

(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2018-9822

(P2018-9822A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 3/56 (2006.01)

F 1

G 0 1 N 3/56

N

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-137238 (P2016-137238)
 (22) 出願日 平成28年7月12日 (2016. 7. 12)

(71) 出願人 000006714
 横浜ゴム株式会社
 東京都港区新橋5丁目36番11号
 (74) 代理人 110001368
 清流国際特許業務法人
 (74) 代理人 100129252
 弁理士 昼間 孝良
 (74) 代理人 100155033
 弁理士 境澤 正夫
 (72) 発明者 侯 剛
 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株
 式会社 平塚製造所内
 (72) 発明者 畑中 進
 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株
 式会社 平塚製造所内

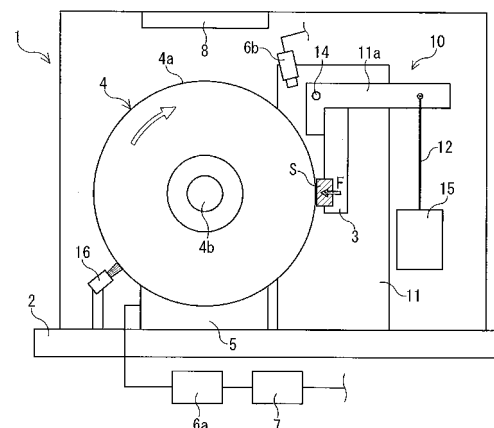
(54) 【発明の名称】 ゴムの耐摩耗性評価方法

(57) 【要約】

【課題】信頼性の高い評価をすることが可能なゴムの耐摩耗性評価方法を提供する。

【解決手段】駆動モータ5により回転する回転体4の円周面4aに向かって、ゴムの試験サンプルSを所定の定位置で付加力Fで圧着させつつ、試験サンプルSを付加力Fとは反対方向への移動を常に許容した状態で保持して、試験サンプルSを摩耗させる摩耗試験を行い、耐摩耗性を評価する際には、試験サンプルSの摩耗量Dに加えて、摩耗試験中の駆動モータ5の回転駆動に要する電力Wおよび試験サンプルSの温度Tの2項目うちの少なくとも1項目に基づいた指標を用いる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ゴムの試験サンプルに対して、駆動モータにより回転する回転体の円周面に向かう付加力を付与することにより、前記試験サンプルを所定の定位置で前記円周面に圧着しつつ、前記試験サンプルを前記付加力とは反対方向への移動を常に許容した状態で保持して、前記試験サンプルの前記円周面との接触面を摩耗させる摩耗試験を行い、前記試験サンプルの摩耗量に加えて、前記摩耗試験中の前記駆動モータの回転駆動に要する電力および前記試験サンプルの温度の 2 項目うちの少なくとも 1 項目に基づいて、前記試験サンプルの耐摩耗性を評価することを特徴とするゴムの耐摩耗性評価方法。

【請求項 2】

前記摩耗量と前記付加力の大きさおよび前記円周面の周速に基づいて、前記試験サンプルの耐摩耗性を評価する請求項 1 に記載のゴムの耐摩耗性評価方法。

【請求項 3】

前記電力に基づいて、前記試験サンプルの前記円周面に対する摩擦力を算出し、この摩擦力の大きさに基づいて前記試験サンプルの耐摩耗性を評価する請求項 1 または請求項 2 に記載のゴムの耐摩耗性評価方法。

【請求項 4】

前記電力の変動に基づいて、前記試験サンプルに生じるスティック・スリップ現象の発生周期を算出し、この周期の大きさに基づいて前記試験サンプルの耐摩耗性を評価する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のゴムの耐摩耗性評価方法。

【請求項 5】

前記温度に基づいて、前記試験サンプルが摩耗する際の熱エネルギーを算出し、この熱エネルギーの大きさに基づいて前記試験サンプルの耐摩耗性を評価する請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のゴムの耐摩耗性評価方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ゴムの耐摩耗性評価方法に関し、さらに詳しくは、信頼性の高い評価をすることが可能なゴムの耐摩耗性評価方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、ゴムの耐摩耗性を評価する試験機として、DIN 摩耗試験機やウィリアムス摩耗試験機が知られている。これら摩耗試験機は、基本的に試験によるゴムの摩耗量に基づいて耐摩耗性を評価する。

【0003】

ゴムの耐摩耗性を評価する他の方法としては、例えば、タイヤのトレッドゴムを評価するために、回転する砥石の周面に、回転するゴム試験片の周面を押圧してゴム試験片を摩耗させる方法が提案されている（特許文献 1 参照）。この提案の方法では、試験片を回転させるトルクを所望のパターンに変化させる等、実際のタイヤに近似した条件で試験が実施できるようにしている。

【0004】

しかしながら、従来の評価方法は、摩耗量という 1 つの評価項目だけに注目して耐摩耗性を評価するため、単独の評価項目だけでは、ゴムの耐摩耗性を十分に評価できないことがある。それ故、より信頼性の高い評価をするには改善の余地がある。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2008 - 185475 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、信頼性の高い評価をすることが可能なゴムの耐摩耗性評価方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため本発明のゴムの耐摩耗性評価方法は、ゴムの試験サンプルに対して、駆動モータにより回転する回転体の円周面に向かう付加力を付与することにより、前記試験サンプルを所定の定位置で前記円周面に圧着しつつ、前記試験サンプルを前記付加力とは反対方向への移動を常に許容した状態で保持して、前記試験サンプルの前記円周面との接触面を摩耗させる摩耗試験を行い、前記試験サンプルの摩耗量に加えて、前記摩耗試験中の前記駆動モータの回転駆動に要する電力および前記試験サンプルの温度の2項目うちの少なくとも1項目に基づいて、前記試験サンプルの耐摩耗性を評価することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、上記の摩耗試験を行って試験サンプルの耐摩耗性を評価する際には、前記試験サンプルの摩耗量だけでなく、前記摩耗試験中の前記駆動モータの回転駆動に要する電力および前記摩耗試験中の前記試験サンプルの温度の2項目うちの少なくとも1項目に基づく評価指標を用いるので、摩耗量のデータに偏重しない信頼性の高い評価をすることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】本発明によるゴムの耐摩耗性を評価するために用いる試験装置を正面視で例示する説明図である。

【図2】図1の試験装置の一部を平面視で例示する説明図である。

【図3】スティック・スリップ現象を例示する説明図である。

【図4】回転体の円周面の周速がある所定速度の場合の試験サンプルの摩耗量と付加力との関係を例示するグラフ図である。

【図5】円周面の周速を図3の3倍にした場合の摩耗量と付加力との関係を例示するグラフ図である。

【図6】摩耗量と見かけの摩擦エネルギーとの関係を例示するグラフ図である。

【図7】円周面の周速と駆動モータの電力および試験サンプルの動摩擦係数との関係を例示するグラフ図である。

【図8】駆動モータの電力の変動を例示するグラフ図である。

【図9】試験サンプルの温度変化を例示するグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下、本発明のゴムの耐摩耗性評価方法を、図に示した実施形態に基づいて説明する。

【 0 0 1 1 】

本発明では、図1～図2に例示する試験装置1を使用する。この試験装置1は、試験対象とするゴムの試験サンプルSは環状体ではなく、ブロック状などの塊を用いる。この試験装置1は、試験サンプルSを保持する保持部3と、回転体4と、回転体4を回転駆動する駆動モータ5と、圧着機構10とを備えている。さらに、この試験装置1は、動力計6a、温度センサ6b、カメラ6c、制御部7、温調機構8およびスクレーパ16を備えていて、動力計6aおよび制御部7を除く構成部品がベース2の上に設置されたケーシング2aによって覆われている。

【 0 0 1 2 】

保持部3は試験サンプルSを着脱自在に保持する。保持部3は単数に限らず、複数設けることもできる。

【 0 0 1 3 】

回転体 4 は、円柱状または円筒状の研磨輪であり、試験サンプル S が接触する円周面 4 a を有している。円周面 4 a が試験サンプル S に対する研磨面となる。回転体 4 は、その円中心に設けられている回転軸 4 b を中心にして回転可能になっている。

【 0 0 1 4 】

円周面 4 a の材質や表面粗さ等は、試験条件によって適切な仕様が選択される。例えば、円周面 4 a の仕様が異なる複数の回転体 4 を用意しておき、必要な円周面 4 a の仕様に応じて回転体 4 を交換する構成にする。或いは、円周面 4 a のみ交換可能な回転体 4 にすることもできる。この場合は、必要な仕様の円周面 4 a を回転体 4 のコアに装着する。

【 0 0 1 5 】

駆動モータ 5 は制御部 7 に接続されている。制御部 7 によって回転体 4 (回転軸 4 b) の回転速度が所望の速度に制御される。回転体 4 の外径は既知なので、制御部 7 では円周面 4 a の周速 V が算出される。この実施形態では、動力計 6 a を介して駆動モータ 5 と制御部 7 とが接続されている。動力計 6 a は回転体 4 の回転駆動に要する駆動モータ 5 の電力 W を計測する。動力計 6 a による計測データは制御部 7 に入力、記憶される。

【 0 0 1 6 】

圧着機構 10 は、保持部 3 に保持されている試験サンプル S に対して、円周面 4 a に向けた付加力 F を付与する。これにより、保持部 3 に保持されている試験サンプル S を、回転駆動されている回転体 4 に対して所定の定位置で円周面 4 a に圧着させる。圧着機構 10 はさらに、付加力 F と反対方向への試験サンプル S の移動を常に許容する構成になっている。

【 0 0 1 7 】

具体的には、この実施形態の圧着機構 10 は、保持部 3 が連結された L 字状の保持アーム 11 a と、保持アーム 11 a に一端が接続されたワイヤ 12 と、このワイヤ 12 の他端に接続された錘 15 とで構成されている。回転体 4 の回転軸 4 b と平行に配置されている支持軸 14 が、ベース 2 に立設されている支柱 11 を貫通して回転自在に支持されている。この支持軸 14 の一端部に保持アーム 11 a が固定され、他端部にはバランサー 13 が固定されている。

【 0 0 1 8 】

錘 15 の重量が、ワイヤ 12 を介して保持アーム 11 a に作用する。そのため、ワイヤ 12 の張力によって、保持アーム 11 a と一体化している保持部 3 は、試験サンプル S とともに、支持軸 14 を中心にして回転する。即ち、錘 15 の重量が保持部 3 に保持されている試験サンプル S に作用して、試験サンプル S に対して円周面 4 a に向けた付加力 F を付与する。

【 0 0 1 9 】

付加力 F の大きさは、錘 15 の重量を変更することで容易に変えることができる。或いは、保持アーム 11 a に対するワイヤ 12 の接続位置と支持軸 14 との水平距離や、バランサー 13 の重量を変更することで付加力 F の大きさを変更することもできる。また、錘 15 を取り除いた状態で付加力 F がゼロとなるようにバランサー 13 を設置することもできる。例えば、錘 15 を取り除いた状態の圧着機構 10 の自重を打ち消して付加力 F がゼロとなるように、バランサー 13 の重量と支持軸 14 からの距離を選択する。錘 15 を取り除いた状態で付加力 F がゼロとなるようにバランサー 13 を設置し、且つ、試験サンプル S と支持軸 14 との距離と、保持アーム 11 a に対するワイヤ 12 の接続位置と支持軸 14 との距離とを等しくすることにより、錘 15 の重量と付加力 F とを等しくすることができる。

【 0 0 2 0 】

円周面 4 a に対向する試験サンプル S の表面は、常に一定の大きさの付加力 F (規定荷重) によって円周面 4 a に押圧されて接触した状態になる。付加力 F の向きは、回転体 4 の回転中心 (回転軸 4 b) に向かう方向にすることが好ましい。この方向にすることで、付加力 F によって試験サンプル S を安定して円周面 4 a に押圧して接触させることができる。支持軸 14 を中心とした保持アーム 11 a の回転を円滑にするために、例えばベアリ

10

20

30

40

50

ングを介して支持軸 1 4 を支柱 1 1 で支持するとよい。

【0021】

ここで、試験サンプル S は、錘 1 5 の重量に基づいて円周面 4 a に向かって押圧されているだけである。そのため、保持アーム 1 1 a が支持軸 1 4 を中心に回転することで、試験サンプル S は付加力 F と反対方向に常時、移動が可能になっている。これに伴い、試験サンプル S に対して付加力 F と反対方向の力が作用すれば、試験サンプル S は円周面 4 a から離反する方向に移動することが可能である。

【0022】

圧着機構 1 0 は、この実施形態に例示した構成に限定されない。圧着機構 1 0 は、保持部 3 に保持されている試験サンプル S に対して、円周面 4 a に向けた付加力 F を付与して所定の定位置で円周面 4 a に圧着させるとともに、付加力 F と反対方向への試験サンプル S の移動を常に許容する構成であれば、様々な構成を採用することができる。

10

【0023】

この実施形態では、試験サンプル S が回転軸 4 b と同じ水平レベル位置で円周面 4 a に接触しているが、試験サンプル S が円周面 4 a に接触する位置（回転体 4 の周方向位置）はこれに限らない。例えば、回転軸 4 b の上方の位置で試験サンプル S が円周面 4 a に接触する構成にすることもできる。このように試験サンプル S を円周面 4 a に圧着させる所定の定位置は、適宜設定することができる。

【0024】

温度センサ 6 b は、試験サンプル S の温度 T を検知する。温度センサ 6 b による検知データは、制御部 7 に入力、記憶される。カメラ 6 c は、試験サンプル S の動きを撮影し、撮影した動画データは、制御部 7 に入力、記憶される。

20

【0025】

温調機構 8 は、試験サンプル S を所望の温度に調整する。この実施形態では、動力計 6 a および制御部 7 を除く、多くの部材（部品）が、ベース 2 の上に設置されたケーシング 2 b によって覆われている。温調機構 8 はケーシング 2 b の上面に備わっている。温調機構 8 によってケーシング 2 b の内部温度を所定温度に調整することで、間接的に試験サンプル S の温度 T が調整される。

【0026】

温調機構 8 は制御部 7 によって制御される。試験サンプル S を直接加温するヒータや、直接冷却する冷却器を温調機構 8 として採用することもできる。

30

【0027】

スクレーパ 1 6 は例えばブラシ状であり、円周面 4 a に接触している。回転体 4 が回転することにより、円周面 4 a に付着している試験サンプル S の摩耗くず等は、スクレーパ 1 6 によって除去される。そのため、円周面 4 a を常に一定の表面粗さに維持し易くなるため、試験サンプル S のゴムの摩耗状態を精度よく把握するには有利になっている。

【0028】

以下、この試験装置 1 を用いた本発明の評価方法を説明する。

【0029】

図 1、2 に例示するように、保持部 3 には試験サンプル S を保持させる。円周面 4 a は所望の仕様に設定する。例えば、試験サンプル S としてコンベヤベルトの上カバーゴム 1 7 a を評価する場合には、そのコンベヤベルトによって搬送する搬送物 2 0 の形状等に整合する表面粗さの円周面 4 a を用いる。また、試験サンプル S に所望の付加力 F が付与されるように錘 1 5 の重量を設定し、設定した所望の速度で回転体 4 を回転させる。また、温調機構 8 を作動させて試験サンプル S を所望の温度に設定する。これらの設定は例えば、試験サンプル S のゴムが実使用される条件に合致するように行われる。

40

【0030】

このように設定した摩耗試験装置 1 では、図 1 に例示するように試験サンプル S には、回転する回転体 4 の円周面 4 a に向けた付加力 F が付与される。試験サンプル S は回転体 4 に対して所定の定位置で、付加力 F によって円周面 4 a に押圧されて接触する。回転体

50

4 は回転しているため、試験サンプル S と円周面 4 a とは摺動状態となり、試験サンプル S の円周面 4 a との接触面は徐々に摩耗する。

【0031】

一般に、対象物とゴムとが接触状態で相対移動して、ゴムに対して対象物が摺動している場合、両者は常に様に接触している訳ではなく、いわゆるスティック・スリップ現象が生じている。スティック・スリップ現象では、ゴムが対象物から受ける力（摩擦力）に対抗して弾性変形する工程（粘り工程）と、この摩擦力に対抗できずに弾性変形が解消されて対象物に対してゴムが滑る工程（滑り工程）とを繰り返す。

【0032】

この粘り工程と滑り工程とを繰り返すことにより、図 3 に例示するように、対象物が摺動するゴム R の表面には、摺動方向 F D に所定のピッチ P で摩耗の筋 L が形成される。このピッチ P は滑り工程に対応し、摩耗の筋 L は粘り工程に対応する。

【0033】

この試験装置 1 では、試験サンプル S は付加力 F と反対方向への移動が常に許容されているため、円周面 4 a で摺動している試験サンプル S では、粘り工程と、滑り工程とを繰り返すことができる。即ち、スティック・スリップ現象を再現することが可能になっている。それ故、実使用に合致したゴムの摩耗状態を、より高精度で把握することが可能になる。例えば、コンベヤベルトの上カバーゴムの摩耗状態を精度よく把握できる。

【0034】

本発明の評価方法では、上記のように試験サンプル S の摩耗試験を所定時間行い、試験サンプル S の摩耗量 D に基づいて試験サンプル S のゴムの耐摩耗性を評価する。さらには、この摩耗試験中の駆動モータ 5 の回転駆動に要する電力 W および試験サンプル S の温度 T の 2 項目うちの少なくとも 1 項目に基づいて、試験サンプル S の耐摩耗性を評価する。

【0035】

摩耗量 D に基づいた評価としては、例えば、付加力 F および周速 V を異ならせて摩耗試験を行って摩耗量 D を測定する。これにより、図 4、5 に例示するデータが得られる。図 4 は、ゴム種の異なる複数の試験サンプル S（S 1、S 2、S 3）について、周速 V がある所定速度の場合の摩耗量 D と付加力 F との関係を例示している。図 5 は、図 4 の場合に対して、周速 V を 3 倍にしたことのみを異ならせて摩耗試験を行った場合の摩耗量 D と付加力 F との関係を示している。

【0036】

試験サンプル S 1 は NR リッチ配合のゴム、S 2 は SBR リッチ配合のゴム、S 3 は BR リッチ配合のゴムである。図 4、5 では摩耗量 D はある基準値で除した指数で示している。

【0037】

図 4、5 のデータにより、いずれの試験サンプル S も、付加力 F、周速 V が増大すると摩耗量 D が多くなることが分かる。また、試験サンプル S によってデータの傾きが異なっているので、ゴム種によって摩耗量 D に対する付加力 F、周速 V の影響度が異なることが分かる。

【0038】

試験サンプル S が付加力 F で周速 V の円周面 4 a に押圧されている場合の見かけの摩擦エネルギー E 1 は、付加力 F × 周速 V（ $E 1 = F \times V$ ）とみなして算出することができる。そこで例えば、制御部 7 によって、それぞれの試験サンプル S の見かけの摩擦エネルギー E 1 を算出することで、図 6 に例示する見かけの摩擦エネルギー E 1 と摩耗量 D との関係を取得できる。図 6 のデータにより、ゴム種毎に、見かけの摩擦エネルギー E 1 と摩耗量 D との関係を把握することができる。

【0039】

摩耗試験中の電力 W に基づく評価としては、例えば、動力計 6 a が検知した電力 W に基づいて、試験サンプル S の円周面 4 a に対する摩擦係数 F f を算出する。そして、算出した摩擦係数 F f の大きさを用いて耐摩耗性を評価する。

10

20

30

40

50

【0040】

具体的には、試験サンプルSを回転体4の円周面4aに接触させた場合と、接触させない場合とで、回転体4を所定速度で回転駆動させる際に要するエネルギーを比較し、両者の差が試験サンプルSと円周面4aとの摩擦によって生じている摩擦エネルギーE2として算出できる。単位時間当たりの摩擦エネルギーE2は、 $E2 = \text{摩擦力 } F_f \times \text{周速 } V$ として考えられるので、摩擦力 $F_f = E2 / \text{周速 } V$ となる。これにより、試験サンプルSの動摩擦係数 μ を、 $\mu = \text{摩擦力 } F_f / \text{付加力 } F$ として算出できる。

【0041】

図7では、それぞれの試験サンプルS1、S2、S3について、周速Vと電力Wの関係を実線で示し、周速Vと動摩擦係数 μ との関係を一点鎖線で示している。図7のデータにより、ゴム種毎の摩耗特性を把握することができる。

10

【0042】

摩耗試験中の電力Wの変動に基づいて、試験サンプルSに生じるスティック・スリップ現象の発生周期fを算出することもできる。図8に、試験サンプルS1の摩耗試験中に動力計6aにより計測した電力Wの経時変化を例示する。スティック・スリップ現象の粘り工程では電力Wが相対的に大きくなり、滑り工程では相対的に小さくなると考えられる。そのため、図8のデータのそれぞれのピークどうしの間隔が発生周期fになる。この摩耗試験での周速Vは既知なので、図3に例示した摩耗の筋Lが形成される所定ピッチPは、 $P = \text{周速 } V / \text{発生周期 } f$ として算出できる。

【0043】

20

この発生周期f（所定ピッチP）はゴム種によって異なる。また、発生周期f（所定ピッチP）の違いによって摩耗モードには違いが生じるため、ゴムの耐摩耗性を評価する1つの指標になる。

【0044】

この試験装置1では、カメラ6cによって試験サンプルSの動きを撮影することで、スティック・スリップ現象における試験サンプルSの挙動を確認することができる。スティック・スリップ現象の発生周期fは例えば0.01秒～0.03秒程度である。したがって、1秒で100コマ以上の撮影ができる高速度のカメラ6cを用いるとよい。

【0045】

また、カメラ6cの撮影データにより、試験サンプルSの押圧方向の変形量を把握することもできる。したがって、試験サンプルSの変形量と付加力Fとの関係、この変形量と摩擦力 F_f との関係を把握することも可能になる。

30

【0046】

摩耗試験中の試験サンプルSの温度Tに基づく評価としては、例えば、温度センサ6bにより検知した温度Tに基づいて、試験サンプルSが摩耗する際の熱エネルギーE3を算出する。そして、算出した熱エネルギーE3の大きさにより耐摩耗性を評価する。

【0047】

図9は、試験サンプルS1、S2、S3について、同条件の摩耗試験での温度Tの経時変化を例示している。熱エネルギーE3は、温度上昇した試験サンプルSの質量m、比熱c、上昇温度Tとすれば、 $E3 = m \times c \times T$ となるので、例えば、制御部7により熱エネルギーE3を算出することができる。

40

【0048】

ゴム種によって熱エネルギーE3の大きさは異なる。そして、ゴム種毎に耐摩耗性の温度依存性も異なるため、ゴム種毎に熱エネルギーE3を把握することで、各ゴム種の耐摩耗性を精度よく評価するには有利になる。また、損失係数(tan)、貯蔵弾性率(E')、損失弾性率(E'')などで規定されるゴムの粘弾性が小さい程、熱エネルギーE2が小さい傾向があるので、ゴムの粘弾性と耐摩耗性の関係を把握することもできる。

【0049】

上述したように、本発明では所定の摩耗試験を行って、試験サンプルSの耐摩耗性を評価する際には、摩耗量Dだけでなく、上述した電力Wおよび試験サンプルSの温度Tの2

50

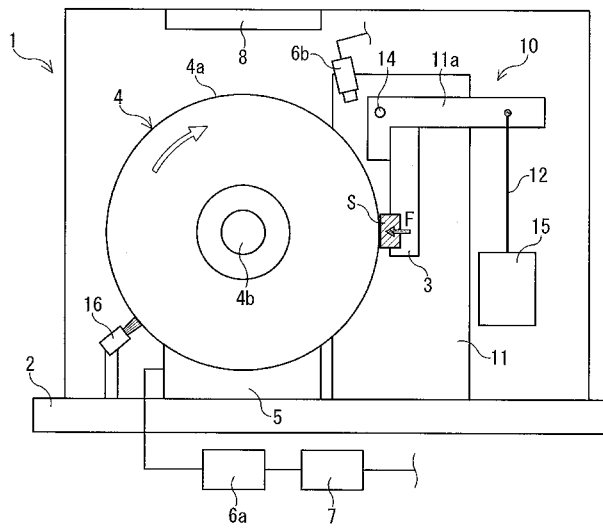
項目うちの少なくとも 1 項目に基づいた評価指標を用いる。そのため、それぞれの評価指標による評価結果の整合性を確認することができる。これにより、摩耗量 D のデータに偏重しない信頼性の高い評価が可能になる。摩耗量 D に加えて、電力 W および試験サンプル S の温度 T の 3 項目に基づいてゴムの耐摩耗性を評価してもよい。

【符号の説明】

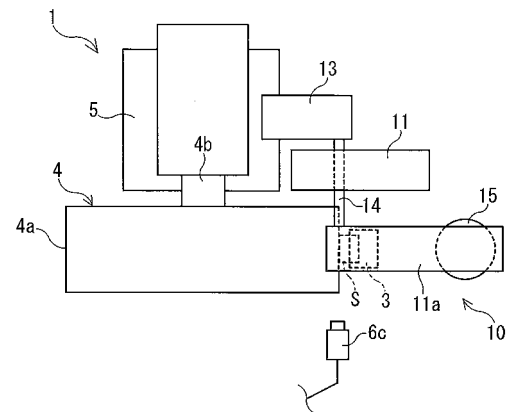
【 0 0 5 0 】

- | | | |
|---------------------|--------|----|
| 1 | 試験装置 | |
| 2 | ベース | |
| 3 | 保持部 | |
| 4 | 回転体 | 10 |
| 4 a | 円周面 | |
| 4 b | 回転軸 | |
| 5 | 駆動モータ | |
| 6 a | 動力計 | |
| 6 b | 温度センサ | |
| 6 c | カメラ | |
| 7 | 制御部 | |
| 8 | 温調機構 | |
| 9 | 投入機構 | |
| 1 0 | 圧着機構 | 20 |
| 1 1 | 支柱 | |
| 1 1 a | 保持アーム | |
| 1 2 | ワイヤ | |
| 1 3 | バランサー | |
| 1 4 | 支持軸 | |
| 1 5 | 錘 | |
| 1 6 | スクレーパ | |
| S (S 1、 S 2、 S 3) | 試験サンプル | |

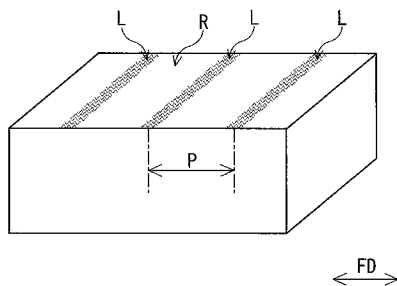
【図 1】



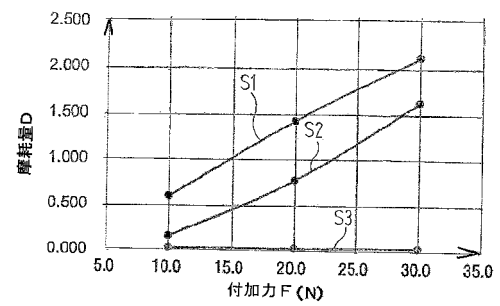
【図 2】



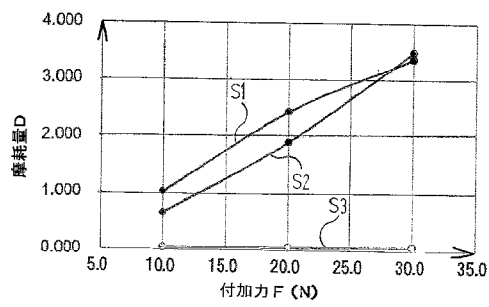
【図 3】



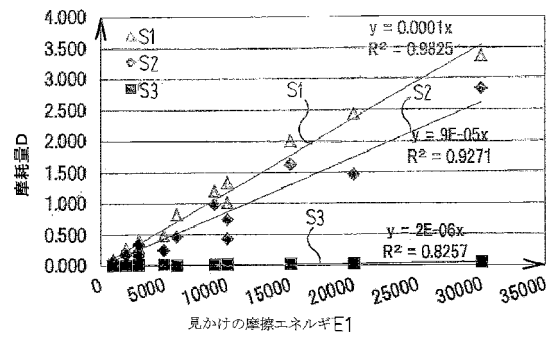
【図 4】



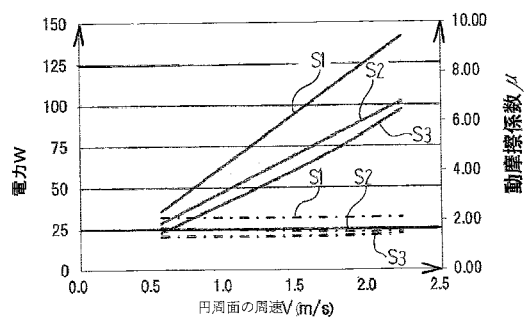
【図 5】



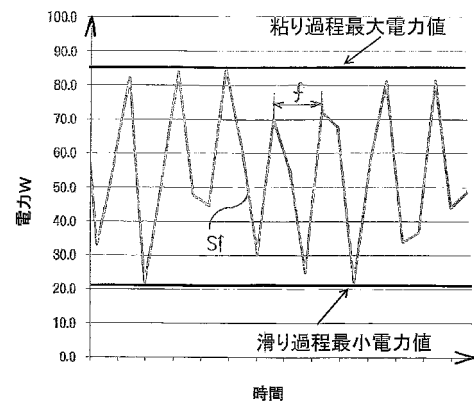
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

