

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6180018号
(P6180018)

(45) 発行日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)

(24) 登録日 平成29年7月28日 (2017. 7. 28)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 M 13/02 (2006. 01) GO 1 M 13/02
GO 1 B 5/20 (2006. 01) GO 1 B 5/20 C

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-143836 (P2013-143836)	(73) 特許権者	000238360
(22) 出願日	平成25年7月9日 (2013. 7. 9)		武威精密工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-17840 (P2015-17840A)		愛知県豊橋市植田町字大膳 3 9 番地の 5
(43) 公開日	平成27年1月29日 (2015. 1. 29)	(74) 代理人	100067356
審査請求日	平成28年5月11日 (2016. 5. 11)		弁理士 下田 容一郎
		(74) 代理人	100160004
			弁理士 下田 憲雅
		(74) 代理人	100120558
			弁理士 住吉 勝彦
		(74) 代理人	100148909
			弁理士 瀧澤 匡則
		(74) 代理人	100161355
			弁理士 野崎 俊剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歯車検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平行に配置されたマスタギヤと検査ギヤを各々の軸を中心に回転させて前記検査ギヤの検査を行う歯車検査装置であって、

前記マスタギヤの軸と前記検査ギヤの軸との軸間距離を計測する距離計測手段と、

前記軸間距離について、所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) を求める値探索手段と、

前記所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) の差分 (Δ LL) を求める差分算出手段と、

この差分算出手段により算出された差分 (Δ LL) のうち、最小値 (min Δ LL) を特定する最小値特定手段と、

その特定された前記最小値 (min Δ LL) を当該検査ギヤの誤差推定値とし、前記差分算出手段により算出された差分 (Δ LL) から前記誤差推定値を減算して打痕判定値を決定する判定値決定手段と、

前記打痕判定値に基づいて打痕の有無を判定する判定手段と、を備えることを特徴とする歯車検査装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の歯車検査装置は、

前記検査ギヤと同形であるが、前記検査ギヤより高い精度で仕上げられたモニターギヤ

に基づいて得られるOBD（オーバーボールダイヤメーター）基準値を取得すると共に、前記マスタギヤの軸と前記モニターギヤの軸との軸間距離を測定し得られた測定値から所定歯数毎の最小値を取得するモニターギヤ値取得手段を備え、

前記モニターギヤ値取得手段により取得される前記OBD基準値と、前記モニターギヤ値取得手段により取得される前記所定歯数毎の最小値の平均値（Ms）と、前記値探索手段により求めた前記最小値（minLL）の平均値（Ma）と、を用いて、オーバーボールダイヤメーターを判定することを特徴とする歯車検査装置。

【請求項3】

請求項1又は請求項2記載の歯車検査装置は、前記値探索手段により求めた所定歯数毎の最小値（minLL）の中から、最大値と最小値を特定し、特定した前記最大値と前記最小値の差から歯振れを判定することを特徴とする歯車検査装置。

【請求項4】

平行に配置されたマスタギヤと検査ギヤを各々の軸を中心に回転させて前記検査ギヤの検査を行う歯車検査装置であって、

前記マスタギヤの軸と前記検査ギヤの軸との軸間距離を計測する距離計測手段と、

前記軸間距離について、所定歯数毎の最大値（maxLL）と最小値（minLL）を求める値探索手段と、

前記所定歯数毎の最大値（maxLL）と最小値（minLL）の差分（ΔLL）を求める差分算出手段と、

この差分算出手段により算出された差分（ΔLL）のうち、最小値（minΔLL）を特定する最小値特定手段と、

その特定された最小値（minΔLL）を当該検査ギヤの誤差推定値とし、前記誤差推定値を前記差分（ΔLL）から減算するか否かを選択する選択手段と、

前記選択手段で減算することが選択されたときには前記差分算出手段により算出された差分（ΔLL）から前記誤差推定値を減算して打痕判定値を決定し、前記選択手段で減算することが選択されないときには前記差分算出手段により算出された差分（ΔLL）から打痕判定値を決定する判定値決定手段と、

前記打痕判定値に基づいて打痕の有無を判定する判定手段と、を備えることを特徴とする歯車検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、両歯面噛合式と呼ばれる歯車検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図20に示すように、ギヤ100は、複数（この例では10であるが、数は任意である。）の歯101が等ピッチで並べられた機械部品である。ピッチ円102が主要な寸法であり、このピッチ円102に沿った歯101の厚さが歯厚Tと定義され、隣り合う歯101、101の間の溝が歯溝と定義され、この歯溝の幅Wも重要な寸法の一つとなる。

【0003】

図20の21部拡大図である図21に示すように、歯101に打痕103が認められることがある。この打痕103は、ギヤ100を運搬する過程でギヤ100同士が衝突することや、歯101が治具や工具に当たることなどの要因で発生する。

【0004】

歯101が局部的に打たれると窪みが発生すると共に窪みの周囲が盛り上がる。よって、打痕103は、凹部104と、この凹部104の縁に形成される凸部105とからなる。この凸部105が一定以上の高さになると問題が生じる。

【0005】

すなわち、図示せぬ相手歯車が噛合うときに、相手歯車の歯面が本来、想像線で示す歯面106に面接触するところ、凸部105に点接触するため大きな音（異音）が発生する

10

20

30

40

50

。

そのため、凸部 105 を研削して平坦にする対策が講じられる。対策を講じる前に、打痕 103 の有無を検査する必要がある。

【0006】

また、歯車の精度評価要素として、OBD（オーバースボールダイアメーター）や、歯振れが知られている。

図 22 に示すように、ギヤ 100 に対応する径のボール 107、108 を歯溝に嵌め、ボール 107、108 の外面同士の寸法 D を測る。この寸法 D が OBD と定義される。歯 101 が切削加工される場合、多めに削ると歯溝が大きくなって、ボール 107、108 が進入し、結果、OBD が小さくなる。逆に、少なめに削ると OBD が大きくなる。

10

【0007】

予め定めた OBD 標準値と、測定から得た OBD との差が許容内であれば合格、許容外であれば不合格となる。

【0008】

ところで、OBD は合格であるが、OBD の中点 Dc がギヤ 100 の回転中心から δ だけ外れることがある。軸中心がピッチ円 102 の中心からずれている場合にも同様の現象が起こる。これらを「歯振れ」と呼ぶ。

以上に説明した OBD と歯振れは、実用的には次のように定義される。

【0009】

【表 1】

20

名 称	基礎データ	定 義
OBD	当該検査ギヤから得た複数の OBD 測定値	OBD 測定値の平均値を OBD とする
歯振れ	当該検査ギヤから得た複数の OBD 測定値	OBD 測定値中、最大値と最小値の差を歯振れとする

【0010】

以上に説明した打痕の有無検査と OBD 特定検査と歯振れ特定検査を、個別に実施すると検査工数が嵩む。対策として、マスタギヤを用いて行う歯車検査装置が提案される（例えば、特許文献 1（図 2、図 7、図 8）参照。）。

30

【0011】

特許文献 1 の図 2 に示される歯車検査装置（1）（括弧付き数字は、特許文献 1 に記載された符号を示す。以下同様）では、回転自在に支持されている被測定ギヤ（13）へマスタギヤ（4）を前進させた後に噛み合わせる。被測定ギヤ（13）の歯面にマスタギヤ（4）の歯面を噛み合わせて検査する、すなわち両方の歯面を噛み合わせるため、この形式の装置は両歯面噛合式の検査装置と呼ばれる。

マスタギヤ（4）で被測定ギヤ（13）を 1 回転以上回し、その間、マスタギヤ（4）の移動量を非接触センサ部（24）で計測する。

40

【0012】

特許文献 1 の図 7 に示されるステップ 209 で、振れ波形を周波数フィルタで除去する。その後、ステップ 212 で打痕を検出する。

ここで用いる周波数フィルタの強弱で打痕成分波形の大小が変化する。よって、振れ波形を必要十分な範囲で除去できる最適な周波数フィルタの選定が困難であり、比較的工数を要する。

【0013】

また、OBD 特定検査や歯振れ特定検査においては、打痕成分の影響を可能な限り抑制できることが望ましい。なぜならば、OBD や歯振れが正常であるが打痕が有る製品については、打痕をやすりで削るなどの修正作業により正常品にすることができるからである

50

。よって、OBD特定検査や歯振れ特定検査では、打痕成分を除去できるような周波数フィルタ、すなわち、打痕検査とは異なる周波数フィルタを選定する必要があり、さらに工数を要する。

【0014】

よって、検査の信頼性を保ちつつ周波数フィルタを必要としない歯車検査装置が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開平10-300409号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明は、周波数フィルタを必要としない歯車検査装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

請求項1に係る発明は、平行に配置されたマスタギヤと検査ギヤを各々の軸を中心に回転させて前記検査ギヤの検査を行う歯車検査装置であって、

前記マスタギヤの軸と前記検査ギヤの軸との軸間距離を計測する距離計測手段と、

前記軸間距離について、所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) を求める値探索手段と、

20

前記所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) の差分 (Δ LL) を求める差分算出手段と、

この差分算出手段により算出された差分 (Δ LL) のうち、最小値 (min Δ LL) を特定する最小値特定手段と、

その特定された前記最小値 (min Δ LL) を当該検査ギヤの誤差推定値とし、前記差分算出手段により算出された差分 (Δ LL) から前記誤差推定値を減算して打痕判定値を決定する判定値決定手段と、

前記打痕判定値に基づいて打痕の有無を判定する判定手段と、を備えることを特徴とする。

30

【0019】

請求項2に係る発明では、検査ギヤと同形であるが、検査ギヤより高い精度で仕上げられたモニターギヤに基づいて得られるOBD（オーバーボールダイヤメーター）基準値を取得すると共に、マスタギヤの軸とモニターギヤの軸との軸間距離を測定し得られた測定値から所定歯数毎の最小値を取得するモニターギヤ値取得手段を備え、

モニターギヤ値取得手段により取得されるOBD基準値と、モニターギヤ値取得手段により取得される所定歯数毎の最小値の平均値 (Ms) と、値探索手段により求めた最小値 (min LL) の平均値 (Ma) と、を用いて、オーバーボールダイヤメーターを判定することを特徴とする。

【0020】

40

請求項3に係る発明では、値探索手段により求めた所定歯数毎の最小値 (min LL) の中から、最大値と最小値を特定し、特定した最大値と最小値の差から歯振れを判定することを特徴とする。

【0021】

請求項4に係る発明では、平行に配置されたマスタギヤと検査ギヤを各々の軸を中心に回転させて前記検査ギヤの検査を行う歯車検査装置であって、

前記マスタギヤの軸と前記検査ギヤの軸との軸間距離を計測する距離計測手段と、

前記軸間距離について、所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) を求める値探索手段と、

前記所定歯数毎の最大値 (max LL) と最小値 (min LL) の差分 (Δ LL) を求

50

める差分算出手段と、

この差分算出手段により算出された差分（ $\Delta L L$ ）のうち、最小値（ $\min \Delta L L$ ）を特定する最小値特定手段と、

その特定された最小値（ $\min \Delta L L$ ）を当該検査ギヤの誤差推定値とし、前記誤差推定値を前記差分（ $\Delta L L$ ）から減算するか否かを選択する選択手段と、

前記選択手段で減算することが選択されたときには前記差分算出手段により算出された差分（ $\Delta L L$ ）から前記誤差推定値を減算して打痕判定値を決定し、前記選択手段で減算することが選択されないときには前記差分算出手段により算出された差分（ $\Delta L L$ ）から打痕判定値を決定する判定値決定手段と、

前記打痕判定値に基づいて打痕の有無を判定する判定手段と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0022】

請求項1に係る発明では、距離計測手段で取得した波形（生波形）を、値探索手段で所定歯数毎に最大値の矩形波形と最小値の矩形波形に変換し、差分算出手段で最大値と最小値の差を求める。この差を判定値決定手段で判定値に変換した後、判定手段により打痕の有無を判定する。これにより、表面粗さやノイズ等の誤差成分の影響を抑制し、検査の信頼性が得られる。

本発明により、周波数フィルタを必要としない歯車検査装置が提供される。

【0023】

20

加えて、判定値決定手段で、差分算出手段により算出された差分から誤差推定値を減算するため、各ギヤ固有の誤差の影響を除去して打痕判定ができる。

【0024】

さらに加えて、請求項1に係る発明では、差分算出手段により算出された差分のうち、最小値を誤差推定値として決定する。歯毎に算出した差分の最小値は、検査ギヤの歯の多くに共通して含まれる誤差成分の大きさに相関すると考えられる。これを誤差推定値とすることで、打痕しきい値に対する判定を厳しくし、検査の精度を向上できる。

【0025】

請求項2に係る発明では、値探索手段により求めた最小値を用いて、オーバーボールダイヤメーターを判定する。

30

打痕検査の際に、オーバーボールダイヤメーターも調べることができる。打痕検査とOBD検査を別々に行う場合に比べ、本発明によれば、検査工数及び検査費用を低減することができる。

最小値には、打痕成分が含まれない。打痕の有無で、OBDが変化する心配が無く、OBD検査の信頼性が高まる。

【0026】

請求項3に係る発明では、値探索手段により求めた最小値を用いて、歯振れを判定する。

打痕検査の際に、歯振れをも調べることができる。打痕検査と歯振れ検査を別々に行う場合に比べ、本発明によれば、検査工数及び検査費用を低減することができる。

40

最小値には、打痕成分が含まれない。打痕の有無で、歯振れが変化する心配が無く、歯振れ検査の信頼性が高まる。

【0027】

請求項4に係る発明では、誤差推定値を差分から減算するか否かを選択する選択手段を備える。選択手段を設けたことにより、誤差推定値を用いた処理と、用いない処理とが自由に選択でき、歯車検査装置の使い勝手がよくなる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明に係る歯車検査装置の断面図である。

【図2】本発明に係る歯車検査装置の平面図である。

50

【図 3】 検査ギヤを計測したときの軸間距離の波形図である。

【図 4】 図 3 を加工して得た最小値 $\min L L n$ の矩形波形図である。

【図 5】 図 3 を加工して得た最大値 $\max L L n$ の矩形波形図である。

【図 6】 図 4 と図 5 を合成した波形図である。

【図 7】 図 6 から作成した $\Delta L L n$ の波形図である。

【図 8】 図 7 を加工した $(\Delta L L n - \min \Delta L L)$ の波形図である。

【図 9】 人為的に打痕を付した検査ギヤの正面図である。

【図 10】 当該検査ギヤの打痕に係る合否判定を説明する図である。

【図 11】 別の検査ギヤの打痕に係る合否判定を説明する図である。

【図 12】 当該検査ギヤに存在する歯振れの大きさを示す波形図である。

10

【図 13】 モニターギヤとボールを説明する図である。

【図 14】 (a) はモニターギヤを計測したときの軸間距離波形図、(b) は (a) を加工して得た最小値 $\min L L n$ の矩形波形図、(c) は当該検査ギヤでの最小値 $\min L L n$ の矩形波形図である。

【図 15】 打痕検査のフロー図である。

【図 16】 打痕検査のフロー図である。

【図 17】 モニターギヤの歯振れを特定するフロー図である。

【図 18】 当該検査ギヤの歯振れを特定するフロー図である。

【図 19】 当該検査ギヤの O B D を特定するフロー図である。

【図 20】 従来技術の説明に用いるギヤの正面図である。

20

【図 21】 図 20 の 21 部拡大図である。

【図 22】 O B D の測定法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明の実施の形態を添付図に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。

【実施例】

【0030】

図 1 に示すように、歯車検査装置 10 は、装置ベース 11 と、この装置ベース 11 上に敷設されるレール 12 と、このレール 12 に移動自在に嵌められるスライダ 13、14 と、このスライダ 13、14 で支えられる移動台 15 と、この移動台 15 から上に延ばされる筒体 16 と、この筒体 16 に軸受 17、18 を介して鉛直向きに取付けられマスタギヤ 19 を支えるマスタギヤ支軸 21 と、移動台 15 から下へ延ばされるブラケット 22 と、このブラケット 22 に取付けられマスタギヤ支軸 21 を回すマスタギヤ回転手段 23 と、装置ベース 11 の一端に取付けられピストンロッド 24 が筒体 16 に向かって伸びるマスタギヤ移動手段 25 と、ピストンロッド 24 の先端に取付けられ筒体 16 に向かって伸びるロッド 26 と、このロッド 26 を移動台 15 に繋ぐアイプレート 27 と、筒体 16 に平行になるように装置ベース 11 の他端から上に延ばされる支持台 28 と、この支持台 28 に取付けられ検査ギヤ 29 を支える検査ギヤ支軸 31 とを備える。

30

【0031】

アイプレート 27 は、文字通り、穴 32 を有するプレートである。ロッド 26 は穴 32 より小さな外径の棒材であって、先端に鉤状のストッパ 33 を備え、基部に鉤状のばね受け 34 を備える。ばね受け 34 とアイプレート 27 の間にばね 35 が嵌められる。

40

【0032】

マスタギヤ回転手段 23 はサーボモータが好適であり、マスタギヤ移動手段 25 はサーボシリンダが好適である。

【0033】

検査ギヤ支軸 31 は検査ギヤ 29 を回転自在に支持するものの移動はしない。

マスタギヤ支軸 21 はマスタギヤ 19 を支えながらマスタギヤ回転手段 23 により回転する。その上で、レール 12 に沿ってスライダ 13、14 が移動可能であるため、マスタ

50

ギヤ支軸 21 はレール 12 に沿って移動可能とされる。

【0034】

歯車検査装置 10 では、検査ギヤ 29 を交換しながら検査を実施する。

検査の際は、マスタギヤ移動手段 25 でばね受け 34 が所定位置に保たれる。すると、ばね受け 34 を支点とするばね 35 がアイプレート 27 を押す。アイプレート 27 は移動台 15 に繋がっているため、筒体 16 及びマスタギヤ支軸 21 を介して検査ギヤ 29 にマスタギヤ 19 が所定の力（噛合力）で噛合う。

【0035】

マスタギヤ回転手段 23 によりマスタギヤ 19 を 1 回転程度回すと、検査ギヤ 29 が連れ回って 1.5 ～ 2 回転程度回る。

10

この回転の際に、軸間距離 L が僅かであるが変動する。ばね 35 が伸縮するため、軸間距離 L の変動は妨げられない。

【0036】

また、検査ギヤ 29 を交換するときは、マスタギヤ回転手段 23 を停止状態にし、マスタギヤ移動手段 25 を作動させてピストンロッド 24 を後退させる。すると、ストッパ 33 がアイプレート 27 に当たり、移動台 15 がマスタギヤ移動手段 25 側に引き寄せられる。結果、検査ギヤ 29 からマスタギヤ 19 が離れる。この状態で検査ギヤ支軸 31 から検査ギヤ 29 を外し、次の検査ギヤ 29 を検査ギヤ支軸 31 に嵌める。マスタギヤ移動手段 25 でピストンロッド 24 を前進させ、検査に移行する。

【0037】

20

次に、軸間距離 L の計測法を説明する。

図 2 に示すように、レール 12 と直交するようにして移動台 15 に突起部 37 を設ける。また、装置ベース 11 に距離計測手段 38 を設ける。この距離計測手段 38 で突起部 37 までの距離 a を常に計測する。距離計測手段 38 は、投光素子と受光素子を内蔵し、反射光の受光位置から幾何学的に距離を割り出す非接触式光電距離センサが好適であるが、他の形式の距離センサであっても良い。マスタギヤ 19 と検査ギヤ 29 の噛合により、マスタギヤ 19 が検査ギヤ 29 に対して接近又は離間する。この移動に伴って、距離 a が変化する。

【0038】

一方、マスタギヤ 19 と突起部 37 は共に移動台 15 に載っているため、マスタギヤ 19 の軸中心から突起部 37 までの距離 B は一定である。

30

同様に、検査ギヤ 29 と距離計測手段 38 は共に装置ベース 11 に載っているため、検査ギヤ 29 の軸中心から距離計測手段 38 までの距離 C は一定である。

$L + B = C + a$ である。L について求めると、 $L = a + (C - B)$ となる。B と C は既知値であるため、変数 a が距離計測手段 38 で特定されると、変数 L が求められる。以上により、軸間距離 L が求まる。

【0039】

距離計測手段 38 には、値探索手段 41 と差分算出手段 42 と選択手段 43 と判定値決定手段 44 と判定手段 45 が、この順で接続され、距離計測手段 38 で取得した距離情報を順次処理する。これらの処理の詳細は後述する。

40

【0040】

ある検査ギヤ 29 を、マスタギヤ 19 に噛合せて取得した距離 L の波形図を図 3 に示す。この例では、30 歯分の波形が描かれている。例えば、1 歯当たり 67 個のデータを取得すると、 $30 \times 67 = 2010$ の計算により、横軸目盛りの最大が 2010 となる。横軸目盛りの始点が 1 であり、この始点から 2、3 のようにテータ番号が増加し、2010 に至る。

【0041】

この波形図に、最大値処理及び最小値処理を施す。

【0042】

【 0 0 4 3 】

40

【 0 0 4 4 】

50

さらに、1個ずらして、データ番号(3~69)を1つの群とし、(L3...L69)中、最大値を $\max L L 3$ 、最小値を $\min L L 3$ とする。

このようにして、最大値 $\max L L n$ 及び最小値 $\min L L n$ (なお、 $n=1, 2, 3, \dots, 2010$)を求める。

【0045】

ただし、 $n=1944 \sim 2010$ では、データが不足するため、データ番号2010の次にデータ番号1~66を再掲する。

例えば、データ番号(2010、1、2、3~66)を1つの群とし、(L2010、L1、L2...L66)中、最大値を $\max L L 2010$ 、最小値を $\min L L 2010$ とする。

10

【0046】

また、検査ギヤの回転を1回転超にして、最大のデータ番号を2076としてもよい。この場合は、データ番号(2010、2011、2012~2076)を1つの群とし、(L2010、L2011、L2012...L2076)中、最大値を $\max L L 2010$ 、最小値を $\min L L 2010$ とする。

以上により、最大値 $\max L L n$ 及び最小値 $\min L L n$ が特定できる。

【0047】

なお、上記例では、1歯(67データ)を1つの群としたが、2歯(134データ)や3歯(201データ)を1つの群とすることは差し支えない。波形の形態に応じて、歯数を選ぶことが推奨される。選ばれた歯数を「所定歯数」と呼ぶ。

20

【0048】

最小値 $\min L L n$ のグラフを図4に示す。すなわち、 $\min L L 1$ 、 $\min L L 2$ 、 $\min L L 3$ 、... $\min L L 2010$ の点を繋ぐと矩形波形図が得られる。

最大値 $\max L L n$ のグラフを図5に示す。すなわち、 $\max L L 1$ 、 $\max L L 2$ 、 $\max L L 3$ 、... $\max L L 2010$ の点を繋ぐと矩形波形図が得られる。

【0049】

図4に図5を重ねたグラフを図6に示す。横軸目盛りで1における最大値と最小値の差を $\Delta L L 1$ 、横軸目盛りで2010における最大値と最小値の差を $\Delta L L 2010$ と定義する。

【0050】

30

最大値と最小値の差 $\Delta L L n$ のグラフを図7に示す。すなわち、横軸目盛りで1における縦軸目盛りが $\Delta L L 1$ であり、横軸目盛りで2010における縦軸目盛りが $\Delta L L 2010$ である。打痕が大きいほど、図7に示す矩形波形図の波高さが大きくなることが予測される。

【0051】

この $\Delta L L n$ を、打痕しきい値 y と比較することで、打痕の有無を判定することは可能である。しかし、図7に示す矩形波形は、加工精度の良否で増減する。加工精度と打痕は別ものであるから、加工精度の要素を除くことが望まれる。

【0052】

次に、加工精度の要素を除く手法を次に説明する。

40

$\Delta L L n$ 中、最小値を $\min \Delta L L$ とする。この $\min \Delta L L$ は、検査ギヤ個々の表面粗さに相当する。すなわち、ギヤの加工精度はカッタの切れ味、摩耗、熱変形や、加工装置自体の熱変形、振動等、前工程の影響を受ける。これらの影響は加工されるギヤ毎に異なる。 $\min \Delta L L$ を、各検査ギヤ固有の誤差、すなわち誤差推定値と見なすことができる。

【0053】

($\Delta L L n - \min \Delta L L$)とすることで、加工精度の要素を除くことができる。結果、図8に示すグラフが得られる。

【0054】

この図8に示す波形の波高さを、打痕しきい値と比較することで打痕の有無を予測する

50

ことができる。その前提として、打痕しきい値を定める必要があり、その決め方の一例を次に説明する。

【0055】

図9に示すように、歯47に打痕48が存在する検査ギヤ29Bを相手ギヤに噛合せて回したところ、周期的に異音が発生した。すなわち、検査ギヤ29Bは修正を要する打痕48を有するギヤ、すなわち不合格品である。

この検査ギヤ29Bを図示しない形状測定器で測定し、打痕の高さを測定した。

【0056】

形状測定器で測定した打痕の高さよりも小さい値を、打痕しきい値 y として設定することができる。すなわち、形状測定器で測定した図9の打痕の高さは打痕しきい値 y を超えるため「不合格」（打痕あり）と判定することができる。

10

【0057】

図10は、図8に打痕しきい値 y を加えたグラフであり、矩形波形の全てが打痕しきい値 y 以下であるため「合格」と判定される。

図2の歯車検査装置10で、検査ギヤ29を替えながら、当該検査ギヤにつき図8に示すような波形を得、波高さを打痕しきい値 y と比較することで、当該検査ギヤの打痕の有無を判定することができる。

【0058】

1個の検査ギヤ29において、複数箇所の打痕が存在することはありうる。

20

この場合は、図11に示すような波形図が得られ、打痕しきい値 y と比較することで、打痕の数（この例では2箇所）と、横軸の目盛りを調べることで打痕の位置が特定できる。

【0059】

次に、検査ギヤにおける歯振れの計測法を説明する。

図6を参照すると、歯振れは、波形のうねりとなって現れることが予想される。ただし、打痕が存在すると、波形のうねりが顕著になる。すなわち、打痕の有無が歯振れに影響を及ぼす。しかし、打痕の存在は歯振れとは無関係である。図6に注目すると、最小値の波形には打痕の要素が含まれないことが分かる。そこで、歯振れの評価は、最小値のみで行うことにする。

30

【0060】

図12は、図4と同じ図である。波形のうねりの大きさが、歯振れと見なせる。そこで、最小値 $\min L_n$ 中、最大値と最小値を見つけ、高低差の最大値 H を特定し、これを歯振れと特定する。

【0061】

次に、検査ギヤのOBD（オーバーボールダイヤメーター）の計測法を説明する。

図13（a）に示すように、モニターギヤ50を準備する。このモニターギヤ50は、検査ギヤ（図2、符号29）と同形の（モジュール及びピッチ円が同じ）ギヤであるが、検査ギヤより格段に高い精度で仕上げられた特別のギヤである。

【0062】

40

図13（b）に示すように、モニターギヤ50の歯溝に、ボール51、51を嵌める。ボール51、51の外面同士の寸法 D を測る。好ましくは複数箇所計測し、計測値を平均する。得られた値が「OBD基準値」である。

【0063】

図13（a）に示すモニターギヤ50を歯車検査装置10に掛けて距離 L を測定する。得られた波形図を図14（a）に示す。

この波形に、図4と同じ処理を施す。すなわち、波形の最小値について処理する。得られた矩形波形図は図14（b）に示す。この矩形波形図から得られた平均値を M_s とする。

【0064】

50

図14(c)は図4の再掲図である。この波形図から得られる平均値を M_a とする。

値 M_a は、検査ギヤに基づく値であり、図14(b)での値 M_s は、モニターギヤに基づくものである。図13(b)で説明したように、モニターギヤのOBDが、「OBD基準値」である。

【0065】

当該検査ギヤのOBDは、「OBD基準値」+ ($M_a - M_s$) の式で求めることができる。ここで、検査ギヤ毎に M_a が変化する。一方、検査ギヤに関係なく、モニターギヤから求めた「OBD基準値」及び M_s は一定である。すなわち、変数 M_a により、当該検査ギヤのOBDが特定される。

【0066】

本発明の歯車検査装置を用いて実施する検査の手順をフロー図に基づいて説明する。

図15に示すように、まず、ST(ステップ番号)01で、打痕しきい値 y を読み出す。例えば、図9に示すようにして値 y を機種毎に予め決め、図示しない記憶媒体に記憶しておき、ST01では、検査ギヤの機種の値 y を記憶媒体から読み出す。

【0067】

次に、検査ギヤを歯車検査装置にセットし(ST02)、マスタギヤで検査ギヤを一回転以上回し、軸間距離 L を計測し、保存する(ST03)。

【0068】

図3に示す波形図から、図4に示す最小値 $\min L_n$ に係る矩形波形図を作成する(ST04)。なお、波形図は、理解を促すためのものであって、図形化することなく、数値データで処理することは差し支えない。以下同様。

【0069】

歯振れ検査を実行し(ST05)、OBD検査を実行し(ST06)、ST07に進む。なお、歯振れ検査、OBD検査については、図18、図19を参照して後述する。

図3に示す波形図から、図5に示す最大値 $\max L_n$ に係る矩形波形図を作成する(ST07)。

【0070】

図16にて、 $\Delta L_n = \max L_n - \min L_n$ の演算を行う(ST08)。次に、加工精度の要素を除くか否かを選択する(ST09)。YES、すなわち、加工精度の要素を除く必要があれば、図7を参照するなどして、 ΔL_n 中の最小値 $\min \Delta L$ を特定する(ST10)。この $\min \Delta L$ は誤差推定値に相当する。

ST11で、 $\Delta L_n - \min \Delta L$ の演算を行う。この $\Delta L_n - \min \Delta L$ が打痕判定値となる。

ST12で、打痕判定値($\Delta L_n - \min \Delta L$)が、打痕しきい値 y 以下であるか否かを調べ、以下であれば打痕検査は「合格」、超であれば「不合格」と判定される。

【0071】

検査を終了するか否かを調べ(ST13)、YESであれば打痕検査を終了し、NOであれば、検査ギヤを交換し(ST14)、ST03に戻して、打痕検査を継続する。

【0072】

なお、ST09でNOを選択すると、 ΔL_n から誤差推定値 $\min \Delta L$ を減算せず、 ΔL_n を打痕判定値とする(ST15)。コンピュータ内部の処理としては、誤差推定値 $\min \Delta L$ に「0」を設定して ΔL_n から減算した値(すなわち ΔL_n)を、打痕判定値とする。例えば、 ΔL_n に比べて誤差推定値 $\min \Delta L$ が極めて小さいことが予め判明している機種については、 ΔL_n を打痕判定値としても良い。

また、 ΔL_n をそのまま打痕判定値とする場合、前工程の加工精度による表面粗さの変動やノイズも含めて判断することができる。すなわち、これらの影響も加味した判定を行うことができる。

【0073】

図17で、検査ギヤのOBDを求めるために用いるOBD基準値と、平均値 M_s の決定方法を説明する。OBD基準値と平均値 M_s は、実際の検査に先立ち予め決定しておくものであり、決定した値は機種に対応付けて、記憶媒体に記憶しておく。まず、図13(a)に示すようなモニターギヤを準備し(ST21)、図13(b)に示すようにモニターギヤにボールを嵌めてOBDを測定し(ST22)、測定で得た複数個のOBDを平均することで、「OBD基準値」を定める(ST23)。

【0074】

ST24にて、モニターギヤを歯車検査装置にセットし、マスタギヤでモニターギヤを1回転以上回し、軸間距離 L を計測する(ST25)。

図14(a)に示す波形図から、図14(b)に示す最小値 $\min L_n$ に係る矩形波形図を作成し(ST26)、この矩形波形から平均値 M_s を求める(ST27)。この処理で決定したOBD基準値と値 M_s は、機種に対応づけて、図示しない記憶媒体に記憶する。

【0075】

図15のST05で示す歯振れ検査では図18を実行する。

すなわち、図18のST31では、図12で説明したように、最小値 $\min L_n$ 中、最大値と最小値を特定する。そして、ST32で、歯振れ $H = (\text{最大値} - \text{最小値})$ の演算を行い、歯振れ H を定める。これで当該検査ギヤの歯振れが求められる。

【0076】

図15のST06で示すOBD検査では図19を実行する。

図19のST33では、図14(c)で説明したように、最小値 $\min L_n$ から平均値 M_a を特定する。次に、ST34で、検査ギヤの $OBD = OBD\text{基準値} + (M_a - M_s)$ の式により当該検査ギヤのOBDを演算する。なお、OBD基準値は、図17のST23で定められ、 M_s は図17のST27で定められているので、演算が可能となる。

OBDまたは歯振れが予め設定された範囲外となる場合、当該検査ギヤについては不合格と判定して検査を中止する。一方、OBDおよび歯振れが予め設定された範囲内となる場合は、図15のST07へ進み、打痕検査を行う。打痕のみが不合格であれば、打痕をやすりで削るなどの修正により、正常品とすることが可能だからである。

【0077】

以上に説明した実施例から本発明は次のようにまとめることができる。

図1に示すように、マスタギヤ支軸21と検査ギヤ支軸31が平行に配置されたマスタギヤ19と検査ギヤ29を各々の軸21、31を中心に回転させて検査ギヤ29の検査を行う歯車検査装置10に係る。

そして、歯車検査装置10は、図2に示すように、マスタギヤ19の軸と検査ギヤ29の軸との軸間距離 L を計測する距離計測手段38を備える。

【0078】

歯車検査装置10は、軸間距離 L について、表2で説明したように、所定歯数(例えば67)毎の最大値(図5)と最小値(図4)を求める値探索手段(図2、符号41)を備える。

【0079】

さらに、歯車検査装置10は、所定歯数毎の最大値と最小値の差分(図7の ΔL_n)を求める差分算出手段(図2、符号42)と、この差分算出手段により算出された差分 ΔL_n のうち、少なくとも1つの差分(図7の $\min \Delta L$)を当該検査ギヤの誤差推定値とし、前記差分算出手段により算出された差分 ΔL_n から誤差推定値 $\min \Delta L$ を減算して打痕判定値(図8、 $(\Delta L_n - \min \Delta L)$)を決定する判定値決定手段(図2、符号44)と、打痕判定値に基づいて打痕の有無を判定する、すなわち、図10、図11に示すように $(\Delta L_n - \min \Delta L)$ を打痕しきい値 y に基づいて判定する判定手段(図2、符号45)を備えている。

【0080】

また、歯車検査装置10に、誤差推定値を差分から減算するか否かを選択する選択手段

10

20

30

40

50

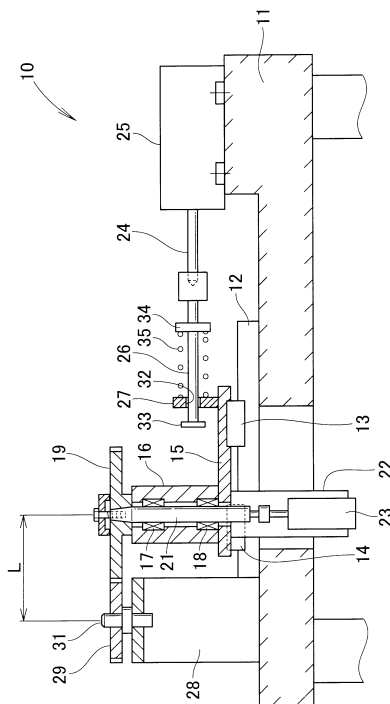
(図2、符号43)を備えるようにしてもよい。この選択手段を備えることにより、図16のST10～12、又はST15の選択が可能となる。

【符号の説明】

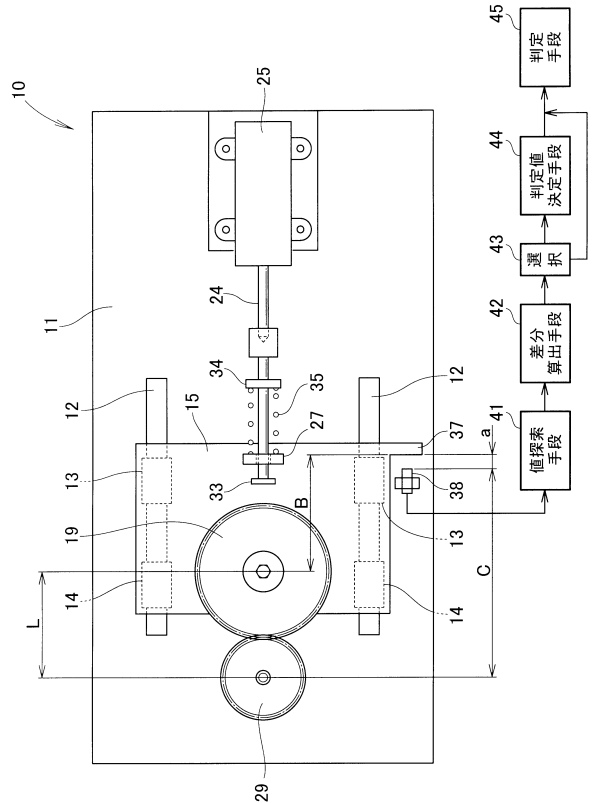
【0081】

10…歯車検査装置、19…マスタギヤ、21…マスタギヤの軸に相当するマスタギヤ支軸、29…検査ギヤ、31…検査ギヤの軸に相当する検査ギヤ支軸、39…距離計測手段、41…値探索手段、42…差分算出手段、43…選択手段、44…判定値決定手段、45…判定手段、48…打痕、50…モニターギヤ、51…ボール、L…軸間距離。

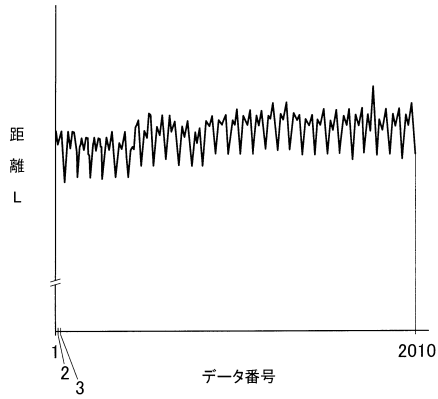
【図1】



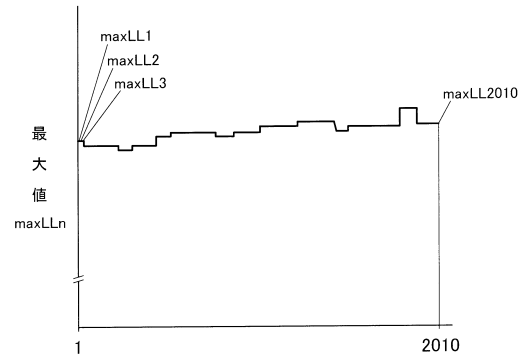
【図2】



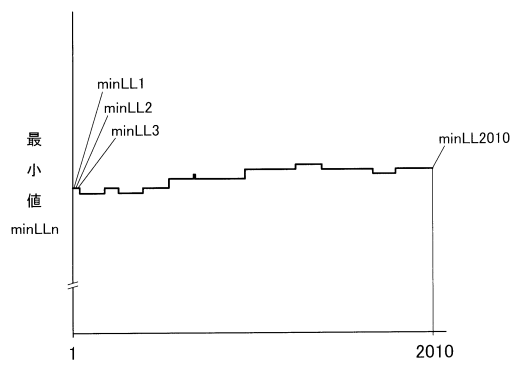
【図 3】



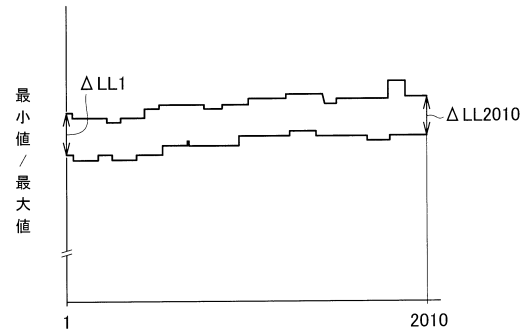
【図 5】



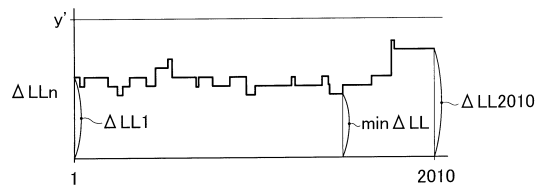
【図 4】



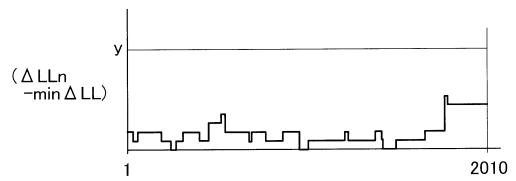
【図 6】



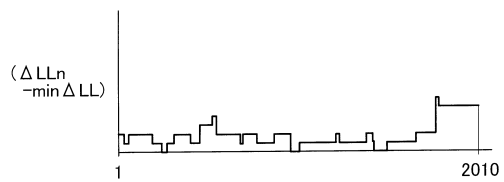
【図 7】



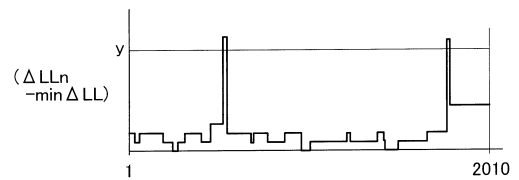
【図 10】



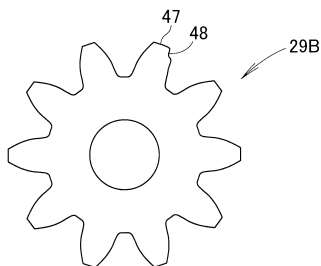
【図 8】



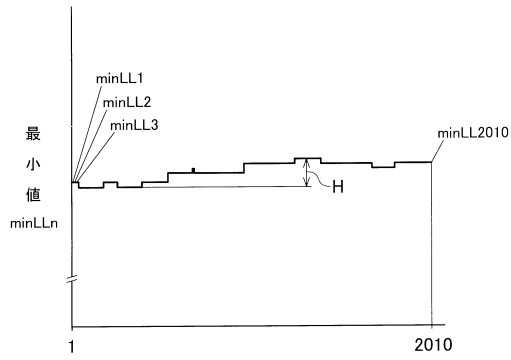
【図 11】



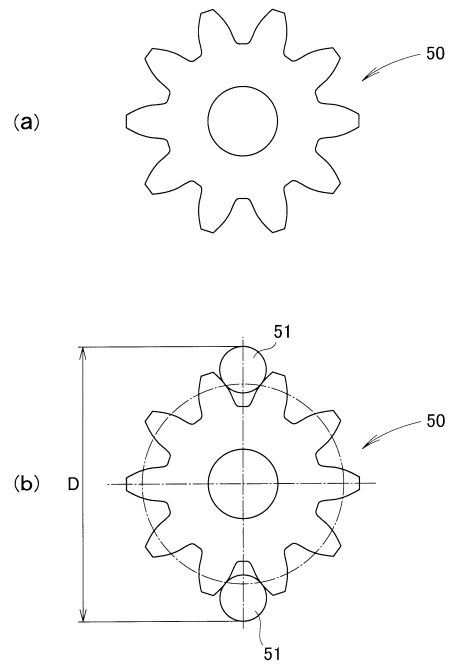
【図 9】



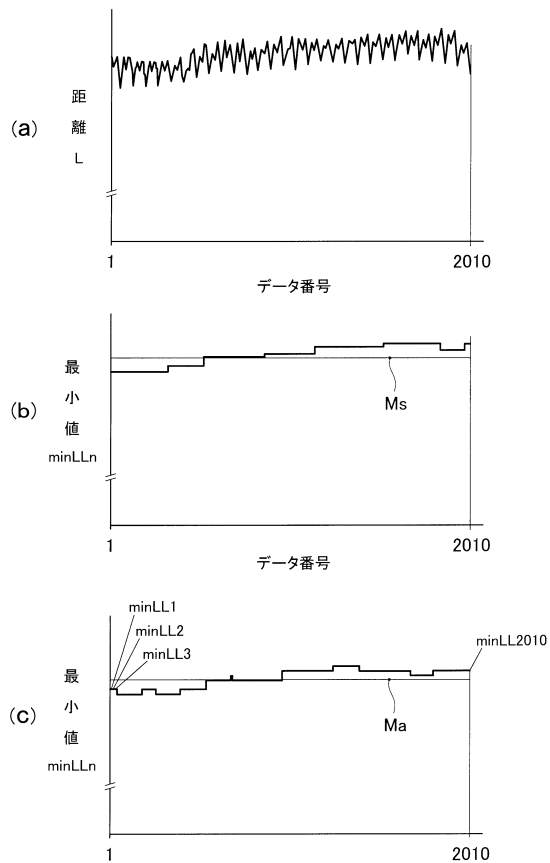
【図 1 2】



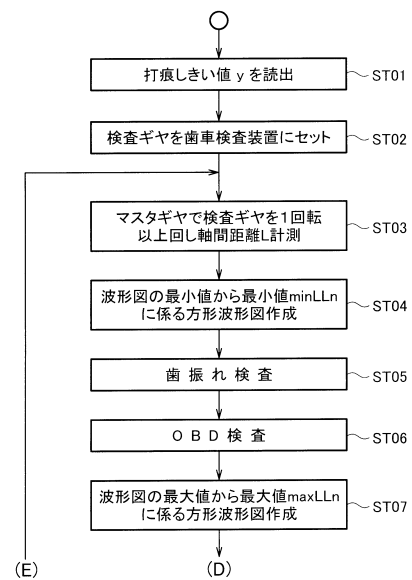
【図 1 3】



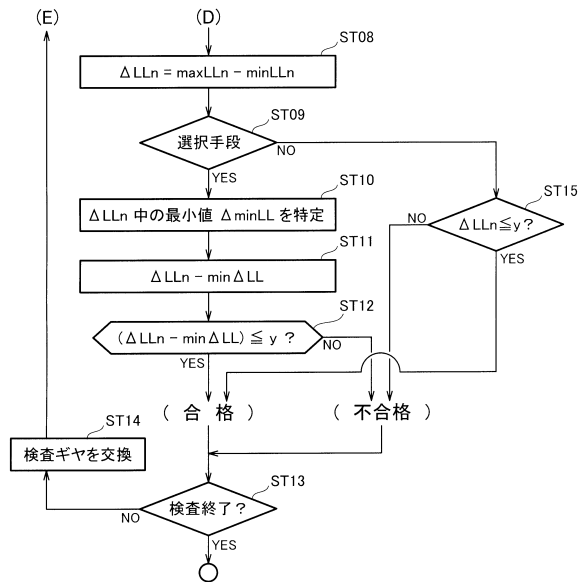
【図 1 4】



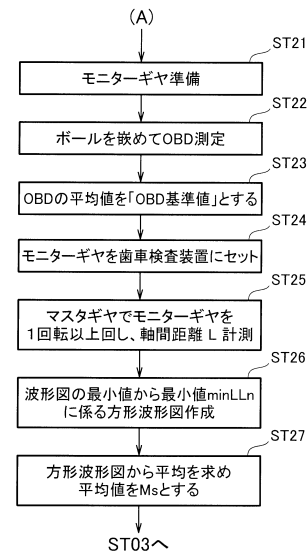
【図 1 5】



【図 16】

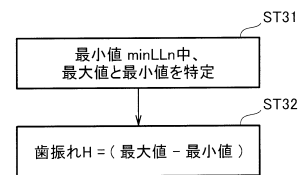


【図 17】



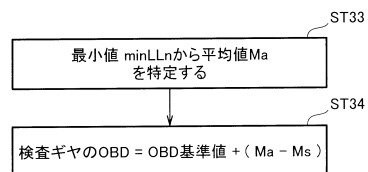
【図 18】

ST05 (歯振れ検査)

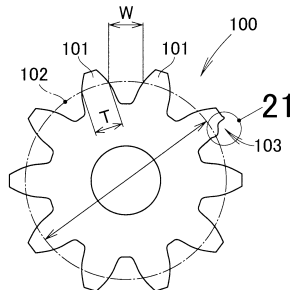


【図 19】

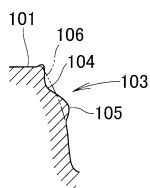
ST06 (OBD検査)



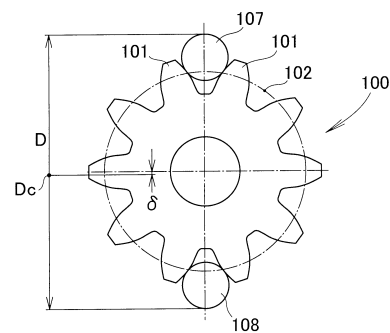
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 宗太
愛知県豊橋市植田町字大膳39番地の5 武蔵精密工業株式会社内

審査官 伊藤 幸仙

(56)参考文献 特開昭60-055243 (JP, A)
特許第3005947 (JP, B2)
特許第3620218 (JP, B2)
特公平04-005931 (JP, B2)
特公平06-025705 (JP, B2)
米国特許第9482527 (US, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 13/02
G01B 5/20