(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4918658号
(P4918658)

(45)発行日　平成24年4月18日(2012.4.18)　(24)登録日　平成24年2月10日(2012.2.10)

(51)Int.Cl.		F I		
G01M 13/04	(2006.01)	G01M	13/04	
G01B 11/28	(2006.01)	G01B	11/28	H
F16C 33/66	(2006.01)	F16C	33/66	Z
F16N 29/00	(2006.01)	F16N	29/00	F
F16C 33/44	(2006.01)	F16C	33/44	

請求項の数 7　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2007-30317(P2007-30317)
(22)出願日　平成19年2月9日(2007.2.9)
(65)公開番号　特開2007-240526(P2007-240526A)
(43)公開日　平成19年9月20日(2007.9.20)
審査請求日　平成21年11月13日(2009.11.13)
(31)優先権主張番号　特願2006-35086(P2006-35086)
(32)優先日　平成18年2月13日(2006.2.13)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002325
セイコーインスツル株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地
(74)代理人　100154863
弁理士　久原　健太郎
(74)代理人　100142837
弁理士　内野　則彰
(74)代理人　100123685
弁理士　木村　信行
(74)代理人　100096655
弁理士　川井　隆
(74)代理人　100091225
弁理士　仲野　均

最終頁に続く

(54)【発明の名称】検査装置、検査方法、転がり軸受の製造装置、及び転がり軸受の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
外輪と、内輪と、前記外輪と前記内輪の間に配設される複数の転動体と、前記転動体を分離し、光透過性を有する保持器と、を備えた転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する検査装置であって、
可視光又は赤外線を照射する光源と、
前記光源から照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像する第１の撮像手段と、
予め検査領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像と比較することで、前記第１の撮像手段により撮像された画像における保持器の検査領域を抽出する第１の抽出手段と、
前記第１の抽出手段により抽出された検査領域における潤滑剤の塗布領域を色の違いに基づいて抽出する第２の抽出手段と、
前記第２の抽出手段で抽出した潤滑剤の塗布領域の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態を判断する第１の判断手段と、
を備えたことを特徴とする検査装置。
【請求項２】
紫外光を受けて蛍光を発する蛍光成分を有する潤滑剤が塗布された前記転がり軸受における、潤滑剤の塗布状態を検査する検査装置であって、
紫外光を照射する紫外光源と、

前記紫外光源に照射された転がり軸受を撮像する第２の撮像手段と、
予め転動体の領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像と比較することで、前記第２の撮像手段により撮像された画像から転動体の領域を抽出する第３の抽出手段と、
前記第３の抽出手段により抽出された領域における、紫外光を受けて蛍光を発する潤滑剤の撮像領域を示す色の領域を抽出する第４の抽出手段と、
前記第４の抽出手段で抽出した潤滑剤の撮像領域を示す色の領域の面積に基づいて、転動体における潤滑剤の塗布状態を判断する第２の判断手段と、
を備えたことを特徴とする請求項１記載の検査装置。
【請求項３】
前記光源から照射される可視光又は赤外線を反射させる反射板を備え、
前記第１の撮像手段は、前記反射板を介して照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の検査装置。
【請求項４】
少なくとも、外輪、内輪、複数の転動体、光透過性を有する保持器、を備えた転がり軸受を組み立てる組立装置と、
前記組み立てられた転がり軸受の所定の位置に潤滑剤を塗布する潤滑剤塗布装置と、
前記潤滑剤が塗布された転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検出する検査装置と、を備えた転がり軸受の製造装置であって、
前記検査装置は、請求項１から請求項３のうちのいずれか１の請求項に記載の検査装置であることを特徴とする転がり軸受の製造装置。
【請求項５】
前記潤滑剤塗布装置は、前記検査装置における検査結果に基づいて、潤滑剤の塗布位置を調整することを特徴とする請求項４記載の転がり軸受の製造装置。
【請求項６】
可視光又は赤外線を照射する光源と、可視光又は赤外線の透過像を撮像する撮像手段と、を備えた検査装置において、外輪と、内輪と、前記外輪と前記内輪の間に配設される複数の転動体と、前記転動体を分離し、光透過性を有する保持器と、を備えた転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する検査方法であって、
前記光源から照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像する第１のステップと、
予め検査領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像と比較することで、前記第１のステップにより撮像された画像における保持器の検査領域を抽出する第２のステップと、
前記第２のステップにより抽出された検査領域における、色の違いに基づいて潤滑剤の塗布領域を抽出する第３のステップと、
前記第３のステップで抽出した潤滑剤の塗布領域の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態を判断する第４のステップと、
を有することを特徴とする検査方法。
【請求項７】
少なくとも、外輪、内輪、複数の転動体、光透過性を有する保持器、を備えた転がり軸受を組み立てる第５のステップと、
前記組み立てられた転がり軸受の所定の位置に潤滑剤を塗布する第６のステップと、
前記潤滑剤が塗布された転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検出する第７のステップと、
前記第７のステップによる潤滑剤の塗布状態の検出結果に基づいて、潤滑剤の塗布位置を調整する第８のステップと、を備え、
前記第６のステップは、前記第８のステップで調整された塗布位置で潤滑剤を塗布し、
前記第７のステップは、請求項６に記載の検査方法であることを特徴とする転がり軸受の製造方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する検査装置及び検査方法、また、転がり軸受を製造する転がり軸受の製造装置及び製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
パーソナルコンピュータのハードディスクには、磁気ディスクを回転自在に支持するためにベアリングが用いられている。
一般にベアリングは、２つの軌道輪（外輪、内輪）、転動体（ころ、またはボール）および保持器で構成されている。
また、ベアリングには、転動体の摩擦を低減するために、潤滑油やグリース（グリス）等の潤滑剤が塗布されている。
【０００３】
従来、ベアリングにおける潤滑剤の塗布状態を検査する技術が下記の特許文献に提案されている。
【特許文献１】特開２０００－３４３０２４公報
【０００４】
特許文献１には、紫外光を照射した状態でベアリングを撮像し、撮像画像に基づいて転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する技術が提案されている。
詳しくは、軌道輪（外輪、内輪）および金属製の転動体（ボール）、樹脂製の保持器から構成されるベアリングに近紫外線を照射して撮像する。
潤滑剤は、紫外光を受けて発光するため白く映し出され、転動体は、黒く映し出される。そして、撮像画像における白色領域の面積に基づいて、転動体に塗布された潤滑剤の状態を検査するようになっている。
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、紫外光を照射した場合、樹脂製の保持器も白く映し出されるため、撮像画像において、保持器と潤滑剤とを区別することは困難であった。
そのため、紫外光を照射して撮像した画像に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態を検査することは困難であった。
そこで本発明は、光透過性を有する保持器における潤滑剤の塗布状態を容易に検査することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
請求項１記載の発明は、外輪と、内輪と、前記外輪と前記内輪の間に配設される複数の転動体と、前記転動体を分離し、光透過性を有する保持器と、を備えた転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する検査装置であって、可視光又は赤外線を照射する光源と、前記光源から照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像する第１の撮像手段と、予め検査領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像と比較することで、前記第１の撮像手段により撮像された画像における保持器の検査領域を抽出する第１の抽出手段と、前記第１の抽出手段により抽出された検査領域における潤滑剤の塗布領域を色の違いに基づいて抽出する第２の抽出手段と、前記第２の抽出手段で抽出した潤滑剤の塗布領域の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態を判断する第１の判断手段と、を備えたことを特徴とする検査装置を提供する。
請求項２に記載の発明では、紫外光を受けて蛍光を発する蛍光成分を有する潤滑剤が塗布された前記転がり軸受における、潤滑剤の塗布状態を検査する検査装置であって、紫外光を照射する紫外光源と、前記紫外光源に照射された転がり軸受を撮像する第２の撮像手段と、予め転動体の領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像

と比較することで、前記第２の撮像手段により撮像された画像から転動体の領域を抽出する第３の抽出手段と、前記第３の抽出手段により抽出された領域における、紫外光を受けて蛍光を発する潤滑剤の撮像領域を示す色の領域を抽出する第４の抽出手段と、前記第４の抽出手段で抽出した潤滑剤の撮像領域を示す色の領域の面積に基づいて、転動体における潤滑剤の塗布状態を判断する第２の判断手段と、を備えたことを特徴とする請求項１記載の検査装置を提供する。

請求項３に記載の発明では、前記光源から照射される可視光又は赤外線を反射させる反射板を備え、前記第１の撮像手段は、前記反射板を介して照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の検査装置を提供する。

請求項４に記載の発明では、少なくとも、外輪、内輪、複数の転動体、光透過性を有する保持器、を備えた転がり軸受を組み立てる組立装置と、前記組み立てられた転がり軸受の所定の位置に潤滑剤を塗布する潤滑剤塗布装置と、前記潤滑剤が塗布された転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検出する検査装置と、を備えた転がり軸受の製造装置であって、前記検査装置は、請求項１から請求項３のうちのいずれか１の請求項に記載の検査装置であることを特徴とする転がり軸受の製造装置を提供する。

請求項５に記載の発明では、前記潤滑剤塗布装置は、前記検査装置における検査結果に基づいて、潤滑剤の塗布位置を調整することを特徴とする請求項４記載の転がり軸受の製造装置を提供する。

請求項６に記載の発明では、可視光又は赤外線を照射する光源と、可視光又は赤外線の透過像を撮像する撮像手段と、を備えた検査装置において、外輪と、内輪と、前記外輪と前記内輪の間に配設される複数の転動体と、前記転動体を分離し、光透過性を有する保持器と、を備えた転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検査する検査方法であって、前記光源から照射される可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像する第１のステップと、予め検査領域が設定された、潤滑剤が塗布されていない転がり軸受の基準画像と比較することで、前記第１のステップにより撮像された画像における保持器の検査領域を抽出する第２のステップと、前記第２のステップにより抽出された検査領域における、色の違いに基づいて潤滑剤の塗布領域を抽出する第３のステップと、前記第３のステップで抽出した潤滑剤の塗布領域の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態を判断する第４のステップと、を有することを特徴とする検査方法を提供する。

請求項７に記載の発明では、少なくとも、外輪、内輪、複数の転動体、光透過性を有する保持器、を備えた転がり軸受を組み立てる第５のステップと、前記組み立てられた転がり軸受の所定の位置に潤滑剤を塗布する第６のステップと、前記潤滑剤が塗布された転がり軸受における潤滑剤の塗布状態を検出する第７のステップと、前記第７のステップによる潤滑剤の塗布状態の検出結果に基づいて、潤滑剤の塗布位置を調整する第８のステップと、を備え、前記第６のステップは、前記第８のステップで調整された塗布位置で潤滑剤を塗布し、前記第７のステップは、請求項６に記載の検査方法であることを特徴とする転がり軸受の製造方法を提供する。

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、光透過性を有する保持器を備えた転がり軸受において、可視光又は赤外線による転がり軸受の透過像を撮像し、その画像における保持器の検査領域を抽出し、検査領域における潤滑剤の塗布領域を色の違いに基づいて抽出し、潤滑剤の塗布領域の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態、例えば、潤滑剤が多い、少ない、適量、全くなし、を判断することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図１～図１３を参照して詳細に説明する。

（１）実施形態の概要

転がり軸受（ベアリング）の保持器における潤滑剤の塗布状態の検査処理（第１の検査

工程）、およびボールにおける潤滑剤の塗布状態の検査処理（第２の検査工程）を、潤滑剤検査装置を用いて行う。

第１の検査工程では、ベアリングに可視光を照射し、その透過像をカメラで撮像して撮像画像を画像処理装置へ転送する。

撮像画像には、保持器が透過領域として映し出され、潤滑剤が非透過領域として映し出されるため、保持器と潤滑剤とを撮像画像の色の違いに基づいて区別することが容易にできる。

画像処理装置では、撮像画像に対して二値化処理を施したのち、保持器上の特定領域における非透過領域（黒領域）、即ち潤滑剤の領域を特定する。

そして、特定された黒領域（潤滑剤の領域）の面積に基づいて、保持器における潤滑剤の塗布状態（例えば、潤滑剤が多い、少ない、適量、全くなし）を判断する。

【０００９】

第２の検査工程では、ベアリングに紫外光を照射し、その紫外光が照射されたベアリングをカメラで撮像して撮像画像を画像処理装置へ転送する。

ベアリングに塗布される潤滑剤には、予め蛍光成分を有する添加剤が混ぜられている。そのため、撮像画像には、紫外光を受けて蛍光を発した潤滑剤が白領域（明領域）として映し出されるため、ボールと潤滑剤とを撮像画像の色の違いに基づいて区別することが容易にできる。

画像処理装置では、撮像画像に対して二値化処理を施したのち、ボール上の特定領域における白領域（明領域）、即ち潤滑剤の領域を特定する。

そして、特定された白領域（潤滑剤の領域）の面積に基づいて、ボールにおける潤滑剤の塗布状態（例えば、潤滑剤の付着の有無）を判断する。

このように、本実施の形態によれば、第１の検査工程および第２の検査工程の処理により、ベアリングにおける潤滑剤の塗布状態を容易に検出することができる。

【００１０】

（２）実施形態の詳細

［第１の実施形態］

図１は、第１の実施形態に係るベアリングにおける潤滑剤の塗布状態を検査する潤滑剤検査装置１の概略構成を示した図である。

図１に示されるように、潤滑剤検査装置１は、カメラ１１、レンズ１２、シャープカットフィルタ１３、遮光フード１４、赤色光ＬＥＤ１５、紫外光ＬＥＤ１６、反射／無反射板１８を備えている。

そして、パレット搬送コンベア１９によって搬送される搬送パレット１７に検査対象となる供試体（サンプル）であるベアリング２が置かれている。

搬送パレット１７は、少なくともベアリング２が配置される領域が、光を透過する素材で形成されているか、あるいは光を透過する構造となっている。

ベアリング２は、例えば、ハードディスク等で用いられる径が１０～５ｍｍ程度の小型の転がり軸受である。

また、潤滑剤検査装置１には、カメラ１１で撮像されたベアリング２の撮像画像を処理する画像処理装置３０が設けられている。

画像処理装置３０は、例えば、入力、記憶、演算、制御、出力の機能を有するＰＣ（パーソナルコンピュータ）によって構成され、ベアリング２における潤滑剤の塗布状態を検査するための画像解析プログラムや、検査の合否を判定する判定プログラムが格納されている。

【００１１】

カメラ１１は、写真を撮影する光学機械であり、本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１では、映像をデジタル化して記録するデジタルカメラにより構成されている。なお、カメラ１１で撮像された画像は、画像処理装置３０に転送される。

また、カメラ１１は、紫外線写真を撮像する機能を有している。

なお、カメラ１１は、撮像手段として機能する。

レンズ１２は、カメラ１１に取り付けられており、カメラ１１の焦点を調節する機能を有する。

シャープカットフィルタ１３は、特定波長の光だけを除去する特殊透過フィルタであり、ノイズカットフィルタとして機能する。例えば、紫外光カット系のフィルタを用いることにより、可視光撮影時における紫外光をカット（除去）することができる。

【００１２】

遮光フード１４は、外来光の映り込みなどの外光反射を遮るための覆いであり、本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１では、赤色光ＬＥＤ１５および紫外光ＬＥＤ１６を十分に覆うように配設されている。

赤色光ＬＥＤ１５は、波長が６５０ｎｍ程度の赤色光（可視光）を放つ発光ダイオードであり、可視光を照射する可視光源として機能する。

赤色光ＬＥＤ１５は、円環状に配置された複数のＬＥＤ（発光ダイオード）によって構成され、各ＬＥＤから照射される光の焦点は、検査対象となるベアリング２に合わせられている。

【００１３】

紫外光ＬＥＤ１６は、紫外（ＵＶ）光を放つ発光ダイオードであり、紫外光を照射する紫外光源として機能する。

紫外光ＬＥＤ１６も、赤色光ＬＥＤ１５と同様に、円環状に配置された複数のＬＥＤによって構成され、各ＬＥＤの焦点がベアリング２に合わせられている。

なお、紫外光ＬＥＤ１６におけるＬＥＤが配置された円環の径は、赤色光ＬＥＤ１５におけるＬＥＤが配置された円環の径より大きく形成されている。そして、赤色光ＬＥＤ１５の光は、円環状に配設された紫外光ＬＥＤ１６のＬＥＤの内側（円の内側）を通ってベアリング２の方向へ照射される。

また、紫外光は弱い光であるため、本実施形態では、紫外光ＬＥＤ１６をより照射対象であるベアリング２（ワーク）に近い位置に配置している。

【００１４】

本実施形態では、赤色光ＬＥＤ１５と紫外光ＬＥＤ１６は、メンテナンス時の作業効率を考慮して、別々の構成をとっているが、光源の形態はこれに限定されるものではない。

例えば、光源の小型化（薄型化）を図るために、赤色光ＬＥＤ１５を構成するＬＥＤと紫外光ＬＥＤ１６を構成するＬＥＤを同一の平面上に配置するようにしてもよい。この場合にも、紫外光ＬＥＤ１６のＬＥＤを外側に、赤色光ＬＥＤ１５のＬＥＤを内側に配置するようにする。

本実施の形態では、ＬＥＤ（発光ダイオード）を用いることにより光源の長寿命化を図ることができる。また、光源にＬＥＤを用いることにより、赤外線を放射することなく目的の光線を照射させることができるため、シャープな撮像画像を得ることができる。

【００１５】

搬送パレット１７は、検査対象となる供試体（サンプル）であるベアリング２を置くための搭載台である。搬送パレット１７はその側端部が、パレット搬送コンベア１９を構成する２本のベルトに支持されている。

反射／無反射板１８は、反射領域１８ａと無反射領域１８ｂが同一面に設けられ、水平に配置された板状部材である。

また、潤滑剤検査装置１には、図示されていないが、反射／無反射板１８を水平方向に駆動させることによって、ベアリング２の裏面（背面）に配置する反射領域１８ａと無反射領域１８ｂとを切り替える駆動装置が設けられている。

なお、図１は、反射領域１８ａがベアリング２の裏面に配置されている状態を示す。

【００１６】

反射／無反射板１８における反射領域１８ａは、赤色光ＬＥＤ１５により照射された可視光を、赤色光ＬＥＤ１５の方向、即ち、カメラ１１の方向に反射させるための部材で構成され、例えば、平らな鏡や白色の平板等によって構成されている。

無反射領域１８ｂは、紫外光ＬＥＤ１６により照射された紫外光による、カメラ１１方

向への反射を抑制することができる部材で構成され、例えば、黒色の平板等によって構成されている。

なお、供試体（サンプル）であるベアリング２は、反射／無反射板１８と赤色光ＬＥＤ１５との間に配設され、反射領域１８ａで反射された可視光（赤色光）の反射光が、ベアリング２に照射されるように構成されている。

【００１７】

次に、検査対象となる供試体（サンプル）であるベアリング２について説明する。

図２（ａ）はベアリング２の概略構成を示した図であり、図２（ｂ）は図２（ａ）に示すＡ－Ａ’部における断面を示した図である。

図に示されるように、ベアリング２は、外輪２１、内輪２２、ボール２３、保持器２４を備えた転がり軸受である。

外輪２１は、透過性を有する樹脂製の環状の部材であり、その内側面には、周方向に沿ってボール２３の軌道を構成する溝が形成されている。

内輪２２は、外輪２１の内側に配設され、外輪２１より小さい径を有する金属製の環状の部材であり、その外側面には、周方向に沿ってボール２３の軌道を構成する溝が形成されている。

【００１８】

ボール２３は、外輪２１と内輪２２の間に配設される金属製の球状の転動体であり、その一部は、外輪２１および内輪２２に形成された軌道を構成する溝に嵌められている。

外輪２１と内輪２２の間には、複数のボール２３が配設されている。

保持器２４は、外輪２１と内輪２２の間に配設された複数のボール２３を、互いに接触しないように一定間隔を保つように配置するための環状の部材であり、可視光を透過する（光透過性を有する）樹脂により形成されている。

【００１９】

図２（ｃ）は、保持器２４の概略構成を示した斜視図である。

図に示されるように、保持器２４には、ボール２３を嵌め込むポケット２４１、潤滑剤が塗布される潤滑剤溜２４２が設けられている。

ポケット２４１は、ボール２３を保持するための溝であり、保持器２４の周方向に沿って等間隔に設けられている。

潤滑剤溜２４２は、ボール２３の摩擦を低減するための、例えば、潤滑油やグリース（グリス）等の潤滑剤を塗布する部位であり、隣接するポケット２４１の間に設けられている。

【００２０】

ベアリング２に塗布する潤滑剤には、紫外光を受けて蛍光を発する、例えばアミン系の酸化防止剤等が予め添加されている。即ち、ベアリング２に塗布される潤滑剤には蛍光成分が含まれている。

潤滑剤に添加される酸化防止剤は、一次酸化防止剤（ラジカル連鎖禁止剤）と二次酸化防止剤（過酸化物分解剤）の２種類の酸化防止剤を用いることにより安定な形になる。

熱や光等でラジカル（遊離基）が発生すると酸素によりパーオキシラジカルが発生する。このパーオキシラジカルを安定なラジカルにするものが一次酸化防止剤であり、フェノール系やアミン系の酸化剤がこれに相当する。この後に発生した過酸化物を分解するものが二次酸化防止剤であり、イオウ系やリン系の酸化剤がこれに相当する。

本実施形態では、フェノール系とアミン系の酸化防止剤が添加された潤滑剤がベアリング２に塗布されている。

なお、フェノール系の酸化剤は、着色性が少なく、比較的低い温度で使用される。また、アミン系の酸化剤は酸化防止効果が高く比較的高い温度で使用される。

本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１では、予め潤滑剤溜２４２に塗布された潤滑剤の塗布状態を検査する。即ち、潤滑剤検査装置１は、適量の潤滑剤が適切な位置に塗布されているか否かを判断する装置である。

【００２１】

次に、本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１によるベアリング２に塗布された潤滑剤の塗布状態を検査する方法について説明する。

潤滑剤検査装置１では、保持器２４における潤滑剤の塗布状態を検査する工程（以下、第１の検査工程とする）と、ボール２３における潤滑剤の塗布状態を検査する工程（以下、第２の検査工程とする）とを別々の方法を用いて検査する。

はじめに、保持器２４における潤滑剤の塗布状態を検査する第１の検査工程について説明する。

図３は、保持器２４における潤滑剤の塗布状態を検査する処理の手順を示したフローチャートである。

【００２２】

まず、潤滑剤検査装置１は、検査対象となる供試体（サンプル）であるベアリング２を搭載した搬送パレット１７を、カメラ１１による撮像可能領域にまで移動させた後、ベアリング２を固定する（ステップ１１）。

次に、潤滑剤検査装置１は、反射／無反射板１８における反射領域１８ａを図１に示すように、ベアリング２の背面にセットする（ステップ１２）。なお、ベアリング２におけるカメラ１１との対向面をベアリング２の正面とする。なお、反射領域１８ａ及び無反射領域１８ｂのセット／リセットは、反射／無反射板１８の駆動装置を制御することにより行うことができるように構成されている。

潤滑剤検査装置１は、赤色光ＬＥＤ１５を点灯し、赤色光（可視光）をベアリング２に照射する（ステップ１３）。

【００２３】

赤色光ＬＥＤ１５から照射された赤色光（可視光）のうち、ベアリング２を透過したものは、反射／無反射板１８の反射領域１８ａに入射される。入射した可視光は、反射領域１８ａにより反射され、背面から再びベアリング２に照射される。

ベアリング２に照射された反射光のうちベアリング２を透過したものは、レンズ１２を介してカメラ１１に入る。

続いて、潤滑剤検査装置１は、カメラ１１において、赤色光ＬＥＤ１５から照射された赤色光（可視光）の反射／無反射板１８の反射領域１８ａによる反射光の透過像を撮像（撮影）する（ステップ１４）。

ここでは、カメラ１１におけるシャッタースピード（速度）を１／２００秒に設定して撮像（撮影）する。

【００２４】

カメラ１１で撮像されたベアリング２の画像（撮像画像）は、画像処理装置３０へ転送される。

画像処理装置３０では、予め設定されている基準画像との比較処理を行うことにより、保持器２４に塗布された潤滑剤の塗布状態を検査する。

なお、基準画面の設定（登録）は、潤滑剤の塗布されていないベアリング２の画像に基づいて行う。

画像処理装置３０は、カメラ１１から転送されたベアリング２の撮像画像の位置補正を行うために、撮像画像におけるボール２３の位置を検出する（ステップ１５）。

ボール２３は、透過性を有さない金属部材から構成されているため、可視光の透過像を写した撮像画像には、その大部分が黒く映し出される。

【００２５】

図４は、可視光を照射した場合における撮像画像の一例を示した図である。

図４に示すように、赤色光ＬＥＤ１５から照射された可視光が正反射する部分、即ち、ボール２３の表面の中心部分は白く映し出される。

そこで本実施の形態では、可視光が正反射するボール２３の表面の中心部分、即ち、撮像画像における黒色領域の中心に位置する白色領域を検出することによりボール２３の位置を特定（抽出）する。

そして、画像処理装置３０は、検出（特定）されたボール２３の位置情報に基づいて、

撮像画像と基準画像とのズレ角を算出し、算出された値に基づいて撮像画像の位置補正を行う。

このように、本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１では、ボール２３をモデルにした正規化相関法を用いて撮像画像におけるボール２３の位置検出を行うことができる。

ベアリング２は、一方の軌道輪（外輪２１または内輪２２）を固定しても他方の軌道輪が常に回転可能な状態にあるため、ボール２３の位置が常に変化し、撮像画像における保持器２４の潤滑剤溜２４２の位置も検査サンプルごとに変化してしまう。

そのため、サンプルごとに、このようなボール２３の位置検出を行い基準画像とのズレを補正する。

【００２６】

図３の説明に戻り、画像処理装置３０は、補正処理が施された撮像画像から検査領域を特定し、特定された領域を抽出する（ステップ１６）。

本実施形態では、検査領域として、予め基準画像において、保持器２４の潤滑剤溜２４２の領域が設定されている。

画像処理装置３０は、基準画像を参照（比較）して検査領域を特定し、特定された領域を抽出する。

なお、基準画面における検査領域の設定（登録）は、潤滑剤の塗布されていないベアリング２の画像に基づいて行う。

また、上述した撮像画像の位置補正は、検査領域を特定する段階において行うようにしてもよい。その場合、基準画像において定義（設定）されている検査領域に対して、ボール２３をモデルにした正規化相関法を用いて算出されたズレ量に基づく、縦・横・回転補正を実行する。

【００２７】

ここでは、任意の領域を検査領域として設定することができる。例えば、保持器２４における潤滑剤溜２４２の中心から半径ｒの範囲を検査領域として設定するようにしてもよい。

ただし、この半径ｒの領域が保持器２４の外部へ渡る場合には、この領域に含まれる保持器２４でない領域（外輪２１、内輪２２、ボール２３、隙間）の面積を予め基準画像に基づいて算出しておく。そして、最終的に潤滑剤の塗布状態（塗布量）を判断（算出）する際に、保持器２４でない領域を判断対象領域から除くようにする。これにより、適切な保持器２４における潤滑剤の塗布状態の検査処理を行うことができる。

【００２８】

続いて、画像処理装置３０は、特定された領域、または特定された領域を含む領域に対して画像の二値化処理を実行する（ステップ１７）。

二値化処理では、撮像画像の各画素の輝度（明るさ）に対して、特定のしきい値を設け、このしきい値よりも明るい場合は白色、しきい値よりも暗ければ黒色に変換する処理を行う。

ここでは、二値化処理の基準となるしきい値を潤滑剤の領域を示す色の輝度に基づいて予め設定し、少なくとも保持器２４よりも低い透過性を有する潤滑剤およびボール２３の部位が黒色に変換されるようになっている。

【００２９】

次に、画像処理装置３０において行われる二値化処理の具体例について説明する。

ここでは、図５（ａ）に示すように、少量の潤滑剤２４３が塗布されている場合と、図６（ａ）に示すように適量の潤滑剤２４３が塗布されている場合について説明する。

図５（ｂ）は、少量の潤滑剤２４３が塗布されている場合における撮像画像の一例を示した図である。

図６（ｂ）は、適量の潤滑剤２４３が塗布されている場合における撮像画像の一例を示した図である。

図５（ｂ）、図６（ｂ）に示すように、潤滑剤２４３の塗布領域は保持器２４の領域よりも輝度が低く、即ち暗く示される。

そして、撮像画像に対して、特定のしきい値に基づく二値化処理を実行することにより、図５（ｂ）に示す撮像画像は、図５（ｃ）に示す二値化画像に、また、図６（ｂ）に示す撮像画像は、図６（ｃ）に示す二値化画像に変換される。

【００３０】

図３の説明に戻り、画像処理装置３０は、二値化された画像における特定された保持器２４の検査領域から、黒領域、即ち、潤滑剤２４３が塗布された領域を抽出する（ステップ１８）。

例えば、図５（ｃ）、図６（ｃ）に示すような二値化画像から黒色の領域を抽出し、その面積を算出する。

そして、画像処理装置３０は、抽出された黒領域（潤滑剤領域）の面積値と、特定された検査領域の面積値とを比較する（ステップ１９）。

なお、特定された検査領域を、図５（ｃ）、図６（ｃ）の破線部に示す。

【００３１】

そして、画像処理装置３０は、特定された検査領域（破線部領域）に対する黒領域（潤滑剤領域）の割合を算出し、算出された結果と、予め設定されている適正基準範囲とを比較する。

画像処理装置３０は、例えば、図６（ｃ）に示すように、算出された結果が適正基準範囲内である場合には、保持器２４における潤滑剤の塗布状態が良好であると判断し、一方、図５（ｃ）に示すように、算出された結果が適正基準範囲外である場合には、保持器２４における潤滑剤２４３の塗布状態が不良であると判断する。

画像処理装置３０は、算出された結果が適正基準範囲の上限よりも大きい場合には、保持器２４における潤滑剤２４３の塗布状態が過多（過剰）であると判断し、算出された結果が適正基準範囲の下限よりも小さい場合には、保持器２４における潤滑剤２４３の塗布状態が過少であると判断する。

【００３２】

画像処理装置３０における処理が終了した後、潤滑剤検査装置１は、反射／無反射板１８をリセット、即ち、所定の待機位置へ移動させる（ステップ２０）。

そして、潤滑剤検査装置１は、赤色光ＬＥＤ１５を消灯し（ステップ２１）、搬送パレット１７を移動させて供試体（サンプル）であるベアリング２を次工程に移動し（ステップ２２）、処理を終了する。

ただし、引き続き潤滑剤検査装置１において潤滑剤の塗布状態を検査する第２の検査工程の処理を実行する場合には、供試体の搬送（移動）処理は行わない。即ち、この場合には、ステップ２２の処理をスキップして第２の検査工程における検査処理を開始する。

【００３３】

次に、ボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態を検査する第２の検査工程について説明する。

図７は、ボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態を検査する処理の手順を示したフローチャートである。

まず、潤滑剤検査装置１は、検査対象となる供試体（サンプル）であるベアリング２を搭載した搬送パレット１７を、カメラ１１による撮像可能領域にまで移動させた後、ベアリング２を固定する（ステップ３１）。

ただし、塗布状態を検査する第１の検査工程の後、引き続き第２の検査工程を実行する場合、供試体は、既に撮像可能領域に存在するため、ステップ３１の処理は省略する。

続いて、潤滑剤検査装置１は、反射／無反射板１８における無反射領域１８ｂをベアリング２の背面にセットする（ステップ３２）。

次に、潤滑剤検査装置１は、紫外光ＬＥＤ１６を点灯し、紫外光をベアリング２に照射する（ステップ３３）。

【００３４】

続いて、潤滑剤検査装置１は、カメラ１１において、紫外光ＬＥＤ１６が照射されたベアリング２を撮像（撮影）する（ステップ３４）。

ここでは、カメラ１１におけるシャッタースピード（速度）を１／１００秒に設定して撮像（撮影）する。
潤滑剤には、蛍光成分が含まれているため、紫外光を受けて蛍光を発する。従って、潤滑剤２４３の塗布部は撮像画像において白く映し出される。
なお、ここでの撮像処理は、シャープカットフィルタ１３および遮光フード１４を用いて（設置して）行う。
ここでシャープカットフィルタ１３は、紫外光の正反射による影響を低減（抑制）するために用いられる。

【００３５】

カメラ１１で撮像されたベアリング２の画像（撮像画像）は、画像処理装置３０へ転送される。
画像処理装置３０では、予め設定されている基準画像との比較処理を行うことにより、ボール２３に塗布された潤滑剤２４３の塗布状態を検査する。
なお、基準画面の設定（登録）は、潤滑剤の塗布されていないベアリング２の画像に基づいて行う。
画像処理装置３０は、カメラ１１から転送されたベアリング２の撮像画像の位置補正を行うために、撮像画像におけるボール２３の位置を検出（抽出）する（ステップ３５）。
ボール２３は、金属部材から構成されているため紫外光を受けても蛍光を発しないためその大部分が黒く映し出される。
しかし、紫外光ＬＥＤ１６から照射された紫外光が正反射する部分、即ち、ボール２３の表面の中心部分は、上述した可視光を照射した場合と同様に、特徴的に白く映し出される。

【００３６】

そこで本実施の形態では、紫外光が正反射するボール２３の表面の中心部分、即ち、撮像画像における黒色領域の中心に位置する白色領域（特徴領域）を検出することによりボール２３の位置を特定（抽出）する。
このように、本実施の形態に係る潤滑剤検査装置１では、ボール２３をモデルにした正規化相関法を用いて撮像画像におけるボール２３の位置検出を行うことができる。
そして、画像処理装置３０は、検出されたボール２３の位置情報に基づいて、撮像画像と基準画像とのズレ角を算出し、算出された値に基づいて撮像画像の位置補正を行う。
なお、上述した可視光を用いた保持器２４における潤滑剤２４３の塗布状態の検査処理を施した後、引き続き紫外光を用いたボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態の検査処理を施す場合、即ち、可視光を用いた処理を行った場合とベアリング２が同じ状態（同じ位置）にある場合には、可視光を用いた処理時に検出したボール２３の位置情報を流用して撮像画像の位置補正を行うようにしてもよい。

【００３７】

次に、画像処理装置３０は、補正処理が施された撮像画像から検査領域を特定し、特定された領域を抽出する（ステップ３６）。
ここでは、検査領域として、予め基準画像において、ボール２３の領域が設定されている。
なお、照射光の正反射により白く映し出されるボール２３の表面の中心部分は、予め検査領域から外しておくことが好ましい。
画像処理装置３０は、基準画像を参照（比較）して検査領域を特定し、特定された領域を抽出する。
なお、基準画面における検査領域の設定（登録）は、潤滑剤の塗布されていないベアリング２の画像に基づいて行う。

【００３８】

ここでは、任意の領域を検査領域として設定することができる。例えば、ボール２３の中心からボール２３の半径Ｒの範囲を検査領域として設定するようにしてもよい。
ただし、ボール２３の半径Ｒに基づいて検査領域を設定した場合には、この半径Ｒの領

域に外輪２１や内輪２２、保持器２４の一部の画像領域が含まれてしまう。
そのため、この半径Ｒの領域に含まれるボール２３の画像領域でない領域の面積を予め基準画像に基づいて算出し、最終的に潤滑剤の塗布状態（塗布量）を判断（算出）する際に、ボール２３の画像領域でない領域を判断対象領域から除くようにする。
これにより、詳細なボール２３における潤滑剤の塗布状態の検査処理を行うことができる。

【００３９】
また、上述した撮像画像の位置補正は、検査領域を特定する段階において行うようにしてもよい。その場合、基準画像において定義（設定）されている検査領域に対して、ボール２３をモデルにした正規化相関法を用いて算出されたズレ量に基づく、縦・横・回転補正を実行する。
続いて、画像処理装置３０は、特定された領域、または特定された領域を含む領域に対して画像の二値化処理を実行する（ステップ３７）。
二値化処理では、撮像画像の各画素の輝度（明るさ）に対して、特定のしきい値を設け、このしきい値よりも明るい場合は白色、しきい値よりも暗ければ黒色に変換する処理を行う。
ここでは、二値化処理の基準となるしきい値を潤滑剤の領域を示す色の輝度に基づいて予め設定し、少なくとも潤滑剤２４３および保持器２４の部位が白色に変換されるようになっている。

【００４０】
ここで、画像処理装置３０において行われる二値化処理の具体例について説明する。
ここでは、図８（ａ）に示すように、ボール２３上に潤滑剤２４３が塗布されている場合について説明する。
図８（ｂ）は、撮像画像の一例を示した図である。
図８（ｂ）に示すように、潤滑剤２４３の塗布領域はボール２３の領域よりも輝度が高く、即ち明るく示される。
そして、撮像画像に対して、特定のしきい値に基づく二値化処理を実行することにより、図８（ｂ）に示す撮像画像は、図８（ｃ）に示す二値化画像に変換される。

【００４１】
次に、画像処理装置３０は、二値化された画像における特定されたボール２３の検査領域から、白領域、即ち、潤滑剤２４３が塗布された領域を抽出する（ステップ３８）。
例えば、図８（ｃ）に示すような二値化画像から白色の領域を抽出し、その面積を算出する。
そして、画像処理装置３０は、抽出された白領域（潤滑剤領域）の面積値と、特定された検査領域の面積値とを比較する（ステップ３９）。
なお、特定された検査領域を、図８（ｃ）の破線部に示す。
なお、図８（ｃ）に示されるように、照射光の正反射により白く映し出されるボール２３の表面の中心部分が検査領域に含まれる場合には、抽出された白領域の面積値から、白く映し出されるボール２３の表面の中心部分の面積を減算処理を施し、減算された白領域の面積値と、特定された検査領域との面積値を比較する。即ち、潤滑剤の塗布領域を示す可能性の高い白領域を抽出して比較処理を行わせる。

【００４２】
そして、画像処理装置３０は、特定された検査領域（破線部領域）に対する白領域（潤滑剤領域）の割合を算出し、算出された結果と、予め設定されている適正基準範囲とを比較する。
画像処理装置３０は、算出された結果が適正基準範囲内である場合には、ボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態が良好であると判断し、一方、算出された結果が適正基準範囲外である場合には、ボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態が不良であると判断する。
画像処理装置３０は、保持器２４と潤滑剤２４３との判別が困難なため、算出された結

果が適正基準範囲の上限よりも大きい場合には、ボール２３における潤滑剤２４３の塗布状態が過多（過剰）であると判断する。

【００４３】

なお、ボール２３に潤滑剤２４３が付着（接触）しているか否かのみを判断する場合には、特定された検査領域（破線部領域）との比較処理は行わずに、白領域（潤滑剤領域）が検出されたか否かのみを判断するようにする。

画像処理装置３０における処理が終了した後、潤滑剤検査装置１は、反射／無反射板１８をリセット、即ち、所定の待機位置へ移動させる（ステップ４０）。

そして、潤滑剤検査装置１は、紫外光ＬＥＤ１６を消灯し（ステップ４１）、搬送パレット１７を移動させて供試体（サンプル）であるベアリング２を次工程に移動し（ステップ４２）、処理を終了する。

【００４４】

潤滑剤検査装置１では、上述した第１の検査工程および第２の検査工程を施すことによりベアリング２における潤滑剤の塗布状態を適切に検査することができる。

本実施の形態では、隣接するボール２３間の潤滑剤溜２４２に潤滑剤が塗布されるベアリング２において、第１の検査工程にて保持器２４（潤滑剤溜２４２）における潤滑剤の塗布状態（例えば、多い、少ない、適量、全くなし）を検出（検査）し、第２の検査工程にてボール２３への潤滑剤の接触の有無を検出（検査）することができる。

また、ボール２３に潤滑剤が塗布されるベアリング２においても、第１の検査工程にて潤滑剤のボール２３からのはみ出し状態を検出（検査）し、第２の検査工程にてボール２３における潤滑剤の塗布状態を検出（検査）することができる。

【００４５】

本実施の形態によれば、可視光の透過像を撮像することにより、保持器２４と潤滑剤２４３とを撮像画像の色の違いに基づいて区別することが容易にできるため、保持器２４における潤滑剤２４３の塗布状態を容易に検査することができる。

本実施の形態によれば、反射／無反射板１８を用いて可視光の透過像を撮像することにより、赤色光ＬＥＤ１５から照射された可視光が正反射する部分、即ち、ボール２３の表面の中心部分の白く映し出する状態を、ベアリング２の透過画像と共に撮像することができる。

そして、このような撮像画像におけるボール２３の表面の中心部分の白く映し出する特徴部分を利用することにより、ボール２３の位置検出、即ち、撮像画像の位置補正の処理を容易に行うことができる。

また、反射／無反射板１８を用いることにより、第１の検査工程および第２の検査工程における撮像処理を、カメラ１１や光源（赤色光ＬＥＤ１５、紫外光ＬＥＤ１６）を移動させることなく行うことができる。

【００４６】

本実施の形態では、赤色光ＬＥＤ１５から照射された赤色光（可視光）の反射／無反射板１８による反射光の透過像をカメラ１１で撮像するように構成されているが、透過像の撮像方法は、これに限定されるものではない。

例えば、反射／無反射板１８を用いずに、ベアリング２の表面（表側）から赤色光ＬＥＤ１５により照射された可視光の透過像をベアリング２の背面（裏側）にカメラ１１を配設して撮像するようにしてもよい。

ただし、このように反射／無反射板１８を用いずに撮像した場合には、撮像画面において、ボール２３の表面の中心部分が白く映し出されない。即ち、図４に示すように撮像されない。

【００４７】

そのため、撮像画像と基準画像との位置補正処理において、上述したような可視光が正反射するボール２３の表面の中心部分の白色領域を検出する方法を用いることができないため、他の方法を用いて撮像画像と基準画像とのズレ量（補正量）を算出する。

例えば、撮像画像（濃淡画像）に微分処理施し、撮像画像のエッジパターンを作成する

。そして、この撮像画像のエッジパターンを基準画像のエッジパターン（モデルパターン）と比較することにより、撮像画像と基準画像とのズレ角（ズレ量）を算出する。

【００４８】

本実施の形態によれば、画像処理装置３０において撮像画像の解析を行うことにより、ベアリング２における複数の検査対象部位を同時に検査することができるため作業時間の短縮、即ち作業効率の向上を図ることができる。

また、検査領域を詳細に特定することにより、より詳しい潤滑剤の塗布状態を検査することができる。例えば、潤滑剤の塗布量、塗布位置の検査を注入箇所ごとに実行する。

本実施の形態によれば、ベアリング２を搬送する搬送パレット１７の制御（移動）を、生産ラインの制御動作と関連付けることにより、潤滑剤検査装置１を生産ライン上で稼動させることができる。

光源にＬＥＤを利用することにより、経時劣化による光量調節や電球交換がなくなり、光量に関する保守が不要になる。さらに、画像処理装置３０における各パラメータ（例えば、基準画像データやしきい値等）や光源における照明の光量等をデータ化することにより、保存・復元が容易に可能となり、万一の画像処理装置３０や照明の故障などにおけるメンテナンス性を向上させることができる。

潤滑剤の塗布方法（方式）が異なる製品への対応が、画像処理装置３０における各パラメータ（例えば、基準画像データやしきい値等）や光源における照明の光量等を変更するだけでできる。

【００４９】

本実施の形態では、赤色光ＬＥＤ１５を用いて可視光を照射するように構成されているが、可視光は赤色光に限定されるものではない。例えば、青色光ＬＥＤを用いて青色光を照射するようにしてもよい。

また、赤色光ＬＥＤ１５を用いて可視光を照射する代わりに、赤外線（赤外光）の光源を用いて赤外線をベアリング２に照射してもよい。ただし、赤外線を照射する場合には、カメラ１１を赤外線カメラで構成し、上述した第１の検査工程（図３のフローチャート）におけるステップ１４の処理において、赤外線の透過像を赤外線写真として撮像する。そして、この赤外線写真に基づいて以降の画像処理を施す。

【００５０】

［第２の実施形態］

第２の実施形態では、上述した第１の実施形態で説明した潤滑剤検査装置１を検査工程において用いたベアリング２の製造ライン、即ち、ベアリング製造装置について説明する。

図９は、第２の実施形態に係るベアリング製造ラインの概略構成を示した図である。

なお、第１の実施形態の説明を重複する箇所には、同一の符号を付し詳細な説明は省略する。

図９に示すように、ベアリング製造ラインは、内輪供給装置４１、外輪供給装置４２、ボール供給装置４３、ボール等配装置４４、保持器組込装置４５、潤滑剤塗布装置４６、潤滑剤検査装置１、潤滑剤不良排出装置４７、トルク検査装置４８、音響検査装置４９、不良排出装置５０、良品回収装置５１、表示装置５２、制御装置６０を備えている。

【００５１】

また、ベアリング製造ラインにおいて製造されるベアリング２は、搬送パレット１７に搭載される。搬送パレット１７は、パレット搬送コンベア１９によってそれぞれの装置の配置場所まで搬送される。

１つの搬送パレット１７には、１つのベアリング２が搭載される。また、各搬送パレット１７には、ベアリング２を識別するパレット番号７０が付されている。なお、このパレット番号７０は、光学的に読み取り可能な状態でシール上に印字され、このシールは各搬送パレット１７の所定の部位に貼付される。

また、潤滑剤塗布装置４６、潤滑剤検査装置１、潤滑剤不良排出装置４７、トルク検査装置４８、音響検査装置４９、不良排出装置５０、良品回収装置５１の各装置には、パレ

ット番号７０を光学的に読み取る読取装置が設けられている。
【００５２】
ここで、ベアリング製造ラインに設けられている装置について説明する。
内輪供給装置４１、外輪供給装置４２、ボール供給装置４３は、それぞれベアリング２の構成部材である、内輪２２（図２参照）、外輪２１、ボール２３を搬送パレット１７上に供給する装置である。
なお、本実施形態では、ベアリング２を組み立てる際に偏心組立法を用いている。この偏心組立法とは、外輪２１を内輪２２の外側に偏心して置き、ボール２３を外から順次軌道溝に入れた後、内輪２２を偏心の位置から同心の位置まで移動させることによってボール２３を組み込む方法である。
ボール等配装置４４は、内輪２２と外輪２１との間に供給されたボール２３を等間隔に配置（配列）する装置である。ボール等配装置４４では、例えば、ボール２３の間隔と対応する位置に櫛歯がセットされた位置決め用の治具が用いられている。
保持器組込装置４５は、内輪２２と外輪２１との間に保持器２４を組み込む装置である。
【００５３】
潤滑剤塗布装置４６は、保持器２４の潤滑剤溜２４２に潤滑剤を塗布する装置である。潤滑剤塗布装置４６には、潤滑剤を塗布するノズルが複数設けられており、潤滑剤溜２４２に同時に潤滑剤を塗布することができるように構成されている。
潤滑剤塗布装置４６は、ノズルの開口時間、即ち、塗布時間や注入圧力（押圧力）を調節することによって塗布する潤滑剤の量を制御する。
潤滑剤を塗布する複数のノズルは、潤滑剤溜２４２の形成部位に対応して、円周方向に沿って配列固定されている。従って、本実施形態では、塗布位置の回転方向のずれ、また、中心位置のずれに対する位置補正制御を行うことができる。
なお、潤滑剤を塗布する際のノズルの位置は、ボール等配装置４４または保持器組込装置４５によって特定されるボール２３の絶対位置情報に基づいて設定される。
潤滑剤検査装置１は、第１の実施形態で説明した潤滑剤検査装置１であり、第１及び第２の検査工程によって、塗布された潤滑剤の状態を検査する装置である。
潤滑剤不良排出装置４７は、潤滑剤検査装置１の検査により潤滑剤の塗布状態が不良であると判断されたベアリング２を搬送パレット１７ごと所定の不良排出エリアに排出する装置である。
なお、この潤滑剤不良排出装置４７によって排出されたベアリング２は、潤滑剤の塗布状態の検査結果に基づいて処理が決定される。例えば、潤滑剤が未塗布である場合には、再度、潤滑剤塗布装置４６へ投入され、その他の不良である場合には、オフライン修正、即ち、作業者による手修正（マニュアル修正）が施される。
【００５４】
トルク検査装置４８は、ベアリング２の回転トルクを測定する装置である。トルク検査装置４８では、測定結果が所定のトルク値の範囲内である場合に良品であると判断し、測定結果が範囲外である場合にトルク不良であると判断する。
音響検査装置４９は、ベアリング２の回転時における静かさを判断する検査装置である。音響検査装置４９では、軌道溝の研磨の状態を高速回転により起こるノイズのレベルに基づいて判断し、ノイズレベルが所定の閾値を超えるものを不良と判断する。
不良排出装置５０は、トルク検査装置４８または音響検査装置４９の検査により不良であると判断されたベアリング２を搬送パレット１７ごと所定の不良排出エリアに排出する装置である。
【００５５】
良品回収装置５１は、トルク検査装置４８及び音響検査装置４９の検査に合格した、良品と判断されたベアリング２を搬送パレット１７ごと所定の良品回収エリアに格納する装置である。
表示装置５２は、潤滑剤塗布装置４６の近傍に配設された、潤滑剤塗布装置４６の動作

処理に関する表示を行う装置であり、赤・黄・緑の三色の表示灯と、情報を表示する表示器を備えている。表示装置５２では、潤滑剤の塗布不良が発生した場合には、発生条件に応じて黄色又は赤色の表示灯が点灯され、通常時には緑色の表示灯が点灯される。

制御装置６０は、ベアリング製造ラインに設けられた各種装置及びパレット搬送コンベア１９の動作管理を行う装置であり、入力、記憶、演算、制御、出力の機能を有するコンピュータによって構成されている。なお、制御装置６０の記憶部には、組立、潤滑剤の塗布、検査等の一連の処理の手順を示したプログラムが格納されており、制御装置６０のＣＰＵは、このプログラムを実行する。

【００５６】

次に、以上の通り構成されたベアリング製造ラインにおける、ベアリング２の製造処理について説明する。

図１０は、第２の実施形態に係るベアリング製造ラインにおけるベアリング２の製造処理の手順を示したフローチャートである。

まず、内輪供給装置４１、外輪供給装置４２、ボール供給装置４３、ボール等配装置４４、保持器組込装置４５によって、ベアリング２を構成する部材の組立処理が行われる（ステップ５１）。

詳しくは、パレット搬送コンベア１９によって搬送される、パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７に、内輪供給装置４１が内輪２２を搭載する。続いて、外輪供給装置４２が、外輪２１を内輪２２の外側に偏心して配置する。そして、ボール供給装置４３が、ボール２３を外輪２１と内輪２２の間に供給する。

ボール２３を供給し終わった後、ボール供給装置４３は、内輪２２を偏心の位置から同心の位置まで移動させる。そして、ボール等配装置４４が、内輪２２と外輪２１との間に供給されたボール２３を等間隔に配置した後、保持器組込装置４５によって内輪２２と外輪２１との間に保持器２４が組み込まれる。

【００５７】

次に、組み立てられたベアリング２は、パレット搬送コンベア１９によって潤滑剤塗布装置４６まで搬送される。そして、潤滑剤塗布装置４６によって、ベアリング２の保持器２４における潤滑剤溜２４２に潤滑剤を塗布する処理が行われる（ステップ５２）。

なお、潤滑剤塗布装置４６では、潤滑剤を塗布する前（又は、後）に、読取装置によってパレット番号７０を読み取る。そして、読み取ったパレット番号７０と、該パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７に搭載されているベアリング２における、潤滑剤の塗布条件情報と、を対応付けて制御装置６０へ送信する。潤滑剤の塗布条件情報としては、例えば、潤滑剤のノズルの開口時間、ノズルの位置情報、押圧値（注入圧力値）などがある。

制御装置６０では、潤滑剤塗布装置４６から送信されたデータを受信し、所定の記憶エリアに格納する。

【００５８】

潤滑剤の塗布処理が施されたベアリング２は、パレット搬送コンベア１９によって潤滑剤検査装置１まで搬送される。そして、潤滑剤検査装置１によって、ベアリング２における潤滑剤の塗布状態を検査する処理が行われる（ステップ５３）。

この潤滑剤検査装置１では、第１の実施形態で説明した、第１及び第２の検査工程の処理が続けて行われる。

なお、潤滑剤検査装置１では、検査処理の前（又は、後）に、読取装置によってパレット番号７０を読み取る。そして、読み取ったパレット番号７０と、該パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７に搭載されているベアリング２の検査結果と、を対応付けて制御装置６０へ送信する。

【００５９】

図１１は、潤滑剤検査装置１における検査結果のデータの一例を示した図である。

図１１に示すように、潤滑剤検査装置１における検査結果として、例えば、塗布位置１～Ｎや非塗布位置１～Ｎにおいて検出された潤滑剤の塗布領域の面積値、検出された回転

方向の角度（回転方向検出）、判定結果、ＮＧ判定の要因及び判定条件などが制御装置６０へ送信される。

なお、本実施形態では、潤滑剤検査装置１の画像処理装置３０において、判定結果及びＮＧ判定の要因が特定されているが、これらの項目を検査結果に基づいて制御装置６０において特定してもよい。制御装置６０において特定処理を行うことにより画像処理装置３０の負荷を軽減させることができる。

図１１に示す例では、それぞれの塗布位置１～Ｎにおける潤滑剤の塗布領域の面積値が４０～５０の範囲であり、かつ、それぞれの非塗布位置１～Ｎにおける潤滑剤の塗布領域の面積値が０を超えない場合に、良品（ＯＫ）であると判断されている。

なお、塗布位置１～Ｎとは、図５（ｃ）の破線部で示す保持器２４における検査領域を示し、非塗布位置１～Ｎとは、図８（ｃ）の破線部で示すボール２３における検査領域を示す。

【００６０】

図１１に示すように、本実施形態では、塗布位置１～Ｎ及び非塗布位置１～Ｎのいずれにも潤滑剤の塗布領域が検出されない場合、「潤滑剤なし」のため不良（ＮＧ）であると判断する。また、塗布位置１～Ｎ潤滑剤の塗布領域が４０に満たない場合、「潤滑剤少ない」ため不良（ＮＧ）であると判断し、塗布位置１～Ｎ潤滑剤の塗布領域が５０を超える場合、「潤滑剤多い」ため不良（ＮＧ）であると判断する。

その他、塗布位置１～Ｎ全ての潤滑剤の塗布領域が著しく小さく、非塗布位置１～Ｎにおいて潤滑剤の塗布領域が検出された場合、「位置ずれ」のため不良（ＮＧ）であると判断する。なお、この「位置ずれ」とは、潤滑剤塗布装置４６におけるノズルの回転位置ずれを示す。

また、それぞれの塗布位置１～Ｎにおける潤滑剤の塗布領域の面積値が４０～５０の範囲であり、かつ、非塗布位置１～Ｎのいずれかにおいて潤滑剤の塗布領域の面積値が０を超える場合、「はみ出し」のため不良（ＮＧ）であると判断する。なお、この「はみ出し」とは、潤滑剤塗布装置４６における潤滑剤の塗布時間内にパレット搬送コンベア１９による搬送パレット１７の移動が開始された場合に生じる液だれ現象に起因するものである。

【００６１】

図１０の説明に戻り、制御装置６０は、潤滑剤検査装置１から送信された検査結果を受信し、所定の記憶エリアに格納する。

続いて、制御装置６０は潤滑剤検査装置１の検査結果に基づいて、該パレット番号７０の搬送パレット１７に搭載されているベアリング２が潤滑剤の塗布状態の検査に合格したか否か、即ち、ＯＫの判定がされたか否かを判断する（ステップ５４）。

潤滑剤の塗布状態の検査に合格している場合（ステップ５４；Ｙ）、該パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７は、トルク検査装置４８まで搬送される。この場合、該搬送パレット１７は、潤滑剤不良排出装置４７による排出対象とはならない。

そして、引き続きトルク検査装置４８及び音響検査装置４９による検査が行われる（ステップ５５）。

トルク検査装置４８及び音響検査装置４９では、各検査処理の前（又は、後）に、読取装置によってパレット番号７０を読み取る。そして、読み取ったパレット番号７０と、該パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７に搭載されているベアリング２の検査結果と、を対応付けて制御装置６０へ送信する。

制御装置６０では、トルク検査装置４８及び音響検査装置４９から送信されたデータを受信し、所定の記憶エリアに格納する。

【００６２】

続いて、制御装置６０はトルク検査装置４８及び音響検査装置４９の検査結果に基づいて、該パレット番号７０の搬送パレット１７に搭載されているベアリング２が両検査に合格したか否か、即ち、ＯＫの判定がされたか否かを判断する（ステップ５６）。

トルク及び音響の両検査に合格している場合（ステップ５６；Ｙ）、該パレット番号７

０が貼付された搬送パレット１７は、良品回収装置５１まで搬送され、良品回収装置５１によって所定の格納エリアに回収され（ステップ５７）、処理を終了する。この場合、該搬送パレット１７は、不良排出装置５０による排出対象とはならない。

また、トルク及び音響の両検査に合格していない場合（ステップ５６；Ｎ）、該パレット番号７０が貼付された搬送パレット１７は、不良排出装置５０まで搬送され、不良排出装置５０によって所定の不良排出エリアに回収され（ステップ５８）、処理を終了する。

【００６３】

一方、ステップ５４の処理において、潤滑剤の塗布状態の検査に合格していない場合（ステップ５４；Ｎ）、制御装置６０は、潤滑剤検査装置１から送信された検査結果に基づいて、潤滑剤塗布装置４６のフィードバック制御を行う（ステップ５９）。

図１２は、潤滑剤の塗布状態の検査に合格していない場合における潤滑剤塗布装置４６へのフィードバック制御の指示内容を示した図である。

図１２に示すように、例えば、「潤滑剤なし」のため不良（ＮＧ）と判断され、現在までに「潤滑剤なし」が検出された回数が所定回数（ｎ回）未満である場合、制御装置６０は、塗布時間を所定時間だけ長く設定し、塗布圧力（注入ノズルに加える圧力）を所定値だけ上げる指示を潤滑剤塗布装置４６へ出す。なお、ここで示す回数とは、潤滑剤塗布装置４６の起動後、または潤滑剤塗布装置４６の復帰後からのカウント数を示す。

【００６４】

図１２に示すように、「潤滑剤少ない」により不良（ＮＧ）と判断され、現在までに「潤滑剤少ない」が検出された回数が所定回数（ｎ回）未満である場合、制御装置６０は、潤塗布時間を所定時間だけ長く設定し、塗布圧力を所定値だけ上げる指示を潤滑剤塗布装置４６へ出す。

「潤滑剤多い」により不良（ＮＧ）と判断され、現在までに「潤滑剤多い」が検出された回数が所定回数（ｎ回）未満である場合、制御装置６０は、塗布時間を所定時間だけ短く設定し、塗布圧力を所定値だけ下げる指示を潤滑剤塗布装置４６へ出す。

「位置ずれ」により不良（ＮＧ）と判断され、現在までに「位置ずれ」が検出された回数が所定回数（ｎ回）未満である場合、制御装置６０は、潤滑剤塗布装置４６におけるノズルヘッドを所定の角度だけ回転させる指示を出す。

【００６５】

ここで、潤滑剤塗布装置４６におけるノズルヘッドの回転角度、即ち、ノズルヘッドの補正角の算出方法の一例について説明する。

図１３は、潤滑剤塗布装置４６におけるノズルヘッドの補正角の算出方法を説明するための図である。

潤滑剤塗布装置４６におけるノズルヘッドの回転角度（補正角）は、例えば、次式に基づいて算出される。

回転角度＝（潤滑剤塗布量平均／非塗布位置面積）×（３６０°／ボール数）×比率γ

但し、上式において、「潤滑剤塗布量平均」は、非塗布位置１～Ｎにおける潤滑剤の塗布領域の面積の平均値を示す。「非塗布位置面積」は、非塗布位置１～Ｎ、即ち、ボール２３における検査領域の面積値を示す。「ボール数」は、ベアリング２に配置されるボール２３の数量を示す。

「比率γ」は、ベアリング２の円周方向におけるボール２３の占める割合（比率）を表し、α／βで示される。ここでαは、図１３に示すように、１つのボール２３が占める角度を示し、βは、３６０°をベアリング２に配置されるボール２３の数量で割った角度を示す。

【００６６】

図１２の説明に戻り、「はみ出し」により不良（ＮＧ）と判断され、現在までに「はみ出し」が検出された回数が所定回数（ｎ回）未満である場合、制御装置６０は、パレット搬送コンベア１９の駆動装置へ、潤滑剤の塗布後の搬送パレット１７の搬送開始時までの待ち時間を所定時間だけ長く設定する指示を出す。

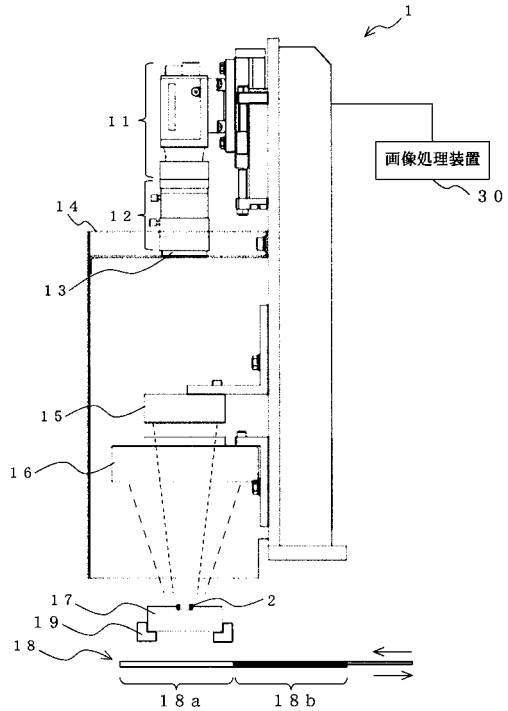
さらに、制御装置６０は、要因（「潤滑剤少ない」「潤滑剤多い」等）の検出回数がｎ

回未満である場合、黄色の表示灯を点灯させる指示を表示装置５２へ出す。
また、要因の検出回数がｎ回に達した場合、制御装置６０は、潤滑剤の塗布動作を停止させる指示を潤滑剤塗布装置４６へ出し、赤色の表示灯を点灯させる指示、及び表示器に点検確認を促す旨のメッセージを表示させる指示を表示装置５２へ出す。
【００６７】
このように本実施形態では、潤滑剤検査装置１において潤滑剤の塗布不良が検出された際に、表示装置５２における表示灯や表示器によって、ベアリング製造ラインのオペレータへ、潤滑剤の塗布不良が発生したことを視覚的に認識させることができる。
また、表示装置５２と同様の表示装置を潤滑剤検査装置１に設け、潤滑剤の塗布不良が検出された際に、潤滑剤検査装置１側においてもこの表示装置を介して、オペレータへ潤滑剤の塗布不良が検出されたことを視覚的に認識させるようにしてもよい。この場合、潤滑剤検査装置１に設けられた表示装置には、塗布不良が検出されたベアリング２のパレット番号７０や不良（ＮＧ）判定の要因などの情報を表示させる。これにより、オペレータは、塗布不良が検出されたベアリング２を速やかに確認することができる。
【００６８】
図１０のフローチャートの説明に戻り、不良（ＮＧ）と判断されたベアリング２が搭載された搬送パレット１７は、潤滑剤不良排出装置４７まで搬送され、潤滑剤不良排出装置４７によって所定の不良排出エリアに排出され（ステップ６０）、処理を終了する。
上述したように、第２の実施形態によれば、潤滑剤検査装置１の検査結果に基づいて、潤滑剤塗布装置４６における潤滑剤の塗布条件（設定条件）を自動的に補正することができる。これにより、潤滑剤の塗布不良の発生を低減させることができるため、ベアリング製造ラインにおける歩留り率を適切に向上させることができる。
【００６９】
本実施の形態では、潤滑剤塗布装置４６における複数のノズルは、予め全てのノズルの位置が周方向に配列された状態で固定されているが、ノズルの配置方法はこれに限定されるものではない。例えば、各ノズルをそれぞれ独立させた状態で配置してもよい。このように配置した場合、それぞれのノズルを個別に制御することができるため、潤滑剤検査装置１の検査結果に基づいて、各塗布位置１～Ｎごとに潤滑剤の塗布位置の補正を行うことができる。
本実施形態では、潤滑剤の塗布不良が検出される都度、潤滑剤検査装置１の検査結果に基づいて潤滑剤塗布装置４６の設定値の補正（調整）を行うように構成されているが、潤滑剤検査装置１の検査結果を潤滑剤塗布装置４６へフィードバックするタイミングはこれに限定されるものではない。例えば、ベアリング製造ラインを起動する際に、前回の製造ロットにおける検査結果に基づいて、潤滑剤塗布装置４６の初期設定値を変更（調整）するようにしてもよい。
【００７０】
また、ベアリング製造ラインにおいてシールド板を組み込むタイプのベアリングを製造する場合には、さらにシールド板組込装置を設け、潤滑剤検査装置１における検査が終了した後、この検査に合格したベアリング２にシールド板を組み込む。つまり、ベアリング製造ラインでは、シールド板を組み込んだ後にトルク検査及び音響検査を施す。
なお、シールド板とは、ベアリング２の外部への潤滑剤の漏れや、ベアリングの内部への粉塵の流入を防止するために、軌道領域を覆うように配置され円環状のカバー部材である。
【図面の簡単な説明】
【００７１】
【図１】第１の実施形態に係るベアリングにおける潤滑剤の塗布状態を検査する潤滑剤検査装置の概略構成を示した図である。
【図２】（ａ）はベアリングの概略構成を示した図であり、（ｂ）は（ａ）に示すＡ－Ａ’部における断面を示した図であり、（ｃ）は保持器の概略構成を示した斜視図である。
【図３】保持器における潤滑剤の塗布状態を検査する処理の手順を示したフローチャート

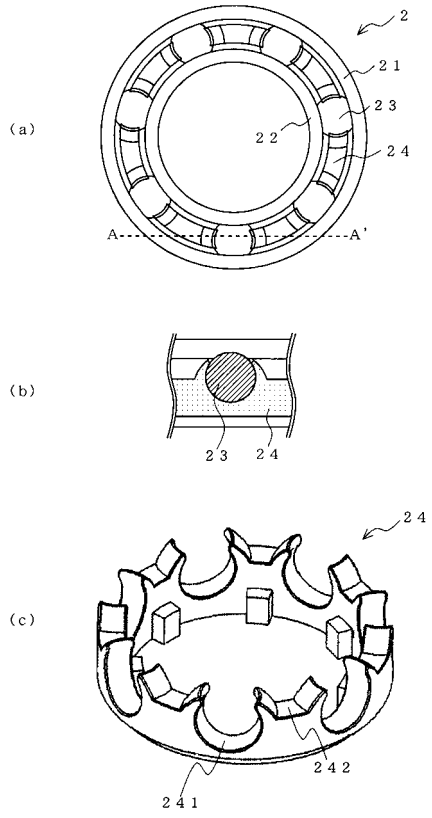
である。
【図４】可視光を照射した場合における撮像画像の一例を示した図である。
【図５】少量の潤滑剤が塗布されている場合における画像処理を説明するための図である。
【図６】適量の潤滑剤が塗布されている場合における画像処理を説明するための図である。
【図７】ボールにおける潤滑剤の塗布状態を検査する処理の手順を示したフローチャートである。
【図８】ボール上に潤滑剤が塗布されている場合における画像処理を説明するための図である。
【図９】第２の実施形態に係るベアリング製造ラインの概略構成を示した図である。
【図１０】第２の実施形態に係るベアリング製造ラインにおけるベアリングの製造処理の手順を示したフローチャートである。
【図１１】潤滑剤検査装置における検査結果のデータの一例を示した図である。
【図１２】潤滑剤の塗布状態の検査に合格していない場合における潤滑剤塗布装置へのフィードバック制御の指示内容を示した図である。
【図１３】潤滑剤塗布装置におけるノズルヘッドの補正角の算出方法を説明するための図である。
【符号の説明】
【００７２】
１　潤滑剤検査装置
２　ベアリング
１１　カメラ
１２　レンズ
１３　シャープカットフィルタ
１４　遮光フード
１５　赤色光ＬＥＤ
１６　紫外光ＬＥＤ
１７　搬送パレット
１８　反射／無反射板
１９　パレット搬送コンベア
２１　外輪
２２　内輪
２３　ボール
２４　保持器
３０　画像処理装置
４１　内輪供給装置
４２　外輪供給装置
４３　ボール供給装置
４４　ボール等配装置
４５　保持器組込装置
４６　潤滑剤塗布装置
４７　潤滑剤不良排出装置
４８　トルク検査装置
４９　音響検査装置
５０　不良排出装置
５１　良品回収装置
５２　表示装置
６０　制御装置
２４１　ポケット

２４２　潤滑剤溜
２４３　潤滑剤

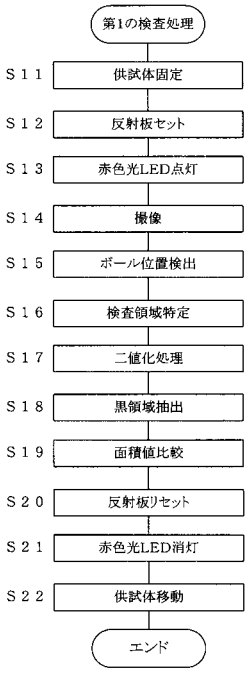
【図１】



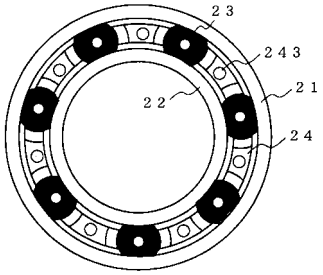
【図２】



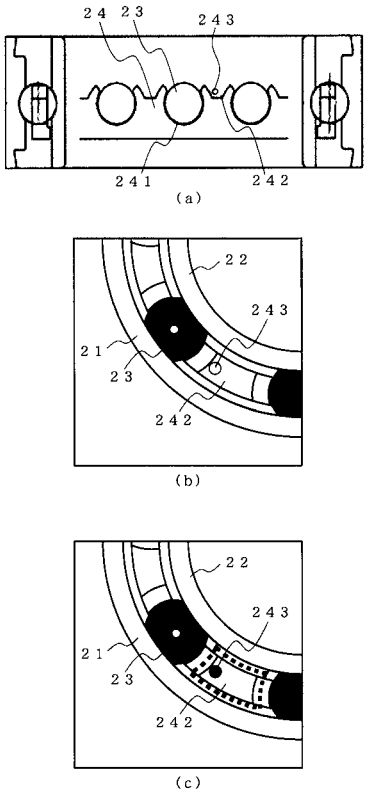
【図３】


第1の検査処理
Ｓ１１
供試体固定
Ｓ１２
反射板セット
Ｓ１３
赤色光LED点灯
Ｓ１４
撮像
Ｓ１５
ボール位置検出
Ｓ１６
検査領域特定
Ｓ１７
二値化処理
Ｓ１８
黒領域抽出
Ｓ１９
面積値比較
Ｓ２０
反射板リセット
Ｓ２１
赤色光LED消灯
Ｓ２２
供試体移動
エンド

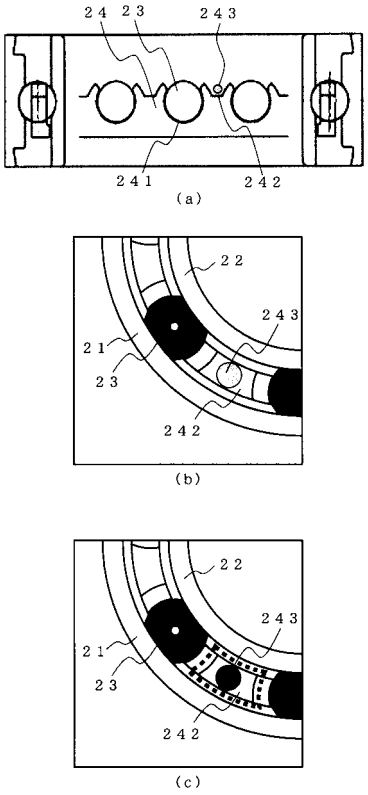
【図４】


２３
２４３
２１
２２
２４

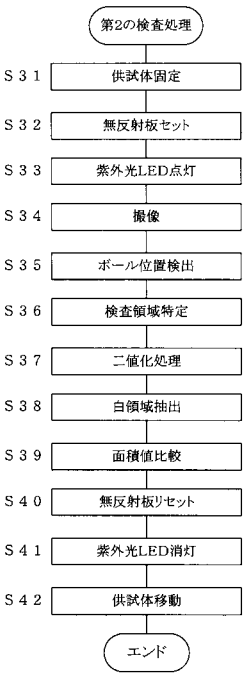
【図５】


２４
２３
２４３
２４１
２４２
(a)
２２
２４３
２１
２３
２４２
(b)
２２
２４３
２１
２３
２４２
(c)

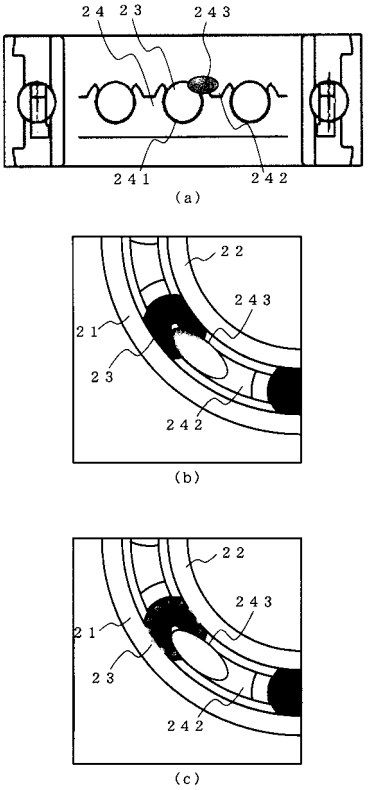
【図６】


２４
２３
２４３
２４１
２４２
(a)
２２
２４３
２１
２３
２４２
(b)
２２
２４３
２１
２３
２４２
(c)

【図７】

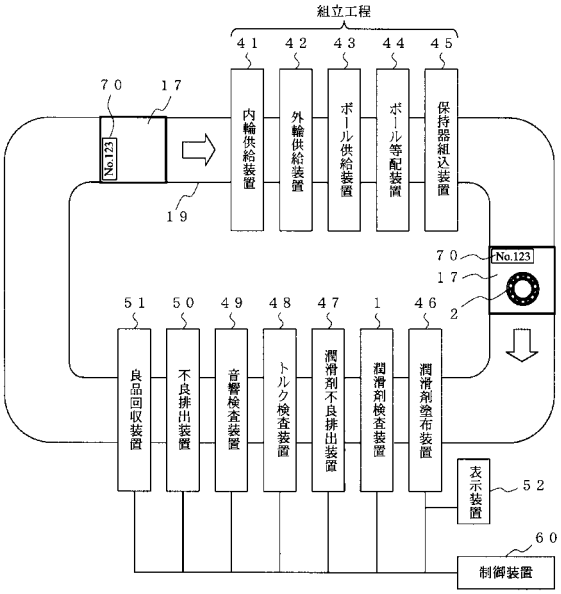


【図８】

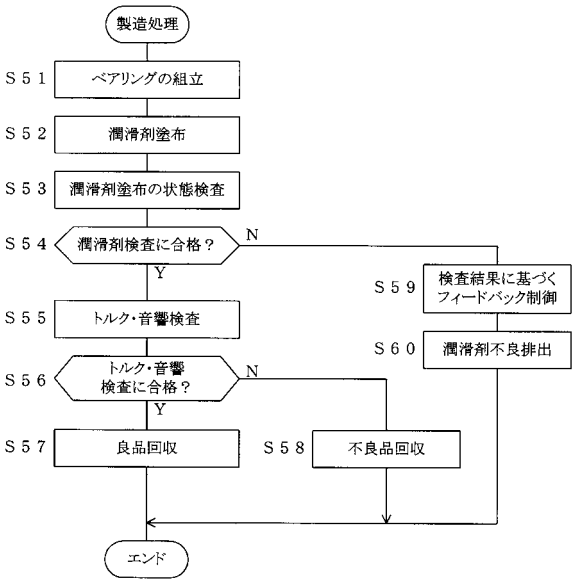


【図９】

ベアリング製造工程



【図１０】



【図１１】

[データ形式]

パレット番号	塗布位置1	…	塗布位置N	非塗布位置1	…	非塗布位置N	回転方向検出	判定	要因	要因判定条件
101	41		48	0		0	0	OK	–	
102	0		0	0		0	0	NG	潤滑剤なし	塗布位置:なし&非塗布位置:なし
103	10		15	0		0	0	NG	潤滑剤少ない	塗布位置:少ない&非塗布位置:なし
104	45		20	0		0	0	NG	潤滑剤少ない	塗布位置:少ない&非塗布位置:なし
105	46		55	0		0	0	NG	潤滑剤多い	塗布位置:多い
106	59		58	0		0	0	NG	潤滑剤多い	塗布位置:多い
107	0		0	15		18	5	NG	位置ずれ	塗布位置:少ない&非塗布位置:あり
108	48		49	5		9	0	NG	はみ出し	塗布位置:OK&非塗布位置:あり

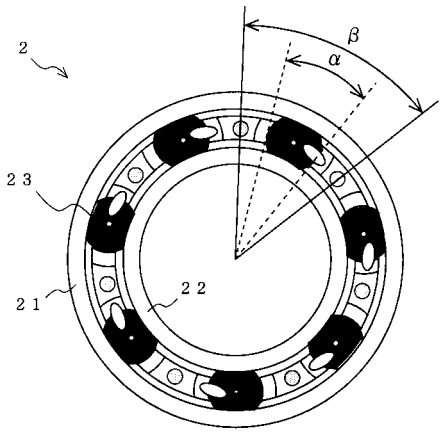
※塗布位置:40～50 OK
※非塗布位置:0～ NG

【図１２】

[潤滑剤塗布装置への指令]

要因(条件)		指令	塗布装置表示灯	塗布装置表示器
潤滑剤なし	n回未満	塗布時間:長、塗布圧力:上	黄	
	n回	停止	赤	「潤滑剤確認」表示
潤滑剤少ない	n回未満	塗布時間:長、塗布圧力:上	黄	
	n回	停止	赤	少ない塗布位置の番号、「潤滑剤確認」表示
潤滑剤多い	n回未満	塗布時間:短、塗布圧力:下	黄	
	n回	停止	赤	多い塗布位置の番号、「潤滑剤確認」表示
位置ずれ	n回未満	塗布ノズルヘッド回転	黄	
	n回	停止	赤	「塗布位置確認」表示
はみ出し	n回未満	待ち時間:長	黄	
	n回	停止	赤	「塗布位置確認」表示

【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　高橋　正美
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコーインスツル株式会社内
(72)発明者　巻島　豊
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコーインスツル株式会社内
(72)発明者　小林　大介
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコーインスツル株式会社内
(72)発明者　冨崎　淳
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコーインスツル株式会社内

審査官　福田　裕司

(56)参考文献　特開平０３－２５２５１２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１６５８６２（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３４３０２４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２８６０６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１５６０５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｍ　１３／０４
Ｆ１６Ｃ　３３／４４
Ｆ１６Ｃ　３３／６６
Ｆ１６Ｎ　２９／００
Ｇ０１Ｂ　１１／２８