

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-536443

(P2024-536443A)

(43)公表日 令和6年10月4日(2024.10.4)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
<b>B 2 3 F 23/12 (2006.01)</b>	B 2 3 F 23/12	3 C 0 2 5
<b>G 0 5 B 19/4155(2006.01)</b>	G 0 5 B 19/4155	V 3 C 2 6 9
<b>G 0 5 B 19/18 (2006.01)</b>	G 0 5 B 19/18	W

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全27頁)

(21)出願番号	特願2024-521173(P2024-521173)	(71)出願人	599172531 ライシャウアー アーゲー
(86)(22)出願日	令和4年10月6日(2022.10.6)		スイス国 ヴァリスエレン CH - 8 3 0
(85)翻訳文提出日	令和6年6月7日(2024.6.7)		4 インデュストリーシュトラッセ 3 6
(86)国際出願番号	PCT/EP2022/077838	(74)代理人	110002354
(87)国際公開番号	WO2023/061851		弁理士法人平和国際特許事務所
(87)国際公開日	令和5年4月20日(2023.4.20)	(72)発明者	ディーツ, クリスティアーン
(31)優先権主張番号	070374/2021		スイス連邦 ヴァリゼレン 8 3 0 4 ヒ
(32)優先日	令和3年10月11日(2021.10.11)		ューバー通り 7
(33)優先権主張国・地域又は機関	スイス(CH)	F ターム(参考)	3C025 HH00
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA( AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く		3C269 AB06 BB17 EF39 KK08 MN05 MN21 MN28 MN 29 MN44

(54)【発明の名称】 歯切り盤の状態を監視する方法

(57)【要約】

複数の機械軸を有する工作機械 1 の状態を監視する方法において、機械軸の少なくともいくつかは試験サイクルにおいて系統的に試験され、関連付けられた状態データが測定を行うことによって確認される。これに基づいて、EOLデータが予測される。このデータは、歯切り盤を使用して加工されるワークピースを含む歯車機構のノイズ挙動と相関する。状態データがEOLデータから予測される逆方向も開示されている。

【選択図】図7

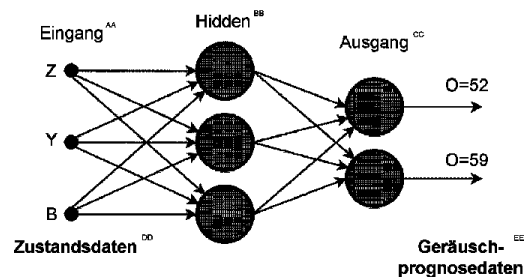


FIG. 7

AA Input  
BB Hidden  
CC Output  
DD State data  
EE Noise prediction data

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する方法であって、

a) 少なくとも一部の前記機械軸が系統的に作動され、関連付けられた機械測定データが取得される試験サイクルを実行することと、

b) 前記機械測定データのスペクトル分析を行い、前記機械測定データから機械スペクトルデータを計算することと、

c) 前記機械スペクトルデータに基づいて、前記歯切り盤を用いて加工されたワークピースが、ギアトレインに取り付けられて、前記ギアトレイン内で相手歯車と噛み合って回転するとき、EOLスペクトルにおいてどの次数で励起が予想されるのかを示す予測EOLスペクトルデータを求めることと、

を含む、前記方法。

**【請求項 2】**

d) 前記予測EOLスペクトルデータ又は前記予測EOLスペクトルデータから導出された少なくとも1つの量を出力すること、

を含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記予測EOLスペクトルデータを求めることは、伝播係数を前記機械スペクトルデータに適用することを含み、前記伝播係数は、前記機械スペクトルデータが求められた前記機械軸と前記ワークピースとの間の運動学的リンケージに依存する、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記予測EOLスペクトルデータは、作動される機械軸ごとに個別に求められる、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記 a) ~ c) は、数回繰り返され、

ワークピースは、前記試験サイクルの合間に前記歯切り盤を用いて加工され、前記試験サイクルは、加工ツールがワークピースと加工噛み合いをしていない加工が中止している間に実行され、

実行された前記試験サイクル、加工された前記ワークピース又は時間の関数としての前記予測EOLスペクトルデータの推移が、可視化され及び/又は特に回帰分析によって分析される、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

**【請求項 6】**

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法であって、

複数の基準機械について、前記基準機械において実行される複数の基準試験サイクルによって求められる基準機械スペクトルデータが取得可能であり、

前記基準機械スペクトルデータから、予測基準EOLスペクトルデータが求められ、

監視されている前記歯切り盤の前記機械スペクトルデータに基づいて求められた前記予測EOLスペクトルデータは、前記予測基準EOLスペクトルデータ又は前記予測基準EOLスペクトルデータから導出された量と比較され、

前記予測基準EOLスペクトルデータの統計分析を任意選択で含む、前記方法。

**【請求項 7】**

複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する方法であって、

a) 前記歯切り盤によって加工されたワークピースを備えるギアトレインに対して、前記ギアトレイン内で前記ワークピースが相手歯車と噛み合って回転し、関連付けられたEOL測定データが求められるEOL試験を行うことと、

b) 前記EOL測定データのスペクトル分析を行い、前記EOL測定データからEOLスペクトルデータを計算することと、

c) 前記EOLスペクトルデータに基づいて、予測状態データであって、少なくとも1つの機械軸の前記予測状態データが、その機械軸のどの次数が計算された前記EOLスペ

10

20

30

40

50

クトルデータと一致するのかわを示す前記予測状態データを求めることと、  
を含む、前記方法。

【請求項 8】

d) 前記予測状態データ又は前記予測状態データから導出された少なくとも 1 つの量を出力すること、  
を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

e) 少なくとも一部の前記機械軸が系統的に作動され、関連付けられた機械測定データが取得される試験サイクルを実行することと、

f) 前記機械測定データから機械スペクトルデータが計算される、前記機械測定データのスペクトル分析を行うことと、

g) 前記機械スペクトルデータに基づいて、前記歯切り盤によって加工されたワークピースが、ギアトレインに取り付けられて、前記ギアトレイン内で相手歯車と噛み合っていて回転するとき、EOL スペクトルにおいてどの次数で励起が予想されるのかわを示す予測 EOL スペクトルデータを求めることと、  
を更に含み、

前記予測状態データを求めることは、前記 EOL 測定データから計算された前記 EOL スペクトルデータを前記予測 EOL スペクトルデータと比較することを含む、請求項 7 又は 8 に記載の方法。

【請求項 10】

機械学習アルゴリズムのトレーニングデータセットを作成する方法であって、

a) 少なくとも一部の機械軸が系統的に作動され、関連付けられた状態データが測定によって求められる試験サイクルを実行することと、

b) 歯切り盤が、前記状態データに対応する状態にある間に、前記歯切り盤を用いて少なくとも 1 つのワークピースを加工することと、

c) 加工された前記ワークピースをギアトレインに取り付けることと、

d) 前記ギアトレインに対して、前記 EOL 試験において、前記ギアトレイン内で前記ワークピースは相手歯車と噛み合っていて回転し、関連付けられた EOL データが求められる EOL 試験を行うことと、

e) 前記状態データ及び前記対応する EOL データを前記トレーニングデータセットに格納することと、

f) 複数の試験サイクルに対して、同じ公称形状を有し、同じ加工条件下で加工されたワークピースについて前記 a) ~ e) を繰り返すことと、  
を含む、前記方法。

【請求項 11】

機械学習アルゴリズムをトレーニングする方法であって、前記機械学習アルゴリズムは、請求項 10 に記載のトレーニングデータセットを使用してトレーニングされる、前記方法。

【請求項 12】

複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する方法であって、

請求項 10 に記載のトレーニングデータセットを用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムが前記方法において使用されることを特徴とする、前記方法。

【請求項 13】

前記機械学習アルゴリズムは、前記歯切り盤の状態データを入力変数として有し、予測 EOL データを出力変数として有し、

前記方法は、

a) 少なくとも一部の前記機械軸が系統的に作動され、関連付けられた状態データが測定によって求められる試験サイクルを実行することと、

b) 前記状態データを前記トレーニングされた ML アルゴリズムに入力変数として供給することによって、前記状態データに基づいて予測 EOL データを求めることと、

40

50

c) 前記予測 EOL スペクトルデータ又は前記予測 EOL スペクトルデータから導出された少なくとも 1 つの量を任意選択で出力することと、  
を含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記機械学習アルゴリズムは、EOL データを入力変数として有し、前記歯切り盤の予測状態データを出力変数として有し、

前記方法は、

a) ギアトレインに対して、前記ギアトレイン内における前記ワークピースは相手歯車と噛み合っ

10

て回転し、関連付けられた EOL データが求められる EOL 試験を行うことと、  
b) 前記 EOL データを前記トレーニングされた ML アルゴリズムに入力変数として供給することによ

って、前記 EOL データに基づいて予測状態データを求めることと、  
c) 前記予測状態データ又は前記予測状態データから導出された少なくとも 1 つの量を任意選択で出力することと、  
を含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

前記機械学習アルゴリズムは、分類アルゴリズム、特に人工ニューラルネットワーク若しくはサポートベクターマシン、又はランダムフォレストである、請求項 10 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

前記状態データは、機械軸の振動挙動に関して前記機械軸の状態と相関し、特に、機械測定データのスペクトル分析によって計算された機械スペクトルデータを含み、及び/又は

20

前記 EOL データは、前記ギアトレインのノイズ挙動と相関し、特に、EOL 測定データのスペクトル分析によって計算された EOL スペクトルデータを含む、請求項 10 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する装置であって、

プロセッサ (451) と、コンピュータプログラムが記憶されている記憶媒体 (452) とを備え、

30

前記コンピュータプログラムは、前記プロセッサにおいて実行されると、以下のステップ、すなわち、

前記歯切り盤の試験サイクルであって、少なくとも一部の前記機械軸が系統的に作動され、関連付けられた状態データが測定によって求められる前記試験サイクルによって求められた前記状態データを受信するステップと、

前記歯切り盤を用いて加工されたワークピースを備えるギアトレインのノイズ挙動と相関された予測 EOL データを前記状態データに基づいて求めるステップと、  
を実行する、前記装置。

【請求項 18】

複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する装置であって、

プロセッサ (451) と、コンピュータプログラムが記憶されている記憶媒体 (452) とを備え、

40

前記コンピュータプログラムは、前記プロセッサにおいて実行されると、以下のステップ、すなわち、

前記歯切り盤によって加工されたワークピースを備えるギアトレインにおける EOL 試験であって、前記ギアトレインにおける前記ワークピースが、相手歯車と噛み合っ

て回転し、関連付けられた EOL データが求められる前記 EOL 試験によって求められた前記 EOL データを受信するステップと  
少なくとも 1 つの機械軸の振動挙動に関して少なくとも 1 つの前記機械軸の状態と相関する予測状態データを前記 EOL データに基づいて求めるステップと、

50

を実行する、前記装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歯付きワークピースを加工する歯切り盤、特に、歯車研削盤の状態を監視する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

歯切り盤における歯付きワークピース、特に、外歯車又は内歯車の硬化仕上げの際に、指定された公称形状に対する実際に製造されたワークの実形状との公差として現れる製造偏差が自然に発生する。製造偏差は、とりわけ、歯切り盤の様々なコンポーネントの故障や摩耗によって、又は、コンポーネントの不適切な組み立てによって引き起こされる可能性がある。例えば、製造偏差は、駆動部が歯切り盤のスライドを機械コントローラーによって指定された公称位置以外の位置に移動させること、スピンドルのベアリングが摩耗すること、又は振動が十分に減衰するように機械部品が互いに適切に接続されていないことなどによって、引き起こされる可能性がある。

10

【0003】

硬化仕上げは、通常、ワークピースの加工における最後のステップである。この加工ステップの後、ワークピースは、ギアトレインに組み付けられる。組み付け後、ギアトレインの最終試験（「EOL試験」）が、EOL試験台（EOL：End of Line（ライン末端））上で行われる。特に、ギアトレインのノイズ挙動が試験される。ワークピースの製造偏差は、多くの場合に、望ましくないノイズ励起をもたらす。欠陥のない機械における加工中に発生する可能性がある最小の製造偏差であっても、ノイズをもたらす可能性がある。特に、電気駆動部にあっては、ギアトレインのコンポーネントが、主なノイズ源となるときがあり、ギアトレイン内で発生するノイズが、特に憂慮される。

20

【0004】

EOL試験中に、ギアトレインにノイズが発生しやすいことが判明した場合に必要な高額な分解作業を回避するために、ワークピースをギアトレインに取り付ける前に、ワークピースによって引き起こされるノイズ挙動を予測できることが望ましい。測定されたギアトレインのノイズ挙動から、歯切り盤における特定の原因に関する直接的な結論を得ることができることも望ましい。

30

【0005】

特許文献1は、歯切り盤における補正及び/又は修正を伴う歯面の硬化仕上げの方法を開示している。この方法では、トランスミッション又は試験装置内で互いに噛み合う歯車対が、それぞれの相手歯面を考慮に入れて加工され、関連したワークピースの歯面には、周期的なうねりの補正又は修正が施される。歯車測定装置及び/又はトランスミッションにおける歯車対の回転距離の誤差測定によって、回転誤差の程度が求められる。この測定結果は、歯切り盤において製作される歯車対の歯面に対する周期的な歯面うねりの補正についての振幅、周波数及び位相位置を規定する入力値として役立てられる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第20140256223号

【発明の概要】

【0007】

[第1の態様：ノイズ励起の予測]

第1の態様において、本発明の目的は、歯切り盤を用いて加工されたワークピースを備えるギアトレインにおける擾乱ノイズの発生を早期の段階で予測する、歯切り盤の状態を監視する方法を提供することである。

【0008】

50

この目的は、請求項 1 に記載の方法によって達成される。更なる実施形態は、従属請求項に記載される。

【0009】

したがって、複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する方法であって、以下のステップ、すなわち：

a) 少なくとも一部分の機械軸が系統的に作動され、関連付けられた機械測定データが取得される試験サイクルを実行するステップと、

b) 機械測定データのスペクトル分析を行い、機械測定データから機械スペクトルデータを計算するステップと、

c) 機械スペクトルデータに基づいて、歯切り盤を用いて加工されたワークピースが、ギアトレインに取り付けられて、ギアトレイン内で相手歯車と噛み合って回転するとき、EOLスペクトルにおいてどの次数で励起が予想されるのかを示す予測EOLスペクトルデータを求めるステップと、

を含む、方法が開示される。

10

【0010】

本方法は、d) 予測EOLスペクトルデータ又は予測EOLスペクトルデータから導出された少なくとも1つの量を出力すること、を含むことができる。

【0011】

提案された方法に関して、機械測定データは、機械軸が選択的に作動している間に、試験サイクルにおいて上記のように求められる。試験サイクルは、歯切り盤の加工が中止している間に行われる。すなわち、試験サイクルの間、歯切り盤の加工ツールは、ワークピースと加工噛み合いをしていない。機械測定データは、特に、加速度センサーを用いて求められる加速度値、位置センサーを用いて求められる位置値、及び/又は電流センサーを用いて求められる電流値とすることができる。機械軸が作動している間、機械コンポーネントの周期的な励起がどの周波数又は次数において発生するのかを求めるために、機械スペクトルデータ(機械のスペクトル状態データ)が、スペクトル分析(特に次数分析)によって機械測定データから計算される。

20

【0012】

機械スペクトルデータに基づいて、EOLスペクトルデータが予測される。この予測は、以下の考察に基づいている。すなわち、機械コンポーネントの励起は、加工中に、製造されたワークピースに伝播される。加工ツール(工作機械)が、機械軸を使用してドレスされる時、これらの励起は、そのようにドレスされるツールにも伝播され、そのツールから加工中にワークピースに更に伝播される。個々の機械コンポーネントの間の既知の運動学的リンケージを利用し、選択された加工パラメータを考慮に入れると、そのような励起が製造されたワークピースにどのように影響するのかを計算することが可能である。特に、そのような励起は、ワークピースの歯面に周期的な偏差(うねり)をもたらす可能性がある。「運動学的リンケージ」又は「運動学的連鎖」という表現は、加工プロセス中に、一つのコンポーネントの動きが、別のコンポーネントに伝達されていく様相を示すのに使用される。加工プロセスにおいて、ツールスピンドルとワークピーススピンドルとの間の運動学的リンケージ、すなわち、ツールの運動とワークピースの運動との相関関係が、中心的な役割を果たす。歯切り盤が、創成研削盤又はスカイピング加工機等の創成プロセスによりワークピースを加工する機械である場合に、このリンケージは、ワークピースとツールとの間の転がり噛み合いによって特徴付けられ、ワークピースの形状及びツールの形状によって決定される。ツールの周期的な励起が、このリンケージによってワークピース歯面にうねりとしてどのように伝播されるかは、容易に計算することができる。特に、ツールの回転に基づいて、その原因となるツールの励起の次数が知られている場合には、うねりによって発生するギアトレイン内の励起が、ワークピースの回転に基づいて、どのような次数になるかを計算することは容易に可能である。これらの2つの次数の間の比は、以下では「伝播係数」と称する。運動が伝播される他の全てのコンポーネントについ

30

40

50

て、これらのコンポーネントのうちの1つの振動が他のコンポーネントにどのように影響するのかを計算すること、特に、これらのコンポーネントの振動次数と、EOLスペクトルにおける結果として生じる振動次数との間の対応する伝播係数を計算することも可能である。

【0013】

したがって、予測EOLスペクトルデータを計算することには、伝播係数を機械スペクトルデータに適用することを含めることができ、ここで、伝播係数は、機械スペクトルデータが求められた機械軸とワークピースとの間の運動学的リンケージに依存する。

【0014】

したがって、予測EOLスペクトルデータは、指定された方法によって取得される。これらの予測EOLスペクトルデータは、実際の機械の状態の試験に基づいており、したがって、事前に知られていない可能性がある機械における振動源を含み、その結果、機械の既知の設計のみに基づいたEOLスペクトルデータの計算又はシミュレーションに含めることができない。その結果、本方法は、ノイズ励起が、仕上げられたギアトレインにおいて、どの次数で発生するのかの信頼できる予測を可能にする。このように、ワークピースがギアトレインに実際に取り付けられる前であっても、ノイズ励起を予測することができる。影響を受けたワークピースは、除外することができ、必要に応じて、より詳細に検査することができ、したがって、完全に組み立てられたギアトレインの煩雑な分解を回避することができる。加えて、予想されるノイズの発生をもたらすエラーの原因を特定し、除去するための対策を講じることができる。

【0015】

予測EOLスペクトルデータを求めることは、必ずしも様々な次数におけるノイズ強度を定量的に予測することではなく、むしろ、まず第一にどの次数が「振動次数」であるのか、すなわち、どの次数がそもそも大きなノイズ強度を有すると予想されるのかを定性的に示すことであることに留意することは重要である。特に、予測EOLスペクトルデータは、振動次数及び関連する強度インジケータを含むことができ、強度インジケータは、振動次数における予想振動強度の推定値（非常に粗い推定値にすぎない可能性がある）を表す。

【0016】

特に、予測EOLスペクトルデータは、作動される機械軸ごとに個別に求めることができる。すなわち、試験サイクル中に動作される機械軸ごとに、個々の機械測定データが求められ、この個々の機械測定データから、個々の機械スペクトルデータが計算され、これに基づいて、個々のEOLスペクトルデータが、作動される機械軸ごとに予測される。このようにして、どの機械軸がEOLスペクトルデータにおけるどの振動次数を引き起こす可能性があるのかを予測することが可能になる。

【0017】

好ましくは、ステップa)~c)は数回繰り返され、ワークピースは、試験サイクルの合間に歯切り盤を用いて加工され、試験サイクルは、加工ツールがワークピースと加工噛み合いをしていない加工が中止している間に実行される。次いで、試験サイクル又は時間の関数としての予測EOLスペクトルデータの推移が、可視化され及び/又は分析される。これは、単一の試験サイクルに基づく予測EOLスペクトルデータは、ほとんど価値のないものになることがあり得るという考えに基づいている。一方、加工中に、歯切り盤コンポーネントの摩耗又は故障が発生する可能性があり、その場合には、予測EOLスペクトルデータに大きな変化が現れる。したがって、予測EOLスペクトルデータの時間的な推移を考慮することが提案される。予測EOLスペクトルデータの時間変化を適切に可視化することによって、時間の経過とともにノイズ励起の挙動の著しい変化が生じると予想される振動次数を視覚的に容易に特定することができる。計算されたEOLスペクトルデータの推移は、数値的にも分析することができる。例えば、数値分析は、少なくとも2次の多項式等の適切な回帰関数を使用して、選択された振動次数又は全ての振動次数の予想振動強度の回帰分析を行うことを含むことができる。例

10

20

30

40

50

えば、少なくとも1つの摂動次数が、特定の警告基準を満たす摂動強度の勾配を有すると予想される場合には、これに基づいて、警告インジケータを決定して出力することができる。

【0018】

多くの異なる基準試験サイクルにおいて求められる多くの基準機械についての基準機械スペクトルデータが取得可能である場合には、これらの基準機械スペクトルデータのそれぞれから基準EOLスペクトルデータを予測することができる。その場合に、評価対象の機械の予測EOLスペクトルデータを、基準機械の予測基準EOLスペクトルデータ又はそれらのデータから導出された量と比較することによって、評価対象の機械の予測EOLスペクトルデータを自動的に評価することが可能であり、したがって、特別な知識を必要とせず、評価の基礎として測定されたEOLスペクトルを必要とすることなく、予想されるノイズの問題を自動的に推論することが可能である。特に、このために予測基準EOLスペクトルデータの統計分析を行うことができる。この手法及び更なる実施形態の根底にある考えに関しては、本出願と同日付けで出願された同じ出願人による「工作機械の状態を監視する方法」という発明の名称の特許出願を参照されたい。この特許出願の内容は、その全体が参照により本開示に援用される。

10

【0019】

[第2の態様：ノイズ問題を引き起こすコンポーネントの特定]

逆のことも可能である。すなわち、ワークピースがギアトレインにおいて相手歯車と噛み合って回転している間、EOL試験台においてEOL測定値を測定し、EOL測定値のスペクトル分析を行って、測定されたEOLスペクトルデータを求め、EOLスペクトルデータから、歯切り盤状態の個々のコンポーネントのいずれかが、それらの状態に起因して、EOLスペクトルデータに摂動次数を引き起こしているのかを結論付けることも可能である。EOL測定値は、EOL試験台の任意の適切なセンサー、特に、加速度センサー及び回転誤差を求めるセンサーによって求めることができる。

20

【0020】

したがって、複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する方法であって、以下のステップ、すなわち：

a) 歯切り盤によって加工されたワークピースを備えるギアトレインに対して、ギアトレイン内でワークピースが相手歯車と噛み合って回転し、関連付けられたEOL測定データが求められるEOL試験を行うステップと、

30

b) EOL測定データのスペクトル分析を行い、EOL測定データからEOLスペクトルデータを計算するステップと、

c) EOLスペクトルデータに基づいて、予測状態データであって、少なくとも1つの機械軸の予測状態データが、その機械軸のどの次数が計算されたEOLスペクトルデータと一致するのを示す予測状態データを求めるステップと、

を含、方法が開示される。

【0021】

本方法は、

d) 予測状態データ又は予測状態データから導出された少なくとも1つの量を出力すること、

40

を含むことができる。

【0022】

この方法を用いると、歯切り盤を用いて加工されたワークピースがギアトレインに取り付けられた後に実際に発生した摂動ノイズの原因が、どの機械軸、及び、該当する場合にはこれらの機械軸のどのコンポーネントにあるのかに関する結論を得ることができる。この方法は、歯切り盤のコンポーネント間の運動学的リンケージが既知であり、選択された加工パラメーターが考慮される場合に、歯切り盤のコンポーネントについて求められた測定データの次数から、ギアトレインにおけるワークピースの回転に関連した摂動ノイズの次数を容易に計算することができるということも利用する。

50

## 【 0 0 2 3 】

特に、この方法は、歯切り盤自体における状態測定を必要とすることなく実行することができる。一方、この方法が歯切り盤における状態測定と組み合わせられると、特定の利点を得られる。この点において、本方法は、

e) 少なくとも一部の機械軸が系統的に作動され、関連付けられた機械測定データが取得される試験サイクルを実行することと、

f) 機械測定データから機械スペクトルデータが計算される、スペクトル分析を行うことと、

g) 機械スペクトルデータに基づいて、歯切り盤によって加工されたワークピースが、ギアトレインに取り付けられて、ギアトレイン内で相手歯車と噛み合っていて回転するとき、EOLスペクトルにおいてどの次数で励起が予想されるのかを示す予測EOLスペクトルデータを求めることと、

を更に含むことができ、予測状態データを求めることは、EOL測定データから計算されたEOLスペクトルデータを予測EOLスペクトルデータと比較することを含む。

10

## 【 0 0 2 4 】

ギアトレインの試運転中に測定によって求められたEOLスペクトルデータを、歯切り盤の測定データから予測されたEOLスペクトルデータと比較することによって、摂動ノイズの原因を特に信頼性をもって求めることができる。

## 【 0 0 2 5 】

## [ 第 3 の 態 様 : 機 械 学 習 アル ゴ リ ズ ム の 使 用 ]

これまで論述してきた方法は、歯切り盤のコンポーネント間の運動学的リンケージの知識を必要とする。別の態様において、本発明は、運動学的リンケージの知識がなくても、機械状態の測定に基づくギアトレインのノイズ挙動の予測、又は、ギアトレインの測定されたノイズ挙動からの歯切り盤の状態に関する結論の取得を可能にする方法を提供する。この方法は、トレーニングされた機械学習アルゴリズムを使用する。このアルゴリズムの入力変数は歯切り盤の状態データであり、出力変数は歯切り盤の予想されるノイズ挙動の特徴を示す予測EOLデータであるか、又は、入力変数がEOLデータであり、出力変数が機械の予想される状態の特徴を示す予測状態データである。

20

## 【 0 0 2 6 】

機械学習アルゴリズムは、以下の手順、すなわち、

a) 少なくとも一部の機械軸が系統的に作動され、関連付けられた状態データが測定によって求められる試験サイクルを実行することと、

b) 歯切り盤が、状態データに対応する状態にある間に、歯切り盤を用いて少なくとも1つのワークピースを加工することと、

c) 加工されたワークピースをギアトレインに取り付けることと、

d) ギアトレインに対して、ギアトレイン内でワークピースは相手歯車と噛み合っていて回転し、関連付けられたEOLデータが求められるEOL試験を行うことと、

e) 状態データ及び対応するEOLデータをトレーニングデータセットに格納することと、

f) 複数の試験サイクルに対して、同じ公称形状を有し、同じ加工条件下で加工されたワークピースについてステップa) ~ e)を繰り返すことと、

g) 機械学習アルゴリズムをトレーニングデータセットでトレーニングすることと、を使用してトレーニングされる。

30

40

## 【 0 0 2 7 】

したがって、トレーニングデータセットは、同じ公称形状を有し、同じ加工条件下で加工され、同じタイプのギアトレインに取り付けられた複数のワークピースの多数の状態データに対応するEOLデータとともに含む。

## 【 0 0 2 8 】

公称形状は、特に、歯直角モジュール、歯数及び歯のねじれ角等の量を含むが、指定された歯面修正等の更なる量を含んでもよい。加工状態は、特に、機械軸が加工動作中に同

50

じように移動される場合には、同じであるとみなされる。例えば、創成研削が加工プロセスとして使用される場合において、ワークピースが、同じ半径方向の送り、同じ軸方向送り率、同じシフト速度で加工され、ツールの回転速度が全てのワークピースについて同じであり、使用される研削ウォームが全てのワークピースについて同じ条数及び同じピッチ高さを有することで、その結果として、ワークピースの回転速度も同じである場合には、加工状態は同じである。

研削ウォームが、回転するディスク状のドレスツールを用いてドレスされるドレス可能な研削ウォームである場合には、ドレッシング中の状態、特に、ドレッシングプロセス中のツールスピンドルの回転速度及びドレスツールの回転速度も、加工パラメーターの一部である。

#### 【0029】

機械学習アルゴリズムは、状態データ及び対応するEOLデータを用いてトレーニングされる。

その結果、機械学習アルゴリズムは、歯切り盤のコンポーネント間の運動学的リンケージの知識を必要とすることなく、状態データに基づくEOLデータの予測又はその逆のEOLデータに基づく状態データの予測を行うことができる。

#### 【0030】

これに関して使用することができる多くの異なるタイプの機械学習アルゴリズムが知られており、トレーニングデータセットの構造は、それに応じて変化し得る。特に、分類アルゴリズムが、実際の実施には適している。このために、出力変数は、限られた数のクラスに削減することができる。例えば、入力変数がEOLデータであり、出力変数が予測状態データである場合に、予測状態データは、例えば、機械軸ごとに1つの実数値から構成することができる。各値は、その場合に、例えば、該当する機械軸が観測されたEOLデータの原因である確率を示すことができる。トレーニングデータは、その場合に、機械軸ごとに単一の実数状態値を表す状態データと、関連付けられたEOLデータとを含むことになる。例えば、入力変数が状態データであり、出力変数が予測EOLデータである場合に、予測EOLデータは、比較的少数の次数（実際面で特に重要な次数）について次数ごとに1つの実数値から構成することができる。各値は、その場合に、例えば、該当する次数の予測相対スペクトル強度を示すことができる。トレーニングデータは、その場合に、対応するEOLデータを含むことになる。もちろん、全く異なる、より一層複雑な出力量も考えることができる。実際に実施する場合には、例えば、人工ニューラルネットワーク（ANN：artificial neural network）又はサポートベクターマシン（SVM：support vector machine）が適している。特に簡単な例では、入力変数は状態データとすることができ、出力変数は、EOL試験台におけるギアトレイン全体の包括的なノイズ挙動を特徴付ける単一の実数値である。例えば、ランダムフォレストが、そのような値を予測する機械学習アルゴリズムとして適している。そのような値を用いると、例えば、予想される問題のあるノイズ挙動を容易に検出することができ、影響を受けたワークピースがギアトレインに取り付けられるのを防ぐために対策を講じることができる。

#### 【0031】

状態データは、一般に、機械軸の振動挙動に関する機械軸の状態と相関する様々な種類のデータを含むことができる。特に、状態データは、第1の態様及び第2の態様に関して定義された機械スペクトルデータを含むことができる。

#### 【0032】

EOLデータは、ギアトレインのノイズ特性と相関する様々なタイプのデータも含むことができる。特に、EOLデータは、第1の態様及び第2の態様に関して定義されたEOLスペクトルデータを含むことができる。

#### 【0033】

トレーニングデータは、データベースに記憶することができる。このデータベースは、監視されている機械から遠隔に配置することができる。このデータベースは、クラウドで、例えば、サービスとして複数のユーザーによって共有されるコンピューターリソースの

10

20

30

40

50

形態で実装することもできる。評価コンピューターは、機械学習アルゴリズムのトレーニングするために、データベースにアクセスすることができる。この評価コンピューターは、好ましくは工作機械から空間的に離れている。この評価コンピューターは、ネットワーク接続によって工作機械に接続される。この評価コンピューターも、単一の物理装置である必要はなく、クラウドで実装することができる。

【0034】

本発明は、プロセッサと、コンピュータープログラムが記憶されている記憶媒体とを備える、複数の機械軸を有する歯切り盤の状態を監視する装置を更に提供する。コンピュータープログラムは、プロセッサにおいて実行されると、上記で説明した方法のうちの1つの方法ステップの少なくとも一部分を実行する。本発明は、対応するコンピュータープログラムを更に提供する。このコンピュータープログラムは、不揮発性記憶媒体上に記憶することができる。

10

【0035】

本発明の好ましい実施形態が、以下で図面を参照して説明される。図面は、本発明のこれらの好ましい実施形態の例示を目的とするものであり、これらの好ましい実施形態の限定を目的とするものではない。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】図1は、創成研削盤の概略図である。

【図2】図2は、測定サイクルにおいて取得されたスペクトルデータを説明する図である

20

【図3】図3は、EOL試験台を有する概略図である。

【図4A】図4Aは、機械コンポーネントの次数を、EOL試験台においてギアトレインに取り付けられるワークピースの次数に変換する表から抜粋したものを示す図である。

【図4B】図4Bは、機械コンポーネントの次数を、EOL試験台においてギアトレインに取り付けられるワークピースの次数に変換する表から抜粋したものを示す図である。

【図5】図5は、スペクトル予測データを説明する図である。

【図6】図6は、摂動次数における摂動強度の時間的な推移の概略図である。

【図7】図7は、機械学習アルゴリズムを示す概略図である。

【図8】図8は、機械学習アルゴリズムの例示的なトレーニングデータの抜粋を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0037】

[創成研削盤の例示的な構造]

図1は、歯切り盤の一例としての創成研削盤1を示しており、以下、これを略して「機械」とも称する。機械1は、機械ベッド11を有し、この機械ベッド上で、ツールキャリア12が半径方向の送り方向Xに沿って変位可能にガイドされる。ツールキャリア12は、軸方向スライド13を保持し、軸方向スライド13は、ツールキャリア12に対して軸方向の送り方向Zに沿って変位可能にガイドされる。研削ヘッド14は、軸方向スライド13に取り付けられており、加工対象の歯車のねじれ角に適合するように、X方向（いわゆるA軸）に平行に延びる回転軸の周りに回転することができる。また、研削ヘッド14は、ツールスピンドル15を研削ヘッド14に対してシフト方向Yに沿ってシフトさせることができるシフトスライドを保持する。ウォーム形状の歯型の砥石（研削ウォーム）16が、ツールスピンドル15にクランプされている。研削ウォーム16は、ツールスピンドル15によって駆動されて、ツール軸Bの周りを回転する。

40

【0038】

機械ベッド11には、回転軸C3の周りの少なくとも3つの位置の間で回転することができるタレットの形態の回転ワークピースキャリア20も搭載されている。2つの同一のワークピーススピンドルが、ワークピースキャリア20に直径方向に互いに対向して取り付けられている。これらのワークピーススピンドルのうち、関連するテールストック22

50

を伴う一方のワークピーススピンドル 2 1 のみが図 1 において見えている。ワークピースは、ワークピーススピンドルのそれぞれにクランプされ、ワークピース軸 C 1 又は C 2 の周りを回転するように駆動可能である。図 1 に見えているワークピーススピンドル 2 1 は、このワークピーススピンドル 2 1 にクランプされたワークピース 2 3 を、研削ウォーム 1 6 を用いて加工することができる加工位置に位置している。1 8 0 ° オフセットされ、図 1 において見えていないもう 1 つのワークピーススピンドルは、完成したワークピースをこのスピンドルから取り除くことができるとともに新たな未加工部材をこのスピンドルにクランプすることができるワークピース交換位置に位置している。ドレス装置 3 0 が、ワークピーススピンドルに対して 9 0 ° オフセットされて取り付けられている。

#### 【 0 0 3 9 】

機械 1 は、このように、対応する駆動部の制御下で移動させることができるスライド又はスピンドル等の多数の可動コンポーネントを有する。これらの駆動部は、技術の世界では、多くの場合に「NC 軸」若しくは「機械軸」と称されるか、又は、「軸」と略称される。場合によっては、この呼称には、スライド又はスピンドル等の駆動部によって駆動されるコンポーネントも含まれる。

#### 【 0 0 4 0 】

機械 1 は、多数のセンサーも有する。例として、2 つのセンサー 1 8 , 1 9 のみが図 1 に概略的に示されている。センサー 1 8 は、研削スピンドル 1 5 のハウジングの振動を検出する加速度センサー（振動センサー）である。センサー 1 9 は、ツールキャリア 1 2 に対する Z 方向に沿った軸方向スライド 1 3 の位置を検出する位置センサーである。一方で、機械 1 は、これらに加えて、複数の更なるセンサーも備える。これらのセンサーには、特に、1 つの直線軸の実際の位置をその都度検出する更なる位置センサーと、1 つの回転軸の回転位置をその都度検出する回転角センサーと、1 つの軸の駆動電流をその都度検出する電流センサーと、1 つの駆動されるコンポーネントの振動をその都度検出する更なる振動センサーとが含まれる。

#### 【 0 0 4 1 】

機械 1 の全ての駆動される軸は、機械コントローラ 4 0 によってデジタル制御される。機械コントローラ 4 0 は、いくつかの軸モジュール 4 1 と、制御コンピューター 4 2 と、制御パネル 4 3 とを備える。制御コンピューター 4 2 は、制御パネル 4 3 からのオペレーターコマンドと、機械 1 の様々なセンサーからのセンサー信号とを受信し、これらから軸モジュール 4 1 に対する制御コマンドを計算する。また、制御コンピューター 4 2 は、動作パラメーターを制御パネル 4 3 に表示用に出力する。軸モジュール 4 1 は、それらの出力においてそれぞれ 1 つの機械軸の制御信号を提供する。

#### 【 0 0 4 2 】

監視装置 4 4 が、制御コンピューター 4 2 に接続されている。

#### 【 0 0 4 3 】

監視装置 4 4 は、機械 1 に関連付けられた別個のハードウェアユニットとすることができる。監視装置 4 4 は、それ自体既知のインターフェース、例えば既知の P r o f i n e t（プロフィネット）規格を介して制御コンピューター 4 2 に接続することもできるし、ネットワーク、例えばインターネットを介して制御コンピューター 4 2 に接続することもできる。監視装置 4 4 は、空間的に機械 1 の一部であってもよいし、機械 1 から空間的に遠隔に位置していてもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

監視装置 4 4 は、機械の動作中に制御コンピューター 4 2 から様々な異なる測定データを受信する。制御コンピューターから受信する測定データの中には、制御コンピューター 4 2 によって直接取得されたセンサーデータ、及び制御コンピューター 4 2 によって軸モジュール 4 1 から読み出されたデータが含まれ、例えば、様々な機械軸の目標位置及び軸モジュールにおける目標電流消費を示すデータが含まれる。

#### 【 0 0 4 5 】

監視装置 4 4 は、任意選択で、更なるセンサーからのセンサーデータを測定データとし

10

20

30

40

50

て直接受信するそれ自身のアナログセンサー入力及び/又はデジタルセンサー入力を有することができる。更なるセンサーは、通常、実際の加工プロセスの制御に直接必要とされないセンサー、例えば、振動を検出する加速度センサー、又は温度センサーである。

【0046】

監視装置44は、代替的に、例えば、制御コンピューター42のプロセッサにおいて実行される機械コントローラー40のソフトウェアコンポーネントとして実装することができるし、以下でより詳細に説明するサービスサーバー45のソフトウェアコンポーネントとして設計することもできる。サービスサーバー45は、概略的にのみ示されているプロセッサ451と、記憶媒体452とを有する。

【0047】

監視装置44は、サービスサーバー45と直接、又は、インターネット及びウェブサーバー47を介して通信する。サービスサーバー45は、同様に、データベースDBを有するデータベースサーバー46と通信する。これらのサーバーは、機械1から遠隔に位置していてもよい。サーバーは、物理的に単一の装置である必要はない。特に、サーバーは、いわゆる「クラウド」における仮想ユニットとして実装されてもよい。

【0048】

サービスサーバー45は、ウェブサーバー47を介して端末装置48と通信する。端末装置48は、特に、受信データ及びそれらの評価を可視化するウェブブラウザを実行することができる。端末装置には、特別な計算能力は要求されない。例えば、エンドデバイスは、デスクトップコンピューター、ノートブックコンピューター、タブレットコンピューター、携帯電話等とすることができる。

【0049】

[ワークピースロットの加工]

以下では、ワークピースが機械1を用いてどのように加工されるのかを説明する。

【0050】

まだ加工されていないワークピース(未加工部材)を加工するために、ワークピースは、自動ワークピースチェンジャーによって、ワークピース交換位置にあるワークピーススピンドルにクランプされる。ワークピースの交換は、加工位置にあるもう1つのワークピーススピンドルにおける別のワークピースの加工と並行して行われる。加工対象の新たなワークピースがクランプされ、別のワークピースの加工が完了すると、加工対象の新たなワークピースを有するスピンドルが加工位置に移動するように、ワークピースキャリア20はC3軸の周りに180°回転される。回転プロセスの前及び/又は間に、歯合せ動作が、関連付けられた歯合せプローブを用いて実行される。このために、ワークピーススピンドル21が回転され、ワークピース23の歯溝の位置が、歯合せプローブ24を用いて測定される。転がり角が、これに基づいて求められる。

【0051】

加工対象のワークピース23を保持するワークピーススピンドルが加工位置に到達すると、ツールキャリア12をX軸に沿って移動させることによって、ワークピース23は、研削ウォーム16と衝突することなく噛み合わされる。ワークピース23は、この時、転がり噛み合いした研削ウォーム16によって加工される。加工中に、ワークピースは、半径方向Xの送りを一定として、Z軸に沿って連続的に前進される。加えて、ツールスピンドル15は、研削ウォーム16の未使用のエリアを連続的に加工に使用するために、ゆっくりと且つ連続的にシフト軸Yに沿って移動される(いわゆるシフト移動)。

【0052】

ワークピース加工と並行して、完成したワークピースは、もう1つのワークピーススピンドルから取り除かれ、別の未加工部材がこのスピンドルにクランプされる。

【0053】

一定数のワークピースを加工した後、研削ウォーム16を使用し続けたことにより、研削ウォームの切れ味が過度に悪くなり及び/又は歯面の形状が過度に不正確になった場合には、研削ウォームはドレスされる。このために、ワークピースキャリア20は、ドレス

10

20

30

40

50

装置 30 が研削ウォーム 16 と対向する位置に達するように  $\pm 90^\circ$  旋回される。このとき、研削ウォーム 16 は、ドレスツール 33 を用いてドレスされる。ドレスツールは、ここでは、回転するドレスホイールである。

【0054】

[ 歯切り盤の試験サイクル ]

加工が中止されている間に、監視装置 44 は機械コントローラ 42 と連携して試験サイクルを実行し、機械 1 の個々のコンポーネント又は全てのコンポーネントの状態が調べられる。そのような試験サイクル中に、選択された一部の機械軸又は全ての機械軸が系統的に作動され、機械に対する測定が行われる。

【0055】

例えば、直線的に移動可能コンポーネントのそれぞれが、関連付けられた機械軸とともに移動し、そのコンポーネントの現在の瞬間的な位置が、上述の位置センサーを用いて連続的に求められる。この処理から、仕様（公称位置）と測定（実際の位置）との間の位置偏差が継続的に求められ、監視装置 44 に送信される。同じことが、回転駆動されるスピンドルについても行うことができ、その場合には、回転角センサーが位置偏差を求めるのに使用される。

【0056】

選択された機械軸の振動挙動も、該当する機械軸が稼働されている間に求められる。これらのコンポーネントに接続された加速度センサー（振動センサー）が、このために使用される。振動測定の結果も、監視装置 44 に送信される。

【0057】

さらに、機械軸の駆動モーターが稼働されている間、それらの駆動モーターの消費電力が連続的に求められる。例えば、軸モジュール 41 内に組み込まれた電流センサーを、このために使用することができる。電流測定の結果も、監視装置 44 に送信される。

【0058】

この全ては、1つの機械軸が単独で作動されている間に行うことができる。ただし、2つ以上の機械軸が同時に作動されるときは機械の挙動が記録されるように、2つ以上の機械軸を組み合わせることも可能である。この場合に、例えば、単一の機械軸が作動するときの振動挙動のみに基づいて予想されるよりも大きな振動が増幅されて発生する可能性もあるし、2つの機械軸が同期して作動するときのみ求めることができるコントローラ誤差が検出される可能性もある。

【0059】

[ 状態データ ]

監視装置 44 は、受信された測定データから様々な状態データを求める。これらの状態データによって、機械又はその個々のコンポーネントの状態についての直接又は間接的な結論を得ることが可能になる。特に、状態データは、スペクトル分析によって測定データから取得されたスペクトルデータを含む。完全なスペクトルを求めることもできるし、選択された離散的な励起周波数におけるスペクトル強度のみを求めることもできる。

【0060】

図 2 は、フィルタリング及び FFT 演算によって、機械軸（ここでは B 軸、すなわちツールスピンドル）の作動中に記録される加速度センサー、位置センサー又は電流センサーの時間信号から取得することができるスペクトルの一例を示している。図 2 のスペクトルは、該当する機械軸の回転周波数の整数倍及び非整数倍（次数）において、いくつかの明確に視認することができるピークを含む。

【0061】

例えば、ツールの回転速度及びその倍数における強いピークは、ツールスピンドルの同心性の誤差を示す可能性がある。ツールの回転速度のより高い倍数におけるピークは、ツールスピンドルにおけるベアリング損傷を示す可能性があり、ベアリング次数は、倍数から推論することができる。ベアリング次数が判明すると、ピークの原因となるベアリングを特定することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 2 】

監視装置 4 4 は、このように取得された状態データをサービスサーバー 4 5 に送信する。

## 【 0 0 6 3 】

## [ E O L 試験 ]

仕上げ加工されたワークピースは、ギアトレインにそれぞれ取り付けられる。ギアトレインは、出荷前に E O L 試験台において試験される。これについては、図 3 を参照してより詳細に説明する。

## 【 0 0 6 4 】

図 3 は、機械 1 を、既に上述した様々なサーバー 4 5 ~ 4 7 及び端末装置 4 8 とともに非常に概略的に示している。また、非常に概略的な E O L 試験台 2 も示されている。この E O L 試験台は、ウェブサーバー 4 7 を介してサービスサーバー 4 5 と通信する。

## 【 0 0 6 5 】

前述したように、機械 1 は、加速度センサー（振動センサー）5 1、位置センサー 5 2、及び電流センサー 5 3 を含む複数のセンサーを有する。同じく前述したように、機械は、これらのセンサーを使用して測定データを収集し、これらの測定データから導出される状態データをサービスサーバー 4 5 に送信する。

## 【 0 0 6 6 】

E O L 試験台も、様々なセンサーを有し、これらのセンサーには、ギアトレインに取り付けられたワークピースが相手歯車と噛み合っているときの音響信号を測定する加速度センサー 5 4、回転角センサー等が含まれる。E O L 試験台は、これらからスペクトル分析によって E O L データを計算し、それらの E O L データのサービスサーバー 4 5 への送信も行う。

## 【 0 0 6 7 】

## [ サービスサーバー ]

サービスサーバー 4 5 は、受信データを処理し、必要に応じて受信データから更なる量を計算し、必要に応じて受信データ及び計算された更なる量をデータベース D B に記憶する。特に、サービスサーバーは、以下のデータを記憶する。

- ・状態データが求められた機械と、試験サイクルにおける関連付けられた動作（特に、作動される機械軸）、及び、試験サイクルの時間を一意に識別可能な関連付けられた状態識別データを有する状態データ；
- ・ワークピースの一意の識別を可能にするワークピース識別データを伴う各ワークピースの加工プロセスのプロセスデータ；
- ・関連付けられたワークピース識別データを伴う E O L 試験台からの E O L データ。

## 【 0 0 6 8 】

サービスサーバーは、データベースからデータを読み取り、マージすることができる。特に、サービスサーバーは、特定のワークピースの E O L データを、関連付けられたプロセスデータ及び処理状態に対する機械状態を最もよく特徴付けるそれらの機械状態データとマージして、それぞれデータセットを形成することができる。

## 【 0 0 6 9 】

## [ 運動学的リンケージに基づく E O L スペクトルにおける振動ノイズ励起の予測 ]

サービスサーバーは、E O L 試験台において振動次数の強度の定性的予測を行うことができる。このために、サービスサーバーは、E O L 試験台において対応する予想励起スペクトル（E O L スペクトル）を図 2 のスペクトルから計算する。

## 【 0 0 7 0 】

この計算において、サービスサーバーは、機械 1 のコンポーネント間の既知の運動学的リンケージを利用する。これについては、図 4 A 及び図 4 B を参照してより詳細に説明する。

## 【 0 0 7 1 】

図 4 A は、B 軸（すなわちツールスピンドル）の既知の可能な振動次数と、E O L スペ

10

20

30

40

50

クトルにおける対応する予想摂動次数とが入力された表の一セクションの一例を示している。本例において、これらの摂動次数は、ツールスピンドルとワークピースとの間の運動学的リンケージによって、すなわちツールとワークピースとの間の転がり噛み合いによって与えられ、ワークピース及び研削ウォームの形状によって決まる固定比率 3 . 4 5 にある。比喩的に言えば、この比率は、B 軸の振動がワークピースの歯面上のうねりにどのように伝播されるのかを示している。この比率は、研削ウォームとワークピースとの間の接触状態を考慮に入れることによって計算することができる。この比率は、以下では「伝播係数」と称する。B 軸の可能な摂動次数は、B 軸のコンポーネントの次数、例えばベアリング次数及びモーター次数が知られている場合には、事前に計算することができる。B 軸の実際の摂動次数は、測定によって求めることができる。

10

**【 0 0 7 2 】**

図 4 B は、Y 軸（すなわちシフト軸）の可能な摂動次数と、E O L スペクトルにおける対応する予想摂動次数とが入力された表の一セクションの一例を示している。この表は、一方で、これらの摂動次数の原因となる可能性がある Y 軸の異なるコンポーネント、例えばボールスクリー駆動部 B S D と駆動モーターとを区別し、他方で、ワークピース加工（研削）及びドレッシング中の振動に起因する E O L スペクトルにおける摂動次数を区別する。研削中の振動は、ワークピースの歯面上の歯面波紋（うねり）に直結する。ドレッシング中の振動は、最初に研削ウォーム上の歯面波紋をもたらし、そこから研削中のワークピース歯面上の歯面波紋にも変換される。Y 軸の可能な摂動次数と E O L スペクトルにおける結果の摂動次数との間の対応する伝播係数も、運動学的リンケージと、研削中及びドレッシング中の加工パラメータとが既知である場合には、容易に計算することができる。Y 軸の可能な摂動次数は、再度、測定又は計算することができる。

20

**【 0 0 7 3 】**

機械軸の可能性のある摂動次数と、その結果としての E O L スペクトルにおける摂動次数とについてのこのタイプの分析は、研削プロセスに關与する機械軸ごとに行うことができる。

**【 0 0 7 4 】**

次に、E O L スペクトルの予測が、機械における試験サイクルにおいて求められたスペクトルと、機械軸の摂動次数と E O L スペクトルにおける関連付けられた摂動次数との間の既知の伝播係数とに基づいて行われる。これについては、図 5 を参照してより詳細に説明する。図 5 は、試験サイクルにおける B 軸の試験が、図 2 のスペクトルをもたらしただけに予想された予測 E O L スペクトルを示している。この予測 E O L スペクトルは、図 2 のスペクトルと本質的に同じであるが、一例として上記に既述した伝播係数 3 . 4 5 によって横軸に沿って引き伸ばされている。しかしながら、この E O L スペクトルの絶対信号値は、慎重に考察されるべきである。すなわち、結局のところ、所与の摂動次数の E O L 信号が実際にどの程度強いのかは、原因となる機械軸の対応する摂動次数の強度だけでなく、ワークピース加工中の多数の他の要因及びギアトレイン内におけるワークピースの取り付け状態にも依存する。この点において、図 5 のスペクトルでは、予想される信号強度について定量的な説明を行うことはできない。しかしながら、図 5 のスペクトルは、該当する機械軸のスペクトルに存在する摂動次数に起因して、どの摂動次数が E O L スペクトルに実際に存在するのかの予測を可能にするとともに、これらの摂動次数における予想される信号強度の定性的推定を可能にする。例えば、図 5 のスペクトルは、特に不快なものとして知覚されるノイズを引き起こす特定の対象となる摂動次数における信号強度の粗い推定を可能にする。そのような摂動次数は、図 5 では一例として円のマークが付けられている。

30

40

**【 0 0 7 5 】**

全体として、どのような原因に起因して、どの程度の信号強度を有するどのような摂動次数が、E O L スペクトルにおいて予想されるかについて、適切な予測を行うことができる。

**【 0 0 7 6 】**

50

例えば、ツールスピンドルの摩耗したベアリングは、ツールスピンドルの振動を引き起こす可能性があり、これらの振動（ツールの回転に関連する振動）の次数はベアリングの次数によって決まる。ベアリングの次数は、ベアリングの設計に起因し、多くの場合にベアリング製造元から取得することができる。したがって、試験サイクルにおいて測定される振動の直接の原因は、摩耗したベアリングにあり得る。これらの振動は、例えば、ワークピーススピンドルのハウジング上にある加速度センサーによって測定することができる。振動は、加工プロセスによってワークピースに伝播され、歯面上の周期的な偏差（波紋/うねり）としてワークピースに現れる。ギアトレインに取り付けた後、これらの波紋は、ワークピースが相手歯車と歯が噛み合っているときにノイズ励起として現れる。ギアトレインにおけるワークピースの回転に関係したこれらのノイズ励起の次数は、上記考察に基づいて容易に計算することができる。このようにして、摩耗したベアリングがギアトレインのノイズスペクトルにどのように影響を与えるのかを計算することが可能である。

10

#### 【 0 0 7 7 】

図 5 の計算されたスペクトルだけでは、予想される信号強度について定量的に説明することはできない。しかしながら、この予想されるスペクトルが試験サイクルごとにどのように変化するかを観測することによって、どの振動次数がどのように変化するかを非常に良好に推定することができる。これについては、図 6 を参照して以下に例示する。図 6 は、特定の次数（ここでの次数は 5 2）の E O L 試験台における予想スペクトル強度 I が、機械を用いて加工されたワークピースの数の関数としてプロットされている図を示している。予想されるノイズ強度が、時間の経過とともに大幅に増加していることを見取ることができる。適切な回帰関数（ここでは 2 次回帰関数）に当てはめることによって、この増加を定量化することができ、求められた回帰パラメータに応じて、適切なアクションを誘発させることができ、例えば、警告信号を発することができる。異なる E O L 次数における予想される信号強度の時間的な推移も適切な方法で可視化することができる。これによって、経験の浅いユーザーであってもノイズの問題を解明することが可能になる。

20

#### 【 0 0 7 8 】

##### [ 運動学的リンケージに基づく振動のソースの特定 ]

逆のことも可能である。すなわち、E O L スペクトルが、E O L 試験台において測定によって求められた場合に、上記考察を使用して、どの機械軸及び必要に応じて機械軸のどのコンポーネントが、測定された E O L スペクトルにおいて振動次数を引き起こしたのかを推定することができる。このために、機械軸のどの次数が、測定された E O L スペクトルにおける振動次数に対応するのかが逆算され、機械軸のスペクトルにおける予想される振動次数が、このように逆算された次数に対応するコンポーネントが探索される。このプロセスは、容易に自動化することができる。

30

#### 【 0 0 7 9 】

##### [ 運動学的リンケージの知識を伴わない手順 ]

駆動トレインの運動学的リンケージが判明していない場合、又は、他の理由から計算に使用されるべきでない場合には、機械学習アルゴリズムを使用して、特定の E O L 振動次数での信号強度を予測したり、振動源を特定したりすることが可能である。

40

#### 【 0 0 8 0 】

これについては、以下で図 7 を参照して説明する。

図 7 は、人工ニューラルネットワーク（ANN）の非常に単純化された概略図である。この例では、このネットワークは、3つの入力と2つの出力、そして、1つの隠れた層のみを有する。実際には、ANNは、通常、より多くの入力、出力及び隠れた層を有する。

#### 【 0 0 8 1 】

本例では、機械の軸 B、軸 Y 及び軸 Z のうちの 1 つの振動傾向をそれぞれ特徴付ける状態データが、ANNの入力に供給される。ANNは、2つの特定の E O L 次数、ここでは次数 5 2 及び 5 9 における予想スペクトル強度として、このデータから予測 E O L スペク

50

トルデータを計算する。

【0082】

ANNは、トレーニングデータを用いて事前にトレーニングされたものである。図8は、そのようなトレーニングデータの一セクションの一例を示している。

図8は、一方で、機械の多くの試験サイクルから求められた状態データが入力された表を示している。他方で、ギアトレインにおけるEOL測定によって取得された回数52及び59でのスペクトル強度として、EOLデータが入力される。これらのギアトレインには、状態データが取得された状態（すなわち、それぞれの試験サイクルの直前及び/又は直後に）で、機械を用いて加工されたワークピースが取り付けられていた。表は、このタイプの行を非常に多く含む。表は、図1及び図3のデータベースDBから取得することができる。ANNは、このデータを用いてそれ自体既知の方法でトレーニングされたものである。したがって、ANNは、機械の状態（状態データによって表される）が上述した回数におけるどのEOL強度をもたらすものなのかを確実に予測することができる。

10

【0083】

逆のことも可能である。すなわち、対応するANNの入力変数は、EOLデータとすることができ、出力データは、予測状態データとすることができる。

【0084】

もちろん、上記例は非常に単純化されているが、基本的な手法を明示している。ANNの代わりに、他のタイプのMLアルゴリズム、特に他の既知の分類器を使用することができる。

20

【0085】

[結果の出力及び可視化]

これらの分析の結果の視覚化は、プラットフォームに依存せずに、任意のクライアントコンピュータ上でウェブブラウザを介して行うことができる。他の評価尺度も、それに応じてプラットフォームに依存することなく実施することができる。これによって、遠隔であっても分析が容易になる。特に、任意の機械の状態を任意のモバイルデバイスからクラウドを介して詳細に確認することができる。

【0086】

加えて、対処が必要な状況になった場合には、対応するメッセージを、SMS、プッシュメッセージ又は電子メールを介して自動的に送信することが考えられる。

30

40

50

【 図 面 】

【 図 1 】

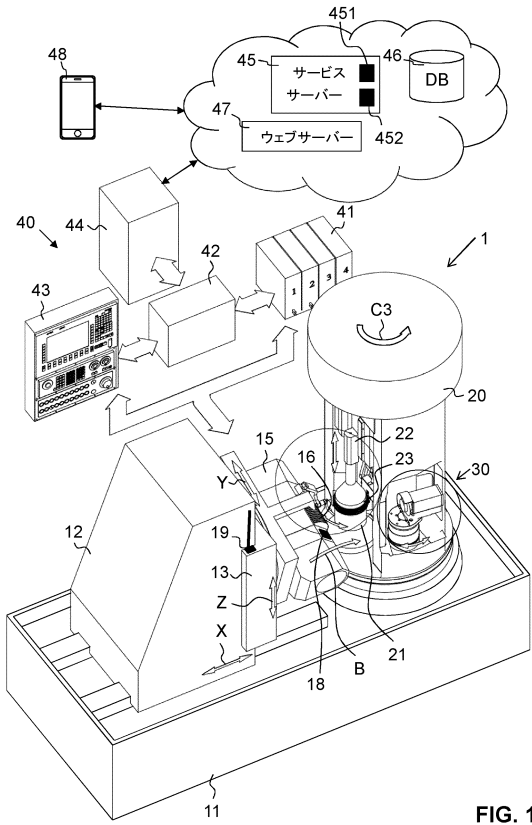


FIG. 1

【 図 2 】

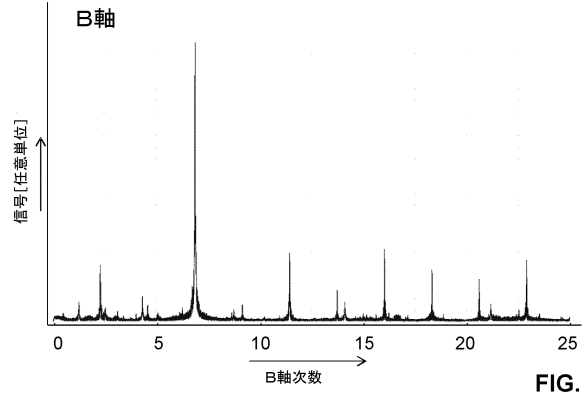


FIG. 2

10

20

【 図 3 】

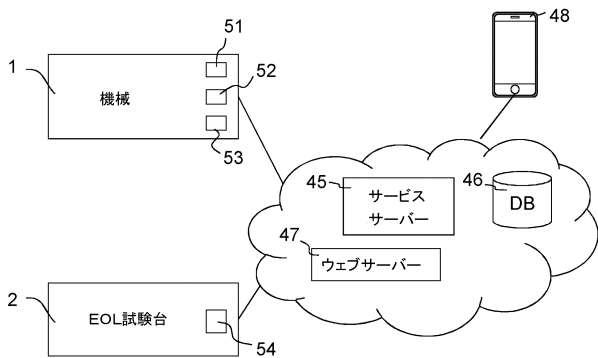


FIG. 3

【 図 4 A 】

B軸	EOL
1.00	3.45
0.42	1.45
6.65	22.94
...	...

FIG. 4A

30

40

50

【 図 4 B 】

Y軸	EOL	
	研削	ドレッシング
BSD	1.00	0.01 23.64
	13.40	0.15 316.78
モーター	2.00	0.02 47.28
	5.65	0.06 133.57
...	...	...

FIG. 4B

【 図 5 】

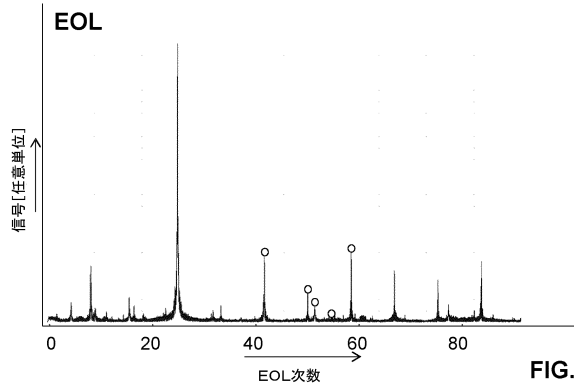


FIG. 5

10

【 図 6 】

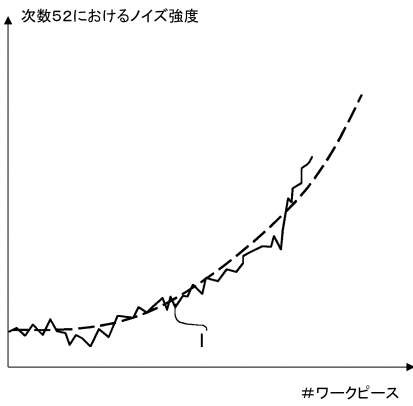


FIG. 6

【 図 7 】

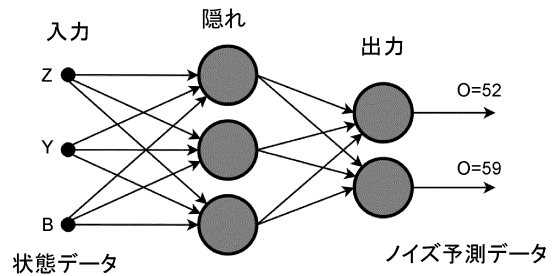


FIG. 7

20

【 図 8 】

状態データ				ノイズデータ	
Z	Y	B	...	O=52	O=59
2.56	3.31	1.1	...	45	32
...	...	...	...	...	...
3.34	1.22	1.19	...	21	56
...	...	...	...	...	...

FIG. 8

30

40

50

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/EP2022/077838</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B23F 23/12</i> (2006.01); <i>G05B 19/18</i> (2006.01); <i>G05B 23/02</i> (2006.01); According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23F; G05B; G01M Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014256223 A1 (GEISER HANSJÖRG [DE]) 11 September 2014 (2014-09-11) cited in the application the whole document	1-18
A	EP 3168700 A1 (KLINGELNBERG AG [CH]) 17 May 2017 (2017-05-17) paragraphs [0001], [0005], [0008], [0010], [0011], [0015], [0016], [0020], [0033], [0040], [0042], [0057], [0064], [0070], [0082], [0084]	1-18
A	WO 2021123276 A1 (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH CO KG [DE]) 24 June 2021 (2021-06-24) page 4, line 6 - line 8 page 4, line 29 - page 5, line 18 page 6, line 31 - page 7, line 14 page 7, line 28 - page 8, line 3; claim 1	1-18
A	EP 3324170 A1 (KLINGELNBERG AG [CH]) 23 May 2018 (2018-05-23) paragraph [0010]	1-18
A	CN 111413925 A (UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH) 14 July 2020 (2020-07-14) abstract; claim 1	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search <b>18 January 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>31 January 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Carmichael, Guy</b>  Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/077838

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2149551 A (BRITISH HOVERCRAFT CORP LTD) 12 June 1985 (1985-06-12) page 3, line 49 - line 79	1-18
A	WO 2021048027 A1 (REISHAUER AG [CH]) 18 March 2021 (2021-03-18) page 2, line 33 - page 3, line 3	1
A	US 3809870 A (AUBLE R ET AL) 07 May 1974 (1974-05-07) the whole document	1
A	US 2018264613 A1 (TAMAI TAKAYUKI [JP] ET AL) 20 September 2018 (2018-09-20) paragraphs [0038], [0039], [0061] - [0063]	10-12
A	CH 715989 A1 (REISHAUER AG [CH]) 30 September 2020 (2020-09-30) figure 1	17, 18

10

20

30

40

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2022/077838**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014256223	A1	11 September 2014	CN	104028849	A	10 September 2014
				DE	102013003795	A1	11 September 2014
				EP	2774709	A2	10 September 2014
				US	2014256223	A1	11 September 2014
EP	3168700	A1	17 May 2017	NONE			
WO	2021123276	A1	24 June 2021	CN	114830052	A	29 July 2022
				DE	102019135488	A1	24 June 2021
				EP	4078306	A1	26 October 2022
				US	2022308551	A1	29 September 2022
				WO	2021123276	A1	24 June 2021
EP	3324170	A1	23 May 2018	CA	2986481	A1	21 May 2018
				CN	108088363	A	29 May 2018
				EP	3324170	A1	23 May 2018
				JP	6549678	B2	24 July 2019
				JP	2018112544	A	19 July 2018
US	2018141143	A1	24 May 2018				
CN	111413925	A	14 July 2020	NONE			
GB	2149551	A	12 June 1985	NONE			
WO	2021048027	A1	18 March 2021	CH	716583	A1	15 March 2021
				CN	114375430	A	19 April 2022
				EP	4028839	A1	20 July 2022
				EP	4113228	A1	04 January 2023
				JP	2022547408	A	14 November 2022
				KR	20220062555	A	17 May 2022
				TW	202110582	A	16 March 2021
				US	2022291669	A1	15 September 2022
				WO	2021048027	A1	18 March 2021
US	3809870	A	07 May 1974	CA	997864	A	28 September 1976
				CH	570850	A5	31 December 1975
				DE	2328876	A1	10 January 1974
				FR	2188831	A5	18 January 1974
				GB	1401113	A	16 July 1975
				IT	984104	B	20 November 1974
				JP	S4957474	A	04 June 1974
				NL	7308077	A	11 December 1973
				US	3809870	A	07 May 1974
US	2018264613	A1	20 September 2018	CN	108628253	A	09 October 2018
				DE	102018002112	A1	20 September 2018
				JP	2018156151	A	04 October 2018
				US	2018264613	A1	20 September 2018
CH	715989	A1	30 September 2020	CH	715989	A1	30 September 2020
				CN	113613820	A	05 November 2021
				EP	3941673	A1	26 January 2022
				JP	2022525521	A	17 May 2022
				KR	20210139353	A	22 November 2021
				TW	202039155	A	01 November 2020
				US	2022134459	A1	05 May 2022
WO	2020193228	A1	01 October 2020				

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

10

20

30

40

50

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2022/077838

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV. <b>B23F23/12 G05B19/18 G05B23/02</b>		
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RESEARCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) <b>B23F G05B G01M</b>		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) <b>EPO-Internal, WPI Data</b>		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>A</b>	<b>US 2014/256223 A1 (GEISER HANSJÖRG [DE])</b> <b>11. September 2014 (2014-09-11)</b> <b>in der Anmeldung erwähnt</b> <b>das ganze Dokument</b> -----	<b>1-18</b>
<b>A</b>	<b>EP 3 168 700 A1 (KLINGELNBERG AG [CH])</b> <b>17. Mai 2017 (2017-05-17)</b> <b>Absätze [0001], [0005], [0008], [0010],</b> <b>[0011], [0015], [0016], [0020],</b> <b>[0033], [0040], [0042], [0057],</b> <b>[0064], [0070], [0082], [0084]</b> ----- -/--	<b>1-18</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
<b>18. Januar 2023</b>	<b>31/01/2023</b>	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Carmichael, Guy</b>	

10

20

30

40

1

50

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2022/077838
---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	
A	<p>WO 2021/123276 A1 (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH CO KG [DE]) 24. Juni 2021 (2021-06-24) Seite 4, Zeile 6 - Zeile 8 Seite 4, Zeile 29 - Seite 5, Zeile 18 Seite 6, Zeile 31 - Seite 7, Zeile 14 Seite 7, Zeile 28 - Seite 8, Zeile 3; Anspruch 1</p> <p>-----</p>	1-18	10
A	<p>EP 3 324 170 A1 (KLINGELNBERG AG [CH]) 23. Mai 2018 (2018-05-23) Absatz [0010]</p> <p>-----</p>	1-18	
A	<p>CN 111 413 925 A (UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH) 14. Juli 2020 (2020-07-14) Zusammenfassung; Anspruch 1</p> <p>-----</p>	1-18	
A	<p>GB 2 149 551 A (BRITISH HOVERCRAFT CORP LTD) 12. Juni 1985 (1985-06-12) Seite 3, Zeile 49 - Zeile 79</p> <p>-----</p>	1-18	20
A	<p>WO 2021/048027 A1 (REISHAUER AG [CH]) 18. März 2021 (2021-03-18) Seite 2, Zeile 33 - Seite 3, Zeile 3</p> <p>-----</p>	1	
A	<p>US 3 809 870 A (AUBLE R ET AL) 7. Mai 1974 (1974-05-07) das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1	
A	<p>US 2018/264613 A1 (TAMAI TAKAYUKI [JP] ET AL) 20. September 2018 (2018-09-20) Absätze [0038], [0039], [0061] - [0063]</p> <p>-----</p>	10-12	
A	<p>CH 715 989 A1 (REISHAUER AG [CH]) 30. September 2020 (2020-09-30) Abbildung 1</p> <p>-----</p>	17,18	30
			40

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2022/077838**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2014256223 A1</b>	<b>11-09-2014</b>	<b>CN 104028849 A</b>	<b>10-09-2014</b>
		<b>DE 102013003795 A1</b>	<b>11-09-2014</b>
		<b>EP 2774709 A2</b>	<b>10-09-2014</b>
		<b>US 2014256223 A1</b>	<b>11-09-2014</b>
-----			
<b>EP 3168700 A1</b>	<b>17-05-2017</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>WO 2021123276 A1</b>	<b>24-06-2021</b>	<b>CN 114830052 A</b>	<b>29-07-2022</b>
		<b>DE 102019135488 A1</b>	<b>24-06-2021</b>
		<b>EP 4078306 A1</b>	<b>26-10-2022</b>
		<b>US 2022308551 A1</b>	<b>29-09-2022</b>
		<b>WO 2021123276 A1</b>	<b>24-06-2021</b>
-----			
<b>EP 3324170 A1</b>	<b>23-05-2018</b>	<b>CA 2986481 A1</b>	<b>21-05-2018</b>
		<b>CN 108088363 A</b>	<b>29-05-2018</b>
		<b>EP 3324170 A1</b>	<b>23-05-2018</b>
		<b>JP 6549678 B2</b>	<b>24-07-2019</b>
		<b>JP 2018112544 A</b>	<b>19-07-2018</b>
		<b>US 2018141143 A1</b>	<b>24-05-2018</b>
-----			
<b>CN 111413925 A</b>	<b>14-07-2020</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>GB 2149551 A</b>	<b>12-06-1985</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>WO 2021048027 A1</b>	<b>18-03-2021</b>	<b>CH 716583 A1</b>	<b>15-03-2021</b>
		<b>CN 114375430 A</b>	<b>19-04-2022</b>
		<b>EP 4028839 A1</b>	<b>20-07-2022</b>
		<b>EP 4113228 A1</b>	<b>04-01-2023</b>
		<b>JP 2022547408 A</b>	<b>14-11-2022</b>
		<b>KR 20220062555 A</b>	<b>17-05-2022</b>
		<b>TW 202110582 A</b>	<b>16-03-2021</b>
		<b>US 2022291669 A1</b>	<b>15-09-2022</b>
		<b>WO 2021048027 A1</b>	<b>18-03-2021</b>
-----			
<b>US 3809870 A</b>	<b>07-05-1974</b>	<b>CA 997864 A</b>	<b>28-09-1976</b>
		<b>CH 570850 A5</b>	<b>31-12-1975</b>
		<b>DE 2328876 A1</b>	<b>10-01-1974</b>
		<b>FR 2188831 A5</b>	<b>18-01-1974</b>
		<b>GB 1401113 A</b>	<b>16-07-1975</b>
		<b>IT 984104 B</b>	<b>20-11-1974</b>
		<b>JP 84957474 A</b>	<b>04-06-1974</b>
		<b>NL 7308077 A</b>	<b>11-12-1973</b>
		<b>US 3809870 A</b>	<b>07-05-1974</b>
		-----	
<b>US 2018264613 A1</b>	<b>20-09-2018</b>	<b>CN 108628253 A</b>	<b>09-10-2018</b>
		<b>DE 102018002112 A1</b>	<b>20-09-2018</b>
		<b>JP 2018156151 A</b>	<b>04-10-2018</b>
		<b>US 2018264613 A1</b>	<b>20-09-2018</b>
-----			
<b>CH 715989 A1</b>	<b>30-09-2020</b>	<b>CH 715989 A1</b>	<b>30-09-2020</b>
		<b>CN 113613820 A</b>	<b>05-11-2021</b>
		<b>EP 3941673 A1</b>	<b>26-01-2022</b>
		<b>JP 2022525521 A</b>	<b>17-05-2022</b>
		<b>KR 20210139353 A</b>	<b>22-11-2021</b>
		<b>TW 202039155 A</b>	<b>01-11-2020</b>
		<b>US 2022134459 A1</b>	<b>05-05-2022</b>
		<b>WO 2020193228 A1</b>	<b>01-10-2020</b>

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N  
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,  
CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,J  
M,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY  
,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,T  
H,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW