

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】令和 1 年 10 月 10 日 (2019.10.10)

【公開番号】特開 2018-40770 (P2018-40770A)

【公開日】平成 30 年 3 月 15 日 (2018.3.15)

【年通号数】公開・登録公報 2018-010

【出願番号】特願 2016-176954 (P2016-176954)

【国際特許分類】

G 0 1 N 23/2055 (2018.01)

G 0 1 M 13/04 (2019.01)

【F I】

G 0 1 N 23/205 3 1 0

G 0 1 M 13/04

【手続補正書】

【提出日】令和 1 年 8 月 27 日 (2019.8.27)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸受部品の寿命診断方法であって、

複数個の試験用の軸受部品の各々について、故障破壊するまで複数回の転動疲労試験を行なうステップと、

前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品の残留応力とミクロ応力との和である前記試験用の軸受部品の合成応力を求めるステップと、

前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求めるステップと、

前記複数個の試験用の軸受部品についての、前記複数回の転動疲労試験における総負荷回数と、前記故障破壊が発生したときの前記試験用の軸受部品の合成応力との関係に基づいて S - N 曲線を求めるステップと、

前記 S - N 曲線に基づいて、前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々における累積疲労度を求めるステップと、

前記試験用の軸受部品の X 線分析データと、前記累積疲労度との関係を表わす対応テーブルを作成するステップと、

診断用の軸受部品の残留応力とミクロ応力との和である前記診断用の軸受部品の合成応力を求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の合成応力と前記 S - N 曲線に基づいて、前記診断用の軸受部品の寿命を求めるステップと、

前記診断用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の X 線分析データと前記対応テーブルに基づいて、前記診断用の軸受部品の累積疲労度を求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の寿命、および前記累積疲労度に基づいて、前記診断用の軸受部品の余寿命を求めるステップとを備えた軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 2】

前記試験用の軸受部品の合成応力を求めるステップは、
前記試験用の軸受部品の表面形状の測定結果から前記試験用の軸受部品のミクロ応力を求めるステップを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 3】

前記試験用の軸受部品の合成応力を求めるステップは、
前記試験用の軸受部品の X 線回折結果から前記試験用の軸受部品の残留応力を求めるステップを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 4】

前記診断用の軸受部品の合成応力を求めるステップは、
前記診断用の軸受部品の表面形状の測定結果から前記診断用の軸受部品のミクロ応力を求めるステップを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 5】

前記診断用の軸受部品の合成応力を求めるステップは、
前記診断用の軸受部品の X 線回折結果から前記診断用の軸受部品の残留応力を求めるステップを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 6】

前記 S - N 曲線は、複数個の第 1 種定数と、故障破壊までの負荷回数 N と、前記合成応力 S を含む式で表され、かつ前記合成応力 S を表す式は、複数個の第 2 種定数を含み、
前記 S - N 曲線を求めるステップは、
各試験用の軸受部品について、前記故障破壊するまでの前記複数回の転動疲労試験の負荷回数の合計を N とし、前記故障破壊したときの合成応力を S とした 1 つのサンプルを得るステップと、
前記複数個の試験用の軸受部品についての前記サンプルを用いて、前記複数個の第 1 種定数および前記複数個の第 2 種定数の値を推定するステップとを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 7】

前記式は、式 (1) で表され、A、B、Sf は定数である、

【数 1】**【数 1】**

$$\log N = A + B(S - Sf) \quad \dots(1)$$

請求項 6 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 8】

前記累積疲労度を求めるステップは、
前記 S - N 曲線に基づいて、前記複数回の転動疲労試験の各々における前記合成応力での故障破壊までの負荷回数を求めるステップと、
前記複数回の転動疲労試験の各々における、実際の負荷回数と、前記故障破壊までの負荷回数の比で表される疲労度を求めるステップと、
前記複数回の転動疲労試験の各々における、前記転動疲労試験の疲労度と前記転動疲労試験よりも過去のすべての転動疲労試験の疲労度との合計を前記累積疲労度として算出するステップとを含む、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 9】

前記 X 線分析データは、環状の回折 X 線の中心角と強度との関係を表わすデータである、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 10】

前記 X 線分析データは、前記軸受部品に作用する 6 成分の残留応力である、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 1】

前記 X 線分析データは、環状の回折 X 線の中心角に対応して得られるピークの半価幅である、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 2】

前記 X 線分析データは、前記軸受部品の残留オーステナイトである、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 3】

前記 X 線分析データは、環状の回折 X 線の中心角と強度との関係を表わすデータ、前記軸受部品に作用する 6 成分の残留応力、環状の回折 X 線の中心角に対応して得られるピークの半価幅、および前記軸受部品の残留オーステナイトのうちの 2 つ以上の組合せで表現された値である、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 4】

前記余寿命を求めるステップは、

累積疲労度を D、寿命を L、余寿命を R としたときに、式 (2) に従って、余寿命を算出するステップを含む、

$$R = L (1 - D) \cdots (2)$$

請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 5】

前記試験用の軸受部品の表面に存在する油膜の厚さと前記表面の形状の測定結果から得られる油膜パラメータが所定値以下のときに、前記試験用の軸受部品の合成応力を求めるステップが実行される、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 6】

前記診断用の軸受部品の表面に存在する油膜の厚さと前記表面の形状の測定結果から得られる油膜パラメータが所定値以下のときに、前記診断用の軸受部品の合成応力を求めるステップが実行される、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 7】

前記軸受部品の寿命診断方法は、

前記余寿命に基づいて、前記診断用の軸受部品が交換を要するか否か、または交換時期を通知するステップをさらに備える、請求項 1 記載の軸受部品の寿命診断方法。

【請求項 1 8】

軸受部品の寿命診断装置であって、

複数個の試験用の軸受部品の各々について、故障破壊するまで複数回の転動疲労試験を行なったときに、前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品の残留応力とマイクロ応力との和である前記試験用の軸受部品の合成応力を求め、診断用の軸受部品の残留応力とマイクロ応力との和である前記診断用の軸受部品の合成応力を求める合成応力算出部と、

前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求め、前記診断用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求める X 線分析データ算出部と、

前記複数個の試験用の軸受部品についての、前記複数回の転動疲労試験における総負荷回数と、前記故障破壊が発生したときの前記試験用の軸受部品の合成応力との関係に基づいて S - N 曲線を求める S - N 曲線算出部と、

前記 S - N 曲線に基づいて、前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々における累積疲労度を求める累積疲労度算出部と、

前記試験用の軸受部品の X 線分析データと、前記累積疲労度との関係を表わす対応テーブルを作成する対応テーブル作成部と、

前記診断用の軸受部品の X 線分析データと前記対応テーブルに基づいて、前記診断用の軸受部品の累積疲労度を求め、前記診断用の軸受部品の合成応力と前記 S - N 曲線に基づいて、前記診断用の軸受部品の寿命を求め、前記診断用の軸受部品の寿命、および前記診

断用の軸受部品の累積疲労度に基づいて、前記診断用の軸受部品の余寿命を求める診断部とを備えた、軸受部品の寿命診断装置。

【請求項 19】

軸受部品の寿命診断プログラムであって、
コンピュータに、

複数個の試験用の軸受部品の各々について、故障破壊するまで複数回の転動疲労試験を行なったときに、前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品の残留応力とマイクロ応力との和である前記試験用の軸受部品の合成応力を求めるステップと、

前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々において、前記試験用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求めるステップと、

前記複数個の試験用の軸受部品についての、前記複数回の転動疲労試験における総負荷回数と、前記故障破壊が発生したときの前記試験用の軸受部品の合成応力との関係に基づいて S - N 曲線を求めるステップと、

前記 S - N 曲線に基づいて、前記複数個の試験用の軸受部品についての前記複数回の転動疲労試験の各々における累積疲労度を求めるステップと、

前記 X 線分析データと、前記累積疲労度との関係を表わす対応テーブルを作成するステップと、

診断用の軸受部品の残留応力とマイクロ応力との和である前記診断用の軸受部品の合成応力を求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の合成応力と前記 S - N 曲線に基づいて、前記診断用の軸受部品の寿命を推定するステップと、

前記診断用の軸受部品に X 線を照射することによって検出される X 線回折環から X 線分析データを求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の X 線分析データと前記対応テーブルに基づいて、前記診断用の軸受部品の累積疲労度を求めるステップと、

前記診断用の軸受部品の寿命、および前記累積疲労度に基づいて、前記診断用の軸受部品の余寿命を求めるステップとを実行させる、軸受部品の寿命診断プログラム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

好ましくは、S - N 曲線は、複数個の第 1 種定数と、故障破壊までの負荷回数 N と、合成応力 S を含む式で表される。合成応力 S を表す式は、複数個の第 2 種定数を含む。S - N 曲線を求めるステップは、各試験用の軸受部品について、故障破壊するまでの複数回の転動疲労試験の負荷回数の合計を N とし、故障破壊したときの合成応力を S とした 1 つのサンプルを得るステップと、複数個の試験用の軸受部品についてのサンプルを用いて、複数個の第 1 種定数および複数個の第 2 種定数を推定するステップとを含む。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

好ましくは、式は、式 (1) で表される。A、B、S_f は定数である。