

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号  
特許第7243945号  
(P7243945)

(45)発行日 令和5年3月22日(2023.3.22)

(24)登録日 令和5年3月13日(2023.3.13)

(51)国際特許分類	F I			
B 2 3 Q 17/09 (2006.01)	B 2 3 Q	17/09	H	
B 2 3 Q 17/00 (2006.01)	B 2 3 Q	17/00	D	
	B 2 3 Q	17/09	E	

請求項の数 7 (全25頁)

(21)出願番号	特願2022-575362(P2022-575362)	(73)特許権者	000002130
(86)(22)出願日	令和4年9月6日(2022.9.6)		住友電気工業株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/033385		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
審査請求日	令和4年12月7日(2022.12.7)	(74)代理人	110001195
早期審査対象出願			弁理士法人深見特許事務所
		(72)発明者	小池 雄介
			大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
		審査官	増山 慎也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 状態検出システム、方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

転削加工に用いられる転削工具の状態検出システムであって、  
被切削物を切削するための刃部が設けられた第1端部と、工作機械に取り付けられる第2端部とを有するシャフト部を含み、前記シャフト部の回転軸を中心に回転可能な転削工具と、  
前記シャフト部に取り付けられ、前記転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサと、

表示装置と、  
管理装置とを備え、

前記複数のセンサは、前記転削工具に対して、

前記回転軸に沿った第1方向に作用する第1力と、

前記回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第2力と、

前記転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクとを検出し、

前記管理装置は、前記第1力、前記第2力、および前記負荷トルクのうち少なくとも2つに基づく第1情報を前記表示装置に表示させる、状態検出システム。

【請求項2】

前記管理装置は、グラフを用いて前記第1情報を表示する、請求項1に記載の状態検出システム。

【請求項3】

前記管理装置は、前記第 1 情報に加えて、前記第 1 力、前記第 2 力、および前記負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 2 情報を前記表示装置に表示させ、

前記第 2 情報は、前記第 1 情報と異なる情報である、請求項 1 または請求項 2 に記載の状態検出システム。

【請求項 4】

前記第 1 情報は、前記負荷トルクに対する前記第 1 力の割合と前記負荷トルクに対する前記第 2 力の割合に基づく情報である、請求項 1 に記載の状態検出システム。

【請求項 5】

前記複数のセンサは、

前記第 1 方向の歪みを検出し、前記シャフト部に取り付けられる第 1 歪センサ、第 2 歪センサ、および第 3 歪センサと、

10

前記シャフト部の周方向の歪みを検出し、前記シャフト部に取り付けられる第 4 歪センサとを含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の状態検出システム。

【請求項 6】

転削加工に用いられる転削工具の状態を検出する方法であって、

前記転削工具は、被切削物を切削するための刃部が設けられた第 1 端部と工作機械に取り付けられる第 2 端部とを有するシャフト部を含み、前記シャフト部の回転軸を中心に回転可能であり、

前記シャフト部には、前記転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサが取り付けられ、

20

前記方法は、

前記複数のセンサの検出値を用いて、前記回転軸に沿った第 1 方向に作用する第 1 力を取得するステップと、

前記複数のセンサの検出値を用いて、前記回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第 2 力を取得するステップと、

前記複数のセンサの検出値を用いて、前記転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクを取得するステップと、

前記第 1 力、前記第 2 力、および前記負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 1 情報を表示するステップとを含む、方法。

【請求項 7】

30

転削加工に用いられる転削工具の状態を検出するプログラムであって、

前記転削工具は、被切削物を切削するための刃部が設けられた第 1 端部と工作機械に取り付けられる第 2 端部とを有するシャフト部を含み、前記シャフト部の回転軸を中心に回転可能であり、

前記シャフト部には、前記転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサが取り付けられ、

コンピュータに、

前記複数のセンサの検出値を用いて、前記回転軸に沿った第 1 方向に作用する第 1 力を取得するステップと、

前記回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第 2 力を取得するステップと、

40

前記転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクを取得するステップと、

前記第 1 力、前記第 2 力、および前記負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 1 情報を表示するステップとを実行させる、プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、状態検出システム、方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、様々な転削条件下において転削工具の状態を検出するシステムが求められている

50

。特開昭59-142048(特許文献1)には、切削において発生する主分力、送り分力および背分力の相互関係を用いて工具に発生している異常を検出する工具異常検出装置が開示されている。特開昭58-217247(特許文献2)には、主分力、送り分力および背分力の切削分力比率並びに該分力比率の時間に対する微分係数を求めて欠損を判断する異状現象監視方法が記載されており、特開平09-076144(特許文献3)には、工作機械の穴あけ加工において、X軸、Y軸の負荷を検出して加工状態を監視する加工状態監視方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開昭59-142048

特開昭58-217247

特開平09-076144

【発明の概要】

【0004】

本開示に係る転削加工に用いられる転削工具の状態検出システムは、被切削物を切削するための刃部が設けられた第1端部と、工作機械に取り付けられる第2端部とを有するシャフト部を含み、シャフト部の回転軸を中心に回転可能な転削工具と、シャフト部に取り付けられ、転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサと、表示装置と、管理装置とを備える。複数のセンサは、転削工具に対して、回転軸に沿った第1方向に作用する第1力と、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第2力と、転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクとを検出する。管理装置は、第1力、第2力、および負荷トルクのうち少なくとも2つに基づく情報を表示装置に表示させる。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】図1は、本実施の形態における転削工具の状態検出システムの概略図である。

【図2】図2は、転削工具の斜視図である。

【図3】図3は、図2における転削工具をY軸の負方向側から見た図である。

【図4】図4は、図2における転削工具をX軸の正方向側から見た図である。

【図5】図5は、図2におけるシャフト部をZ軸の正方向側から見た図である。

【図6】図6は、図2におけるシャフト部106の自由端をZ軸の正方向側から見た図である。

【図7】図7は、外力 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ と刃部の状態の関係性を示す図である。

【図8】図8は、転削工具の状態を示すグラフの第1例である。

【図9】図9は、転削工具の状態を示すグラフの第2例である。

【図10】図10は、転削工具の状態を示すグラフの第3例である。

【図11】図11は、転削工具の状態を示すグラフの第4例である。

【図12】図12は、転削工具の状態を示すグラフの第5例である。

【図13】図13は、転削工具の状態を示すグラフの第6例である。

【図14】図14は、外力と比切削抵抗と切削面積との関係を説明する。

【図15】図15は、負荷トルクと切削面積との関係を説明するための図である。

【図16】図16は、転削工具の状態を示すグラフの第7例である。

【図17】図17は、転削工具の状態を示すグラフの第8例である。

【図18】図18は、本実施形態の処理手順を示すフローチャートである。

【図19】図19は、正常領域を作成するための試験の測定結果を示す図である。

【図20】図20は、図19の測定結果に基づいてグラフを表示した図である。

【図21】図21は、期間 $D_{r2}$ における正常領域を設定する例を示す図である。

【図22】図22は、期間 $D_{r2}$ 、 $D_{r3}$ における正常領域を設定する例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

10

20

30

40

50

[ 本開示が解決しようとする課題 ]

本開示の目的は、転削加工に用いられる転削工具の状態を検出する状態検出システムを提供することである。

【 0 0 0 7 】

[ 本開示の効果 ]

本開示によれば、転削工具に発生する回転軸に沿った方向に作用する外力、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する外力、および回転を妨げる方向に作用する負荷トルクに基づいて、転削工具の異常判定に用いられる転削工具の状態を検出可能な状態検出システムを提供することができる。

【 0 0 0 8 】

[ 本開示の実施形態の説明 ]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

【 0 0 0 9 】

( 1 ) 本開示に係る転削加工に用いられる転削工具の状態検出システムは、被切削物を切削するための刃部が設けられた第 1 端部と、工作機械に取り付けられる第 2 端部とを有するシャフト部を含み、シャフト部の回転軸を中心に回転可能な転削工具と、シャフト部に取り付けられ、転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサと、表示装置と、管理装置とを備える。複数のセンサは、転削工具に対して、回転軸に沿った第 1 方向に作用する第 1 力と、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第 2 力と、転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクとを検出する。管理装置は、第 1 力、第 2 力、および負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 1 情報を表示装置に表示させる。

【 0 0 1 0 】

( 2 ) 上記 ( 1 ) に係る状態検出システムにおいて、管理装置は、グラフを用いて第 1 情報を表示する。

【 0 0 1 1 】

( 3 ) 上記 ( 1 ) また ( 2 ) に係る状態検出システムにおいて、管理装置は、第 1 情報に加えて、第 1 力、第 2 力、および負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 2 情報を表示装置に表示させる。第 2 情報は、第 1 情報と異なる情報である。

【 0 0 1 2 】

( 4 ) 上記 ( 1 ) に係る状態検出システムにおいて、第 1 情報は、負荷トルクに対する第 1 力の割合と負荷トルクに対する第 2 力の割合に基づく情報である。

【 0 0 1 3 】

( 5 ) 上記 ( 1 ) から ( 4 ) のいずれかに係る状態検出システムにおいて、複数のセンサは、第 1 方向の歪みを検出し、シャフト部に取り付けられる第 1 歪センサ、第 2 歪センサ、および第 3 歪センサと、シャフト部の周方向の歪みを検出し、シャフト部に取り付けられる第 4 歪センサとを含む。

【 0 0 1 4 】

( 6 ) 本開示に係る方法は、転削加工に用いられる転削工具の状態を検出する方法である。転削工具は、被切削物を切削するための刃部が設けられた第 1 端部と工作機械に取り付けられる第 2 端部とを有するシャフト部を含み、シャフト部の回転軸を中心に回転可能であり、シャフト部には、転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサが取り付けられる。方法は、複数のセンサの検出値を用いて、回転軸に沿った第 1 方向に作用する第 1 力を取得するステップと、複数のセンサの検出値を用いて、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第 2 力を取得するステップと、複数のセンサの検出値を用いて、転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクを取得するステップと、第 1 力、第 2 力、および負荷トルクのうち少なくとも 2 つに基づく第 1 情報を表示するステップとを含む。

【 0 0 1 5 】

( 7 ) 本開示に係るプログラムは、転削加工に用いられる転削工具の状態を検出するプログラムである。転削工具は、被切削物を切削するための刃部が設けられた第 1 端部と工作機械に取り付けられる第 2 端部とを有するシャフト部を含み、シャフト部の回転軸を

10

20

30

40

50

中心に回転可能であり、シャフト部には、転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサが取り付けられる。コンピュータに、複数のセンサの検出値を用いて、回転軸に沿った第1方向に作用する第1力を取得するステップと、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第2力を取得するステップと、転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクを取得するステップと、第1力、第2力、および負荷トルクのうち少なくとも2つに基づく第1情報を表示するステップとを実行させる。

**【0016】**

[本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

10

**【0017】**

(状態検出システムの概要)

図1は、本実施の形態における転削工具50の状態検出システム100の概略図である。図1における転削工具50の状態検出システム100は、マシニングセンタまたはフライス盤などの工作機械の転削工具に対して適用され得る。状態検出システム100は、管理装置10と、工作機械70とを備える。工作機械70は、モータ20と、転削工具50とを含む。

**【0018】**

転削工具50は、固定されている被切削物(ワーク)を切削する転削工具であって、マシニングセンタまたはフライス盤などの工作機械において使用される転削工具である。本実施の形態における転削工具50は、エンドミルである。なお、転削工具50は、エンドミル以外の転削工具であってもよく、たとえば、ドリルまたはフライスカッターなどであってもよい。転削工具50は、刃部が形成されたシャフト部106を含む。転削工具50は、当該シャフト部106を保持する工具ホルダ30を介して工作機械70に取り付けられる。すなわち、鉛直方向の下方側のシャフト部106の端部に刃部が設けられており、鉛直方向の上方側のシャフト部106の端部が工作機械70側の工具ホルダ30に取り付けられている。鉛直方向の下方側のシャフト部106の端部は、本開示における「第1端部」の一例であり、鉛直方向の上方側のシャフト部106の端部は、本開示における「第2端部」の一例である。なお、工具ホルダ30は、鉛直方向の上方側のシャフト部106の端部に形成されていてもよい。その場合、転削工具50は工具ホルダ30を含む。

20

30

**【0019】**

工具ホルダ30は、シャフト部106と接続され、鉛直方向の上方からシャフト部106を支持する。工具ホルダ30はZ軸の正方向側に円錐形状を有する端部を有し、当該円錐形状の端部が工作機械70へと取り付けられている。工作機械70に含まれるモータ20は、転削工具50を一体的に回転させる。換言すれば、モータ20は、転削工具50を回転駆動させる。モータ20は、たとえば、サーボモータである。

**【0020】**

本実施の形態においてエンドミルである転削工具50は、少なくとも1つの刃部を有する。モータ20の駆動により転削工具50が回転することにより、転削工具50の刃部とワークの表面とが接触してワークの表面が削り取られる。これにより、ワークの形状は、ユーザの所望の形状となる。

40

**【0021】**

歪センサN1~N3, S4は、シャフト部106に取り付けられる。歪センサN1~N3, S4は、シャフト部106に発生する歪みを検出可能なセンサであって、たとえば、ブリッジ回路によって構成される歪みゲージである。歪センサN1~N3, S4は、管理装置10と無線によって接続されており、各々が検出した値を管理装置10に送信する。

**【0022】**

管理装置10は、転削工具50に取り付けられた歪センサN1~N3, S4の検出値を用いて、転削工具50の状態を検出する。管理装置10は、通信装置210と、制御装置であるCPU(Central Processing Unit)220と、記憶装置2

50

30と、入出力インターフェース(I/F)240と、表示装置40と、入力装置270とを含む。

#### 【0023】

通信装置210、CPU220、記憶装置230、および入出力I/F240は、共通のバス250に接続されており、互いに信号の授受が可能に構成されている。表示装置260および入力装置270は、入出力I/F240に有線あるいは無線で接続されている。

#### 【0024】

通信装置210は無線通信装置であり、工具ホルダ30に取り付けられた歪センサN1~N3、S4の検出値を無線で取得する。CPU220は、記憶装置230に記憶されたプログラムを実行し、通信装置210で取得した歪センサN1~N3、S4の検出値を処理することによって、転削工具50の状態を検出する。

10

#### 【0025】

記憶装置230は、ROM(Read Only Memory)およびRAM(Random Access Memory)などのメモリ、ならびに、HDD(Hard Disc Drive)あるいはSSD(Solid State Disk)などの大容量記憶機器を含む。記憶装置230は、CPU220の処理の際のバッファとして用いられるとともに、CPU220で実行されるプログラム、歪センサN1~N3、S4の検出値、および/または、CPU220による演算結果等を記憶するために用いられる。

#### 【0026】

入力装置270は、たとえば、キーボード、マウス、トラックボールまたはタッチパネルのようなポインティングデバイスであり、ユーザからの操作信号を受け付ける。表示装置40は、代表的には、液晶パネルあるいは有機EL(Electro Luminescence)パネルであり、CPU220の演算結果および記憶装置230に記憶された情報をユーザに対して表示する。本実施の形態において、管理装置10は、歪センサN1~N3、S4の検出値に基づく情報を表示装置40に表示させることで、転削工具50の状態をユーザに認識させる。

20

#### 【0027】

入出力I/F240は、表示装置40および入力装置270を接続するためのインターフェースである。入出力I/F240を介して、入力装置270からのユーザ操作信号を受けるとともに、ユーザへ通知するための情報を表示装置40へ出力する。

30

#### 【0028】

(歪センサの詳細)

図2は、転削工具50の斜視図である。図2に示されているZ軸は、転削工具50の回転軸である。すなわち、転削工具50は、モータ20が駆動することによりZ軸を中心に回転する。転削工具50は、Z軸の正方向側からみたときに時計回りの回転方向Rdで回転する。互いに垂直なX軸およびY軸は、Z軸に対しても垂直な軸である。以降の説明において、各図におけるZ軸の正方向を上面側、負方向を下面側と称する場合がある。

#### 【0029】

上述したように、回転する転削工具50は、ワークの表面と接触してワークの表面を削り取る。転削工具50とワークとが接触することによって、転削工具50には、外力が作用する。図2に示されるように、転削工具50とワークとの接触によって転削工具50に対して作用する外力は、X軸、Y軸、Z軸方向に対してそれぞれ作用する外力 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ および転削工具50の回転を妨げる方向に作用する負荷トルク $M_z$ を含む。負荷トルク $M_z$ は、転削工具50の回転を妨げる方向に作用するため、転削工具50の回転方向Rdと逆回りの回転方向に作用する。すなわち、Z軸の正方向側からみたときに、負荷トルク $M_z$ は反時計回りに作用する。

40

#### 【0030】

図2においては、外力 $F_x$ が作用する方向はX軸の正方向、外力 $F_y$ が作用する方向はY軸の負方向、外力 $F_z$ が作用する方向はZ軸の負方向として図示されている。図2に示されるように外力 $F_x$ 、外力 $F_y$ 、外力 $F_z$ には、異なるハッチングが付されている。な

50

お、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  は、図 2 に示される方向と逆向きに作用する場合もある。

【 0 0 3 1 】

歪センサ N 1 ~ N 3 , S 4 は、同一の X Y 平面上に配置されている。歪センサ N 1 ~ N 3 , S 4 は、シャフト部 1 0 6 の表面において、シャフト部 1 0 6 の周方向に 9 0 ° 間隔で配置されている。すなわち、Y 軸の負方向側からシャフト部 1 0 6 を見たとき、歪センサ N 1 と歪センサ N 3 とは、Z 軸に対して線対称に配置されている。また、X 軸の正方向側からシャフト部 1 0 6 を見たとき、歪センサ N 2 と歪センサ S 4 とは、Z 軸に対して線対称に配置されている。

【 0 0 3 2 】

歪センサ N 1 ~ N 3 は、シャフト部 1 0 6 の Z 軸方向の歪みに対して測定感度を有する。一方で、歪センサ S 4 は、シャフト部 1 0 6 の周方向の歪みに対して測定感度を有する。以下、歪センサ N 1 ~ N 3 , S 4 を用いて、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  、および負荷トルク  $M_z$  の検出方法を説明する。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、図 2 における転削工具 5 0 を Y 軸の負方向側から見た図である。図 3 には、外力  $F_x$  ,  $F_z$  が示されている。シャフト部 1 0 6 は、Z 軸の正方向側に固定端を有し、刃部が形成されている Z 軸の負方向側が自由端となる片持ち梁である。そのため、転削工具 5 0 に対して外力  $F_x$  が作用することによって、曲げモーメントが発生する。曲げモーメントの大きさは、外力  $F_x$  の大きさと Z 軸方向における歪センサ N 1 , N 3 とシャフト部 1 0 6 の自由端との間の距離  $D_1$  とから定められる。

【 0 0 3 4 】

曲げモーメントが作用することによって、シャフト部 1 0 6 は、X 軸の負方向側に凸が形成されるようにわずかに反り曲がった状態に変形する。すなわち、シャフト部 1 0 6 は外力  $F_x$  によって撓む。曲げモーメントは、シャフト部 1 0 6 の断面係数に応じて、曲げ応力として圧縮応力  $C_x$  と引張応力  $T_x$  とを発生させる。図 3 において、外力  $F_x$  によって、発生する圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$  には、外力  $F_x$  と同じハッチングが付されている。

【 0 0 3 5 】

シャフト部 1 0 6 の X 軸の正方向側に配置されている歪センサ N 1 は、圧縮応力  $C_x$  に対して測定感度を有する。また、歪センサ N 1 は、外力  $F_z$  によって生じる引張応力  $T_z$  に対しても測定感度を有する。図 3 において、外力  $F_z$  によって、発生する引張応力  $T_z$  には、外力  $F_z$  と同じハッチングが付されている。そのため、歪センサ N 1 は、圧縮応力  $C_x$  と引張応力  $T_z$  との合力を検出する。換言すれば、歪センサ N 1 の検出値  $D_v 1$  は、圧縮応力  $C_x$  と引張応力  $T_z$  との合力となる。歪センサ N 1 は、検出値  $D_v 1$  を管理装置 1 0 へ送信する。

【 0 0 3 6 】

歪センサ N 3 は、歪センサ N 1 と同様に、外力  $F_z$  による引張応力  $T_z$  に加えて外力  $F_x$  によって生じる引張応力  $T_x$  に対して測定感度を有する。そのため、歪センサ N 3 の検出値  $D_v 3$  は、引張応力  $T_x$  と引張応力  $T_z$  との合力となる。歪センサ N 3 は、検出値  $D_v 3$  を管理装置 1 0 へ送信する。

【 0 0 3 7 】

管理装置 1 0 は、圧縮応力  $C_x$  と引張応力  $T_z$  との合力を示す検出値  $D_v 1$  および引張応力  $T_x$  と引張応力  $T_z$  との合力を示す検出値  $D_v 3$  から、引張応力  $T_z$  、引張応力  $T_x$  、および圧縮応力  $C_x$  の各々の値を算出する。歪センサ N 1 , N 3 とは同一の X Y 平面上において Z 軸に対して線対称に配置されており、圧縮応力  $C_x$  と引張応力  $T_x$  とは同一の曲げモーメントに基づいて発生する曲げ応力であるため、圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$  は、同じ大きさの応力である。

【 0 0 3 8 】

管理装置 1 0 は、検出値  $D_v 1$  と検出値  $D_v 3$  との差を算出することによって、圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$  の各々の大きさを算出する。圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$

10

20

30

40

50

の各々の大きさは、外力  $F_x$  の大きさと距離  $D_1$  とから定められる曲げモーメントによって変化する。すなわち、管理装置 10 は、圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$  の各々の大きさと、距離  $D_1$  とから外力  $F_x$  の大きさを算出できる。

【0039】

さらに、管理装置 10 は、圧縮応力  $C_x$  および引張応力  $T_x$  の各々の大きさを算出した後、検出値  $Dv_1$  から圧縮応力  $C_x$  の大きさを差し引くか、検出値  $Dv_3$  から引張応力  $T_x$  の大きさを差し引くかのいずれかの処理によって、引張応力  $T_z$  の大きさも算出できる。引張応力  $T_z$  は、外力  $F_z$  によって発生する力であるため、管理装置 10 は、引張応力  $T_z$  の大きさに基づいて外力  $F_z$  の大きさを算出できる。このようにして、管理装置 10 は、歪センサ  $N_1$  ,  $N_3$  の検出値  $Dv_1$  ,  $Dv_3$  から、外力  $F_x$  の大きさ、外力  $F_z$  の大きさを算出する。

10

【0040】

図 4 は、図 2 における転削工具 50 を X 軸の正方向側から見た図である。図 4 には、転削工具 50 とワークとが接触することによって生じる外力  $F_y$  ,  $F_z$  が示されている。上述したように、歪センサ  $N_2$  は、Z 軸方向に測定感度を有する。

【0041】

外力  $F_x$  に基づいて発生する曲げモーメントによってシャフト部 106 が X 軸の負方向側に凸を形成することと同様に、外力  $F_y$  は、シャフト部 106 が Y 軸の正方向側に凸を形成する曲げモーメントを発生させる。すなわち、シャフト部 106 の Y 軸の正方向側に配置されている歪センサ  $N_2$  は、引張応力  $T_y$  と引張応力  $T_z$  との合力を、検出値  $Dv_2$  として検出する。

20

【0042】

図 3 にて説明したように、管理装置 10 は、歪センサ  $N_1$  ,  $N_3$  の検出値  $Dv_1$  ,  $Dv_3$  とから引張応力  $T_z$  の大きさを算出する。管理装置 10 は、検出値  $Dv_2$  から引張応力  $T_z$  を差し引くことによって、引張応力  $T_y$  の大きさを算出できる。また、管理装置 10 は、外力  $F_x$  の大きさの算出と同様に、引張応力  $T_y$  の大きさと距離  $D_1$  とから外力  $F_y$  の大きさを算出できる。

【0043】

図 5 は、図 2 におけるシャフト部 106 を Z 軸の正方向側から見た図である。図 5 では、歪センサ  $S_4$  の検出値について説明する。歪センサ  $S_4$  は、工具ホルダ 30 の周方向に測定感度を有する。そのため、転削工具 50 がワークと接触することによって、工具ホルダ 30 には、転削工具 50 および工具ホルダ 30 の回転方向  $R_d$  と逆向きの回転方向に負荷トルク  $M_z$  が作用する。すなわち、回転している転削工具 50 がワークと接触している限り、歪センサ  $S_4$  の検出値には、負荷トルク  $M_z$  が含まれる。

30

【0044】

上述にて説明したように、ワークと接触する転削工具 50 には、外力  $F_x$  と外力  $F_y$  とが作用する。外力  $F_x$  と外力  $F_y$  とは、負荷トルク  $M_z$  と同様に XY 平面に沿う方向であるため、歪センサ  $S_4$  の検出値には、負荷トルク  $M_z$  に加えて、外力  $F_x$  および外力  $F_y$  の少なくとも一方が含まれる。

【0045】

歪センサ  $S_4$  は、工具ホルダ 30 の回転角度に応じて XY 平面における配置が変化する。たとえば、図 5 に示されるように、配置  $Ag_1$  の歪センサ  $S_4$  は、歪センサ  $S_4$  の測定方向が X 軸方向と平行であるため、外力  $F_x$  に対して測定感度を有する。また、配置  $Ag_2$  の歪センサ  $S_4$  は、歪センサ  $S_4$  の測定方向が Y 軸方向と平行であるため、外力  $F_y$  に対して測定感度を有する。さらに、配置  $Ag_3$  の歪センサ  $S_4$  は、歪センサ  $S_4$  の測定方向が X 軸方向および Y 軸方向の両方と交差することから外力  $F_x$  , 外力  $F_y$  の両方に対して測定感度を有する。歪センサ  $S_4$  は、外力  $F_x$  と外力  $F_y$  と負荷トルク  $M_z$  との合力を検出する。

40

【0046】

図 3 , 4 にて説明したように管理装置 10 は、歪センサ  $N_1 \sim N_3$  の検出値  $Dv_1 \sim D$

50

v 3に基づいて、外力  $F_x$  の大きさと外力  $F_y$  の大きさを算出する。管理装置 10 は、歪センサ S 4 の検出値から、外力  $F_x$  と外力  $F_y$  との影響を取り除くことによって、負荷トルク  $M_z$  を算出できる。このように、本実施の形態においては、Z 軸方向に測定感度を有する歪センサ N 1 ~ N 3 と、シャフト部 106 の周方向に測定感度を有する S 4 とによって、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$ 、および負荷トルク  $M_z$  の大きさを算出できる。

【0047】

なお、状態検出システム 100 では、上述の手法のみならず、他の手法で外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$ 、負荷トルク  $M_z$  を算出してもよい。ある局面においては、状態検出システム 100 は、周方向に測定感度を有する 3 つの歪センサと、Z 軸方向に測定感度を有する 3 つの歪センサとの合計 6 つの歪センサを有する構成、または、周方向に測定感度を有する 3 つの歪センサと、Z 軸方向に測定感度を有する 2 つの歪センサとの合計 5 つの歪センサを有する構成であってよい。このように、歪センサの数を増加させることによって直接的に負荷トルク  $M_z$  などを検出することができるため、状態検出システム 100 では、管理装置 10 によって行われる演算処理を軽減できる。

10

【0048】

図 6 は、図 2 におけるシャフト部 106 の自由端を Z 軸の正方向側から見た図である。本実施の形態では、転削工具 50 は、刃部 6A , 6B , 6C の 3 つの刃部を有する。図 1 ~ 図 5 において説明した外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$ 、および負荷トルク  $M_z$  は、刃部 6A ~ 6C の各々がワークと接触することによって発生する。

【0049】

すなわち、歪センサ S 4 を用いて算出される負荷トルク  $M_z$  は、図 6 に示される刃部 6A に作用する負荷トルク  $M_z A$  と、刃部 6B に作用する負荷トルク  $M_z B$  と、刃部 6C に作用する負荷トルク  $M_z C$  との合力である。各負荷トルク  $M_z A$  ,  $M_z B$  ,  $M_z C$  の全ては、同一の周方向に向かって作用する力であるため、歪センサ S 4 を用いて算出される負荷トルク  $M_z$  は、各負荷トルク  $M_z A$  ,  $M_z B$  ,  $M_z C$  の絶対値を合計した値となる。

20

【0050】

一方で、外力  $F_x$  ,  $F_y$  は、各刃部に発生する外力の絶対値の和ではなくベクトルの和として算出される。そのため、各刃部に発生する外力は、互いに打ち消し合う場合がある。以下では、外力  $F_x$  ,  $F_y$  の合力を「外力  $F_{xy}$ 」と称する。図 6 に示されるように、刃部 6A には外力  $F_{xy A}$  が作用し、刃部 6B には外力  $F_{xy B}$  が作用し、刃部 6C には外力  $F_{xy C}$  が作用する。

30

【0051】

外力  $F_x$  ,  $F_y$  は、XY 平面に沿った方向に作用するため、図 6 に示されるように、転削工具 50 全体に作用する外力  $F_{xy}$  は、外力  $F_{xy A}$  と外力  $F_{xy B}$  と外力  $F_{xy C}$  とを示すベクトルの和となる。そのため、転削工具 50 とワークとが接触している場合であっても、各刃部 6A ~ 6C に作用する外力  $F_{xy A}$  ~ 外力  $F_{xy C}$  が互いに打ち消し合い、転削工具 50 全体に作用する外力  $F_{xy}$  は、「0」となることがあり得る。換言すれば、各刃部 6A ~ 6C には外力  $F_{xy A}$  ~ 外力  $F_{xy C}$  が作用しているが、転削工具 50 全体には、見かけ上、外力  $F_{xy}$  が作用していない状態となる場合がある。

【0052】

なお、負荷トルク  $M_z$  は、実際には、外力  $F_{xy}$  の接線方向における分力に対して、転削工具 50 の半径を乗じた値であるが、図 6 においては説明を容易にするために、接線方向から延伸する矢印を負荷トルク  $M_z$  として説明している。

40

【0053】

図 7 は、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  と刃部の状態の関係性を示す図である。図 7 は、状態  $S_{t1}$  ,  $S_{t2}$  ,  $S_{t3}$  の刃部 6A がそれぞれ示されている。状態  $S_{t1}$  は、刃部 6A に問題が生じておらず切削を適切に行うことが可能な状態である。状態  $S_{t2}$  は、刃部 6A の刃先に摩耗が生じている状態である。状態  $S_{t3}$  は、刃部 6A の刃先に欠損が生じている状態である。図 7 には、削り取られているワーク 60 が示されている。

【0054】

50

ワーク60と刃部6Aとの接触によって発生する外力 $F_x$ は、比切削抵抗 $K_x$ と切削面積とから定められる。比切削抵抗 $K_x$ は、刃部の状態に基づくX軸方向における抵抗である。比切削抵抗は、X軸、Y軸、Z軸の各方向で異なる値となる。切削面積は、切り込み深さ $a_p$ と送り量 $f_z$ とから定められる。

#### 【0055】

図7の下部に示されるように、外力 $F_x$ は、比切削抵抗 $K_x$ と切り込み深さ $a_p$ と送り量 $f_z$ とを乗じた値となる。また、外力 $F_y$ も同様に、Y軸方向の比切削抵抗 $K_y$ と切り込み深さ $a_p$ と送り量 $f_z$ とを乗じた値となる。外力 $F_z$ も同様に、Z軸方向の刃部の状態を示す比切削抵抗 $K_z$ と切り込み深さ $a_p$ と送り量 $f_z$ とを乗じた値となる。比切削抵抗 $K_x$ 、 $K_y$ 、 $K_z$ の各々は、各軸方向における刃先の状態によって変化するため、比切削抵抗 $K_x$ 、 $K_y$ 、 $K_z$ の値は互いに異なる。

10

#### 【0056】

##### < 工具摩耗の実験例 >

以下では、図8～図10を用いて転削工具50の摩耗状態を検出する実験例を示す。図8～図10において、下記の加工条件にて行われた実験結果を示す。ワークの材質は、炭素鋼(S50C)である。転削工具50は、4枚刃のエンドミルである。工具径は6mmである。切削速度は、60m/minである。1つの刃部あたりの送り量は、0.015mm/t(tooth)である。軸方向の切り込み量は、1mmである。径方向の切り込み量は、2.4mmである。

#### 【0057】

図8は、転削工具50の状態を示すグラフの第1例である。図8に示される第1例のグラフでは、縦軸は外力 $F_z$ を示し、横軸は外力 $F_{xy}$ を示す。図8には、プロットN11～N18が示されている。各プロットN11～N18は、図2～図6にて説明した方法にて算出する特定のタイミングにおける外力 $F_z$ と外力 $F_{xy}$ とを示している。

20

#### 【0058】

プロットN11～N18の各々は、モータ20によって転削工具50が回転しワークを切削する期間内において検出された値であり、プロットN11～N18の順番で検出されている。プロットN11は最も早い時間に検出された値であり、プロットN18は最も遅い時間に検出された値である。すなわち、プロットN18が検出されたタイミングは、他のプロットが検出されたタイミングと比較して、切削回数および切削時間が最も多い。そのため、プロットN18が検出されたタイミングでは、他のプロットが検出されたタイミングよりも転削工具50の摩耗が進行している。

30

#### 【0059】

図8のプロットN11～N18に示されるように、切削回数、切削時間が多くなると、転削工具50の摩耗が進み、外力 $F_z$ および外力 $F_{xy}$ は、共に増加傾向を示す。図7の状態St2に示されるように、摩耗が進行すれば、ワーク60と転削工具50との接触面積が増加する。接触面積が増加すると、転削工具50がワーク60との接触時間、摩擦力が増加することから外力 $F_z$ および外力 $F_{xy}$ も増加する。

#### 【0060】

つまり、各プロットは、摩耗進行とともにグラフ上を右上方向に向かって移動する。切削面積は、刃先の状態と関係なく独立して定められる。また、刃部はワーク60と繰り返して接触するため、切削面積の大きさが刃部とワーク60との接触ごとにばらつくことがある。そのため、刃先の摩耗が進行した状態であっても切削面積の大きさによっては、外力 $F_z$ および外力 $F_{xy}$ は減少する場合がある。しかしながら、プロットN11からプロットN18までの移動の傾向を全体として把握すれば、各プロットは、グラフ上を右上方向に移動する。

40

#### 【0061】

このことから、ユーザは、図8に示されるグラフのプロットの移動する方向および移動量に基づいて、摩耗の進行度合いを推測することができる。すなわち、状態検出システムは、転削工具50の状態を示す摩耗の進行度合いをユーザに対して視覚的に表示すること

50

ができる。すなわち、本実施の形態における状態検出システム100では、プロットの移動方向の傾向および、移動量に基づいて転削工具50の摩耗の状態をユーザに認識させることができる。これにより、ユーザは、転削工具50の交換時期を容易に予測することができる。

#### 【0062】

図9は、転削工具50の状態を示すグラフの第2例である。図9に示される第2例のグラフでは、縦軸は外力 $F_{xy}$ を示し、横軸は負荷トルク $M_z$ を示す。図9には、プロットN21~N28が示されている。プロットN21~N28は、プロットN11~N18と同様に、プロットN21~N28の順番で検出されている。すなわち、プロットN21~N28のうち、プロットN28が検出されたタイミングが、最も摩耗が進行しているタイ

10

#### 【0063】

図9のプロットN21~N28に示されるように、切削回数、切削時間が多くなると、転削工具50の摩耗が進み、外力 $F_{xy}$ および負荷トルク $M_z$ は、共に増加傾向を示す。図7の状態St2に示されるように、摩耗が進行すれば、ワークと転削工具50との接触面積が増加する。接触面積が増加すると、摩擦力が増加するため、転削工具50の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクも増加する。したがって、図9に示されるように、摩耗が進行すれば、負荷トルク $M_z$ も増加し、図9における各プロットも、グラフ上を右上方向に移動する傾向にある。

#### 【0064】

このように、本実施の形態における状態検出システム100では、縦軸が外力 $F_{xy}$ を示し、横軸が負荷トルク $M_z$ を示す図9のグラフにおいても、プロットの移動方向の傾向および、移動量に基づいて、転削工具50の摩耗の状態をユーザに認識させることができる。

20

#### 【0065】

図10は、転削工具50の状態を示すグラフの第3例である。図10に示される第3例のグラフでは、縦軸は外力 $F_z$ を示し、横軸は負荷トルク $M_z$ を示す。図10には、プロットN31~N38が示されている。プロットN31~N38は、プロットN11~N18と同様に、プロットN31~N38の順番で検出されている。すなわち、プロットN31~N38のうち、プロットN38が検出されたタイミングが、最も摩耗が進行しているタイ

30

#### 【0066】

このように、本実施の形態における状態検出システム100では、縦軸が外力 $F_z$ を示し、横軸が負荷トルク $M_z$ を示す図10のグラフにおいても、プロットの移動方向の傾向および、移動量に基づいて、転削工具50の摩耗の状態をユーザに認識させることができる。

#### 【0067】

また、状態検出システム100では、予め定めた正常領域ではない範囲にプロットが検出された場合、異常が発生したことを検出して、表示装置40に表示させてもよい。より具体的には、特定の転削工具の形状、特定の加工条件にて試験的な加工を行い、予め図8~図10のグラフにおいて摩耗に伴ってプロットが検出される範囲を取得する。すなわち、状態検出システム100では、正常に摩耗が進行したときのプロットの移動範囲を予め取得する。その後、新たな転削工具であって同一の形状の転削工具を用いて、同一の加工条件にて新たに加工を開始する場合、当該新たな転削工具において検出されるプロットが、予め取得した正常に摩耗が進行したときのプロットの移動範囲を越えるか否かを判定する。正常に摩耗が進行したときのプロットの移動範囲と異なる範囲にプロットが検出された場合、管理装置10は、異常が発生していると判断して、表示装置40に異常が発生している旨を表示させる。

40

50

## 【 0 0 6 8 】

図 8 ~ 図 1 0 のグラフは、いずれも、外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  のうち少なくとも 2 つの関係性を示している。より具体的には、図 8 のグラフは、外力  $F_z$  と外力  $F_{xy}$  との関係性を示し、図 9 のグラフは、外力  $F_{xy}$  と負荷トルク  $M_z$  との関係性を示し、図 1 0 のグラフは、外力  $F_z$  と負荷トルク  $M_z$  との関係性を示す。図 8 ~ 図 1 0 のグラフとして示される情報は、本開示における「第 1 情報」の一例である。

## 【 0 0 6 9 】

本実施の形態の状態検出システム 1 0 0 では、図 8 ~ 図 1 0 のグラフのうち、1 つのグラフだけを表示するのではなく、図 8 ~ 図 1 0 のグラフのうちの 2 つのグラフを同時に表示させてもよい。すなわち、管理装置 1 0 は、図 8 のグラフと図 9 のグラフとを表示装置 4 0 に表示させ得る。また、管理装置 1 0 は、図 9 のグラフと図 1 0 のグラフとを表示装置 4 0 に表示させ得る。あるいは、管理装置 1 0 は、図 8 のグラフと図 1 0 のグラフとを表示装置 4 0 に表示させ得る。これによって、表示装置 4 0 には、外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の全ての情報を含むグラフが表示され、状態検出システム 1 0 0 では、より正確な転削工具 5 0 の状態を示す情報をユーザに対して表示することができる。このように 2 つのグラフが表示される場合、一方のグラフは「第 1 情報」の一例であり、他方のグラフは「第 2 情報」の一例である。なお、状態検出システム 1 0 0 では、図 8 ~ 1 0 の 3 つのグラフの全てを表示させてもよい。

## 【 0 0 7 0 】

本実施の形態においては、外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の関係性をグラフとして表示する例について説明したが、たとえば、外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の大きさを表形式にて単に数値として表示してもよい。また、上述の例では、二次元のグラフとしてユーザに表示する例を説明したが、ある局面において状態検出システム 1 0 0 は、外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の 3 つの関係性を 3 次元の立体的なグラフを用いて表示してもよい。このような立体的なグラフでは、たとえば、X 軸は外力  $F_z$  を示し、Y 軸は外力  $F_{xy}$  を示し、Z 軸は負荷トルク  $M_z$  を示す。

## 【 0 0 7 1 】

## &lt; 刃先欠損の実験例 &gt;

以下では、図 1 1 ~ 図 1 3 を用いて転削工具 5 0 の刃先欠損の状態を検出する実験例を示す。図 1 1 ~ 図 1 3 において、下記の加工条件にて行われた実験結果を示す。ワークの材質は、ステンレス鋼 ( S U S 3 0 4 ) である。転削工具 5 0 は、4 枚刃のエンドミルである。工具径は 1 6 m m である。切削速度は、8 0 m / m i n である。1 つの刃部あたりの送り量は、0 . 1 0 m m / t (tooth) である。軸方向の切り込み量は、2 m m である。径方向の切り込み量は、1 0 m m である。

## 【 0 0 7 2 】

図 1 1 は、転削工具 5 0 の状態を示すグラフの第 4 例である。図 1 1 に示される第 4 例のグラフでは、縦軸は外力  $F_z$  を示し、横軸は外力  $F_{xy}$  を示す。図 1 1 には、領域  $A_r 1$  に含まれるプロット群  $N_s 1$  と領域  $A_r 2$  に含まれるプロット群  $N_s 2$  とが示されている。プロット群  $N_s 1$  は、刃先に欠損が生じていない状態で検出された値である。プロット群  $N_s 2$  は、刃先に欠損が生じた状態で検出された値である。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 1 のプロット群  $N_s 1$ 、 $N_s 2$  に示されるように、刃先欠損によって、外力  $F_{xy}$  が増加している。つまり、プロットされる領域は、刃先が欠損したことに基づいてグラフ上を右方向に移動している。刃先欠損は、工具摩耗のように経時的に進行せず、突発的に破損が発生する。そのため、刃先欠損が生じた前後において、プロットされる領域は領域  $A_r 1$  から領域  $A_r 2$  へと移動する。

## 【 0 0 7 4 】

このように、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 では、プロットされる領域  $A_r 1$  が他の領域  $A_r 2$  に変化したことに基づいて、転削工具 5 0 に刃先の欠損が生じたか否かをユーザに認識させることができる。これにより、ユーザは、転削工具 5 0 を修理

10

20

30

40

50

する必要があるか否かを判断することができる。

【 0 0 7 5 】

刃先欠損の例では、刃先の欠損の位置、形状に応じて、各プロットが移動する方向が異なるため、各プロットの移動方向には傾向がない。そのため、本実施の形態の状態検出システム 1 0 0 では、刃先の欠損のない状態においてプロットされる領域  $A r 1$  から異なる領域にプロットされたか否かを、たとえば  $k$  近傍法を用いて判断する。すなわち、管理装置 1 0 は、新たにプロットされた値が過去のプロットと異なる範囲内にクラスタリングされる場合、刃先に破損が発生したと判断し、その旨を表示装置 4 0 に表示させる。これにより、状態検出システム 1 0 0 では、刃先の欠損状態を検出し、検出結果をユーザに表示させることができる。後述するように、管理装置 1 0 は、工具形状および加工条件を用いた計算、もしくは、事前に実施した試験によって得られた正常領域との比較によって、刃先の異常の有無を判断してもよい。

10

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、転削工具 5 0 の状態を示すグラフの第 5 例である。図 1 2 に示される第 5 例のグラフでは、縦軸は外力  $F x y$  を示し、横軸は負荷トルク  $M z$  を示す。図 1 2 には、領域  $A r 3$  に含まれるプロット群  $N s 3$  と領域  $A r 4$  に含まれるプロット群  $N s 4$  とが示されている。プロット群  $N s 3$  は、刃先に欠損が生じていない状態で検出された値である。プロット群  $N s 4$  は、刃先に欠損が生じた状態で検出された値である。

【 0 0 7 7 】

図 1 2 のプロット群  $N s 3$  ,  $N s 4$  に示されるように、図 1 2 の例における欠損した刃先の位置、形状の影響によって、外力  $F x y$  が増加し負荷トルク  $M z$  が減少する。つまり、プロットされる領域は、刃先が欠損したことに基づいてグラフ上を左上方向に移動している。このように、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 では、縦軸が外力  $F x y$  を示し、横軸が負荷トルク  $M z$  を示す図 1 2 のグラフにおいても、プロットされる領域  $A r 3$  が他の領域  $A r 4$  に変化したことに基づいて、転削工具 5 0 に刃先の欠損が生じたか否かをユーザに認識させることができる。

20

【 0 0 7 8 】

図 1 3 は、転削工具 5 0 の状態を示すグラフの第 6 例である。図 1 3 に示される第 6 例のグラフでは、縦軸は外力  $F z$  を示し、横軸は負荷トルク  $M z$  を示す。図 1 3 には、領域  $A r 5$  に含まれるプロット群  $N s 5$  と領域  $A r 6$  に含まれるプロット群  $N s 6$  とが示されている。プロット群  $N s 5$  は、刃先に欠損が生じていない状態で検出された値である。プロット群  $N s 6$  は、刃先に欠損が生じた状態で検出された値である。

30

【 0 0 7 9 】

図 1 3 のプロット群  $N s 5$  ,  $N s 6$  に示されるように、図 1 2 の例における欠損した刃先の位置、形状の影響によって、負荷トルク  $M z$  が減少する。つまり、各プロットは、刃先が欠損したことに基づいてグラフ上を左方向に移動している。このように、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 では、縦軸が外力  $F z$  を示し、横軸が負荷トルク  $M z$  を示す図 1 3 のグラフにおいても、プロットされる領域  $A r 5$  が他の領域  $A r 6$  に変化したことに基づいて、転削工具 5 0 に刃先の欠損が生じたか否かをユーザに認識させることができる。

40

【 0 0 8 0 】

< 切削面積の影響の排除 >

図 1 4 は、外力と比切削抵抗と切削面積との関係を説明するための図である。上述したように、刃部はワーク 6 0 と繰り返して接触するため、切削面積の大きさにばらつきが発生し得る。工具摩耗または刃先欠損が生じることによって比切削抵抗  $K$  が変化しても、切削面積の大きさにばらつきが発生すれば、外力  $F x$  ,  $F y$  ,  $F z$  , および負荷トルク  $M z$  は、見かけ上、比切削抵抗  $K$  が変化していないように相殺されてしまう可能性がある。そこで、以下では、切削面積の影響の排除する手法について説明する。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 には、状態  $S t 4$  ,  $S t 5$  ,  $S t 6$  の刃部 6 A がそれぞれ示されている。状態  $S$

50

t 4 , S t 5 は、刃部 6 A に問題が生じておらず切削を適切に行うことが可能な状態である。状態 S t 6 は、刃部 6 A の刃先に摩耗が生じている状態である。

【 0 0 8 2 】

状態 S t 4 , S t 6 において、刃部 6 A の切り込み深さ a p は距離 D 2 である。状態 S t 5 において、刃部 6 A の切り込み深さ a p は距離 D 3 である。距離 D 3 は、距離 D 2 よりも長い。また、状態 S t 4 , S t 5 , S t 6 の全ての状態における送り量 f z は同一の値である。

【 0 0 8 3 】

図 7 にて説明したように、外力 F x は、刃部の状態を示す比切削抵抗 K x と切り込み深さ a p と送り量 f z とを乗じた値である。比切削抵抗 K x は、切り込み深さ a p と送り量 f z にかかわらず、刃部の状態に応じて定まる。一方で、切り込み深さ a p と送り量 f z は、刃部の状態にかかわらず、刃部とワーク 6 0 との接触状況によって変化する。

10

【 0 0 8 4 】

状態 S t 4 では、外力 F x は、刃部に摩耗も欠損も生じていない適切な状態を示す比切削抵抗 K x と、距離 D 2 の深さだけ切り込むときの切り込み深さ a p D 2 と、送り量 f z とに基づいて定まる。状態 S t 5 では、外力 F x は、刃部に摩耗も欠損も生じていない適切な状態を示す比切削抵抗 K x と、距離 D 3 の深さだけ切り込むときの切り込み深さ a p D 3 と、送り量 f z とに基づいて定まる。状態 S t 6 では、外力 F x は、刃部に摩耗が生じている比切削抵抗 K x f と、距離 D 2 の深さだけ切り込むときの切り込み深さ a p D 2 と、送り量 f z とに基づいて定まる。図 1 4 に示されるように、各状態における外力 F y , F z についても、外力 F x と同様に定められる。

20

【 0 0 8 5 】

図 1 4 の状態 S t 4 の下部に示されるように、状態 S t 4 において外力 F z に対する外力 F x の割合は、比切削抵抗 K z に対する比切削抵抗 K x の割合となる。すなわち、外力 F z および外力 F x の各々に切り込み深さ a p D 2 と送り量 f z が含まれているため、外力 F z に対して外力 F x を除算したとき、切り込み深さ a p D 2 と送り量 f z との影響が取り除かれる。したがって、外力 F z に対する外力 F x の割合は、切り込み深さ a p D 2 と送り量 f z の影響が排除されて、比切削抵抗 K z に対する比切削抵抗 K x の割合となる。状態 S t 4 において、外力 F z に対する外力 F y の割合も、同様に切り込み深さ a p D 2 と送り量 f z との影響が取り除かれ、比切削抵抗 K z に対する比切削抵抗 K y の割合となる。

30

【 0 0 8 6 】

図 1 4 の状態 S t 5 の下部に示されるように、状態 S t 5 における外力 F z に対する外力 F x の割合も、状態 S t 4 と同様に、比切削抵抗 K z に対する比切削抵抗 K x の割合となる。すなわち、除算によって切り込み深さ a p D 3 と送り量 f z との影響が取り除かれる。そのため、状態 S t 5 における外力 F z に対する外力 F x の割合と、状態 S t 4 における外力 F z に対する外力 F y の割合は同じ値となる。

【 0 0 8 7 】

一方で、図 1 4 の状態 S t 6 の下部に示されるように、状態 S t 6 において外力 F z に対する外力 F x の割合は、比切削抵抗 K z f に対する比切削抵抗 K x f の割合となる。除算によって切り込み深さ a p D 2 と送り量 f z との影響が取り除かれるが、刃部の摩耗によって比切削抵抗 K x f , K z f が状態 S t 4 , S t 5 の比切削抵抗 K x , K z と異なる。そのため、状態 S t 6 における外力 F z に対する外力 F x の割合と、状態 S t 4 , S t 5 の外力 F z に対する外力 F y の割合と異なる値になる。

40

【 0 0 8 8 】

このように、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 では、外力 F x , F y , F z を互いに除算した値を用いることによって、切削面積の影響を排除し、比切削抵抗 K だけの変化に着目可能となる。たとえば、管理装置 1 0 は、縦軸は外力 F z に対する外力 F x の割合を示し、横軸は外力 F z に対する外力 F y の割合を示すグラフを表示することによって、切削面積の影響を排除した転削工具 5 0 の状態をユーザに表示することができる

50

。なお、切削面積の影響が排除されていれば、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  を除算する組合せは他の組合せであってもよい。

【 0 0 8 9 】

< 負荷トルクを用いる切削面積の排除 >

図 1 5 は、負荷トルクと切削面積との関係を説明するための図である。負荷トルク  $M_z$  は、回転を妨げる力であり、転削工具 5 0 の接線方向に発生する外力  $F_t$  に対して転削工具 5 0 の半径  $R_1$  を乗じた値である。上述したように、図 6 においては、刃部 6 A における接線方向から延伸する矢印を負荷トルク  $M_z A$  として説明したが、実際には図 1 5 に示されるように外力  $F_{xy} A$  の接線方向における分力である外力  $F_t$  に対して、転削工具 5 0 の半径  $R_1$  を乗じた値である。

10

【 0 0 9 0 】

外力  $F_t$  は、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  と同様に、比切削抵抗  $K_t$  と切り込み深さ  $a_p$  と送り量  $f_z$  とを乗じた値である。すなわち、負荷トルク  $M_z$  には、切り込み深さ  $a_p$  と送り量  $f_z$  とが含まれている。そのため、外力  $F_x$  ,  $F_y$  ,  $F_z$  のいずれかに対して、負荷トルク  $M_z$  を除算することによって、切削面積の影響を排除することができる。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 は、転削工具 5 0 の状態を示すグラフの第 7 例である。図 1 6 に示される第 7 例のグラフでは、縦軸は負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_z$  の割合を示し、横軸は負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合を示す。図 1 6 には、プロット  $N_{41} \sim N_{48}$  が示されている。プロット  $N_{41} \sim N_{48}$  は、プロット  $N_{11} \sim N_{18}$  と同様に、プロット  $N_{41} \sim N_{48}$  の順番で検出されている。すなわち、プロット  $N_{41} \sim N_{48}$  のうち、プロット  $N_{48}$  が検出されたタイミングが、最も摩耗が進行しているタイミングである。

20

【 0 0 9 2 】

図 1 6 に示されるグラフでは、上述にて説明したように、縦軸、横軸に示される値から切削面積の影響が排除されている。これにより、図 1 6 のグラフは、比切削抵抗  $K$  の変化をより正確に表すことができる。

【 0 0 9 3 】

図 1 6 に示される例では、摩耗が進行すれば、負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合が小さくなる。すなわち、摩耗が進行することによる負荷トルク  $M_z$  の増加率は、外力  $F_{xy}$  の増加率よりも大きい。また、摩耗が進行すれば、負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合が大きくなる。摩耗が進行することによる負荷トルク  $M_z$  の増加率は、外力  $F_{xy}$  の増加率よりも小さい。このため、図 1 6 に示されるように、各プロットは、グラフ上を右下方向に移動する傾向にある。

30

【 0 0 9 4 】

図 1 7 は、転削工具 5 0 の状態を示すグラフの第 8 例である。図 1 7 に示される第 8 例のグラフでは、縦軸は負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_z$  の割合を示し、横軸は負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合を示す。図 1 7 には、領域  $A_{r7}$  に含まれるプロット群  $N_{s7}$  と領域  $A_{r8}$  に含まれるプロット群  $N_{s8}$  とが示されている。プロット群  $N_{s7}$  は、刃先に欠損が生じていない状態で検出された値である。プロット群  $N_{s8}$  は、刃先に欠損が生じた状態で検出された値である。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 7 のプロット群  $N_{s7}$  ,  $N_{s8}$  に示されるように、刃先欠損が生じたことによって、負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合は増加する。つまり、プロットされる領域は、刃先が欠損したことに基づいてグラフ上を右方向に移動している。このように、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 では、縦軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_z$  の割合を示し、横軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合を示す図 1 7 のグラフにおいても、プロットされる領域  $A_{r7}$  が他の領域  $A_{r8}$  に変化したことに基づいて、転削工具 5 0 に刃先の欠損が生じたか否かをユーザに認識させることができる。

【 0 0 9 6 】

このように、図 1 6 , 1 7 において、本実施の形態における状態検出システム 1 0 0 で

50

は、縦軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_z$  を示し、横軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_x, y$  を示す図 16, 17 のグラフにおいても、転削工具 50 の摩耗の状態および刃先の欠損をユーザに認識させることができる。

【0097】

また、図 6 にて説明したように、負荷トルク  $M_z$  は、回転する転削工具 50 の刃部がワーク 60 と接触する限り、常に「0」よりも大きい値となる。一方で、外力  $F_x, F_y, F_z$  の各々は、各刃部に発生する外力同士が打ち消し合い、見かけ上「0」になることがある。図 16, 17 に示される例では、縦軸、横軸が示す値の分母は、負荷トルクである。そのため、縦軸、横軸が示す値は「0」で除算されることがなく、縦軸、横軸が示す値が「0」で除算されるため検出できないといった状況が発生することがない。

10

【0098】

なお、歪センサ  $N_1 \sim N_3, S_4$  は、本開示における「第 1 歪センサ～第 4 歪センサ」のそれぞれの一例である。

【0099】

図 18 は、本実施形態の処理手順を示すフローチャートである。図 18 では、図 8～図 13、図 16、17 のいずれかのグラフを表示するための処理手順が示されている。図 18 に示される処理手順は、管理装置 10 の CPU 220 によって記憶装置 230 のプログラムが実行されることによって実現される。

【0100】

管理装置 10 は、外力  $F_z$  を取得する（ステップ S100）。続いて、管理装置 10 は、外力  $F_x, y$  を取得する（ステップ S110）。さらに、管理装置 10 は、負荷トルク  $M_z$  を取得する（ステップ S120）。より具体的には、ステップ S100～ステップ S120 では管理装置 10 は、図 3, 4 にて説明したように歪センサ  $N_1 \sim N_3, S_4$  の検出値を用いて、外力  $F_z$ 、外力  $F_x, y$ 、および負荷トルク  $M_z$  を算出する。

20

【0101】

その後、管理装置 10 は、外力  $F_z$ 、外力  $F_x, y$ 、および負荷トルク  $M_z$  のうちの少なくとも 2 つにも基づいて作成したグラフを表示する（ステップ S130）。すなわち、管理装置は、図 8～図 13、図 16、17 のいずれかのグラフを表示する。

【0102】

[ 事前に実施した試験による正常領域の作成方法 ]

本実施の形態の状態検出システム 100 において、刃先の欠損のない状態においてプロットされる領域  $A_r1$  から異なる領域にプロットされたか否かを  $k$  近傍法を用いて判断する構成を説明した。しかしながら、異常が発生したか否かを判定する方法は、 $k$  近傍法を用いた方法に限られない。以下では、グラフ上に正常領域を作成する方法について説明する。

30

【0103】

図 19 は、正常領域を作成するための試験の測定結果を示す図である。図 19 には、外力  $F_z$ 、外力  $F_x, y$ 、および負荷トルク  $M_z$  の時系列データが示されている。より具体的には、図 19 には、0～17.5 秒までの期間における外力  $F_z$ 、外力  $F_x, y$ 、および負荷トルク  $M_z$  の値が示されている。

40

【0104】

図 19 では、下記の加工条件にて行われた試験の測定結果が示されている。転削工具 50 の回転数は、2300 回/min である。送り速度は、500 mm/min である。半径方向の切り込み量は、10 mm である。すなわち、刃部 6A～6C の各々は、0 mm から 10 mm まで徐々に切り込み量を増加させるようにワークを切削する。

【0105】

図 19 に示されるように、外力  $F_z$ 、外力  $F_x, y$ 、および負荷トルク  $M_z$  の各々は、時間の経過に伴って変動している。期間  $D_r1$  は、切込量が 0 mm～1 mm の期間である。期間  $D_r2$  は、切込量が 4 mm～5 mm の期間である。期間  $D_r3$  は、切込量が 9 mm～10 mm の期間である。

50

## 【 0 1 0 6 】

図 2 0 は、図 1 9 の測定結果に基づいてグラフを表示した図である。図 2 0 には、縦軸が外力  $F_z$  であり横軸が負荷トルク  $M_z$  であるグラフ、縦軸が外力  $F_{xy}$  であり横軸が負荷トルク  $M_z$  であるグラフ、縦軸が外力  $F_z$  であり横軸が外力  $F_{xy}$  であるグラフ、および縦軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_z$  の割合であり横軸が負荷トルク  $M_z$  に対する外力  $F_{xy}$  の割合であるグラフの 4 つのグラフが示されている。

## 【 0 1 0 7 】

各グラフには、プロット P 1、プロット P 2、プロット P 3 の三種類のプロットが表示されている。図 2 0 の左上部に示されるように、プロット P 1 は、図 1 9 における期間  $D_{r1}$  におけるプロットである。プロット P 2 は、図 1 9 における期間  $D_{r2}$  におけるプロットである。プロット P 3 は、図 1 9 における期間  $D_{r3}$  におけるプロットである。すなわち、図 2 0 では、図 1 9 にて示されている外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の値が期間ごとにグラフとして表示されている。

10

## 【 0 1 0 8 】

図 2 0 の例では、図 1 9 に示されている外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の実測値をプロットとして表示しているのではなく、図 1 9 に示されている外力  $F_z$ 、外力  $F_{xy}$ 、および負荷トルク  $M_z$  の移動平均をプロットとして表示している。これにより、図 2 0 に示されるように各プロットは同一の期間内においてグラフ上で所定の範囲内に固まって配置される。また、上述したように、図 1 9 では、徐々に切り込み量が増加するような加工条件で試験が行われているため、期間  $D_{r1}$  と、期間  $D_{r2}$  と、期間  $D_{r3}$  とでは、異なる加工条件による試験が行われているといえる。

20

## 【 0 1 0 9 】

図 2 1 は、期間  $D_{r2}$  における正常領域を設定する例を示す図である。図 2 1 には、図 2 0 にて示した 4 つのグラフと同様のグラフが表示されている。図 2 1 には、4 つのグラフに重畳する正常領域  $C_{r1}$ 、 $C_{r2}$ 、 $C_{r3}$ 、 $C_{r4}$  がそれぞれ示されている。正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  は、期間  $D_{r2}$  におけるプロット P 2 を基準として定められている。正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  は、たとえば、期間  $D_{r2}$  における全てのプロット P 2 が包括される領域であって、プロット P 2 の集合の平均値を中心とする楕円または円形状で示される領域である。正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  は、管理装置 1 0 によって定められる。なお、管理装置 1 0 は、プロット P 2 の集合の平均値を用いずにプロット P 2 の集合の全てが含まれる最小限の領域を正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  として定めてもよい。

30

## 【 0 1 1 0 】

このように、状態検出システム 1 0 0 は、図 1 9、2 0 にて行われた試験的な加工を行うことによってプロットされるべき領域である正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  を取得する。その後、期間  $D_{r2}$  に対応する加工条件での加工が行われる場合、新たに検出されるプロットが正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  内に位置していない場合、異常が発生していると判定できる。すなわち、管理装置 1 0 は、正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  内ではない領域にプロットが検出された場合、異常が発生した旨を表示装置 4 0 に表示させることができる。また、管理装置 1 0 は、図 2 2 に示される 4 つのグラフと正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  とを表示装置 4 0 にリアルタイムで表示させてもよい。これにより、ユーザは、各プロットが正常領域  $C_{r1} \sim C_{r4}$  の範囲内に位置しているかをリアルタイムで視覚的に把握することができる。

40

## 【 0 1 1 1 】

図 2 2 は、期間  $D_{r2}$ 、 $D_{r3}$  における正常領域を設定する例を示す図である。図 2 2 には、正常領域  $C_{r5}$ 、 $C_{r6}$ 、 $C_{r7}$ 、 $C_{r8}$  が示されている。正常領域  $C_{r5} \sim C_{r8}$  は、期間  $D_{r2}$  におけるプロット P 2 および期間  $D_{r3}$  におけるプロット P 3 を基準として定められている。正常領域  $C_{r5} \sim C_{r8}$  は、たとえば、全てのプロット P 2、P 3 が包括される領域であって、プロット P 2、P 3 の集合の平均値を中心とする矩形形状の領域である。

## 【 0 1 1 2 】

このように、状態検出システム 1 0 0 は、図 1 9、2 0 にて行われた試験的な加工によ

50

って正常領域  $C r 5 \sim C r 8$  を取得する。その後、期間  $D r 2$  ,  $D r 3$  に対応する加工条件での加工が行われる場合、新たに検出されるプロットが正常領域  $C r 5 \sim C r 8$  内に位置しているかによって異常が発生しているか否かを判定できる。図 2 1 , 図 2 2 に示されるように状態検出システム 1 0 0 では、加工条件ごとに応じた正常領域を作成することができる。

#### 【 0 1 1 3 】

なお、図 2 0 の例では、図 1 9 における実測値を用いずに移動平均の値を用いる例を説明したが、ある局面における状態検出システム 1 0 0 では、実測値を用いてもよいし、単位時間あたりの平均値、最大値、標準偏差などを用いてもよい。当該単位時間は、転削工具 5 0 の回転数に基づいて定められ得る。また、本実施の形態において外力  $F x$  ,  $F y$  ,  $F x y$  を用いた転削工具の状態検出について説明したが、ある局面における状態検出システム 1 0 0 では、外力  $F x$  ,  $F y$  ,  $F x y$  の各々に代えて、各軸方向に発生するトルク  $M x$  ,  $M y$  ,  $M x y$  を用いてもよい。

10

#### 【 0 1 1 4 】

(変形例)

本実施の形態の転削工具 5 0 においては、工具ホルダ 3 0 を用いてシャフト部 1 0 6 が保持される構成であった。しかしながら、変形例の転削工具 5 0 では、本実施の形態の転削工具 5 0 のような工具ホルダを用いず、シャフト部 1 0 6 が工作機械 7 0 の主軸に直接取り付けられてもよい。この場合、シャフト部 1 0 6 は、ハウジングを備える。

#### 【 0 1 1 5 】

歪センサ  $N 1 \sim N 3$  ,  $S 4$  は、シャフト部 1 0 6 に設けられたハウジングの内部に格納される。歪センサ  $N 1 \sim N 3$  ,  $S 4$  は、本実施の形態の転削工具 5 0 と同様に、シャフト部 1 0 6 の周方向に等間隔に配置されている。このように、工具ホルダを用いずに主軸に直接取り付けられる転削工具 5 0 においても、シャフト部 1 0 6 のハウジング内に歪センサ  $N 1 \sim N 3$  ,  $S 4$  を配置することによって、管理装置 1 0 は、転削工具 5 0 に発生する外力、負荷トルクを取得できる。

20

#### 【 0 1 1 6 】

また、本実施の形態において管理装置 1 0 は、工作機械 7 0 と別体である構成について説明した。しかしながら、管理装置 1 0 は、工作機械 7 0 に含まれてもよい。換言すれば、管理装置 1 0 と工作機械 7 0 とは一体的に構成されてもよい。

30

#### 【 0 1 1 7 】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 1 1 8 】

6 A ~ 6 C 刃部、1 0 管理装置、2 0 モータ、3 0 工具ホルダ、4 0 表示装置、5 0 転削工具、6 0 ワーク、7 0 工作機械、1 0 0 状態検出システム、A g 1 ~ A g 3 配置、A r 1 ~ A r 8 領域、C x 圧縮応力、D 1 ~ D 3 距離、D v 1 ~ D v 3 検出値、F t , F x , F x y , F x y A ~ F x y C , F y , F z 外力、K , K t , K x , K x f , K y , K z , K z f 比切削抵抗、M z , M z A ~ M z C 負荷トルク、N 1 ~ N 3 , S 4 歪センサ、N 1 1 ~ N 1 8 , N 2 1 ~ N 2 8 , N 3 1 ~ N 3 8 , N 4 1 ~ N 4 8 , P 1 ~ P 3 プロット、N s 1 ~ N s 8 プロット群、R 1 半径、R d 回転方向、S t 1 ~ S t 6 状態、T x , T y , T z 応力、a p , a p D 2 , a p D 3 切り込み深さ、C r 1 ~ C r 8 正常領域。

40

【要約】

転削加工に用いられる転削工具の状態検出システムであって、第1端部と第2端部とを有するシャフト部を含み、シャフト部の回転軸を中心に回転可能な転削工具と、シャフト部に取り付けられ転削工具に作用する外力を検出する複数のセンサと、表示装置と、管理装置とを備え、複数のセンサは、転削工具に対して、回転軸に沿った第1方向に作用する第1力と、回転軸を法線とする平面に沿った方向に作用する第2力と、転削工具の回転を妨げる方向に作用する負荷トルクとを検出し、管理装置は、第1力、第2力、および負荷トルクのうち少なくとも2つに基づく第1情報を表示装置に表示させる。

【図面】

【図1】

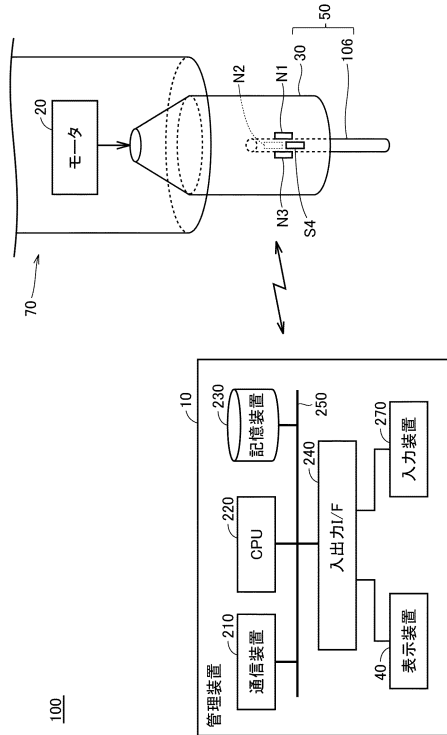
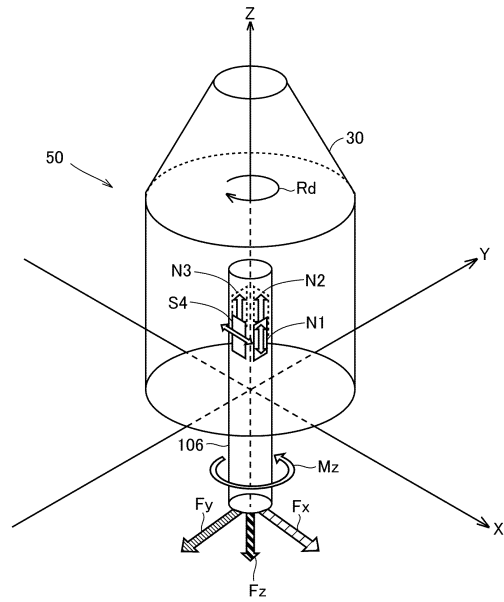


FIG.1

【図2】

FIG.2



10

20

30

40

50

【図 3】

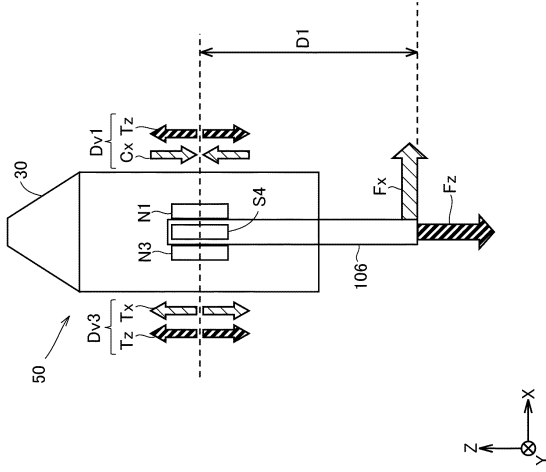


FIG.3

【図 4】

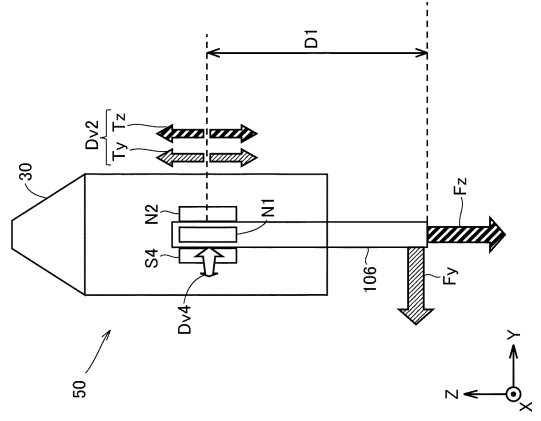


FIG.4

【図 5】

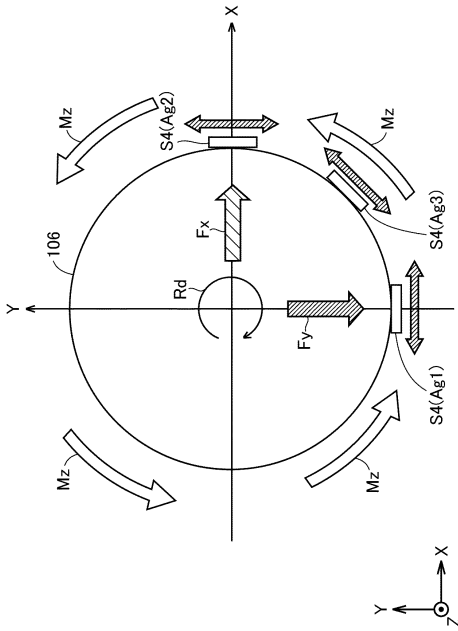


FIG.5

【図 6】

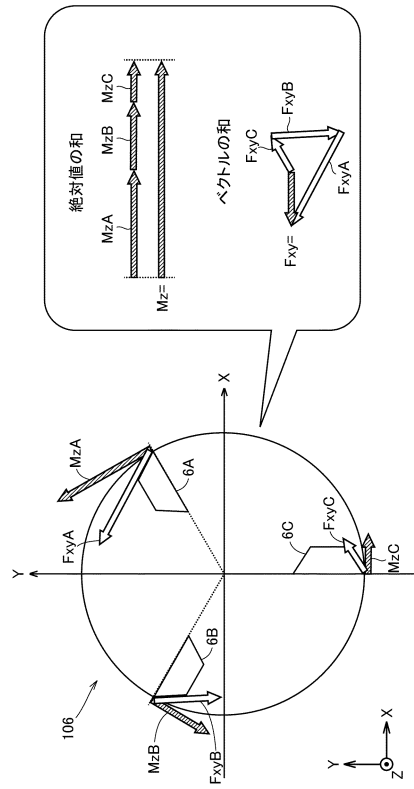


FIG.6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

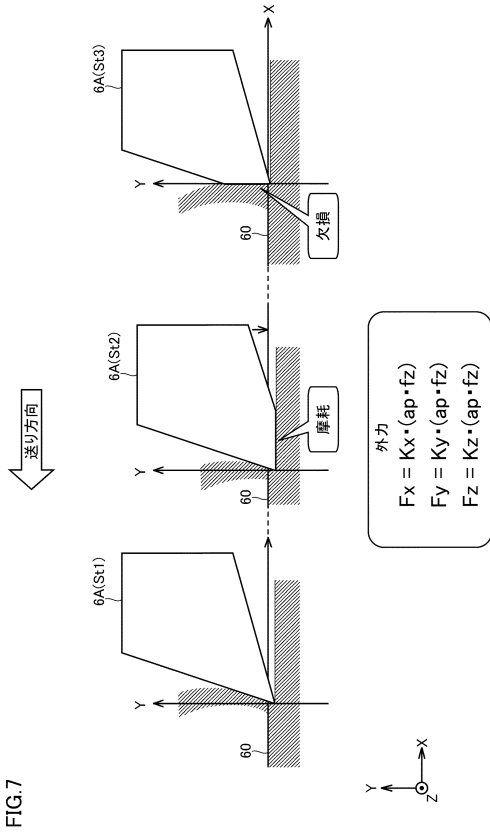


FIG.7

【 図 8 】

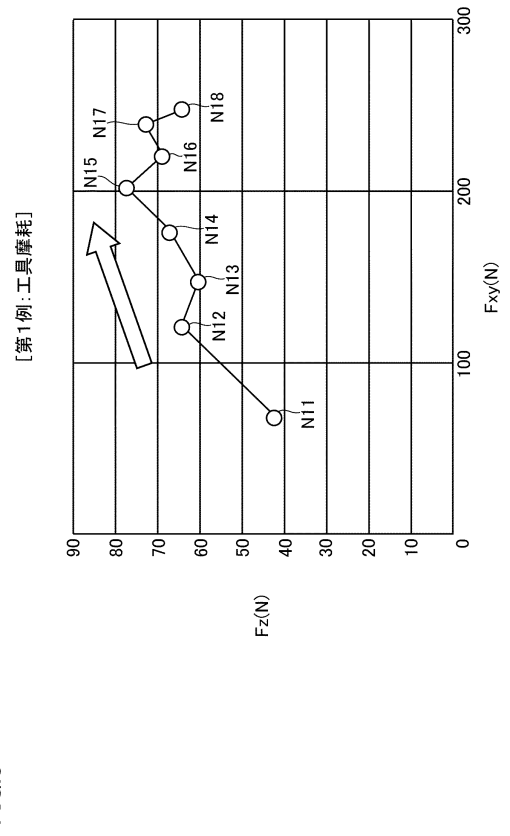


FIG.8

【 図 9 】

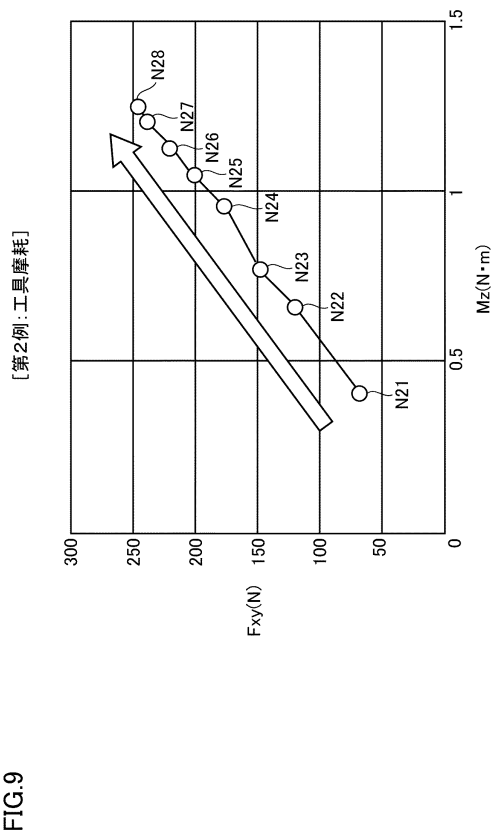


FIG.9

【 図 10 】

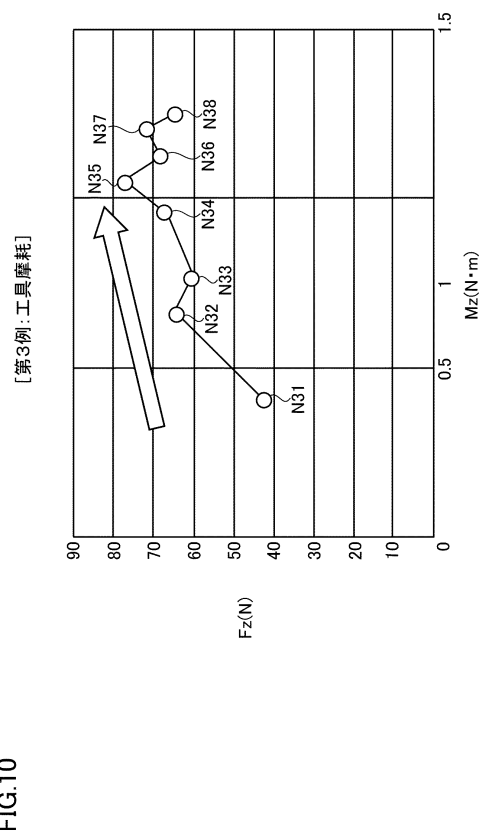


FIG.10

【 図 1 1 】

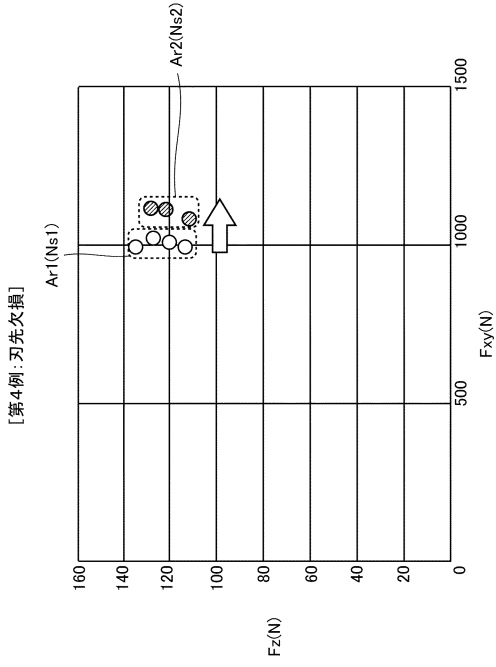


FIG.11

【 図 1 2 】

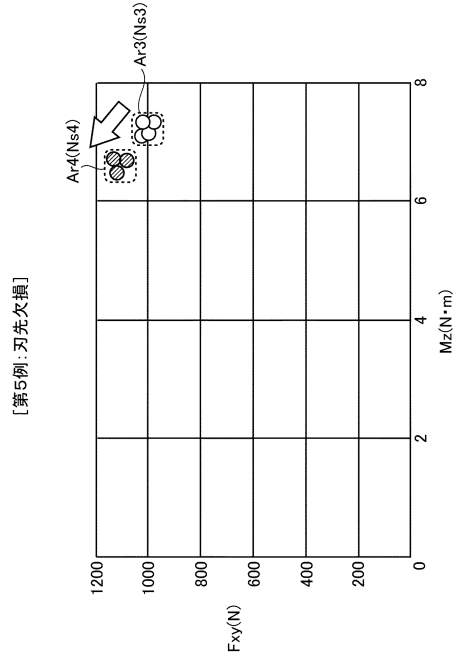


FIG.12

【 図 1 3 】

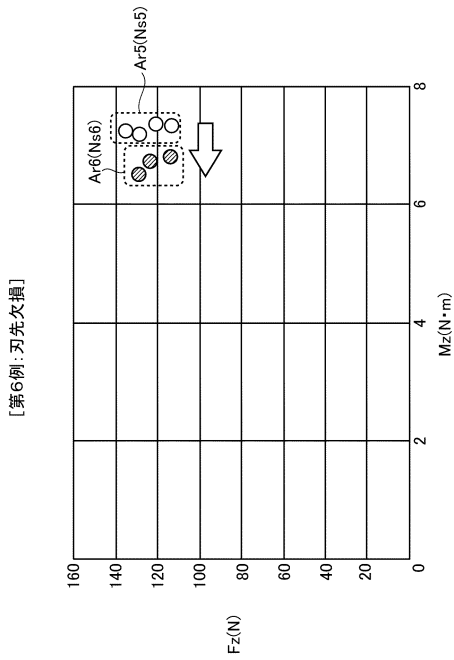


FIG.13

【 図 1 4 】

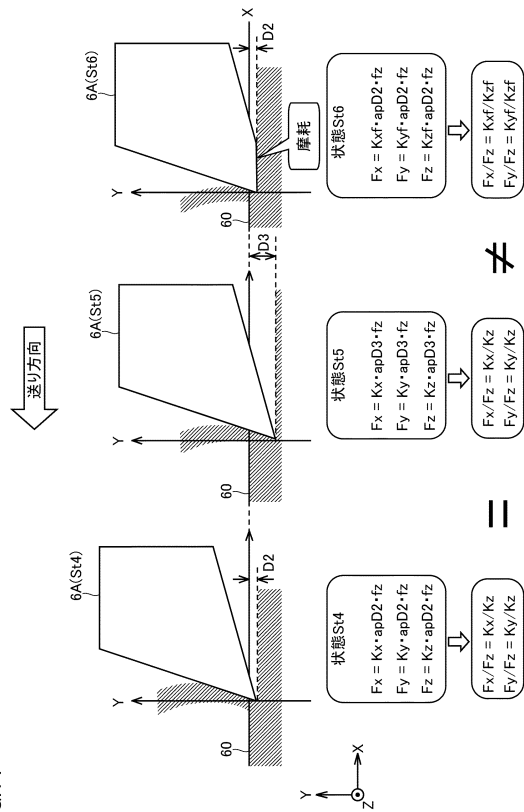


FIG.14

【図 15】

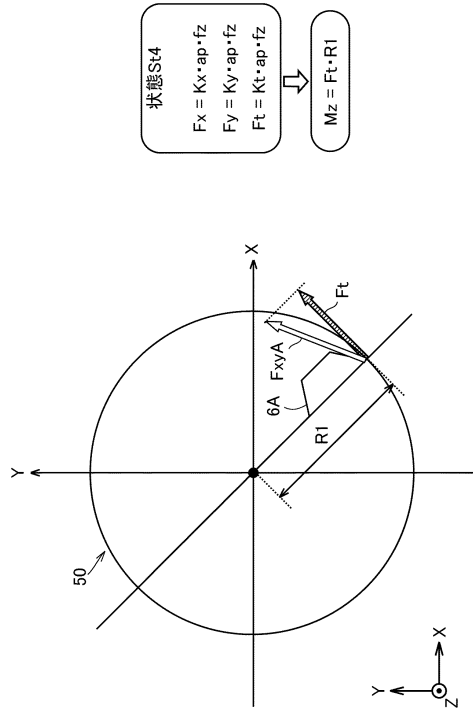


FIG.15

【図 16】

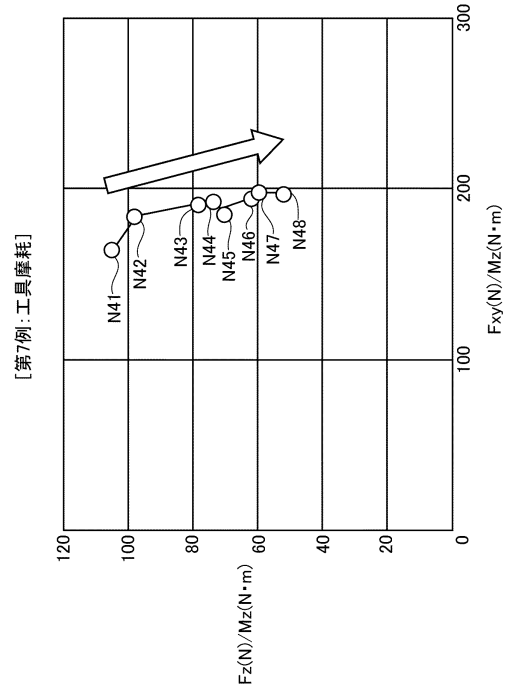


FIG.16

【図 17】

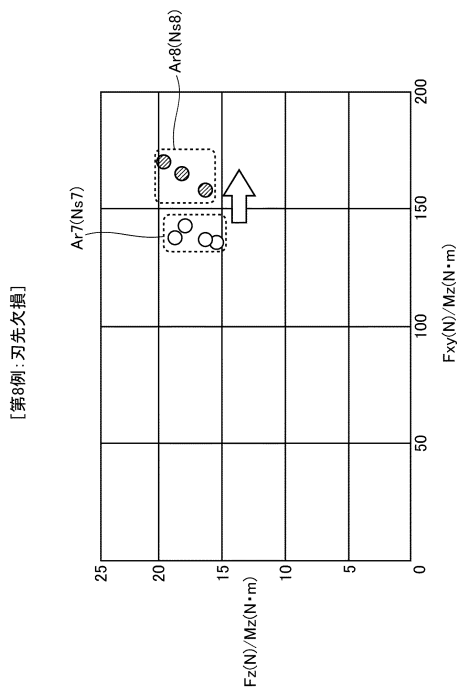
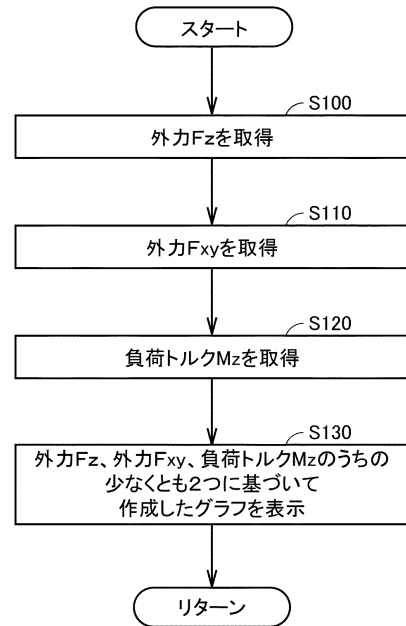


FIG.17

【図 18】

FIG.18



10

20

30

40

50

【図 19】

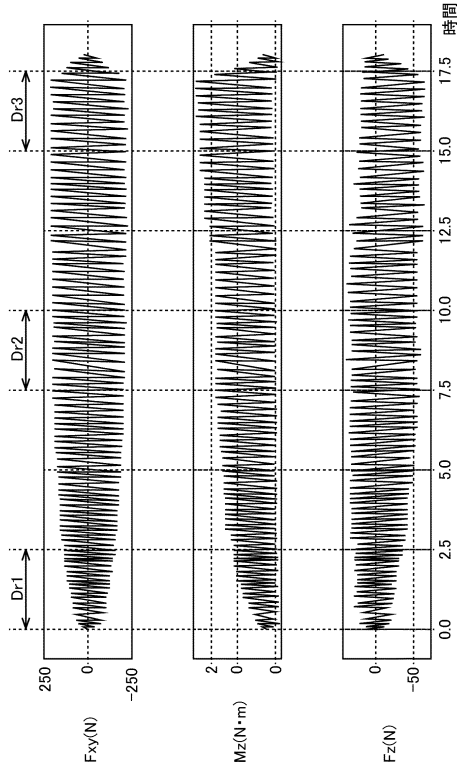


FIG.19

【図 20】

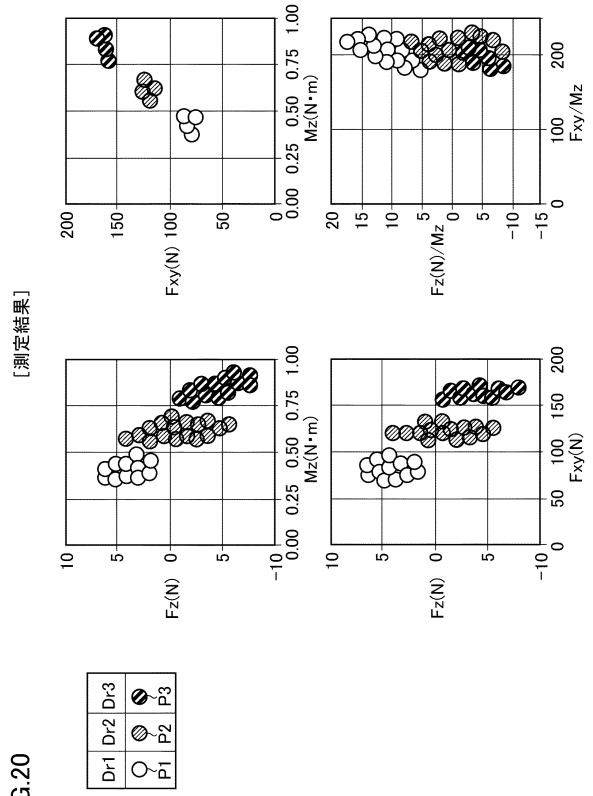


FIG.20

【図 21】

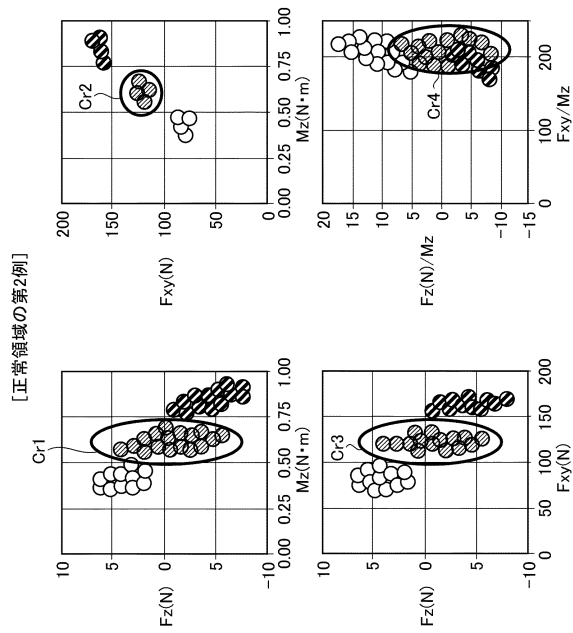


FIG.21

【図 22】

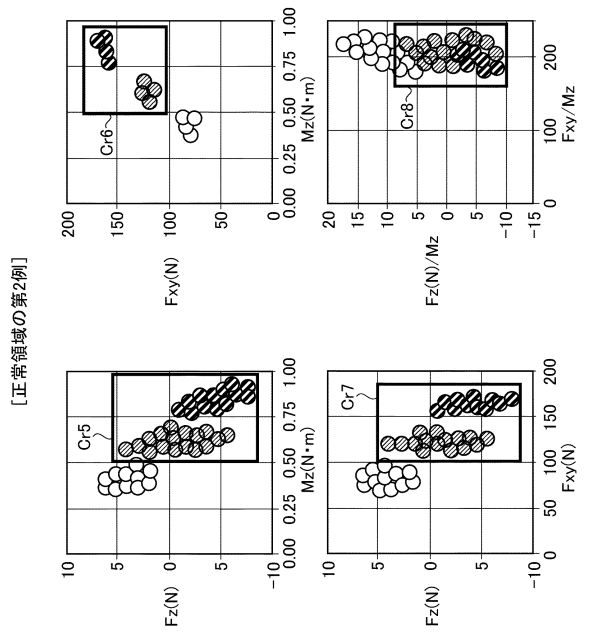


FIG.22

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第7047979(JP, B1)  
特許第6973689(JP, B1)  
特開2020-203356(JP, A)  
特開平09-006432(JP, A)  
特開2021-137962(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23Q 17/09  
B23Q 17/00