

(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2005-90513  
(P2005-90513A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F01D 25/24

F01D 25/00

G01M 19/00

F 1

F01D 25/24

F01D 25/00

G01M 19/00

テーマコード(参考)

2GO24

V

A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O.L. (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-269426 (P2004-269426)  
 (22) 出願日 平成16年9月16日 (2004.9.16)  
 (31) 優先権主張番号 10/662,321  
 (32) 優先日 平成15年9月16日 (2003.9.16)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタディ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100106541  
 弁理士 伊藤 信和  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

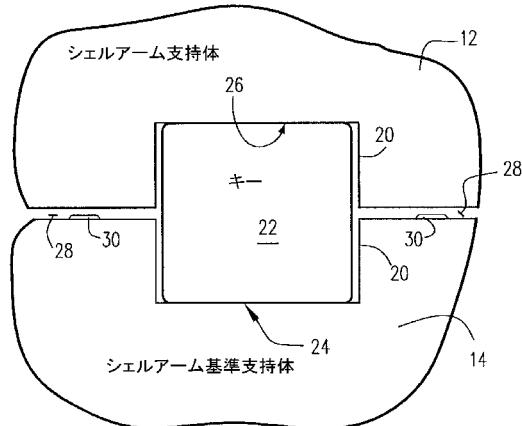
(54) 【発明の名称】ターピンケーシングに作用する配管力を測定する方法

## (57) 【要約】

【課題】ターピンケーシング(10)のたわみをモニタする方法を開示する。

【解決手段】本方法は、シェルアーム支持体(12)の対向表面の下方でシェル基準支持体(14)の表面上にギャップセンサ(30)を配置する段階と、各ギャップセンサにより、シェル基準支持体表面とシェルアーム支持体との間のギャップ(28)をモニタする段階と、収集したデータに基づいて、ケーシングのたわみを示す一定期間にわたるシェルアーム支持体の平面勾配の変化(44)を求める段階とによってモニタする。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくともシェルアーム部分(12)、支持キー(22)及びシェル基準支持体(14)を有するターピンケーシング(10)のゆがみをモニタする方法であって、

(a) 前記シェル部分(12)を支持する前記シェル基準支持体の表面(24)上に複数のギャップセンサ(30)を配置する段階と、

(b) 各ギャップセンサにより、前記シェルアーム部分とシェル基準支持体との間ににおける、該シェルアーム部分の表面(26)と該シェル基準支持体の対向する表面(24)との間にあるギャップ(28)をモニタする段階と、

(c) 一定期間にわたりギャップ寸法に関するデータ(42)を収集する段階と、

(d) 前記収集したデータに基づいて、前記ギャップセンサにより収集した特定期間におけるデータを示す平面シェルアーム勾配の前記一定期間にわたる変化(44)を求める段階と、

(e) 前記特定期間にわたる前記ギャップの勾配についての変化を記録する段階と、を含む方法。

## 【請求項 2】

前記勾配の急激変化(44)を、ケーシングへのパイプ荷重の大きな変化を示すものとして識別する段階をさらに含む、請求項1記載の方法。

## 【請求項 3】

前記ギャップセンサ(30)が非接触型容量プローブである、請求項1記載の方法。

## 【請求項 4】

前記ギャップセンサ(30)が前記シェルアーム支持体とシェル基準支持体との間のギャップ(28)内に配置されており、前記シェルアーム部分がシェルに取付けられ、前記シェル基準支持体がターピン基礎に支持されている、請求項1記載の方法。

## 【請求項 5】

前記ギャップセンサ(30)が、前記シェルアーム支持体とシェル基準支持体との間で前記キー(22)の両側に配置されている、請求項4記載の方法。

## 【請求項 6】

前記シェルアーム勾配変化(44)が、前記シェルアームの平面勾配変化である、請求項1記載の方法。

## 【請求項 7】

前記シェルアーム勾配変化(44)が、前記ターピンケーシングのシェルアーム支持体とシェル基準支持体との間の平面の勾配変化である、

請求項1記載の方法。

## 【請求項 8】

前記複数のギャップセンサ(30)が少なくとも3つの非接触型センサであり、前記シェルアーム支持体勾配変化が、前記3つのギャップセンサによって規定される平面の勾配変化である、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記非接触型センサ(30)が、前記シェルアーム支持体とシェル基準支持体との間で前記キー(22)の周りに配置されている、請求項8記載の方法。

## 【請求項 10】

少なくともシェルアーム支持体(12)、キー(22)及びシェル基準支持体(14)を有するターピンケーシング(10)のゆがみをモニタする方法であって、

(a) 前記シェルアーム支持体の下方で前記シェル基準支持体の表面(24)上に少なくとも3つのギャップセンサ(30)を配置する段階と、

(b) 各ギャップセンサにより、前記シェルアーム支持体とシェル基準支持体との間のギャップ(28)をモニタする段階と、

(c) 一定期間にわたりシェルアーム勾配の変化(44)に関するデータを収集する段

10

20

30

40

50

階と、

(d) 特定期間にわたる前記ギャップのシェルアーム支持体勾配の変化を検出する段階と、

(e) 前記シェルアーム支持体の勾配の変化に基づいて、前記ケーシングが過度にたわんでいるか否かを求める段階と、  
を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タービン組立時並びに始動及び停止移行時における蒸気タービンケーシングへのパイプ荷重の変化を検出することに関する。 10

【背景技術】

【0002】

タービン始動時、ケーシングへの反力荷重は、接続パイプを通る蒸気流により該パイプが熱膨張又は収縮するのに応じて、変動する。これらの荷重変動は、ケーシングに反りと移動（まとめて「たわみ」と呼ぶ）を生じさせる可能性がある。タービンケーシングのたわみは、半径方向摩擦としてのシール損傷を発生させる可能性があり、蒸気シールの摩擦によって蒸気漏洩流が増大し、タービン効率が低下する。

【0003】

蒸気タービン内のシールは一般的に、静止構成要素上にある歯状突起を含み、この歯状突起が、ロータボア及びバケットカバー上のランドと組合わされる。静止及び回転シール形状部間のラジアル間隙は、蒸気漏洩を最小にするように可能な限り狭く設計される。ケーシングのたわみにより、回転部品が静止シールと接触するようになる場合がある。回転部品と静止シールとの間の接触により、シールが損傷し、蒸気漏洩が増加する。 20

【0004】

パイプ接続に起因するケーシングへの過度な力は、タービンの組立時又は運転時に発生する可能性がある。タービンケーシングへの冷間時の過度な力は、蒸気タービン組立時に推奨取付け手順が遵守されなかった場合に起こり得る。タービンエンジンへの過度な変動する力は、タービンの始動及び停止移行時に配管系及び蒸気タービンの熱膨張によって増大する可能性がある。パイプとケーシングとの間の異なる膨張により、ケーシングシェルを反らせかつ移動させる力、モーメント及びトルクがケーシングに加わる。 30

【0005】

過度な配管荷重もまた、タービンの移行（過渡）運転時にタービンケーシングを反らせかつ移動させる可能性がある。過渡時における配管荷重は、それが十分大きい場合、例えばバケットカバーのような回転部品と静止シールと間のラジアル間隙制御の喪失を引起す可能性がある。ラジアル間隙制御の喪失の結果、回転部品と静止シールと間で摩擦が発生する場合がある。半径方向摩擦は、シールを通り抜ける蒸気漏洩を増大させることになる。従って、過度なパイプ荷重は、回転及び静止部品間のシールを損傷させ、タービン性能を低下させることになるおそれがある。

【0006】

相互接続パイプによってタービンケーシングに伝わる力、モーメント及びトルクを測定する現行の方法は、多くの場合、不正確でありかつ実施するのに費用がかかる。例えば、ケーシングに接続した個々のパイプ上に設置したストレインゲージシステムは、正確度及び精度に限界がある。ストレインゲージの生信号は一般的に、温度、湿度、圧力変化、不均一パイプ断面、ねじり及び他の因子に対する補正係数を必要とする。さらに、ストレインゲージは、個々のパイプによってタービンケーシングに伝わる力を測定するものであり、ケーシングのたわみを直接測定するものではない。ケーシングのたわみは、多くの場合、ケーシングを非線形状態に変形させる複数の配管力に起因している。個々のストレインゲージ測定値からタービンケーシングのたわみを導き出すには、複雑な解析を実行しなければならない。 40

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

相互接続パイプによってケーシングに伝わる力、モーメント及びトルクに起因するタービンケーシングのたわみを正確に測定するための技術に対する長年にわたる必要性がある。このような技術は、タービン組立時と同時に始動及び停止移行時に、パイプによってタービンケーシングに過度な力、モーメント及びトルクが加わらないことを実証するのに必要となる。このような技術はまた、過度な配管力の発生を識別するのに必要となる。一旦これらの過度な配管力が識別されれば、修正作業が実施可能となる。所望の技術では、タービン内の回転部品と静止シールと間のラジアル間隙制御の喪失を招くおそれがある過度な配管力及びトルクモーメントがタービンケーシングに何時加わっていたかが検出されるべきである。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

第1の実施形態では、本発明は、各シェル支持体における反力の変化をモニタすることによってタービンケーシングのたわみをモニタする方法である。本発明は、各シェルアームの下方で各シェルアームキー支持体の両側に3つの高感度ギャップセンサを配置することと、各ギャップセンサによりプローブとシェルアーム支持体の底面間との間のギャップの変化をモニタすることと、支持アームの各々に対する全てのギャップ測定値に関する連続データを収集することと、ギャップ変化データを使用してケーシングのたわみを示す各シェルアームの底面の平面勾配の変化を求ることとなる。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0009】**

タービンケーシングのたわみの変化を、正確に、高い信頼性でかつ比較的安い費用で測定する技術が開発された。本技術は、相互接続配管によってケーシングに加わる力、モーメント及びトルクの変化に起因する例えばケーシングのゆがみ及び移動のようなケーシングのたわみをモニタするのに特に有用である。配管による反力及び他の力源に起因するタービンシェルのたわみは、高感度のギャップ測定装置を使用して各シェルアーム支持体の勾配の変化を測定することによってモニタされる。シェルアームとシェル基準支持体との間のギャップの変化をモニタすること及び測定することは、ケーシングのたわみとケーシングに加わる配管荷重とをモニタする安価かつ信頼性のある技術である。

**【0010】**

測定されるべきギャップは、シェル基準支持体上に取付けたプローブと各シェルアーム支持体の底面との間に存在する。キーの一側の2つの位置及びキーの反対側の1つの位置でのギャップ変化を測定することによって、シェルアーム支持体の底面の平面勾配の変化に関する情報が得られる。シェルアーム表面の勾配の変化は、ケーシングが配管力、モーメント及びトルクによって如何に変形しているかを示す。

**【0011】**

測定したシェルアーム勾配の変化はまた、ケーシングのたわみを引起している特定のパイプを識別するのに使用できる情報も提供する。シェルアーム平面勾配の変化を時間の経過にわたってプロットすることによって、相互接続配管に起因してケーシングに加わる力、モーメント及びトルクの時間経過にわたる変化に関する情報が表示される。

**【0012】**

本明細書で開示した本技術は、配管力又は荷重を直接測定する必要がない。その代わりに、本技術では、ケーシングシェルに生じたたわみをシェルアームにおいて測定することができる。シェルアームの相対的たわみは、ケーシングに取付けられた相互接続配管によって加わる全ての力、モーメント及びトルクの総和を示す。従って、シェルアームとシェル基準支持体との間のギャップの変化をモニタすることによって、タービンシェルに対する相互接続配管の力、モーメント及びトルクを求めることが可能になる。

**【0013】**

10

20

30

40

50

図1は、蒸気タービンケーシング10の例示的な設計を断面で示す。ケーシングは、各々がキー22及びシェル基準支持体14によって支持されたシェルアーム支持体12(図2を参照)を含む。各シェルは、4つの支持アーム12(GER=発電機側端部右、GEL=発電機側端部左、TER=タービン側端部右、TEL=タービン側端部左)を含む。キー22は、それぞれ表面26及び24を通して垂直方向荷重をシェルアーム支持体12からシェル基準支持体14に伝達する。キーはまた、側表面20を通して軸方向荷重をシェルアーム支持体12からシェル基準支持体14に伝達する。ケーシングに接続された蒸気パイプ群は、高温再熱蒸気パイプ13、主蒸気パイプ15、低圧蒸気吸入パイプ17及び低温再熱蒸気パイプ19を含む。

## 【0014】

10

図2は、支持アームの一部及びキーの概略側面図である。図3は、シェルアーム基準支持体14の概略の平面図である。各シェルアーム基準支持体14は、位置合わせした時に矩形キー22の挿入が可能になるキー溝20を有す。キーは、シェル基準支持体14内の溝の下表面24上に載置される。キー22の上表面26は、シェルアーム12に対する支持を行う。キー高さは、シェルアーム支持体とシェル基準支持体との間に小さなギャップ28を生じるように設計される。このギャップは、およそ0.20~0.25インチ(0.508~0.635cm)である。

## 【0015】

20

ギャップ28内に設置した容量プローブのような非接触型ギャップ測定プローブ30により、プローブとシェルアーム支持体の底面との間のギャップの変化を連続方式で高感度測定する。3つの非接触型ギャップ測定プローブ30は、2つのプローブをキーの一側にまた1つのプローブを反対側に位置させた状態で、ギャップ28内でシェル基準支持体14の表面上に配置することができる。ギャップ測定プローブ30は、互いから既知の距離を置いて設置しあつシェルアームキー22の周りに配置することができる。シェルアーム間のギャップ内にある3つのプローブは、平面勾配変化を求めるのに十分なデータを提供する。軸方向勾配変化データのみが必要な場合は、プローブがキーの両側に設置された2プローブ設定を使用することができる。

## 【0016】

30

タービンの最初の始動に先立ち、タービンユニットの周囲温度を測定しあつ記録する。加えて、3つの較正済みの非接触型ギャップ測定プローブ30をギャップ28内に挿入する。2つのプローブはキー22の一側に配置し、他のプローブはキーの反対側に配置することができる。3つのプローブは、ギャップ28に関連する平面を規定する。3つのプローブからの初期読み取り値を使用して、シェルアーム支持体の基準勾配を設定する。この基準勾配は、勾配変化の大きさ及び方向の両方が連続的にモニタ可能となるように、全ての将来の測定値に対する基準としての役割を果たす。

## 【0017】

40

プローブは、蒸気タービンのコンピュータ制御装置のようなデータ収集装置32に接続される。始動、定常状態、負荷変更、停止及びタービン停止後クールダウンを含むタービンの運転時、ギャップ測定プローブ30は各々、ギャップ28の幅の変化を感知する。センサからのデータは、収集され、タイムスタンプを付され、データ収集装置の電子メモリ内に保存される。時刻及びギャップデータは保存されており、後でギャップ幅変化を求めるために制御装置で利用可能である。データは、例えばギャップ28の幅のような寸法に関する正確な絶対情報を提供する。データは、タービンシェルアーム基準支持体14の各々に配置した3つ又はそれ以上のギャップセンサにより収集される。

## 【0018】

50

3つのプローブからの初期読み取り値を使用して、シェルアーム支持体の基準勾配を設定する。この基準勾配は、勾配変化の大きさ及び方向の両方が連続的にモニタ可能となるように、全ての将来の測定値に対する基準としての役割を果たす。その後、シェルアーム支持体の平面勾配変化は、ケーシングのたわみを示すものとなる。シェルアーム支持体の平面勾配の急激変化は、ケーシングに加わる変化した配管力、モーメント及びトルクの存在

を示す。

【0019】

配管系の荷重に起因するケーシングのたわみは、各タービン支持体における反力を変化させて、各アームにおけるシェルアーム勾配の変化として現れる。シェルアーム支持体の勾配変化は、3つのセンサの各々においてギャップの変化を測定することによって検出される。プローブ間の既知の間隔と組合せたデータは、シェルアームの勾配の変化を明確にするのに十分なデータを提供する。シェルアーム支持体の勾配の変化は、シェルアームのたわみの大きさ及び方向、従って配管系によって加わる力、モーメント及びトルクに起因するタービンケーシングのたわみの大きさ及び方向の両方を示す。

【0020】

図4は、タービンが運転状態にある時に時間経過にわたりタービンから収集した例示的なデータを示す図表40である。データは、例えば毎秒又は毎分のように周期的に収集して、データ収集装置32内に保存することができる。データ収集装置内の処理装置は、データを連続的に解析して各シェルアーム支持体の平面勾配の変化を求めることができる。タービンの運転時におけるこれらの勾配変化をモニタすることによって、ケーシングのたわみの変化を検出することができる。ケーシングのたわみの変化により、タービンケーシングに加わっている過度なパイプ荷重を示すことができる。

【0021】

図表40は、例えば速度(RPM)、負荷(MW)、入口蒸気温度(F)、高圧ボウル温度(F)及び軸方向シェル膨張(mil)のような他の始動パラメータと同様に、2つの高圧入口シェルアーム支持体についての勾配変化の線グラフ42を含む。この線グラフは、初期基準値と比較した勾配変化対時間を示す。右アーム勾配の傾斜が増大する一方で左アーム勾配の傾斜が減少する点44のような、勾配の急激変化は、配管系がケーシング上にねじり力を与えていることを示す。ギャップ平面の勾配の変化は、特に、例えば速度(RPM)、負荷(MW)、入口蒸気温度(F)、高圧ボウル温度(F)及び軸方向シェル膨張(mil)などの他のタービン状態時に、パイプ接続荷重が変化したことを示す良好な指標である。

【0022】

シェルアームの勾配変化は、配管荷重に起因するケーシングのたわみ以外の原因で変化する場合がある。シェルアーム勾配の変化は、(i)相互接続パイプの力、モーメント及びトルクの変化、(ii)タービンを通って流れる蒸気に起因するシェルへの蒸気流反力、(iii)タービンシェルへの復水器真空荷重力の変化、(iv)タービン温度の変化及び周囲温度の変化に起因するシェルの熱的ゆがみ、(v)アームの金属温度上昇に伴う弾性率の低下に起因するシェルアームの軟化及び(6)軸方向膨張の影響によって引起される可能性がある。相互接続パイプによって加わる荷重に主として帰因するケーシングのたわみを定量化するためには、他の因子の影響はギャップデータから除去されなければならない。パイプ荷重以外の因子の影響を分離するための手順を以下に提案するが、その手順はまだ今のところ実施には至っていない。

【0023】

シェルへの蒸気反力は、タービンを通る蒸気流量に比例する。蒸気反力の方向もまた予測可能である。例えば線形関数のような関数によって、蒸気反力を、タービンを通る蒸気フローボリュームの関数への応答として、モデル化することができる。この関数を適用してシェルへの蒸気反力を推定することができる。さらに、ケーシングシェルアーム支持体は、蒸気反力の増減につれて線形関係で変形することになると仮定する。蒸気反力は蒸気流量と線形関係にあると仮定することによって、シェルアーム勾配への蒸気反力の影響を計算し、かつギャップ測定プローブ30の生データセットから差し引くことができる。

【0024】

復水器真空荷重は真空荷重に比例しており、この真空荷重もまた連続方式で測定することができる。シェルアーム勾配への真空荷重の影響を求め、かつプローブ30の生データセットから差し引くことができる。シェルアーム勾配へのシェルの熱的ゆがみ及び軸

方向膨張の影響は、連続的に収集したシェル外部温度データを使用して計算される。シェルのコンピュータモデル化によって、シェルアーム勾配へのシェルの熱的ゆがみの影響をプローブ30の生データセットから差し引くことが可能になる。

【0025】

シェルアームの熱的軟化の影響は、シェルアームからの熱電対データと設定した材料特性表とを使用して明らかにして、アーム軟化に起因するシェルアームのたわみを予測する。タービンシェルの軸方向膨張は、連続的にモニタする。このデータとコンピュータモデルとを使用することによって、シェルアーム勾配への軸方向膨張の影響を計算し、かつ生データセットから差し引いて、配管力、モーメント及びトルクの結果としての勾配変化のみを残すことができる。コンピュータモデルを使用することによって、シェルアームの勾配変化の変動レベルを発生させるのに必要な力の大きさを定量化する伝達関数が開発される。コンピュータタービンシェルモデルと連続方式で収集したシェル外部温度とを使用することにより、熱的ゆがみの影響をデータセットから差し引くことが可能になる。

【0026】

熱電対によって連続方式で収集したシェル外部温度とタービンシェルのコンピュータモデルとの使用により、シェルアーム勾配へのシェルの熱的ゆがみの影響をデータセットから差し引くことが可能になる。タービンシェルのコンピュータモデルによって連続方式で収集した排気圧力データの使用により、シェルアーム勾配への真空荷重作用の影響をデータセットから差し引くことが可能になる。熱電対によって連続方式で収集したシェルアーム温度とシェルアームキー温度との使用により、データセットから差し引くことができるシェルアームの熱的軟化の予測（弾性率変化に起因する）を行うことが可能になる。

【0027】

本発明を現在最も実用的かつ好ましい実施形態であると思われるものに関して説明してきたが、本発明は開示した実施形態に限定されるものではなく、また、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】蒸気タービンケーシングの半部分の概略図。

【図2】シェルアームと、キーと、該キーの両側のシェルアームギャップ変化をモニタするプローブがその上に取付けられたシェル基準支持体とよりなるシェルアーム支持構造体の区域の拡大側面図。

【図3】キーの両側に配置されて平面勾配変化情報を得るシェルアームギャップ変化モニタ測定装置の拡大平面図。

【図4】タービンの運転時に収集した、タービンのケーシングに関連する例示的なシェルアームたわみデータの図表。

【符号の説明】

【0029】

- 10 タービンケーシング
- 12 シェルアーム支持体
- 14 シェルアーム基準支持体
- 20 キー溝
- 22 支持キー
- 24 シェルアーム基準支持体の表面
- 26 シェルアーム支持体の表面
- 28 ギャップ
- 30 ギャップセンサ

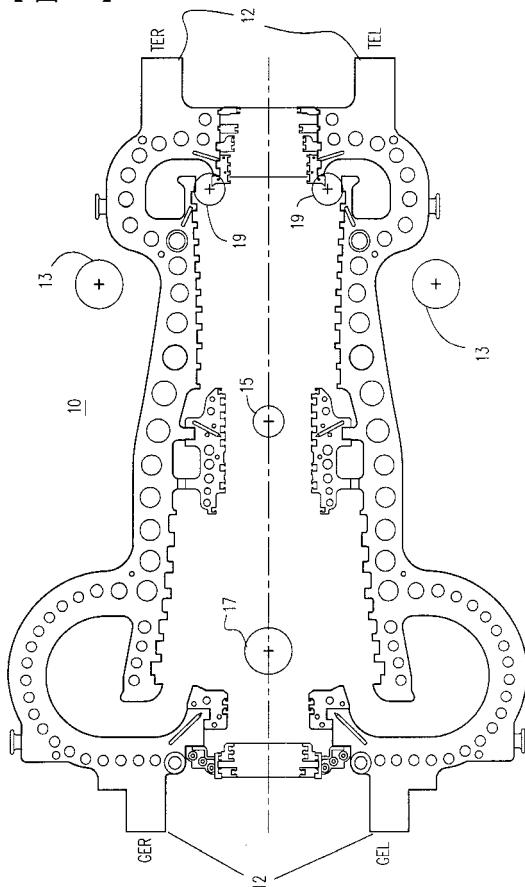
10

20

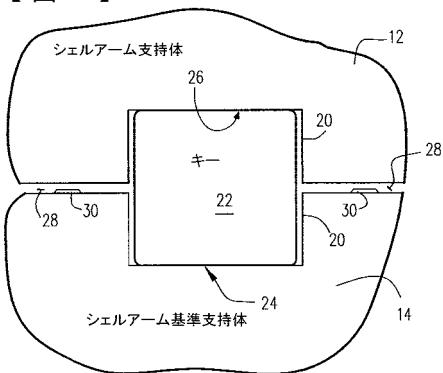
30

40

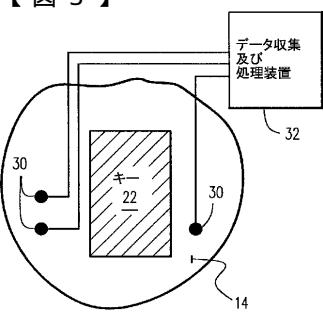
【図1】



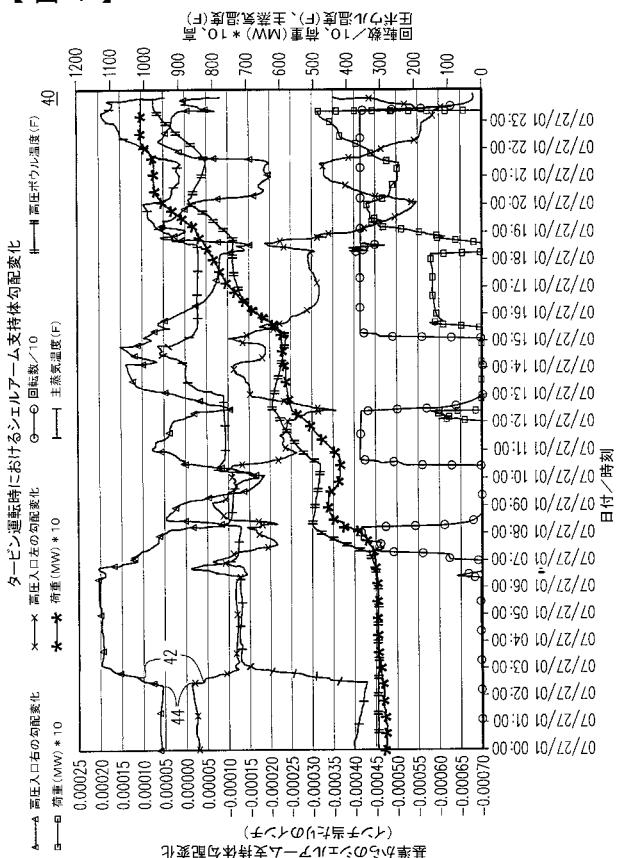
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ピーター・ジョン・アイゼンツオッフ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、アルタモント、ドラホス・ドライブ、108番

Fターム(参考) 2G024 AD05 BA11 CA04 DA09 DA16 FA02 FA03