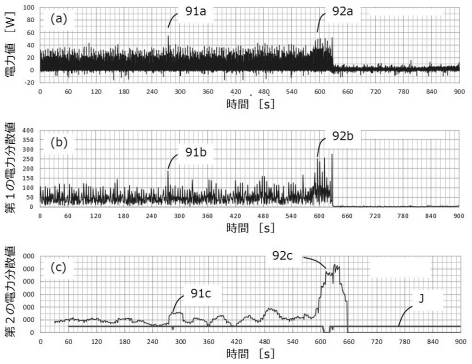

【図７】



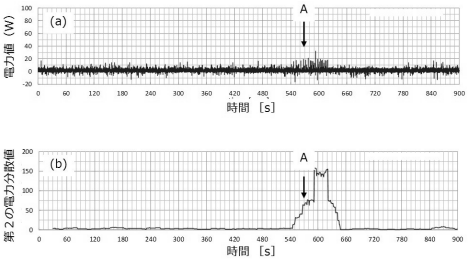

【図８】



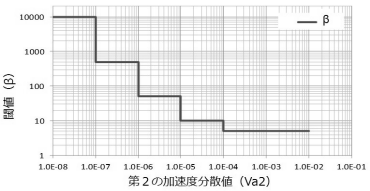

【図９】



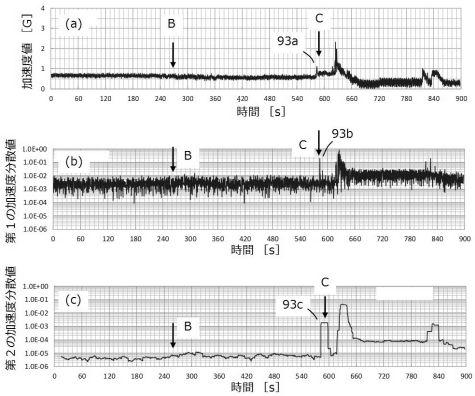

【図１０】



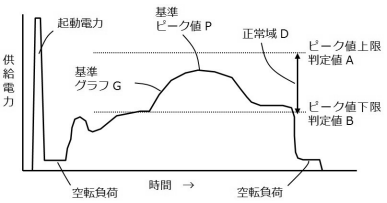

【図１１】




【図１２】




【図１３】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－１０７９８７（ＪＰ，Ａ）
特開平９－８５５８５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－２０２２１（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２８３０３０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－４５５２４（ＪＰ，Ａ）
米国特許第４２０７５６７（ＵＳ，Ａ）
中国特許出願公開第１０７１８６５４７（ＣＮ，Ａ）
再公表特許第００／７３０１８（ＪＰ，Ａ１）
特開２００５－２５０９８５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１４９２０６（ＪＰ，Ａ）
特開平７－１３２４４０（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１３２５５８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｑ　１７／０９