

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-20249

(P2019-20249A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 M 13/02 (2019.01)	GO 1 M 13/02	2 G 0 0 1
GO 1 N 23/2055 (2018.01)	GO 1 N 23/205 3 1 0	2 G 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2017-138706 (P2017-138706)
 (22) 出願日 平成29年7月18日 (2017.7.18)

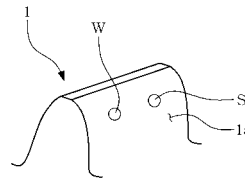
(71) 出願人 000005463
 日野自動車株式会社
 東京都日野市日野台3丁目1番地1
 (74) 代理人 110000512
 特許業務法人山田特許事務所
 (72) 発明者 吉崎 正敏
 東京都日野市日野台3丁目1番地1 日野
 自動車株式会社内
 Fターム(参考) 2G001 AA01 BA18 CA01 FA08 FA18
 GA11 GA13 HA07 KA07 LA02
 MA05 RA01
 2G024 AB06 BA12 CA23 DA22 FA03

(54) 【発明の名称】 歯車の残存寿命推定方法

(57) 【要約】

【課題】一定期間使用した歯車の歯面損傷に対する残存寿命を非破壊で分析して推定し得る歯車の残存寿命推定方法を提供する。

【解決手段】評価対象とした歯車1の歯面1aにおけるヘルツ圧力分布に基づきヘルツ圧力の最高部位Sと最低部位Wとを特定し、これら最高部位Sと最低部位Wとに関しX線回折分析により半価幅を測定し、その最高部位Sの半価幅を最低部位Wの半価幅で除して相対半価幅を求める一方、前記評価対象の歯車1と同一製品の歯車1を用いた実験に基づき当該実験対象の歯車1に関する相対半価幅と歯面1a損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比との関係を示す特性曲線を求めておき、この特性曲線に前記評価対象の歯車1に関する現在の相対半価幅を照らし合わせて現在の寿命比の値を読み取り、この寿命比の値に基づき残存寿命を推定する。



【選択図】 図1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

評価対象とした歯車の歯面におけるヘルツ圧力分布に基づきヘルツ圧力の最高部位と最低部位とを特定し、これら最高部位と最低部位とに関しX線回折分析により半価幅を測定し、その最高部位の半価幅を最低部位の半価幅で除して相対半価幅を求める一方、前記評価対象の歯車と同一製品の歯車を用いた実験に基づき当該実験対象の歯車に関する相対半価幅と歯面損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比との関係を示す特性曲線を求めておき、この特性曲線に前記評価対象の歯車に関する現在の相対半価幅を照らし合わせて現在の寿命比の値を読み取り、この寿命比の値に基づき残存寿命を推定することを特徴とする歯車の残存寿命推定方法。

10

【請求項 2】

評価対象とした歯車の歯面におけるヘルツ圧力の最高部位と最低部位とに一定波長のX線を角度を変えながら照射し、該X線が前記歯面の結晶格子にて散乱する反射X線の回折角に対するX線強度を測定し、該X線強度のピーク値の1/2のX線強度に対する回折角の幅である半価幅を測定することを特徴とする請求項1に記載の歯車の残存寿命推定方法。

【請求項 3】

互いに噛み合う一对の歯車のうちの何れか一方の平均歯面形状と他方の各歯面形状との組み合わせについて二歯面の形状誤差を一方に統合した相対歯面形状を求め、全く形状誤差のない理論歯面と前記相対歯面形状を持つ歯面との噛み合いに置換してヘルツ圧力分布を求めることを特徴とする請求項1又は2に記載の歯車の残存寿命推定方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、歯車の残存寿命推定方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

一般的に、動力伝達用の歯車では、長期間壊れずに必要な動力を効率良く且つ静かに伝達できる性能が求められるが、この種の歯車を基幹要素として用いる自動車のトランスミッションにあっては、動力性能はもとより環境問題にまつわる燃費性能の向上が高いレベルで要求されるようになってきているため、これに用いられる歯車についても更なる高強度化及び長寿命化が求められており、より高い負荷トルクにも対応し得る信頼性の高い歯車が望まれている。

30

【0003】

ここで、前記歯車に発生する損傷は、歯が歯元から折れる折損、歯面が剥離するピッチングやスポーリングと呼ばれる損傷、歯面が焼け付く損傷の三種類に大別できるが、近年においては、材料や熱処理の改良及びショットピーニングの採用等により歯元折損に対する強度が向上してきており、潤滑油の極圧性能の向上により歯面の焼き付き損傷も起こり難くなってきているため、トランスミッションの歯車における寿命に関しては、歯面が剥離する損傷が支配的となっている。

40

【0004】

尚、本発明に関連する先行技術文献情報としては、例えば、本発明と同じ出願人（発明者の一部には本発明の発明者も含まれる）による下記の特許文献1、2等が既に提案されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開2012-63145号公報

【特許文献2】特開2015-114250号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0006】**

しかしながら、例えば、上記の特許文献1, 2等で提案されている技術は、性能試験を実施した試験歯車における歯面強度を評価する手法に関するものであって、一定期間使用した歯車を非破壊で分析して残存寿命（歯面が剥離する損傷が生じるまでの期間）を推定するような手法に関するものではなく、このような一定期間使用した歯車の残存寿命を推定する手法に関する研究報告はこれまで殆ど行われていないのが実情である。

【0007】

本発明は上述の実情に鑑みてなしたもので、一定期間使用した歯車の歯面損傷に対する残存寿命を非破壊で分析して推定し得る歯車の残存寿命推定方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明は、評価対象とした歯車の歯面におけるヘルツ圧力分布に基づきヘルツ圧力の最高部位と最低部位とを特定し、これら最高部位と最低部位とに関しX線回折分析により半価幅を測定し、その最高部位の半価幅を最低部位の半価幅で除して相対半価幅を求める一方、前記評価対象の歯車と同一製品の歯車を用いた実験に基づき当該実験対象の歯車に関する相対半価幅と歯面損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比との関係を示す特性曲線を求めておき、この特性曲線に前記評価対象の歯車に関する現在の相対半価幅を照らし合わせて現在の寿命比の値を読み取り、この寿命比の値に基づき残存寿命を推定することを特徴とする歯車の残存寿命推定方法、に係るものである。

20

【0009】

本発明者の鋭意研究によれば、歯車の各歯面におけるヘルツ圧力分布と歯面損傷の発生箇所には相関があり、歯車の各歯面に生じる歯面損傷はヘルツ圧力の最高部位で最も起こり易く、少なくともヘルツ圧力の最低部位では起こらないことが判明しており、また、歯車を用いて負荷運転を行い、一定の回転回数毎に歯面の最高部位と最低部位とにおけるX線回折分析での半価幅を測定すると、最高部位における半価幅が運転初期に大きく低下した後徐々に低下して歯面損傷に到るのに対し、最低部位における半価幅は運転初期に大きく低下した後略一定値で推移して歯面損傷に到らないことも判明している。

【0010】

30

依って、最低部位における半価幅が運転初期以降に略一定値で推移していくことを踏まえて該最低部位の半価幅を基準とし、この最低部位の半価幅で前記最高部位の半価幅を除して該最高部位の半価幅の変化率を相対半価幅として求めれば、この相対半価幅が歯車の残存寿命を推定する上での指標となり、更に、評価対象の歯車と同一製品の歯車を用いて一定の回転回数毎に半価幅の測定を行いながら未使用状態から歯面損傷が発生するまで負荷運転を繰り返す実験を行い、当該実験対象の歯車に関する相対半価幅と歯面損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比との関係を示す特性曲線を求めれば、この特性曲線が同一製品の歯車の寿命に関して一般化された特性を示すものとなる。

【0011】

ここで、X線回折分析により半価幅を測定して金属疲労の蓄積を捉える手法自体は従来周知であり、金属疲労の進行に伴い半価幅が減少することが知られているが、同一性状でも製造ロットにより金属疲労の進行と半価幅との関係は変化するものであり、その絶対値を単純に同一製品全てに共通する残存寿命の指標とすることはできず、ある基準に対する変化率として一般化した指標を用いる必要があるため、本発明にあっては、最低部位の半価幅で最高部位の半価幅を除して該最高部位の半価幅の変化率を相対半価幅として求めている。

40

【0012】

また、前記相対半価幅を求めるに際し、使用前の歯面の半価幅を基準にできれば最も望ましいが、点検整備時や市場回収品の調査時に使用前の歯面の半価幅を知る由も無く、また、同一製品の未使用の歯面の半価幅で代用したとしても、その熱処理や表面仕上げ等の

50

状態により個体差が生じて正しい評価ができないことを付言しておく。

【0013】

而して、評価対象の歯車と同一製品の歯車について求められた特性曲線に評価対象の歯車に関する現在の相対半価幅を照らし合わせて現在の寿命比の値を読み取ると、これまで評価対象の歯車を使用してきた期間に消費された製品寿命の割合が判るので、現在の寿命比の値を1から減じた値に基づき、これまでと同じ使用条件で継続使用した場合に想定される寿命のうち何割の残存寿命があるかが推定されることになる。

【0014】

また、本発明で各歯面の最高部位と最低部位とに関しX線回折分析により半価幅を測定するにあたっては、評価対象とした歯車の歯面におけるヘルツ圧力の最高部位と最低部位とに一定波長のX線を角度を変えながら照射し、該X線が前記歯面の結晶格子にて散乱する反射X線の回折角に対するX線強度を測定し、該X線強度のピーク値の1/2のX線強度に対する回折角の幅である半価幅を測定すれば良い。

10

【0015】

更に、本発明で評価対象の歯車の各歯面におけるヘルツ圧力分布を求めるにあたっては、互いに噛み合う一对の歯車のうちの何れか一方の平均歯面形状と他方の各歯面形状との組み合わせについて二歯面の形状誤差を一方に統合した相対歯面形状を求め、全く形状誤差のない理論歯面と前記相対歯面形状を持つ歯面との噛み合いに置換してヘルツ圧力分布を求めれば良い。

20

【発明の効果】

【0016】

上記した本発明の歯車の残存寿命推定方法によれば、一定期間使用した歯車の歯面損傷に対する残存寿命を非破壊で分析して推定することができるので、自動車のトランスミッション等に代表される歯車を基幹要素とする機器類を点検整備するにあたり、整備性や信頼性の向上を図ることができ、また、中古部品の品質を確認することができて該中古部品の使用にあたっての信頼性の向上を図ることもでき、更には、市場回収品における歯車の残存寿命を調査することで設計技術や評価技術の向上を図ることもできる等種々の優れた効果を奏し得る。

【図面の簡単な説明】

【0017】

30

【図1】本発明を実施する形態の一例を示す斜視図である。

【図2】本形態例のX線回折分析による半価幅の測定に関する説明図である。

【図3】図2の検出器による測定結果を示すX線回折曲線のグラフである。

【図4】図1の最高部位における半価幅の推移を示すグラフである。

【図5】図1の最低部位における半価幅の推移を示すグラフである。

【図6】本形態例に用いる特性曲線のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

【0019】

40

図1に示す如く、本形態例においては、一定期間使用した歯車1を評価対象として残存寿命を推定するにあたり、例えば、歯車1における対角に位置する二つの歯面1aを評価対象とし、該歯面1aにおけるヘルツ圧力（曲面をなす二物体の表面が互いに押し付けられた際に接触点に働く大きな集中応力：接触応力とも言う）の分布に基づき、その分布内におけるヘルツ圧力の最高部位Sと最低部位Wとを夫々特定し、これら最高部位Sと最低部位Wとに関しX線回折分析により半価幅を測定し、その最高部位Sの半価幅を最低部位Wの半価幅で除して相対半価幅を求め、これを歯車1の残存寿命を推定するための指標としている。

【0020】

即ち、本発明者の鋭意研究によれば、歯車1の各歯面1aにおけるヘルツ圧力分布と歯

50

面損傷の発生箇所には相関があり、歯車1の各歯面1aに生じる歯面損傷はヘルツ圧力の最高部位Sで最も起こり易く、少なくともヘルツ圧力の最低部位Wでは起こらないという事実が確認されているので、歯面損傷が発生するであろう最高部位SについてX線回折分析により半価幅を測定する一方、相対半価幅を求めるための基準として最低部位Wにおける半価幅も測定するようにしている。

【0021】

ここで、X線回折分析により半価幅を測定して金属疲労の蓄積を捉える手法自体は従来周知であり、図2に示す如く、歯車1の歯面1aにおけるヘルツ圧力の最高部位Sと最低部位Wとに一定波長のX線を角度を変えながら照射すると、該X線が前記歯面1aの結晶格子Cにて散乱し、並行な二面で散乱したX線が特定の条件($2d \sin \theta = n \lambda$; ブラッグの法則)で干渉して強め合う回折現象が起こるので、その回折角に対するX線強度を検出器2により測定し、該X線強度のピーク値の1/2のX線強度に対する回折角の幅である半価幅(図3参照)を測定するようにしており、このようにして測定される半価幅は、金属疲労の進行に伴い減少することが知られている。

10

【0022】

ただし、同一性状の歯車1であっても製造ロットにより金属疲労の進行と半価幅との関係は必ずしも一致しないので、半価幅の絶対値を単純に同一製品全てに共通する残存寿命の指標とすることは難しく、同一製品全てに共通する残存寿命の指標とするためには、ある基準に対する変化率として一般化した指標とする必要があるため、本形態例にあっては、最低部位Wの半価幅を基準として最高部位Sの半価幅の変化率を相対半価幅として求め

20

【0023】

尚、最低部位Wの半価幅を基準としているのは、本発明者による検証実験の結果に基づくものであり、この検証実験にて歯車1を用いて負荷運転を行い、一定の回転回数毎に歯面1aの最高部位Sと最低部位Wとに関しX線回折分析により半価幅を測定したところ、図4のグラフに示す如く、最高部位Sにおける半価幅が運転初期に大きく低下した後に徐々に低下して歯面損傷に到るのに対し、図5のグラフに示す如く、最低部位Wにおける半価幅は運転初期に大きく低下した後に略一定値で推移して歯面損傷に到らないことが判明している。

【0024】

依って、最低部位Wにおける半価幅が運転初期以降に略一定値で推移していくことを踏まえて該最低部位Wの半価幅を基準とし、この最低部位Wの半価幅で前記最高部位Sの半価幅を除いて該最高部位Sの半価幅の変化率を相対半価幅として求め、この相対半価幅を歯車1の残存寿命を推定する上での指標として用いている。

30

【0025】

尚、前記相対半価幅を求めるに際し、使用前の歯面1aの半価幅を基準にできれば最も望ましいと言えるが、点検整備時や市場回収品の調査時に使用前の歯面1aの半価幅を知る由も無く、また、同一製品の未使用の歯面1aの半価幅で代用したとしても、その熱処理や表面仕上げ等の状態による個体差があって正しい評価ができないという事情があることを付言しておく。

40

【0026】

そして、本形態例にあっては、このようにして得られた相対半価幅を以下に詳述する如き特性曲線に照らし合わせて残存寿命を推定するようにしている。即ち、この特性曲線は、評価対象の歯車1と同一製品の歯車1を用いて一定の回転回数毎に半価幅の測定を行いながら未使用状態から歯面損傷が発生するまで負荷運転を繰り返す実験を行い、図6のグラフに示す如く、当該実験対象の歯車1に関する相対半価幅を縦軸とし、歯面損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比を横軸として描かれたものである。

【0027】

例えば、図6のグラフの場合、使用条件としての負荷トルクが120 kgf・mの場合と13 kgf・mの場合を一緒にプロットしているが、何れの場合も相対半価幅が0.9

50

2 ~ 0.93 のあたりで強度限界となつて歯面損傷を生じており、歯面損傷発生時の総回転回数を1とした寿命比を横軸としたグラフでは概ね同じ特性曲線に乗ることが確認されている。

【0028】

このような特性曲線に評価対象の歯車1に関する現在の相対半価幅を照らし合わせて現在の寿命比の値を読み取ると、これまで評価対象の歯車を使用してきた期間に消費された製品寿命の割合が判るので、現在の寿命比の値を1から減じた値に基づき、これまでと同じ使用条件で継続使用した場合に想定される寿命のうち何割の残存寿命があるかが推定されることになる。

【0029】

例えば、評価対象の歯車に関する現在の相対半価幅が0.95であったとすると、図6の特性曲線に照らし合わせて現在の寿命比の値が0.5として読み取られ、これまで評価対象の歯車1を使用してきた期間に消費された製品寿命の割合が5割であることが把握され、この寿命比の値である0.5を1から減じた値0.5に基づき、これまでと同じ使用条件で継続使用した場合に想定される寿命のうち5割の残存寿命があることが判り、仮に評価対象の歯車1を使用してきた期間が5年であったとするならば、同じ使用条件で後5年程度は継続使用することが可能であると推定できる。

【0030】

従つて、上記形態例によれば、一定期間使用した歯車1の歯面損傷に対する残存寿命を非破壊で分析して推定することができるので、自動車のトランスミッション等に代表される歯車1を基幹要素とする機器類を点検整備するにあたり、整備性や信頼性の向上を図ることができ、また、中古部品の品質を確認することができて該中古部品の使用にあつての信頼性の向上を図ることもでき、更には、市場回収品における歯車1の残存寿命を調査することで設計技術や評価技術の向上を図ることもできる。

【0031】

また、ここで補足して説明しておく、本形態例で評価対象の歯車1の各歯面1aにおけるヘルツ圧力分布を求めるにあつては、既存のコンピュータ制御による歯車精度測定機を用いて歯車の歯面について歯形方向（歯車の半径方向に沿う歯の高さ方向）と歯すじ方向（歯車の軸心方向に沿う歯の幅方向）の測定を行い、夫々の測定結果からその歯面の三次元形状を生成することができるので、互いに噛み合う一対の歯車のうちの何れか一方の平均歯面形状と他方の各歯面形状との組み合わせについて二歯面の形状誤差を一方に統合した相対歯面形状を求め、全く形状誤差のない理論歯面と前記相対歯面形状を持つ歯面との噛み合いに置換してヘルツ圧力分布を求めるようにすれば良い。

【0032】

尚、本発明の歯車の残存寿命推定方法は、上述の形態例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【符号の説明】

【0033】

1 歯車
1a 歯面
C 結晶格子
S 最高部位
W 最低部位

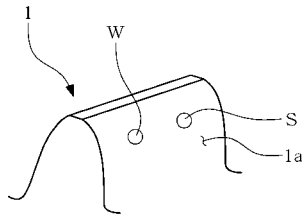
10

20

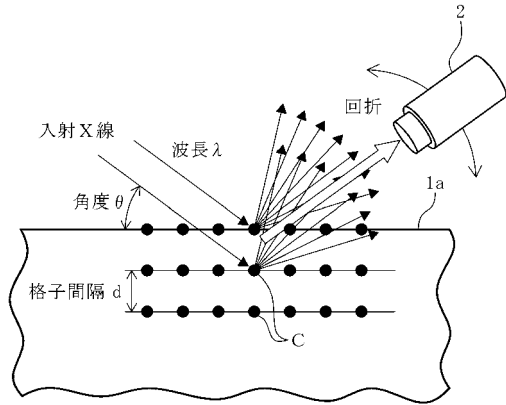
30

40

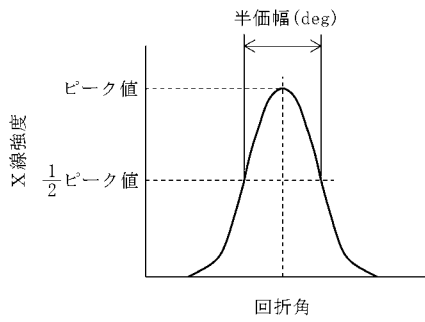
【 図 1 】



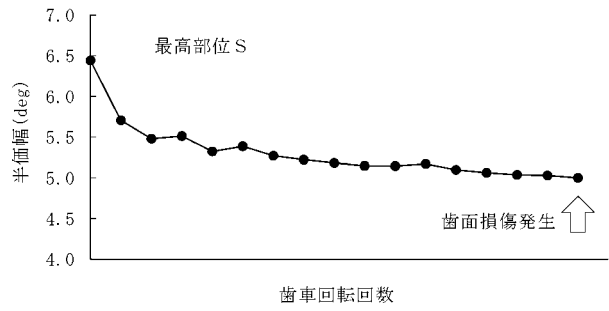
【 図 2 】



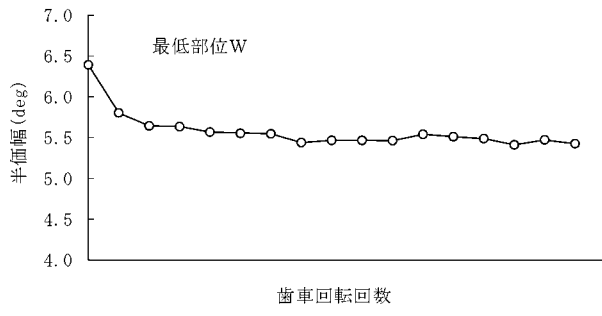
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

