

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7394733号
(P7394733)

(45)発行日 令和5年12月8日(2023.12.8)

(24)登録日 令和5年11月30日(2023.11.30)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 L 5/00 (2006.01)

G 0 1 L 5/00 1 0 3 Z

B 2 3 B 31/00 (2006.01)

B 2 3 B 31/00 D

請求項の数 10 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-179010(P2020-179010)	(73)特許権者	000114215
(22)出願日	令和2年10月26日(2020.10.26)		ミネベアミツミ株式会社
(65)公開番号	特開2022-70010(P2022-70010A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1
(43)公開日	令和4年5月12日(2022.5.12)		0 6 - 7 3
審査請求日	令和5年10月25日(2023.10.25)	(74)代理人	100099793
早期審査対象出願			弁理士 川北 喜十郎
		(74)代理人	100154586
			弁理士 藤田 正広
		(74)代理人	100179280
			弁理士 河村 育郎
		(72)発明者	高碓 達郎
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1
			0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
		審査官	大森 努

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 保持力センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャックに把持されて該チャックの保持力を測定する保持力センサであって、
ベース部と、
前記ベース部の一方側に配置された複数の起歪体であって、各々が前記ベース部により片持ち支持されて自由端を有する起歪体と、
前記複数の起歪体の少なくとも一つに取り付けられたひずみゲージとを備え、
前記保持力の測定のために、前記複数の起歪体の前記ひずみゲージよりも前記自由端側が前記チャックにより一体として把持される保持力センサであり、
前記複数の起歪体の各々は、前記ひずみゲージよりも前記自由端側に、前記保持力センサを把持するために前記チャックが当接される被当接部を有し、
前記保持力センサは前記チャックに把持された状態において前記チャックの中心軸に一致するセンサ中心軸を有し、
前記被当接部が、前記センサ中心軸を中心とする仮想円上に位置し、
前記複数の起歪体の各々が、前記チャックが前記保持力センサを把持するときに前記チャックの先端に当接する位置合わせ面を有し、該位置合わせ面が前記被当接部よりも前記ひずみゲージ側において前記センサ中心軸に直交する面内に延びている保持力センサ。

【請求項 2】

前記複数の起歪体の各々は、前記センサ中心軸を中心として弧状に湾曲する第 1 曲面、前記センサ中心軸を中心として第 1 曲面よりも小さい曲率半径で弧状に湾曲する第 2 曲面、

及び前記センサ中心軸に直交する面内に延びて第 1 曲面と第 2 曲面とを連結する連結面を含み、

前記複数の起歪体の少なくとも 1 つの第 1 曲面に、前記ひずみゲージが取り付けられており、

前記複数の起歪体の各々の第 2 曲面が前記被当接部を有する請求項 1 に記載の保持力センサ。

【請求項 3】

チャックに把持されて該チャックの保持力を測定する保持力センサであって、

ベース部と、

前記ベース部の一方側に配置された複数の起歪体であって、各々が前記ベース部により片持ち支持されて自由端を有する起歪体と、

前記複数の起歪体の少なくとも一つに取り付けられたひずみゲージとを備え、

前記保持力の測定のために、前記複数の起歪体の前記ひずみゲージよりも前記自由端側が前記チャックにより一体として把持される保持力センサであり、

前記複数の起歪体の各々は、前記ひずみゲージよりも前記自由端側に、前記保持力センサを把持するために前記チャックが当接される被当接部を有し、

前記保持力センサは前記チャックに把持された状態において前記チャックの中心軸に一致するセンサ中心軸を有し、

前記被当接部が、前記センサ中心軸を中心とする仮想円上に位置し、

前記複数の起歪体の各々は、前記センサ中心軸を中心として弧状に湾曲する第 1 曲面、前記センサ中心軸を中心として第 1 曲面よりも小さい曲率半径で弧状に湾曲する第 2 曲面、及び前記センサ中心軸に直交する面内に延びて第 1 曲面と第 2 曲面とを連結する連結面を含み、

前記複数の起歪体の少なくとも 1 つの第 1 曲面に、前記ひずみゲージが取り付けられており、

前記複数の起歪体の各々の第 2 曲面が前記被当接部を有する保持力センサ。

【請求項 4】

前記複数の起歪体の前記被当接部は、前記仮想円に沿って等間隔で設けられている請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 5】

前記複数の起歪体の各々の前記被当接部は、前記センサ中心軸を中心とする仮想円に沿って延びる曲面である請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 6】

前記複数の起歪体はスリット又は隙間を介して隣接しており、

前記ひずみゲージから延びる配線が、前記スリット又は前記隙間を通して前記ベース部へと延びる請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 7】

前記複数の起歪体の厚さが、前記ひずみゲージが取り付けられた位置において他の位置よりも小さい請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 8】

前記ベース部に取り付けられた温度補償用ひずみゲージを更に備える請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 9】

前記複数の起歪体は少なくとも 2 つの起歪体である請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【請求項 10】

前記複数の起歪体の各々に前記ひずみゲージが取り付けられている請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の保持力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、保持力センサに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

機械加工においては、回転可能なチャックによって被加工物（ワーク）を把持し、回転するワークを固定工具に接触させて切削等を行う。あるいは、回転可能なチャックによって工具（ツール）を把持し、これを固定された被加工物に接触させて穿孔等を行う。

【 0 0 0 3 】

ここで、チャックの把持力を測定するために、チャックの外筒にひずみゲージを取り付けることが提案されている（特許文献 1）。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 文献 】特開 2 0 1 6 - 1 4 0 9 4 0 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 では、回転体であるチャックにひずみゲージを取り付けているため、ひずみゲージに対する環境的な負荷が大きい。即ち、ひずみゲージは高速回転や振動にさらされ、且つ切削油にもさらされる。そのため、ひずみゲージの精度が損なわれることもある。

20

【 0 0 0 6 】

本発明は、チャックの保持力をより容易に測定でき、且つ測定の信頼性が高い保持力センサ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 】

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の態様に従えば、

チャックに把持されて該チャックの保持力を測定する保持力センサであって、ベース部と、

前記ベース部の一方側に配置された複数の起歪体であって、各々が前記ベース部により片持ち支持されて自由端を有する起歪体と、

30

前記複数の起歪体の少なくとも 1 つに取り付けられたひずみゲージとを備え、

前記保持力の測定のために、前記複数の起歪体の前記ひずみゲージよりも前記自由端側が前記チャックにより一体として把持される保持力センサが提供される。

【 0 0 0 8 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の各々は、前記ひずみゲージよりも前記自由端側に、前記保持力センサを把持するために前記チャックが当接される被当接部を有してもよく、前記保持力センサは前記チャックに把持された状態において前記チャックの中心軸に一致するセンサ中心軸を有してもよく、前記被当接部が、前記センサ中心軸を中心とする仮想円上に位置してもよい。

【 0 0 0 9 】

40

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の前記被当接部は、前記仮想円に沿って等間隔で設けられていてもよい。

【 0 0 1 0 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の各々が、前記保持力センサが前記チャックを把持するときに前記チャックの先端に当接する位置合わせ面を有してもよく、該位置合わせ面が前記被当接部よりも前記ひずみゲージ側において前記センサ中心軸に直交する面内に延びていてもよい。

【 0 0 1 1 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の各々の前記被当接部は、前記センサ中心軸を中心とする仮想円に沿って延びる曲面であってもよい。

50

【 0 0 1 2 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の各々は、前記センサ中心軸を中心として弧状に湾曲する第 1 曲面、前記センサ中心軸を中心として第 1 曲面よりも小さい曲率半径で弧状に湾曲する第 2 曲面、及び前記センサ中心軸に直交する面内に延びて第 1 曲面と第 2 曲面とを連結する連結面を含んでもよく、前記複数の起歪体の少なくとも 1 つの第 1 曲面に、前記ひずみゲージが取り付けられていてもよく、前記複数の起歪体の各々の第 2 曲面が前記被当接部を有してもよい。

【 0 0 1 3 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体はスリット又は隙間を介して隣接していてもよく、前記ひずみゲージから延びる配線が、前記スリット又は前記隙間を通して前記ベース部へと延びてもよい。

10

【 0 0 1 4 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の厚さが、前記ひずみゲージが取り付けられた位置において他の位置よりも小さくてもよい。

【 0 0 1 5 】

第 1 の態様の保持力センサは、前記ベース部に取り付けられた温度補償用ひずみゲージを更に備えてもよい。

【 0 0 1 6 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体は少なくとも 2 つの起歪体であってもよい。

20

【 0 0 1 7 】

第 1 の態様の保持力センサにおいて、前記複数の起歪体の各々に前記ひずみゲージが取り付けられていてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の保持力センサは、チャックの保持力をより容易に測定でき、且つ測定の信頼性が高い。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 図 1 は、第 1 実施形態の保持力センサユニットの斜視図である。

30

【 図 2 】 図 2 (a) は、図 1 の I I a - I I a 線に沿った保持力センサの断面図である。図 2 (b) は、保持力センサの中心軸の方向に見た、保持力センサの側面図である。

【 図 3 】 図 3 は、リングアダプタの中心軸の方向に見た、リングアダプタの前面図である。

【 図 4 】 図 4 は、保持力センサと、該保持力センサを保持するコレットチャックの斜視図である。

【 図 5 】 図 5 (a) は、コレットチャックが保持力センサを直接把持する様子を示す説明図である。図 5 (b) は、コレットチャックがリングアダプタを介して保持力センサを把持する様子を示す説明図である。

【 図 6 】 図 6 (a) は、コレットチャックが保持力センサを直接把持する様子を示す断面図である。図 6 (b) は、コレットチャックがリングアダプタを介して保持力センサを把持する様子を示す断面図である。いずれの図も、断面の位置は図 2 (a) と同一である。

40

【 図 7 】 図 7 は、変形例の保持力センサと、該保持力センサを保持するダイヤフラムチャックの斜視図である。

【 図 8 】 図 8 は、第 2 実施形態の保持力センサの斜視図である。

【 図 9 】 図 9 (a) は、図 8 の I X a - I X a 線に沿った保持力センサの断面図である。図 9 (b) は、保持力センサの中心軸の方向に見た、保持力センサの側面図である。

【 図 10 】 図 10 (a) は、コレットチャックが保持力センサの第 4 扇状板部の外面を把持する様子を示す説明図である。図 10 (b) は、コレットチャックが保持力センサの第 3 扇状板部の外面を把持する様子を示す説明図である。

【 図 11 】 図 11 (a) は、コレットチャックが保持力センサの第 4 扇状板部の外面を把

50

持する様子を示す断面図である。図 1 1 (b) は、コレットチャックが保持力センサの第 3 扇状板部の外面を把持する様子を示す断面図である。いずれの図も、断面の位置は図 9 (a) と同一である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

< 第 1 実施形態 >

第 1 実施形態の保持力センサユニット（把持力センサユニット）1 0 0 0 について、保持力センサユニット 1 0 0 0 を用いてコレットチャック 2 0 0 0（図 4）の保持力（把持力）を測定する場合を例として説明する。説明においては、図 1 ~ 図 6 を参照する。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示す通り、保持力センサユニット 1 0 0 0 は、保持力センサ 1 0 0 と、保持力センサ 1 0 0 に着脱可能に取り付けられるリングアダプタ（環状アダプタ）5 0 0 とを含む。保持力センサ 1 0 0 は中心軸（センサ中心軸）X₁₀₀を有する略筒状である。リングアダプタ 5 0 0 は中心軸 X₅₀₀を有する環状である。リングアダプタ 5 0 0 は保持力センサ 1 0 0 に同軸状に取り付けられる。

【 0 0 2 2 】

以下の説明においては、中心軸 X₁₀₀の延びる方向を保持力センサ 1 0 0 の軸方向と呼び、保持力センサ 1 0 0 に対してリングアダプタ 5 0 0 が取り付けられる側を軸方向の前側とする。軸方向を中心とする放射方向を保持力センサ 1 0 0 の径方向、軸方向回りの方向を保持力センサ 1 0 0 の周方向と呼ぶ。

【 0 0 2 3 】

以下の説明においては、中心軸 X₅₀₀の延びる方向をリングアダプタ 5 0 0 の軸方向と呼び、保持力センサ 1 0 0 に取り付けた際に保持力センサ 1 0 0 に対向する側を軸方向の後側とする。軸方向を中心とする放射方向をリングアダプタ 5 0 0 の径方向、軸方向回りの方向をリングアダプタ 5 0 0 の周方向と呼ぶ。

【 0 0 2 4 】

保持力センサ 1 0 0 は、図 1、図 2 (a) 及び図 2 (b) に示す通り、ベース部 1 1 と、起歪部 1 2 と、起歪部 1 2 に取り付けられた 3 つの測定用ひずみゲージ G と、ベース部 1 1 に取り付けられた 3 つの温度補償用ひずみゲージ C G とを主に含む。ベース部 1 1 と起歪部 1 2 とは、金属（一例としてステンレス）等により一体に形成されていてもよい。

【 0 0 2 5 】

ベース部 1 1 は保持力センサ 1 0 0 の土台となる部分であり、測定対象のチャックの保持力を測定する際に変形（ひずみ）を生じない部分である。ベース部 1 1 は、ディスク部 1 1 1 と畝部 1 1 2 とを含む。

【 0 0 2 6 】

ディスク部 1 1 1 は円板状であり、前面 1 1 1 f と後面 1 1 1 r とを有する。ディスク部 1 1 1 の径方向の中央部には、中心軸 X₁₀₀を中心として軸方向に延びる円形の貫通穴 1 1 1 h が設けられている。

【 0 0 2 7 】

畝部 1 1 2 は、ディスク部 1 1 1 の後面 1 1 1 r から後方に起立している。畝部 1 1 2 は、後面 1 1 1 r の外周近傍において、周方向の全域にわたって延びている。第 1 実施形態では、畝部 1 1 2 の高さ（軸方向の寸法）はディスク部 1 1 1 の厚さ（軸方向の寸法）に略等しい。

【 0 0 2 8 】

起歪部 1 2 はベース部 1 1 に支持された部分であり、測定対象のチャックの保持力を測定する際に、保持力の大きさに応じた変形（ひずみ）を呈する部分である。

【 0 0 2 9 】

概略として、起歪部 1 2 は、図 1、図 2 (a) 及び図 2 (b) に示す通り、径の異なる 2 つの円筒を軸方向に沿って同軸状に連結し、これを周方向において 3 つに分割した形状を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

具体的には、起歪部 1 2 は、周方向に沿って第 1 起歪体 F 1、第 2 起歪体 F 2、及び第 3 起歪体 F 3 を有する。第 1 起歪体 F 1、第 2 起歪体 F 2、及び第 3 起歪体 F 3 は互いに同一の形状を有する。

【 0 0 3 1 】

第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の各々は、大径曲板部 1 2 0 と、連結部 1 2 1 と、小径曲板部 1 2 2 とを含む。

【 0 0 3 2 】

大径曲板部 1 2 0 は、中心軸 X_{100} を中心として弧状に湾曲した曲板である。大径曲板部 1 2 0 の後端（固定端）1 2 0 E r は、ベース部 1 1 のディスク部 1 1 1 の前面 1 1 1 f に固定的に支持されている。

10

【 0 0 3 3 】

大径曲板部 1 2 0 の外面（第 1 曲面）1 2 0 o の周方向中央部には凹部 R が設けられている。凹部 R の底面 R b は、径方向に直交する平坦面である。

【 0 0 3 4 】

連結部 1 2 1 は、径方向に沿って放射状に延びる扇形の平板である。連結部 1 2 1 の外側端部 1 2 1 E o において、連結部 1 2 1 の後面 1 2 1 r に、大径曲板部 1 2 0 の前端 1 2 0 E f が固定されている。なお、本明細書及び本発明において「扇形」は、円弧とその両端を通る半径で囲まれた形状のみならず、同心である大径円弧及び小径円弧とそれらの両端を通る半径で囲まれた形状（円環の周方向の一部分を切り出した形状）も含む。

20

【 0 0 3 5 】

小径曲板部 1 2 2 は、中心軸 X_{100} を中心として弧状に湾曲した曲板である。小径曲板部 1 2 2 の後端 1 2 2 E r は、連結部 1 2 1 の内側端部 1 2 1 E i において、連結部 1 2 1 の前面 1 2 1 f に固定されている。

【 0 0 3 6 】

第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 はそれぞれ、上記の構成を有する。第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 はそれぞれ、大径曲板部 1 2 0 の後端 1 2 0 E r を固定端、小径曲板部 1 2 2 の前端 1 2 2 E f を自由端とする片持ち状の起歪体である。

【 0 0 3 7 】

第 1 起歪体 F 1 と第 2 起歪体 F 2 との間、第 2 起歪体 F 2 と第 3 起歪体 F 3 との間、及び第 3 起歪体 F 3 と第 1 起歪体 F 1 との間にはそれぞれ、スリット S L が画定されている。スリット S L はそれぞれ、軸方向に沿って小径曲板部 1 2 2 の前端 1 2 2 E f から大径曲板部 1 2 0 の後端 1 2 0 E r の近傍まで伸びている。

30

【 0 0 3 8 】

なお、図 1 に示す通り、第 1 実施形態ではスリット S L の後端が大径曲板部 1 2 0 の後端 1 2 0 E r よりも前側にあり、第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の大径曲板部 1 2 0 は、後端 1 2 0 E r の近傍において周方向に連結している。しかしながらこれには限られず、軸方向におけるスリット S L の後端の位置と大径曲板部 1 2 0 の後端 1 2 0 E r の位置とが同じであってもよい。

【 0 0 3 9 】

第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の大径曲板部 1 2 0 は周方向に沿って互いに隣接している。第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の大径曲板部 1 2 0 をそれぞれ、中心軸 X_{100} を中心軸とする仮想大径円筒の一部とみなすこともできる。大径曲板部 1 2 0 の外面 1 2 0 o は、仮想大径円筒の外周面に沿って延びている。即ち、第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の大径曲板部 1 2 0 の外面 1 2 0 o は、中心軸 X_{100} を中心とする大径仮想円に沿って延びる曲面である。

40

【 0 0 4 0 】

第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の連結部 1 2 1 は周方向に沿って互いに隣接している。第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の連結部 1 2 1 をそれぞれ、中心軸 X_{100} を中心軸とする仮想円板の一部とみなすこともできる。連結部 1 2 1 の前面 1 2 1 f は、仮想円板の

50

前面に沿って延びている。即ち、第1起歪体F1～第3起歪体F3の連結部121の前面121fは、中心軸X₁₀₀に直交する平面に沿って延びる平坦面である。

【0041】

第1起歪体F1～第3起歪体F3の連結部121の前面121fは、チャックの先端及び/又はリングアダプタ500の後面が当接される位置合わせ面として機能する(詳細後述)。

【0042】

第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122は周方向に沿って互いに隣接している。第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122をそれぞれ、中心軸X₁₀₀を中心軸とする仮想小径円筒の一部とみなすこともできる。小径曲板部122の外面(第2曲面)122oは、仮想小径円筒の外周面に沿って延びている。即ち、第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122の外面122oは、中心軸X₁₀₀を中心とする小径仮想円に沿って延びる曲面である。小径仮想円の直径は大径仮想円(大径曲板部120の外面120oが沿う面)の直径よりも小さい。

【0043】

第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122の外面(第2曲面)122oは、リングアダプタ500を取り付ける際にはリングアダプタ500の内周面が当接され、チャックにより保持力センサ100を直接把持する際にはチャックが当接される被当接面として機能する(詳細後述)。

【0044】

3つの測定用ひずみゲージGはそれぞれ、第1起歪体F1～第3起歪体F3の大径曲板部120において、凹部Rの底面Rbに貼り付けられている。測定用ひずみゲージGの構造は任意であるが、一例として4つのひずみ受感素子を備えるひずみゲージを用いてよい。

【0045】

3つの温度補償用ひずみゲージCGは、ベース部11のディスク部111の後面111rに、周方向に等間隔に離間して貼り付けられている。温度補償用ひずみゲージCGの構造は任意であるが、測定用ひずみゲージGと同一のひずみゲージを使用し得る。

【0046】

3つの測定用ひずみゲージGの1つ、3つの温度補償用ひずみゲージCGの1つ、及び2つの固定抵抗(不図示)が配線W(図1)により接続されてホイートストンブリッジ回路が構成されている。即ち、保持力センサ100は、3つの測定用ひずみゲージGと、3つの温度補償用ひずみゲージCGと6つの固定抵抗(不図示)とにより構成された3つのホイートストンブリッジ回路を含む。測定用ひずみゲージGから延びる配線Wは、スリットSLを通る。

【0047】

3つのホイートストンブリッジ回路はそれぞれ、第1起歪体F1～第3起歪体F3に加えられた荷重の測定に用いられる。3つのホイートストンブリッジ回路はそれぞれ、1つの温度補償用ひずみゲージCGを含むため、温度誤差が抑制されている。固定抵抗や、ホイートストンブリッジ回路の出力に基づいて荷重値を算出する算出部は外部に設けられていてもよく、ベース部11に設けられていてもよい。

【0048】

リングアダプタ500は、測定対象のチャックの把持可能範囲(チャックが把持可能なワーク/工具の直径の範囲)の下限が保持力センサ100の第2曲板部122の外面122oが沿う小径仮想円の直径よりも大きく、チャックが保持力センサ100を直接把持できない場合に、チャックと保持力センサ100との間に配置されるアダプタである。

【0049】

リングアダプタ500は、図3に示す通り、3つの本体部501を3つの弾性連結部502により連結した環形状を有する。

【0050】

3つの本体部501は、チャックの爪と保持力センサ100の第1起歪体F1～第3起

10

20

30

40

50

歪体 F 3 との間に配置されて、チャックの保持力を保持力センサ 1 0 0 に伝える部分である。3つの本体部 5 0 1 はそれぞれ、金属（一例として S U 材や S U S 材）等の弾性率の大きい材料で形成される。

【 0 0 5 1 】

3つの本体部 5 0 1 は互いに同一の構成を有する。3つの本体部 5 0 1 はそれぞれ、角柱をその中心軸に沿って円弧上に湾曲させた形状を有する。

【 0 0 5 2 】

3つの本体部 5 0 1 はそれぞれ、前面 5 0 1 f、後面 5 0 1 r（図 1）、内面 5 0 1 i、外面 5 0 1 o、及び一对の側面 5 0 1 s を有する。前面 5 0 1 f と後面 5 0 1 r とは同一形状であり、軸方向に見て扇形である。内面 5 0 1 i、外面 5 0 1 o はそれぞれ、周方向に沿って延びる曲面である。一对の側面 5 0 1 s はそれぞれ、略矩形である。内面 5 0 1 i の曲率半径は、保持力センサ 1 0 0 の第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の小径曲板部 1 2 2 の外面 1 2 2 o の曲率半径に等しい。

10

【 0 0 5 3 】

3つの弾性連結部 5 0 2 は、3つの本体部 5 0 1 を相対移動可能に連結する部分である。3つの弾性連結部 5 0 2 はそれぞれ、樹脂（一例として N B R などのゴム）等の弾性率の小さい材料で形成される。

【 0 0 5 4 】

3つの弾性連結部 5 0 2 は互いに同一の構成を有する。3つの弾性連結部 5 0 2 はそれぞれ、角柱をその中心軸に沿って円弧上に湾曲させた形状を有する。

20

【 0 0 5 5 】

3つの弾性連結部 5 0 2 はそれぞれ、前面 5 0 2 f、後面 5 0 2 r（図 1）、内面 5 0 2 i、外面 5 0 2 o、及び一对の側面 5 0 2 s を有する。前面 5 0 2 f と後面 5 0 2 r とは同一形状であり、軸方向に見て扇形である。内面 5 0 2 i、外面 5 0 2 o はそれぞれ、周方向に沿って延びる曲面である。一对の側面 5 0 2 s はそれぞれ、略矩形である。

【 0 0 5 6 】

弾性連結部 5 0 2 の一对の側面 5 0 2 s は、弾性連結部 5 0 2 の周方向の両側に位置する本体部 5 0 1 の側面 5 0 1 s に、それぞれ固定されている。本体部 5 0 1 と弾性連結部 5 0 2 との固定は例えば接着剤によりなし得る。

【 0 0 5 7 】

保持力センサユニット 1 0 0 0 を用いたコレットチャック 2 0 0 0 の保持力の測定は、次のようにして行う。

30

【 0 0 5 8 】

コレットチャック 2 0 0 0 は、図 4 に示す通り、本体部 M と、3つの爪 N とを有する。3つの爪 N はそれぞれ、コレットチャック 2 0 0 0 の中心軸 X_{2000} を中心とする周方向に湾曲した曲板である。コレットチャック 2 0 0 0 は、3つの爪 N を中心軸 X_{2000} を中心とする放射方向（径方向）に移動させて、3つの爪 N の内面 N i（図 5（a））により保持対象を保持（把持）する。保持対象は具体的には例えば、被加工材（ワーク）又は工具（ツール）である。

【 0 0 5 9 】

まず、コレットチャック 2 0 0 0 把持可能範囲（チャックが把持可能なワーク / 工具の直径の範囲）の下限が保持力センサ 1 0 0 の第 2 曲板部 1 2 2 の外面 1 2 2 o が沿う小径仮想円の直径よりも小さい場合について説明する。この場合は、コレットチャック 2 0 0 0 により保持力センサ 1 0 0 を直接把持できるため、リングアダプタ 5 0 0 は使用しない。

40

【 0 0 6 0 】

コレットチャック 2 0 0 0 の保持力を計測する際には、図 4 に示す通り、コレットチャック 2 0 0 0 の3つの爪 N の内側に、保持力センサ 1 0 0 の第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の小径曲板部 1 2 2 を挿入する。

【 0 0 6 1 】

この時、保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{100} がコレットチャック 2 0 0 0 の中心軸 X_2

50

000と平行となるように位置合わせをする。この位置合わせは、コレットチャック2000の爪Nの前面Nf（保持力センサ100に対向する面、図6（a））を保持力センサ100の第1起歪体F1～第3起歪体F3の連結部121の前面（位置合わせ面）121fに当接させることにより、容易に行うことができる（図6（a））。

【0062】

また、保持力センサ100の周方向の位置を、コレットチャック2000の3つの爪Nの各々が、保持力センサ100の第1起歪体F1～第3起歪体F3のいずれか1つの小径曲板部122の外表面（被当接面、第2曲面）122oにのみ当接するように調節する（図5（a））。

【0063】

保持力センサ100を挿入した状態でコレットチャック2000を作動させて3つの爪Nを径方向内側に移動させると、3つの爪Nの内面Niが第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122の外表面122oに当接し、コレットチャック2000が第1起歪体F1～第3起歪体F3を一体として（まとめて）把持する（図5（a）、図6（a））。この状態において、保持力センサ100の中心軸X100はコレットチャック2000の中心軸X2000に一致する。なお、本明細書及び本発明において、チャックの中心軸と保持力センサの中心軸が一致するとは、両者が完全に一致する場合のみならず、両者がほぼ一致しているものの測定の精度を保ち得る範囲内でわずかにずれている場合も含むものとする。

【0064】

その後、コレットチャック2000の3つの爪Nを径方向内側に更に移動させると、第1起歪体F1～第3起歪体F3の自由端側が径方向内側に押圧され、第1起歪体F1～第3起歪体F3にひずみが生じる。

【0065】

第1起歪体F1に貼り付けられた測定用ひずみゲージGを含むホイートストンブリッジを介して、第1起歪体F1に当接した爪Nにより第1起歪体F1に付加される荷重（保持力）の大きさを求めることができる。同様に、第2、第3起歪体F2、F3に貼り付けられた測定用ひずみゲージGを含むホイートストンブリッジを介して、第2、第3起歪体F2、F3に当接した爪Nにより第2、第3起歪体F2、F3に付加される荷重（保持力）の大きさを求めることができる。

【0066】

第1起歪体F1～第3起歪体F3に付加された荷重の合計から、コレットチャック2000の保持力（把持力）を算出することができる。また、第1起歪体F1～第3起歪体F3に付加された荷重のバランスに基づいて、コレットチャック2000の各爪による保持力のバランスを把握することができる。第1起歪体F1～第3起歪体F3に付加された荷重の大きさが互いに同一であれば、コレットチャック2000は周方向においてバランスよくワークやツールを保持できることがわかる。反対に、第1起歪体F1～第3起歪体F3に付加された荷重の大きさにばらつきがあれば、コレットチャック2000の3つの爪Nの保持力にばらつきがあることがわかる。

【0067】

次に、コレットチャック2000の把持可能範囲の下限が保持力センサ100の第2曲板部122の外表面122oが沿う小径仮想円の直径よりも大きい場合について説明する。この場合は、コレットチャック2000により保持力センサ100を直接把持することができないため、リングアダプタ500を使用する。

【0068】

コレットチャック2000の保持力を測定する際には、図5（b）、図6（b）に示す通り、保持力センサ100の第1起歪体F1～第3起歪体F3の小径曲板部122の周囲にリングアダプタ500を配置する。上記の通り、リングアダプタ500の本体部501の内面501iの曲率半径が小径曲板部122の外表面122oの曲率半径に等しい。そのためリングアダプタ500を保持力センサ100に取り付けて、リングアダプタ500の

10

20

30

40

50

本体部 501 の内面 501 i を小径曲板部 122 の外面 122 o に当接させ、リングアダプタ 500 の本体部 501 の後面 501 r を第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 の連結板部 121 の前面（位置合わせ面）121 f に当接させると、リングアダプタ 500 の中心軸 X500 は保持力センサ 100 の中心軸 X100 に一致する。

【0069】

また、リングアダプタ 500 の周方向の位置を、リングアダプタ 500 の 3 つの本体部 501 の各々が、保持力センサ 100 の第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 のいずれか 1 つの小径曲板部 122 にのみ当接するように調整する。

【0070】

次に、コレットチャック 2000 の 3 つの爪 N の内側に、保持力センサ 100 の第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 の小径曲板部 122、及びリングアダプタ 500 を挿入する。この時、保持力センサ 100 の中心軸 X100 がコレットチャック 2000 の中心軸 X2000 と平行となるように位置合わせをする。この位置合わせは、コレットチャック 2000 の爪 N の前面 N f を保持力センサ 100 の第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 の連結部 121 の前面（位置合わせ面）121 f に当接させることにより、容易に行うことができる（図 6（b））。第 1 実施形態では、リングアダプタ 500 の本体部 501 の径方向の寸法が連結部 121 の前面 121 f の径方向の寸法より小さいため、リングアダプタ 500 を保持力センサ 100 に取り付けた状態でも、前面 121 f を用いた位置合わせを行うことができる。

【0071】

また、保持力センサ 100 及びリングアダプタ 500 の周方向の位置を、コレットチャック 2000 の 3 つの爪 N の各々が、リングアダプタ 500 のいずれか 1 つの本体部 501 の外面 501 o にのみ当接するように調節する（図 5（b））。

【0072】

保持力センサ 100 及びリングアダプタ 500 を挿入した状態でコレットチャック 2000 を作動させて 3 つの爪 N を径方向内側に移動させると、3 つの爪 N の内面 Ni がリングアダプタ 500 の 3 つの本体部 501 の外面 501 o に当接し、コレットチャック 2000 が、リングアダプタ 500 を介して、第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 を一体として（まとめて）把持する（図 5（b）、図 6（b））。この状態において、保持力センサ 100 の中心軸 X100 はコレットチャック 2000 の中心軸 X2000 に一致する。

【0073】

その後、コレットチャック 2000 の 3 つの爪 N を径方向内側に更に移動させると、リングアダプタ 500 の本体部 501 を介して第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 の自由端側が径方向内側に押圧され、第 1 起歪体 F1 ~ 第 3 起歪体 F3 にひずみが生じる。リングアダプタ 500 の 3 つの本体部 501 は弾性連結部 502 を介して相対移動可能に連結されている。そのため、3 つの本体部 501 は、コレットチャック 2000 の爪 N の移動に応じて、径方向内側に互いに対して実質的に独立して移動する。

【0074】

これにより、リングアダプタ 500 を使用しない場合と同様に、コレットチャック 2000 の保持力を算出することができ、コレットチャック 2000 の各爪による保持力のバランスを把握することができる。

【0075】

第 1 実施形態の保持力センサ 100、及び保持力センサユニット 1000 の効果を以下にまとめる。

【0076】

第 1 実施形態の保持力センサ 100 では、チャックとは別体である保持力センサ 100 に測定用ひずみゲージ G を設けている。したがって、チャックにより保持力センサ 100 を把持するだけで容易にチャックの保持力を測定できる。また、回転体であり、切削油等がかかる恐れのあるチャックに測定用ひずみゲージを設ける場合に比較して、測定の信頼性が高い。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 は、第 1 起歪体 F 1、第 2 起歪体 F 2、第 3 起歪体 F 3 を有し、コレットチャック 2 0 0 0 が有する 3 つの爪 N を、第 1 起歪体 F 1、第 2 起歪体 F 2、第 3 起歪体 F 3 にそれぞれ当接させて、3 つの爪 N による荷重を独立して測定する。したがって、チャック全体としての保持力のみではなく、周方向におけるチャックの保持力のバランスも測定することができる。ワークに対して高精度の仕上げを行う際には、ワークを周方向にバランスよく保持することが重要となる。そのため、チャックの保持力の周方向のバランスを測定できることは有利である。

【 0 0 7 8 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 は、測定用ひずみゲージ G が、第 1 起歪体 F 1、第 2 起歪体 F 2、第 3 起歪体 F 3 の大径曲板部 1 2 0 に取り付けられている。したがって、大径曲板部 1 2 0 の厚さを調節するだけで荷重測定の感度を調節することができる。例えば、大径曲板部 1 2 0 の厚さを小さくするだけで、精密仕上げ用のチャックの保持力測定に用い得る高感度の保持力センサを容易に得ることができる。

10

【 0 0 7 9 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 は、第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の連結部 1 2 1 の前面 1 2 1 f により構成される位置合わせ面を有する。そのため、チャックにより保持力センサ 1 0 0 を把持する際に、保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{1 0 0} がチャックの中心軸と平行となった適切な姿勢に容易に調整することができる。

【 0 0 8 0 】

第 1 実施形態の保持力センサユニット 1 0 0 0 は、リングアダプタ 5 0 0 を含む。したがって、測定対象のチャックの把持可能範囲に応じてリングアダプタ 5 0 0 を用いることで、把持可能範囲が異なる多種類のチャックの保持力を測定することができる。

20

【 0 0 8 1 】

第 1 実施形態の保持力センサユニット 1 0 0 0 において、次の変形態様を用いることもできる。

【 0 0 8 2 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 は、周方向に配置された 3 つの起歪体を有しているが、これには限られない。保持力センサ 1 0 0 が有する起歪体の数は 2 つ以上の任意の数であってよく、例えば 5 個、8 個、11 個等であってよい。より具体的には例えば、周方向の寸法が第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 よりも大きい点を除いて第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 と同様の構造を有する起歪体を周方向に 2 つ配置してもよい。あるいは、周方向の寸法が第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 よりも小さい点を除いて第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 と同様の構造を有する起歪体を周方向に 4 つ以上配置してもよい。任意の数の起歪体は、周方向に等間隔に配置されてもよい。チャックの保持力の周方向のバランスは、起歪体の数が 3 以上である場合に良好に測定することができ、起歪体の数が 4 以上である場合により良好に測定することができる。

30

【 0 0 8 3 】

n 個 (n は 2 以上の整数) の起歪体を有する保持力センサユニット 1 0 0 は、n 個の爪を有するチャックに対して好適に使用し得る。図 7 には、8 個の起歪体を有する保持力センサ 1 0 1 を用いて、8 個の爪を有するダイヤフラムチャック 2 0 0 1 の保持力を測定する様子を示す。

40

【 0 0 8 4 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 においては、第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 はそれぞれ大径曲板部 1 2 0、連結部 1 2 1、及び小径曲板部 1 2 2 を有するが、これには限られない。保持力センサ 1 0 0 の起歪部 1 2 が有する起歪体は、ベース部 1 1 により片持ち支持されて自由端を有する任意の形状とし得る。

【 0 0 8 5 】

具体的には例えば、大径曲板部 1 2 0 の軸方向の寸法を大きくして、連結部 1 2 1 及び小径曲板部 1 2 2 を除いた形状を採用し得る。この場合は、大径曲板部 1 2 0 の前端 1 2

50

0 E f が自由端となり、前端 1 2 0 E f の近傍の外周 1 2 0 o がチャックの爪が当接する被当接面として機能する。

【 0 0 8 6 】

起歪部 1 2 が有する起歪体は、角棒や丸棒をベース部 1 1 により片持ち支持した梁状の起歪体であってもよい。この場合は、梁状起歪体の自由端近傍の径方向外側の面が被当接面となる。

【 0 0 8 7 】

被当接面は、必ずしも保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{100} を中心とする仮想円に沿った曲面である必要はなく、起歪体の形状に応じた任意の態様とし得る。例えば各棒が片持ち支持された梁状の起歪体を備える態様では、被当接面は径方向に直交して延びる平坦面である。即ち被当接面は、測定対象のチャックの爪が当接し得る任意の態様とし得る。

10

【 0 0 8 8 】

起歪体の形状にかかわらず、被当接面は、それぞれが保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{100} から等距離の位置にあってもよい。即ち、複数の起歪体の各々の被当接面は、保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{100} を中心とする仮想円上に位置していてもよい。例えば被当接面が平坦面である場合は、その一部又は中心部が仮想円上にある場合に、当該被当接面が仮想円上にあるとみなし得る。これにより、測定対象のチャックの爪が複数の被当接面に均等に当接し、測定の精度が向上する。

【 0 0 8 9 】

なお、チャックの爪は、一般的に、チャックの中心軸回りに等間隔で配置されている。したがって、保持力センサ 1 0 0 の複数の起歪体が有する被当接面も、保持力センサ 1 0 0 の中心軸 X_{100} を中心とする仮想円に沿って等間隔で配置されていてもよい。

20

【 0 0 9 0 】

起歪体がどのような形状である場合も、測定用ひずみゲージ G が取り付けられた領域において起歪体の径方向の厚さを、当該起歪体の他の領域における厚さよりも小さくすることにより、保持力測定の感度を高めることができる。

【 0 0 9 1 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 においては、第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 のそれぞれに測定用ひずみゲージ G が取り付けられているが、これには限られない。測定用ひずみゲージ G を第 1 起歪体 F 1 ~ 第 3 起歪体 F 3 の少なくとも 1 つに取り付けた態様を用いることもできる。同様に、n 個 (n は 2 以上の整数) の起歪体を有する保持力センサ 1 0 0 において、少なくとも 1 つの起歪体にひずみゲージ G を貼り付けてもよい。この場合も、把持力の強弱を容易に且つ高い信頼性をもって求めることができる。

30

【 0 0 9 2 】

第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 において、温度補償用ひずみゲージ C G を省略してもよい。

【 0 0 9 3 】

第 1 実施形態のリングアダプタ 5 0 0 においては、ゴム等の樹脂により形成された湾曲柱状の弾性連結部 5 0 2 を用いているが、これには限られない。例えば、弾性連結部 5 0 2 としてコイルバネを用いることもできる。

40

【 0 0 9 4 】

なお、上記の通り、チャックの爪は、一般的に、チャックの中心軸回りに等間隔で配置されている。したがってリングアダプタ 5 0 0 の本体部 5 0 1 も、周方向に等間隔で設けられていてもよい。

【 0 0 9 5 】

第 1 実施形態のリングアダプタ 5 0 0 は、周方向の一部が除去された C 環状であってもよい。この場合は、C 環状のリングアダプタ 5 0 0 を C 環状の本体部 5 0 1 のみにより構成してもよい。或いは、C 環状のリングアダプタ 5 0 0 を、複数の本体部 5 0 1 と、1 つ又は複数の弾性連結部 5 0 2 により構成してもよい。

【 0 0 9 6 】

50

< 第 2 実施形態 >

第 2 実施形態の保持力センサ（把持力センサ）200 について、保持力センサ 200 を用いてコレットチャック 2000（図 4）の保持力（把持力）を計測する場合を例として説明する。説明においては、図 8～図 11 を参照する。

【0097】

保持力センサ 200 は、図 8、図 9（a）及び図 9（b）に示す通り、中心軸（センサ中心軸）X₂₀₀を有する円環状のベース部 21 と、起歪部 22 と、起歪部 22 に取り付けられた 3 つの測定用ひずみゲージ G と、ベース部 21 に取り付けられた 3 つの温度補償用ひずみゲージ CG とを主に含む。ベース部 21 と起歪部 22 とは、金属（一例としてステンレス）等により一体に形成されていてもよい。

10

【0098】

以下の説明においては、中心軸 X₂₀₀の延びる方向を保持力センサ 200 の軸方向と呼び、起歪部 22 が位置する側を前側、ベース部 21 が位置する側を後側とする。軸方向を中心とする放射方向を保持力センサ 200 の径方向、軸方向回りの方向を保持力センサ 200 の周方向と呼ぶ。

【0099】

ベース部 21 は保持力センサ 200 の土台となる部分であり、測定対象の保持力を測定する際に変形（ひずみ）を生じない部分である。

【0100】

ベース部 21 は円環状であり、前面 21f と後面 21r とを有する。ベース部 21 の径方向の中央部には、中心軸 X₂₀₀を中心として軸方向に延びる円形の貫通穴 21h が設けられている。

20

【0101】

起歪部 22 はベース部 21 に支持された部分であり、測定対象の保持力を測定する際に、保持力の大きさに応じた変形（ひずみ）を呈する部分である。

【0102】

概略として、起歪部 22 は、図 8、図 9（a）及び図 9（b）に示す通り、外径の異なる 4 つの円筒を中心軸 X₂₀₀に沿って同軸状に連結し、これを周方向において 6 つに分割して、1 つおきに計 3 つを除去した形状を有する。

【0103】

具体的には、起歪部 22 は、周方向に沿って第 1 起歪体 FF1、第 2 起歪体 FF2、及び第 3 起歪体 FF3 を有する。第 1 起歪体 FF1、第 2 起歪体 FF2、及び第 3 起歪体 FF は互いに同一の形状を有する。

30

【0104】

第 1 起歪体 FF1～第 3 起歪体 FF3 の各々は、大径曲板部 220、第 1 扇状板部 221、第 2 扇状板部 222、第 3 扇状板部 223、及び第 4 扇状板部 224 を含む。

【0105】

大径曲板部 220 は、中心軸 X₂₀₀を中心として湾曲した曲板である。大径曲板部 220 の後端 220Er は、ベース部 21 の前面 21f に固定されている。

【0106】

大径曲板部 220 の外面 220o の周方向中央部には凹部 R が設けられている。凹部 R の底面 Rb は、径方向に直交する平坦面である。

40

【0107】

第 1 扇状板部 221、第 2 扇状板部 222、第 3 扇状板部 223、及び第 4 扇状板部 224 はそれぞれ、径方向に沿って放射状に延びる扇形の平板である。第 1 扇状板部 221、第 2 扇状板部 222、第 3 扇状板部 223、及び第 4 扇状板部 224 の外径は、この順番で小さくなっている。一方で、第 1 扇状板部 221、第 2 扇状板部 222、第 3 扇状板部 223、及び第 4 扇状板部 224 の内径は互いに等しい。

【0108】

第 1 扇状板部 221 の外面 221o に沿って、第 1 扇状板部 221 の後面 221r に大

50

径曲板部 2 2 0 の前端 2 2 0 E f が固定されている。

【 0 1 0 9 】

第 1 扇状板部 2 2 1 の外径（半径）は、大径曲板部 2 2 0 の外面 2 2 0 o の曲率半径に等しい。即ち、第 1 扇状板部 2 2 1 の外面 2 2 1 o と大径曲板部 2 2 0 の外面 2 2 0 o とは段差なく接続されて一連の曲面を構成している。

【 0 1 1 0 】

第 2 扇状板部 2 2 2 の後面が第 1 扇状板部 2 2 1 の前面 2 2 1 f に固定されている。第 2 扇状板部 2 2 2 と第 1 扇状板部 2 2 1 とは、周方向の両端面がそれぞれ面一となり、且つ内周側の面が面一となるように位置合わせされている。この状態において、第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o と第 1 扇状板部 2 2 1 の外面 2 2 1 o とは中心軸 X_{200} を中心として同軸状に延びる。

10

【 0 1 1 1 】

第 3 扇状板部 2 2 3 の後面が第 2 扇状板部 2 2 2 の前面 2 2 2 f に固定されている。第 3 扇状板部 2 2 3 と第 2 扇状板部 2 2 2 とは、周方向の両端面がそれぞれ面一となり、且つ内周側の面が面一となるように位置合わせされている。この状態において、第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o と第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o とは中心軸 X_{200} を中心として同軸状に延びる。

【 0 1 1 2 】

第 4 扇状板部 2 2 4 の後面が第 3 扇状板部 2 2 3 の前面 2 2 3 f に固定されている。第 4 扇状板部 2 2 4 と第 3 扇状板部 2 2 3 とは、周方向の両端面がそれぞれ面一となり、且つ内周側の面が面一となるように位置合わせされている。この状態において、第 4 扇状板部 2 2 4 の外面 2 2 4 o と第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o とは中心軸 X_{200} を中心として同軸状に延びる。

20

【 0 1 1 3 】

第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の大径曲板部 2 2 0 は周方向に沿って等間隔で配置されている。第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の大径曲板部 2 2 0 をそれぞれ、中心軸 X_{200} を中心軸とする仮想大径円筒の一部とみなすこともできる。大径曲板部 2 2 0 の外面 2 2 0 o は、仮想大径円筒の外周面に沿って延びている。即ち、第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の大径曲板部 2 2 0 の外面 2 2 0 o は、中心軸 X_{200} を中心とする大径仮想円に沿って延びる曲面である。

30

【 0 1 1 4 】

第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の第 1 扇状板部 2 2 1、第 2 扇状板部 2 2 2、第 3 扇状板部 2 2 3、及び第 4 扇状板部 2 2 4 はそれぞれ、周方向に沿って等間隔で配置されている。第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の第 1 扇状板部 2 2 1 を、中心軸 X_{200} を中心軸とする第 1 仮想円板の一部とみなすこともできる。同様に、第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の第 2 扇状板部 2 2 2、第 3 扇状板部 2 2 3、第 4 扇状板部 2 2 4 を、中心軸 X_{200} を中心軸とする第 2 仮想円板、第 3 仮想円板、第 4 仮想円板の一部とみなすこともできる。

【 0 1 1 5 】

即ち、第 1 扇状板部 2 2 1 の外面 2 2 1 o、第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o、第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o、及び第 4 扇状板部 2 2 4 の外面 2 2 4 o はそれぞれ、中心軸 X_{200} を中心とする第 1 仮想円、第 2 仮想円、第 3 仮想円、第 4 仮想円に沿って延びる曲面である。第 1 仮想円、第 2 仮想円、第 3 仮想円、第 4 仮想円の直径は、この順番で小さくなる。

40

【 0 1 1 6 】

第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o、第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o、及び第 4 扇状板部 2 2 4 の外面 2 2 4 o はそれぞれ、チャックにより保持力センサ 2 0 0 を把持する際にチャックが当接される被当接面として機能する（詳細後述）。

【 0 1 1 7 】

50

また、第1扇状板部221の前面221f、第2扇状板部222の前面222f、及び第3扇状板部223の前面223fはそれぞれ、中心軸 X_{200} に直交する平面に沿って延びる平坦面である。

【0118】

第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の第1扇状板部221の前面221f、第2扇状板部222の前面222f、及び第3扇状板部223の前面223fはそれぞれ、チャックの先端が当接される位置合わせ面として機能する(詳細後述)。

【0119】

3つの測定用ひずみゲージGは、第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の大径曲板部220において、凹部Rの底面Rbに貼り付けられている。測定用ひずみゲージGの構造は任意であるが、一例として4つのひずみ受感素子を備えるひずみゲージを用いてよい。

【0120】

3つの温度補償用ひずみゲージCGは、ベース部21の後面21rに、周方向に等間隔に離間して貼り付けられている。温度補償用ひずみゲージCGの構造は任意であるが、測定用ひずみゲージGと同一のひずみゲージを使用し得る。

【0121】

3つの測定用ひずみゲージG、3つの温度補償用ひずみゲージCG、及び6つの固定抵抗(不図示)を用いて、第1実施形態の保持力センサ100と同様に3つのホイートストンブリッジが構成されている。測定用ひずみゲージGから延びる配線W(図8)は第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の間の隙間を通る。

【0122】

3つのホイートストンブリッジ回路はそれぞれ、第1起歪体FF1～第3起歪体FF3に加えられた荷重の計測に用いられる。固定抵抗や、ホイートストンブリッジ回路の出力に基づいて荷重値を算出する算出部は外部に設けられていてもよく、ベース部21に設けられていてもよい。

【0123】

保持力センサ200を用いたコレットチャック2000(図4)の保持力の計測は、次のようにして行う。

【0124】

保持力センサ200を用いてコレットチャック2000の保持力を計測する場合には、コレットチャック2000の3つの爪Nの内側に、保持力センサ200の第1起歪体FF1～第3起歪体FF3を挿入する。そして第2扇状板部222の外表面222o、第3扇状板部223の外表面223o、及び第4扇状板部224の外表面224oのうち、コレットチャック2000の把持可能範囲(チャックが把持可能なワーク/工具の直径の範囲)に応じた最適な部位をコレットチャック2000の爪Nにより保持する。

【0125】

まず、コレットチャック2000の把持可能範囲が、保持力センサ200の第4仮想円板(即ち、第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の第4扇状板部224を含む仮想円板)の外径を含む場合は、コレットチャック2000の3つの爪Nの内側に第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の第4扇状板部224を挿入する。

【0126】

この時、保持力センサ200の中心軸 X_{200} がコレットチャック2000の中心軸 X_{2000} と平行となるように位置合わせをする。この位置合わせは、コレットチャック2000の爪Nの前面Nfを第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の第3扇状板部223の前面(位置合わせ面)223fに当接させることにより、容易に行うことができる(図11(a))。

【0127】

また、保持力センサ200の周方向の位置を、コレットチャック2000の3つの爪Nの各々が、保持力センサ200の第1起歪体FF1～第3起歪体FF3のいずれか1つの第4扇状板部224の外表面(被当接面)224oにのみ当接するように調節する(図10

10

20

30

40

50

(a)) 。

【 0 1 2 8 】

コレットチャック 2 0 0 0 の把持可能範囲が、保持力センサ 2 0 0 の第 3 仮想円板（即ち、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 3 扇状板部 2 2 3 を含む仮想円板）の外径を含む場合は、コレットチャック 2 0 0 0 の 3 つの爪 N の内側に第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 4 扇状板部 2 2 4 及び第 3 扇状板部 2 2 3 を挿入する。

【 0 1 2 9 】

この時、保持力センサ 2 0 0 の中心軸 X_{200} とコレットチャック 2 0 0 0 の中心軸 X_{2000} との位置合わせには、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 2 扇状板部 2 2 2 の前面（位置合わせ面）2 2 2 f を用いる（図 1 1 (b) ）。

10

【 0 1 3 0 】

また、保持力センサ 2 0 0 の周方向の位置を、コレットチャック 2 0 0 0 の 3 つの爪 N の各々が、保持力センサ 2 0 0 の第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 のいずれか 1 つの第 3 扇状板部 2 2 3 の外面（被当接面）2 2 3 o にのみ当接するように調節する（図 1 0 (b) ）。

【 0 1 3 1 】

コレットチャック 2 0 0 0 の把持可能範囲が、保持力センサ 2 0 0 の第 2 仮想円板（即ち、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 3 扇状板部 2 2 3 を含む仮想円板）の外径を含む場合は、コレットチャック 2 0 0 0 の 3 つの爪 N の内側に第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 4 扇状板部 2 2 4、第 3 扇状板部 2 2 3、及び第 2 扇状板部 2 2 2 を挿入する。

20

【 0 1 3 2 】

この時、保持力センサ 2 0 0 の中心軸 X_{200} とコレットチャック 2 0 0 0 の中心軸 X_{2000} との位置合わせには、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 1 扇状板部 2 2 1 の前面（位置合わせ面）2 2 1 f を用いる。また、保持力センサ 2 0 0 の周方向の位置を、コレットチャック 2 0 0 0 の 3 つの爪 N の各々が、保持力センサ 2 0 0 の第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 のいずれか 1 つの第 2 扇状板部 2 2 2 の外面（被当接面）2 2 2 o にのみ当接するように調節する。

【 0 1 3 3 】

保持力センサ 2 0 0 を挿入した状態でコレットチャック 2 0 0 0 を作動させて 3 つの爪 N を径方向内側に移動させると、3 つの爪 N の内面 N_i が第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の第 4 扇状板部 2 2 4 の外面 2 2 4 o（又は第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o、又は第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o）に当接し、コレットチャック 2 0 0 0 が第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 を一体として（まとめて）把持する（図 1 0 (a)、図 1 0 (b)、図 1 1 (a)、図 1 1 (b)）。この状態において、保持力センサ 2 0 0 の中心軸 X_{200} はコレットチャック 2 0 0 0 の中心軸 X_{2000} に一致する。

30

【 0 1 3 4 】

その後、コレットチャック 2 0 0 0 の 3 つの爪 N を径方向内側に更に移動させると、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の自由端側が径方向内側に押圧され、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 にひずみが生じる。これにより、第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 と同様に、コレットチャック 2 0 0 0 の保持力の算出や、コレットチャック 2 0 0 0 の各爪による保持力のバランスの測定を行うことができる。

40

【 0 1 3 5 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 の効果を以下にまとめる。

【 0 1 3 6 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 は、第 1 起歪体 F F 1 ～第 3 起歪体 F F 3 の各々が、互いに外径の異なる第 2 扇状板部 2 2 2 ～第 4 扇状板部 2 2 4 を有し、測定対象のチャックの把持可能範囲に応じて、第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o、第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o、及び第 4 扇状板部 2 2 4 の外面 2 2 4 o のいずれかに、測定対象のチャックを当接させることができる。したがって、把持可能範囲が異なる多種類のチャックの

50

保持力を測定することができる。

【 0 1 3 7 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 は、第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 の第 1 扇状板部 2 2 1 の前面 2 2 1 f、第 2 扇状板部 2 2 2 の前面 2 2 2 f、及び第 3 扇状板部 2 2 3 の前面 2 2 3 f により構成される位置合わせ面を有する。そのため、チャックにより保持力センサ 2 0 0 を把持する際に、保持力センサ 2 0 0 の中心軸 X_{2 0 0} がチャックの中心軸と平行となった適切な姿勢に容易に調整することができる。

【 0 1 3 8 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 は、第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 と同様に、測定が容易であり、測定の信頼性が高く、且つチャック全体としての保持力のみではなく、周方向におけるチャックの保持力のバランスも測定することができる。

10

【 0 1 3 9 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 は、第 1 実施形態の保持力センサ 1 0 0 と同様に、大径曲板部 2 2 0 の厚さを小さくするだけで荷重測定の感度を高めることができ、精密仕上げ用のチャックの保持力測定に用い得る高感度の保持力センサを容易に得ることができる。

【 0 1 4 0 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 において、次の変形態様を用いることもできる。

【 0 1 4 1 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 は、周方向に配置された 3 つの起歪体を有しているが、これには限られない。保持力センサ 2 0 0 が有する起歪体の数は 2 つ以上の任意の数であってよく、例えば 5 個、9 個、11 個等であってよい。より具体的には例えば、周方向の寸法が第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 よりも大きい点を除いて第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 と同様の構造を有する起歪体を周方向に 2 つ配置してもよい。あるいは、周方向の寸法が第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 よりも小さい点を除いて第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 と同様の構造を有する起歪体を周方向に 4 つ以上配置してもよい。任意の数の起歪体は、周方向に等間隔に配置されてもよい。

20

【 0 1 4 2 】

n 個 (n は 2 以上の整数) の起歪体を有する保持力センサ 2 0 0 は、n 個の爪を有するチャックに対して好適に使用し得る。

30

【 0 1 4 3 】

第 2 実施形態の保持力センサ 2 0 0 においては、第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 はそれぞれ大径曲板部 2 2 0、及び第 1 扇状板部 2 2 1 ~ 第 4 扇状板部 2 2 4 を有するが、これには限られない。保持力センサ 2 0 0 の起歪部 2 2 が有する起歪体は、ベース部 2 1 により片持ち支持されて自由端を有し、且つ中心軸 X_{2 0 0} を中心とする第 1 仮想円上の被当接部、及び当該被当接部の自由端側において中心軸 X_{2 0 0} を中心とし第 1 仮想円より直径の小さい第 2 仮想円上に位置する被当接部を有する任意の形状とし得る。

【 0 1 4 4 】

具体的には例えば、第 2 実施形態の第 1 起歪体 F F 1 ~ 第 3 起歪体 F F 3 から第 4 扇状板部 2 2 4 を除いた形状を採用し得る。この場合は、第 3 扇状板部 2 2 3 の前面 2 2 3 f が自由端となり、第 3 扇状板部 2 2 3 の外面 2 2 3 o 及び第 2 扇状板部 2 2 2 の外面 2 2 2 o が被当接面となる。

40

【 0 1 4 5 】

起歪部 2 2 が有する起歪体は、角棒や丸棒を 2 回直角に折り曲げた略 Z 字状の部材や、角棒や丸棒を複数回直角に折り曲げて階段状とした部材を、ベース部 2 1 により片持ち支持した構成であってもよい。この場合は、自由端近傍の径方向外側の面が最も小さい仮想円上の被当接面として機能し、段部をまたいで固定端側の領域における径方向外側の面が次に小さい仮想円上の被当接面として機能する。段部の前面は位置合わせ面として機能する。

【 0 1 4 6 】

50

第2実施形態の起歪部22の第1起歪体FF1～第3起歪体FF3は、互いに直径が異なる3つの仮想円上に位置する3つの被当接部を有しているが、これには限られない。起歪体の軸方向に沿って設けられ、且つ互いに直径の異なる仮想円上に位置する被当接面の数は、2つ以上の任意の数とし得る。起歪体が有する被当接面の数が多いほど、保持力センサの汎用性が高まる。

【0147】

被当接面の数を増やすためには、具体的には例えば、第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の第4扇状板部224の前面に、第4扇状板部224よりも外径の小さい扇状板部の後面を接続する。これにより、当該扇状板部の外面が、中心軸X200を中心とし、第4仮想円よりも小さい直径を有する仮想円上に位置する被当接面となる。

10

【0148】

被当接面は、必ずしも保持力センサ200の中心軸X200を中心とする仮想円に沿った曲面である必要はなく、起歪体の形状に応じた任意の態様とし得る。例えば各棒を折り曲げた形状の起歪体を備える態様では、被当接面は径方向に直交して延びる平坦面である。即ち被当接面は、測定対象のチャックの爪が当接し得る任意の態様とし得る。例えば被当接面が平坦面である場合は、その一部又は中心部が仮想円上にある場合に、当該被当接面が仮想円上にあるとみなし得る。

【0149】

なお、上記の通り、チャックの爪は一般的に、チャックの中心軸回りに等間隔で配置されている。したがって、保持力センサ200の複数の起歪体が有する被当接面も、保持力センサ200の中心軸X200を中心とする仮想円に沿って等間隔で配置されていてもよい。

20

【0150】

起歪体がどのような形状である場合も、測定用ひずみゲージGが取り付けられた領域において起歪体の径方向の厚さを、当該起歪体の他の領域における厚さよりも小さくすることにより、保持力測定の感度を高めることができる。

【0151】

第2実施形態の保持力センサ200においては、第1起歪体FF1～第3起歪体FF3のそれぞれに測定用ひずみゲージGが取り付けられているが、これには限られない。測定用ひずみゲージGを第1起歪体FF1～第3起歪体FF3の少なくとも1つに取り付けた態様を用いることもできる。同様に、n個（nは2以上の整数）の起歪体を有する保持力センサ200において、少なくとも1つの起歪体にひずみゲージGを貼り付けてもよい。この場合も、把持力の強弱を容易に且つ高い信頼性をもって求めることができる。

30

【0152】

第2実施形態の保持力センサ200において、温度補償用ひずみゲージCGを省略してもよい。

【0153】

上記の各態様は、互いに矛盾が生じない限り、組み合わせて適用し得る。例えば、第2実施形態の保持力センサ200と第1実施形態のリングアダプタ500とを組み合わせて保持力センサユニットを構成してもよい。

40

【0154】

上記の説明では、チャックの例としてコレットチャック及びダイアフラムチャックに言及したが、チャックはこれらには限られない。例えばスクロールチャックであってもよい。

【0155】

本発明の特徴を維持する限り、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含まれる。

【符号の説明】

【0156】

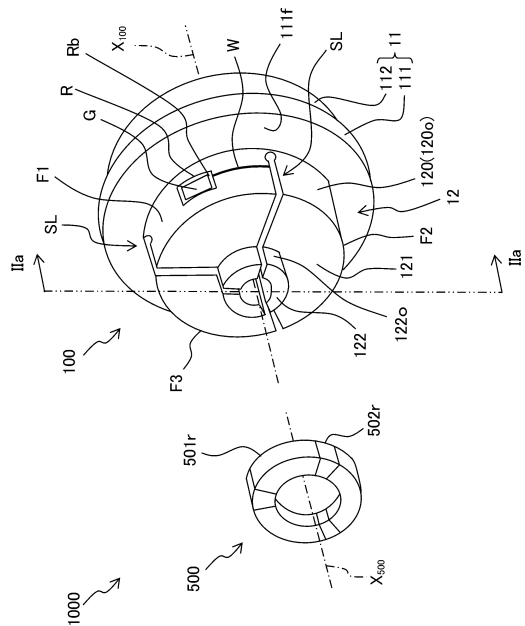
11, 21 ベース部、21, 22 起歪部、100, 200 保持力センサ、1000

50

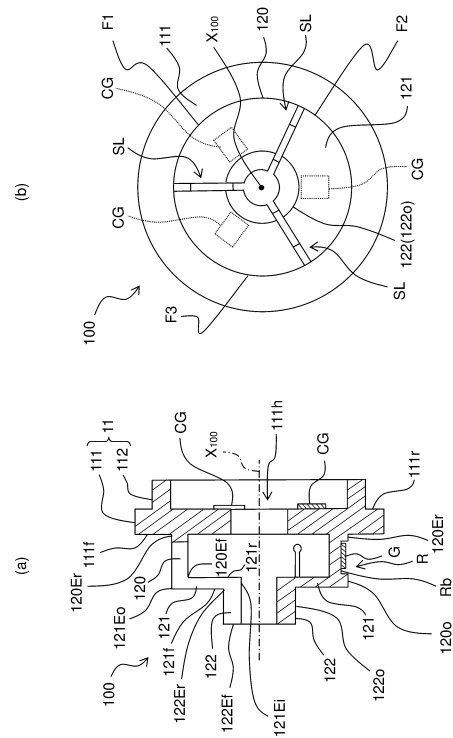
保持力センサユニット、 2 0 0 0 コレットチャック、 2 0 0 1 ダイアフラムチャック、
F 1 , F 2 , F 3 , F F 1 , F F 2 , F F 3 起歪体、 G 測定用ひずみゲージ、 C G 温
度補償用ひずみゲージ

【図面】

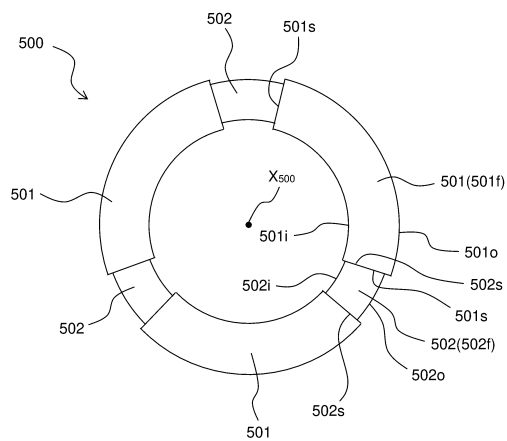
【図 1】



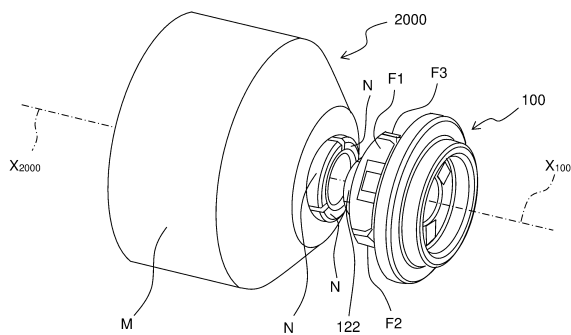
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

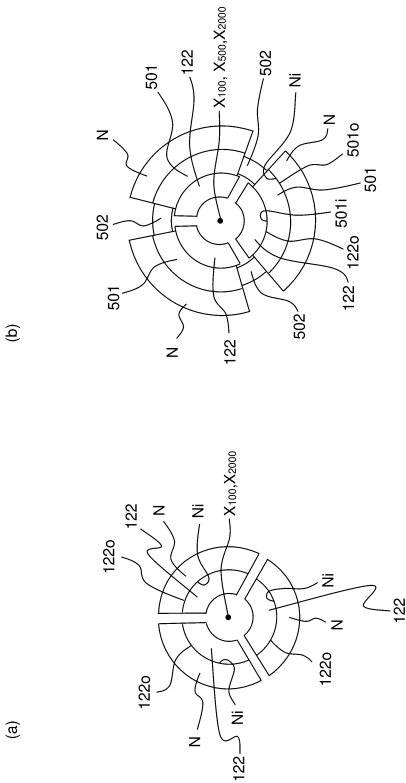
20

30

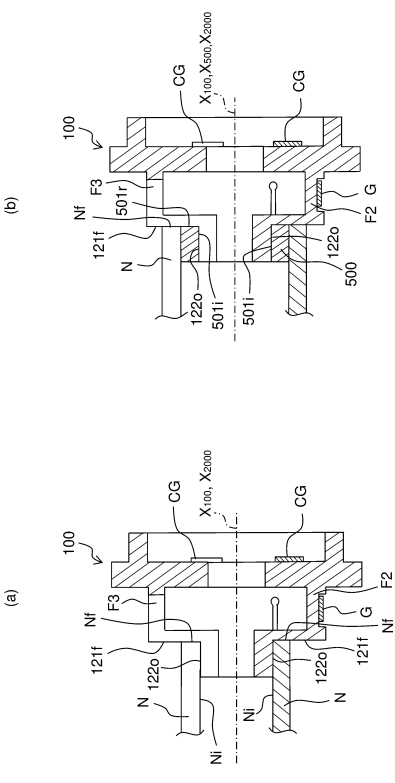
40

50

【図 5】



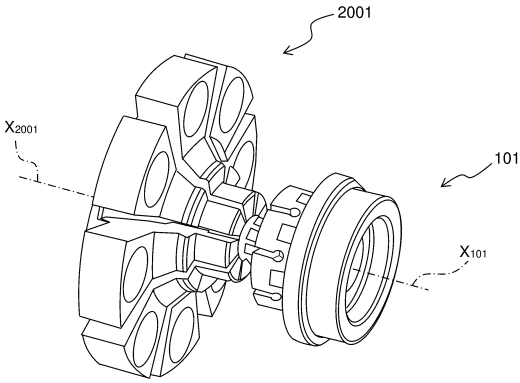
【図 6】



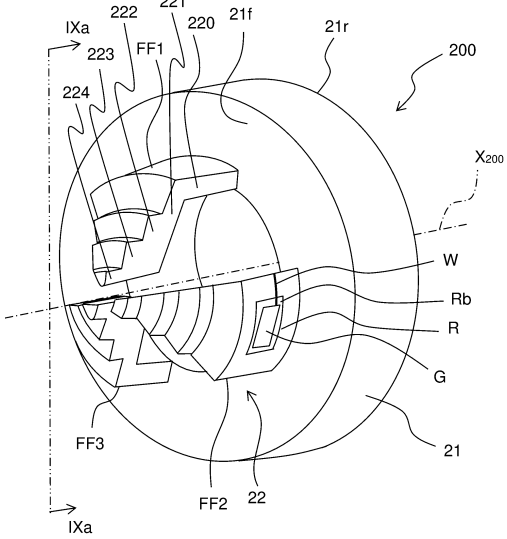
10

20

【図 7】



【図 8】

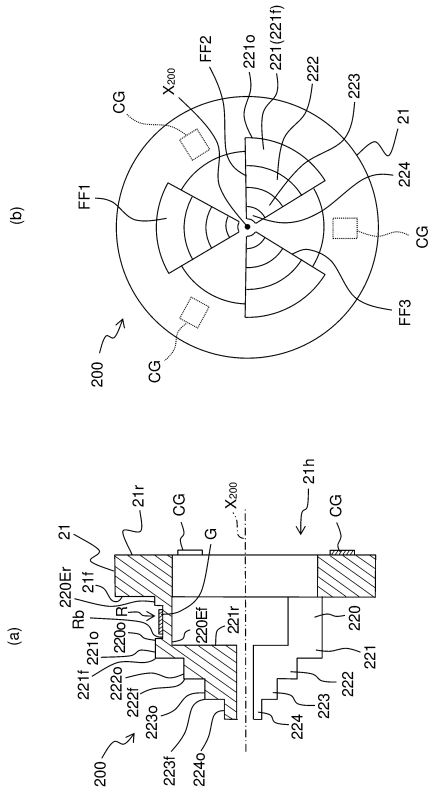


30

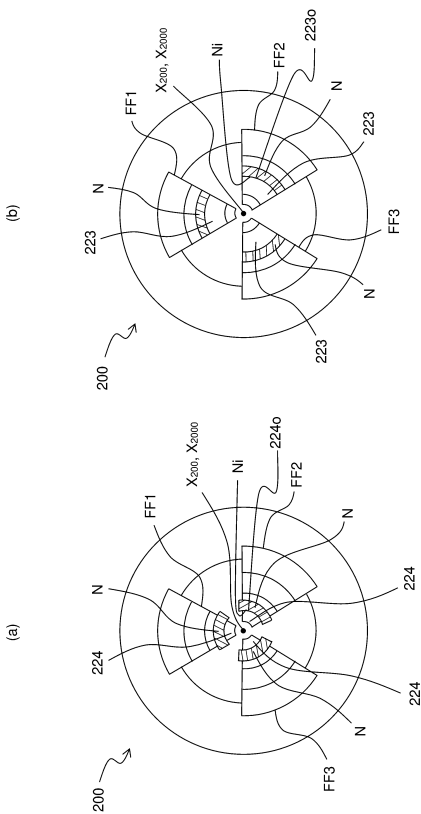
40

50

【図 9】



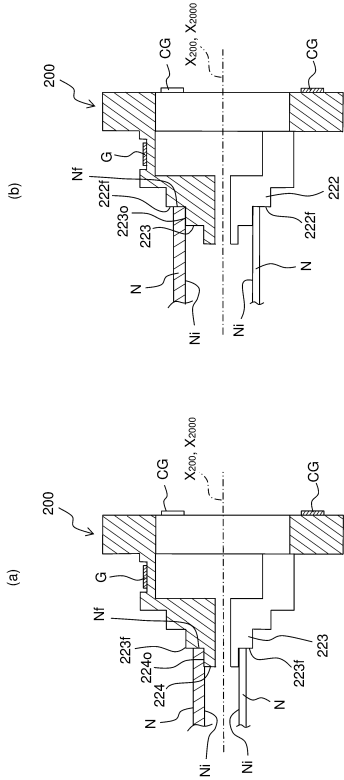
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 2 1 6 9 9 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 0 0 3 6 4 2 (U S , A 1)
 特開平 7 - 3 0 8 8 0 8 (J P , A)
 実開平 6 - 2 2 9 4 1 (J P , U)
 特開 2 0 0 3 - 3 3 4 7 2 9 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 7 / 1 1 5 4 1 5 (W O , A 1)
 実開平 3 - 4 0 0 0 6 (J P , U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 1 L 5 / 0 0 , 1 / 2 2
 B 2 3 B 3 1 / 0 0 - 3 1 / 0 8
 B 2 3 Q 1 7 / 0 0