

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002 - 5654

(P 2 0 0 2 - 5 6 5 4 A)

(43)公開日 平成14年 1月 9日 (2002.1.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
G01B 21/20	102	G01B 21/20	Z 2F069

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願2000 - 183906 (P 2000 - 183906)	(71)出願人	300046843 吉田 彰 岡山県岡山市津高443 - 12
(22)出願日	平成12年 6月20日 (2000.6.20)	(71)出願人	396020800 科学技術振興事業団 埼玉県川口市本町 4丁目 1番 8号
		(71)出願人	300046832 ゼノー・テック株式会社 岡山県岡山市豊浜町12番 8号
		(72)発明者	吉田 彰 岡山県岡山市津高443 - 12
		(74)代理人	100075960 弁理士 森 廣三郎 (外 1名)

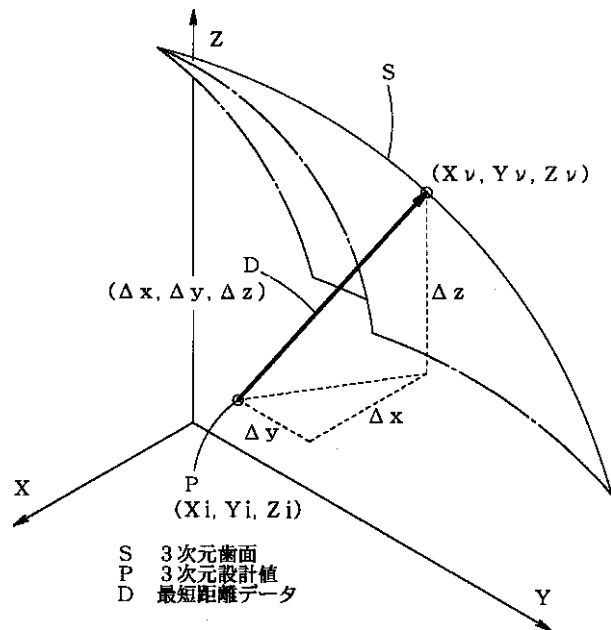
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 かさ歯車の歯面誤差測定方法

(57) 【要約】

【課題】 かさ歯車の製造歯面の設計値に対する誤差量を測定する方法を確立する。

【解決手段】 製造歯面の多数の測定点を補間した3次元歯面Sと、この製造歯面の3次元設計値Pとを3次元座標内で比較するに際し、各3次元設計値Pと3次元歯面Sとのずれを表す誤差指標が最小化するように3次元歯面S又は3次元設計値Pを3次元座標の一定方向へオフセット変位させ、3次元設計値Pの少なくとも一部が3次元歯面Sに一致又は最接近した状態で、各3次元設計値Pから3次元歯面Sまでの最短距離データDを各3次元設計値Pにおける誤差量として算出するかさ歯車の歯面誤差測定方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 かさ歯車の製造歯面の設計値に対する誤差量を測定する方法であって、該製造歯面の多数の測定点を補間した 3 次元歯面と、該製造歯面の 3 次元設計値とを 3 次元座標内で比較するに際し、各 3 次元設計値と 3 次元歯面とのずれを表す誤差指標が最小化するように 3 次元歯面又は 3 次元設計値を 3 次元座標の一定方向へオフセット変位させ、3 次元設計値の少なくとも一部が 3 次元歯面に一致又は最接近した状態で、各 3 次元設計値から 3 次元歯面までの最短距離データを各 3 次元設計値における誤差量として算出するかさ歯車の歯面誤差測定方法。

【請求項 2】 各 3 次元設計値と 3 次元歯面とのずれを表す誤差指標が、各 3 次元設計値から 3 次元歯面までの最短距離データにおける最大値であり、該最大値が最小化するように 3 次元歯面又は 3 次元設計値を 3 次元座標の一定方向へオフセット変位させる請求項 1 記載のかさ歯車の歯面誤差測定方法。

【請求項 3】 各 3 次元設計値と 3 次元歯面とのずれを表す誤差指標が、各 3 次元設計値から 3 次元歯面までの最短距離データにおける最小二乗和であり、該最小二乗和が最小化するように 3 次元歯面又は 3 次元設計値を 3 次元座標の一定方向へオフセット変位させる請求項 1 記載のかさ歯車の歯面誤差測定方法。

【請求項 4】 オフセット変位の方向が、Z 軸方向である請求項 1 記載のかさ歯車の歯面誤差測定方法。

【請求項 5】 最短距離データが、3 次元ベクトルデータである請求項 1 記載のかさ歯車の歯面誤差測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、かさ歯車の製造歯面の設計値に対する誤差量を精度よく測定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般の平歯車では相互の歯合関係が重要となるため、製造歯面の設計値に対する誤差量は、各製造歯面の断面における平面的な測定だけで十分であり、歯形検査として専用の歯車試験機が多く提供されている。これに対して、かさ歯車のように、製造歯面が傾斜し、3 次元曲面を形成している歯車では、製造歯面の設計値に対する誤差量の測定は難しく、当然専用の検査装置は一般化されていない。このことは、日本工業規格においても、かさ歯車の精度測定方法が定められていないことから伺える。

【0003】このため、かさ歯車については、専ら歯当たり検査と実際に使用した際に発生するノイズの良否判定とに頼っており、精密な寸法検査は実施されていないが、既存の各種 3 次元測定機を用いることで、かさ歯車の製造歯面を形状測定し、得られた 3 次元歯面を設計値と比較する手法を用いた誤差量の測定していた。具体的

には、各製造歯面のピッチ線の交点を Z 軸方向の測定基準点とし、同様に得られた設計値の設計基準点に前記測定基準点を重ねた状態で、測定値と設計値とを比較し、製造歯面における誤差量を算出していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】かさ歯車における上記誤差量の測定は、測定値から間接的に得られる測定基準点と設計基準点とを重ねた状態で実施するため、はたして誤差量を正當に評価できるかどうか疑問視されている。測定基準点自体に誤差量が含まれているからである。このため、得られた誤差量から、かさ歯車の修正ができなかった。一般に、設計値に対して測定値が大きければ、製造歯面のその点について修正加工すれば製品として出荷できるが、前述のように得られた誤差量が正當に評価できないため、改めて修正加工できなかったのである。そこで、かさ歯車において、正しく評価可能な誤差量を検出する測定方法を確立することを目標に、検討した。

【0005】

【課題を解決するための手段】検討の結果開発したものが、かさ歯車の製造歯面の設計値に対する誤差量を測定する方法であり、この製造歯面の多数の測定点を補間した 3 次元歯面と、この製造歯面の 3 次元設計値とを 3 次元座標内で比較するに際し、各 3 次元設計値と 3 次元歯面とのずれを表す誤差指標が最小化するように 3 次元歯面又は 3 次元設計値を 3 次元座標の一定方向へオフセット変位させ、3 次元設計値の少なくとも一部が 3 次元歯面に一致又は最接近した状態で、各 3 次元設計値から 3 次元歯面までの最短距離データを各 3 次元設計値における誤差量として算出するかさ歯車の歯面誤差測定方法である。本発明の「3 次元設計値」とは 3 次元座標データで表された設計値を意味する。また、「3 次元歯面」とは多数の測定点を補間して得られる 3 次元曲面で、同じく 3 次元座標データで表される。誤差量の測定精度を高めるには、前記測定点の補間によって 3 次元曲面を得る段階が重要となり、測定点の数が増えれば増えるほど、精度を高めることができる。

【0006】本発明の測定方法では、3 次元計測して得られた 3 次元歯面と 3 次元設計値とを直接比較し、各設計値に対する誤差量を直接算出する。すなわち、従来のように間接的に得た基準点の重ね合わせを介さないため、設計値に対する正確な誤差量を得ることができ、更に修正加工のための補正データとして利用できる。各 3 次元設計値から 3 次元歯面までの最短距離データのずれを表す誤差指標としては、最短距離データの最大値や最小二乗和を用いる。すなわち、(a)誤差指標が最短距離データにおける最大値で、この最大値が最小化するように 3 次元歯面又は 3 次元設計値をオフセット変位させたり、(b)誤差指標が最短距離データにおける最小二乗和で、この最小二乗和が最小化するように 3 次元歯面又は

3次元設計値をオフセット変位させる。理屈的には、3次元設計値全点について誤差指標を算出することが望ましいが、製造歯面のピッチ線上にある数点又は10数点において誤差指標を算出してオフセット変位量を決定するのが現実的である。

【0007】3次元歯面又は3次元設計値をオフセット変位させる方向は、一定であれば任意でよいが、通常、測定対象となるかさ歯車は製造歯面がZ軸上に頂点を有する円錐台側面の斜面とみなし、歯車中心をZ軸に一致させていることから、前記変位方向はZ軸方向に合わせることが望ましい。これにより、3次元設計値の少なくとも一部が3次元歯面に一致又は最接近した状態では、誤差量は概ね製造歯面に対する凹凸として捉えることができる。そして、誤差量として求める最短距離データが3次元ベクトルデータであると、各3次元設計値に対する製造歯面の起伏方向が把握でき、凸部位をどの方向からどの程度修正加工すればよいか分かるようになる。特に、まがりばかさ歯車は製造歯面が3次元曲面を形成し、ずれの方向が各3次元設計値それぞれで異なるため、誤差量を3次元ベクトルデータとして得ることに意味がある。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図を参照しながら説明する。図1は3次元座標系における3次元設計値の分布図、図2は測定点から得られた3次元歯面Sと3次元設計値Pとを重ね合わせた状態図であり、図3は3次元ベクトルデータで表された最短距離データD(誤差量)を表した説明図である。本例は、まがりばかさ歯車の製造歯面について、誤差量を測定する場合の例であり、例示では一つの製造歯面についてのみ説明している。実際には、対象となる歯車のピッチが分かっているため、一つの製造歯面を測定した後、ピッチ相当分だけ回転させることで、測定系(3次元測定機等)を動かさずに、全製造歯面を順次測定できる。

【0009】近年では、歯車の設計もCADを用いており、3次元設計値には前記CADデータを利用できる。切削加工による場合は、NC加工データを3次元設計値に利用してもよい。3次元設計値は、製造歯面が形成する3次元曲面の精度を保證する範囲で、歯筋方向m×歯丈方向nに分割された複数点で表現される。このとき、製造歯面の加工精度は特に歯筋方向mの数に左右される。この歯筋方向の分割数は、希望する加工精度に応じ、許容誤差 $R = R \times (1 - \cos \frac{1}{2})$ (R: 歯車加工用回転カッタの半径、 $\frac{1}{2}$: 歯筋方向をm分割した場合の分割単位相当の歯車加工用回転カッタの歯筋方向回転角)に従って求められる。こうして定められた製造歯面の3次元設計値Pは、図1に見られるように分布している。

【0010】次に、NC加工によって製造したまがりばかさ歯車を各種3次元測定機によって測定し、3次元歯面Sを得る。測定は自動微いプローブによる機械的な接触

による測定であり、3次元歯面は多数の測定値を用いた補間曲面である。本発明で対象としている誤差量は3次元設計値Pに対する誤差量であり、具体的には3次元設計値Pの点から3次元歯面への最短距離データ(3次元ベクトルデータ)である。このため、仮にX及びY座標を3次元設計値Pに合わせて測定点を定めても、必ずしも3次元設計値Pと測定点のZ軸が一致するとは限らない。そこで、測定点から補間曲面を得ることで、最短距離データDを算出可能にしている。正確な補間曲面を得るためには、測定点は上記3次元設計値Pの分割数以上(歯筋方向m×歯丈方向n以上)にすることが望ましい。こうして得られた3次元歯面Sと3次元設計値Pとを重ね合わせた状態が図2である。

【0011】本発明によって得られる誤差量は、上述したように、各3次元設計値Pから3次元歯面Sまでの最短距離データDであり、それは図3に見られるような3次元ベクトルデータ(3次元歯面に対する法線ベクトル)である。今、3次元設計値Pが (X_i, Y_i, Z_i) 、3次元歯面S上に定まる最短距離点が (X, Y, Z) とすると、ベクトル演算により、法線ベクトルである最短距離データDは $(x = X - X_i, y = Y - Y_i, z = Z - Z_i)$ で表される。この最短距離データDはベクトルデータでなので、(1)絶対量である誤差の大きさと、(2)3次元設計値に対する前記誤差の方向とを示すことになる。

【0012】本例では、得られた上記最短距離データDの最小二乗和を誤差指標として、この誤差指標が最小となるように、3次元設計値にZ軸方向のオフセット値を与えて変位させる。オフセット量は、例えばニュートン法(Newton-Raphson method)等により収束計算を繰り返して決定する。このオフセット変位の処理については、3次元設計値P全部を対象に実施すると計算量が膨大となり、また数多く計算したからといって測定精度が飛躍的に向上するわけではないので、本例は左右の両製造歯面のピッチ線上中心付近の10点前後の3次元設計値Pを任意に抽出し、前記10点前後について3次元歯面と比較、3次元設計値P全体に共通のオフセット値を加減算するようにしている。

【0013】3次元設計値のオフセット変位により、3次元設計値Pの一部が、3次元歯面Sに一致又は最接近する。現実には、比較対象に選んだ3次元設計値Pのうち1点については3次元歯面Sとの一致が可能であるが、3次元設計値P全体では誤差指標が最小化した最接近状態となる。この一致又は最接近状態で改めて3次元設計値P各点と3次元歯面Sとの最短距離データDを計算し、これが各3次元設計値Pに対する製造歯面の誤差量となる。

【0014】従来と異なり、3次元設計値Pと3次元歯面Sとを直接重ね合わせたの誤差量検出となるので、得られた誤差量(最短距離データD)はまがりばかさ歯車の

再加工(最切削)の修正データとして用いることができる。この場合、誤差量(最短距離データD)は、3次元ベクトルデータであるので、再加工に際する加工具(切削具)を当てる方向及び量が分かっており、精度よく、しかも1度の再加工で製品としてのまがりばかさ歯車を得ることができる利点がある。具体的には、各3次元設計値Pに最短距離データDをベクトル加算して、最設計値とする。こうした測定、計算、再設計値の設定等は、いずれもコンピュータによる連続処理が可能であり、例示したまがりばかさ歯車だけでなく、広くかさ歯車の生産性を改善する。

【0015】

【発明の効果】本発明により、かさ歯車において、正しく評価可能な誤差量を検出する測定方法が確立し、ひいてはかさ歯車の生産性を改善する効果を有する。具体的には、まず正当な評価が可能な誤差量が、コンピュータ等を利用した自動化で迅速かつ正確に検出できるようになる。3次元設計値と3次元歯面との比較はコンピュータ等においてモニタ表示が可能であるため、本発明による測定方法は、作業者が比較的誤差量を感じ得ることを可能にし、製造歯面の加工精度を作業者自身把握しやすい測定方法でもある。

【0016】また、得られる誤差量は、3次元設計値に対する3次元ベクトルデータの形式であり、そのまま3

次元設計値にベクトル加算して再設計値とすることができる。これらの処理はコンピュータ等で迅速かつ正確に実行することができ、上述同様視覚的に表現可能である。また、ベクトル加算がコンピュータ等内で実施可能であることは、誤差量に基づいて作業者が改めてNC加工データを作成する必要がないことを意味し、結果として、かさ歯車の生産性を向上させることができる。この生産性の向上は、生産コストの低減をももたらす。試算によれば、生産効率は10~50倍となり、生産コストは50%の低減となる。このように、本発明はかさ歯車の製造歯面について正しい評価をする測定方法を提供するだけでなく、生産全般の改善をもたらす効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】3次元座標系における3次元設計値の分布図である。

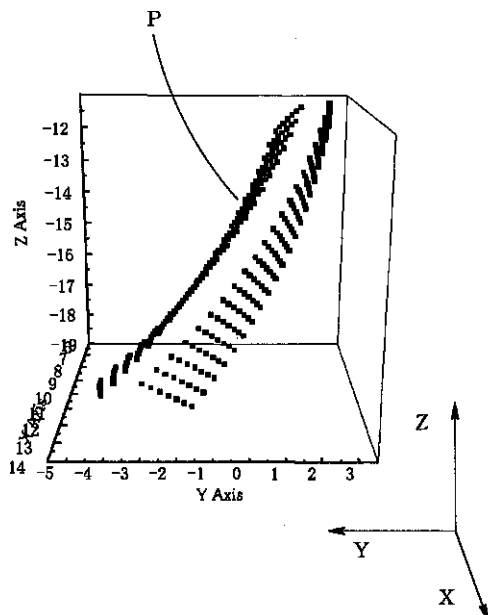
【図2】3次元歯面と3次元設計値とを重ね合わせた状態図である。

【図3】3次元ベクトルデータで表された誤差量を表した説明図である。

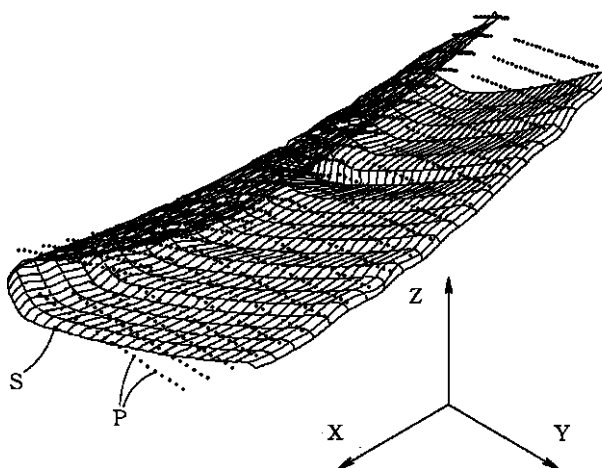
【符号の説明】

- S 3次元歯面
- P 3次元設計値
- D 最短距離データ

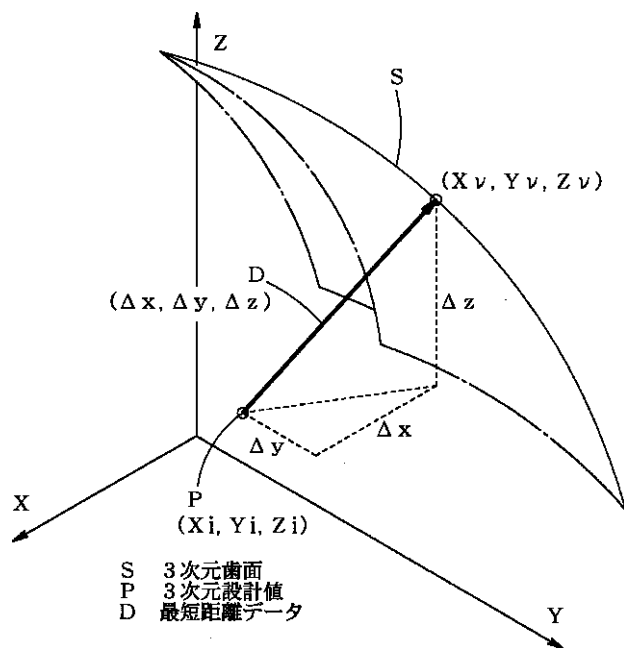
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 三島 進
岡山県岡山市豊浜町12-8 ゼノー・テック株式会社内

Fターム(参考) 2F069 TT05 TT07 TT12