

【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】平成 21 年 3 月 12 日 (2009.3.12)

【公表番号】特表 2008-532031 (P2008-532031A)  
 【公表日】平成 20 年 8 月 14 日 (2008.8.14)  
 【年通号数】公開・登録公報 2008-032  
 【出願番号】特願 2007-557562 (P2007-557562)  
 【国際特許分類】

G 0 1 M 3/04 (2006.01)

F 1 6 K 51/00 (2006.01)

F 1 6 K 17/04 (2006.01)

【F I】

G 0 1 M 3/04 H

F 1 6 K 51/00 F

F 1 6 K 17/04 Z

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 21 年 1 月 20 日 (2009.1.20)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

弁の状態を測定する方法であって、前記弁が、弁座と、弁バネと、前記弁座に接触するように前記弁バネにより付勢された閉鎖部材とを備え、前記方法が、

前記閉鎖部材が開き始める第 1 の圧力を決定するステップ、

前記閉塞部材の変位が実質的にゼロの状態、前記弁が漏れ始める、前記第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力を決定するステップ、

前記弁のシール力である前記第 1 と第 2 の圧力の間の差によって変化する状態パラメータを定義するステップ、

前記状態パラメータの値を決定し、それによって、前記弁の状態を判定するステップ、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記状態パラメータが前記シール力  $f$  に関連付けられ、該シール力  $f$  が、前記弁の漏れ点で前記閉鎖部材への流体力を平衡するのに必要な力を超える前記閉鎖部材および前記弁座の間に存在する力であり、 $f = (p_{so} - p_{sl}) A$  により定義され、ここで、 $p_{so}$  は前記弁を開かせるのに必要な圧力であり、 $p_{sl}$  は前記弁に漏れを生じさせるのに必要な圧力であり、 $A$  は有効な弁シール面積であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の圧力が、前記弁を開かせる持ち上げ力から決定されることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 の圧力が、前記弁の漏れを生じさせる持ち上げ力から決定されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 と第 2 の圧力の内の少なくとも一方が、測定によって決定されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記第 1 と第 2 の圧力の内の少なくとも一方が、設定によって決定されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 7】**

持ち上げ力を前記弁の閉鎖部材に加え、これによって、前記弁を通して流体を漏らすステップと、該漏れが生じる漏れ発生持ち上げ力を測定するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 8】**

漏れが、前記流体の漏れによって生じる振動を検知するために配置された振動センサによって少なくとも部分的に検知されることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記第 2 の圧力の測定値を記録するステップを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 10】**

持ち上げ力を前記閉鎖部材に加え、これによって、前記弁を開かせるステップと、前記弁が開く弁開放持ち上げ力を測定するステップとを含むことを特徴とする請求項の 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記持ち上げ力が、前記漏れ発生持ち上げ力になるまで増大され、また前記漏れ発生持ち上げ力が、前記漏れが生じたときに加えられた力として測定されることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

**【請求項 12】**

前記持ち上げ力が、前記弁開放持ち上げ力になるまで増大され、また前記弁開放持ち上げ力が、前記弁の開放が生じたときに加えられた力として測定されることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の方法。

**【請求項 13】**

前記持ち上げ力が、前記漏れ発生持ち上げ力になるまで増大され、また前記漏れ発生持ち上げ力が、前記漏れが生じたときに加えられた力として測定され、前記持ち上げ力が、前記弁開放持ち上げ力になるまで増大され、また前記弁開放持ち上げ力が、前記弁の開放が生じたときに加えられた力として測定され、前記持ち上げ力が、第 1 の持ち上げ力よりも低い開始力から、少なくとも第 2 の持ち上げ力まで増大されることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

**【請求項 14】**

前記弁の開放を検知するステップを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 15】**

前記弁の開放が、前記弁閉鎖部材の変位を検知するために配置された変位センサによって少なくとも部分的に検知されることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

**【請求項 16】**

持ち上げ力が、前記閉鎖部材に接続された剛性要素に加えられることを特徴とする請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 17】**

前記弁閉鎖部材の入口側に作用する第 1 の流体圧力  $p_{r1}$  を有する第 1 の弁持ち上げ力  $F_1$  を測定するステップと、

前記弁閉鎖部材の入口側に作用する第 2 の流体圧力  $p_{r2}$  を有する第 2 の弁持ち上げ力  $F_2$  を測定するステップと、

前記 2 つの弁持ち上げ力の測定値から前記状態パラメータを算出するステップと、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 18】**

入口圧力の変化と、結果として生じた弁持ち上げ力の変化との比率を用いて、前記弁の有効なシール面積  $A$  を決定するステップを含むことを特徴とする請求項 17 に記載の方法

。

【請求項 19】

前記シール面積が、次式

【数 1】

$$A = \frac{F1 - F2}{pr2 - pr1}$$

を用いて決定されることを特徴とする請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記弁を所望の漏れ設定圧力値  $ps1$  に調整するステップを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

前記シール力  $f$  が、弁開放力と、対応する入口流体力に平衡するのに必要な力との差に等しいことを特徴とする請求項 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

前記シール力  $f$  が、次式

【数 2】

$$f = F1 - \left( \frac{ps1 - pr1}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

または

【数 3】

$$f = F2 - \left( \frac{ps1 - pr2}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

を用いて算出され、

ここで、 $pr1$   $pr2$   $ps1$  であることを特徴とする請求項 16 ~ 18 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

前記第 1 の流体圧力  $pr1$  が、前記弁閉鎖部材の出口側に作用する流体圧力に等しいことを特徴とする請求項 16 ~ 18 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

 $pr1 = 0$  であり、また前記弁の前記有効なシール面積  $A$  が、次式

【数 4】

$$A = \frac{F1 - F2}{pr2}$$

を用いて決定されることを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

前記シール力  $f$  を算出する前記ステップにおいて、次式

【数 5】

$$f = F1 - \frac{ps1}{pr2} (F1 - F2)$$

が用いられ、

ここで、 $pr2$   $ps1$  であり、また  $ps1$  が前記漏れ設定圧力であることを特徴とする

請求項 2 3 または 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記状態パラメータが、前記シール力、または前記シール力と同等の圧力であることを特徴とする請求項 1 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 7】

前記状態パラメータが、前記シール力  $f$  と低温持ち上げ力  $F_c$  との比率、または該比率に関連する力に基づくことを特徴とする請求項 1 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記弁の前記状態パラメータが、次の比率

【数 6】

$$\frac{f}{(f + psl \cdot A)}$$

を用いて算出され、

ここで、 $psl$  が前記漏れ設定圧力であることを特徴とする請求項 1 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 9】

前記弁の前記状態パラメータが、次の比率

【数 7】

$$\frac{1}{1 + \frac{psl}{f} \left( \frac{Fh1 - Fh2}{pr2 - pr1} \right)}$$

を用いて算出され、

ここで、 $psl$  が前記漏れ設定圧力であることを特徴とする請求項 1 ~ 2 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 0】

前記弁の前記状態パラメータが、前記シール力  $f$  と低温持ち上げ力  $F_c$  との比率であり、また次の比率

【数 8】

$$\frac{f}{Fc}$$

を用いて算出されることを特徴とする請求項 1 ~ 2 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 1】

前記弁が直列に取り付けられた場合に、前記方法の少なくとも 1 つのステップが行われることを特徴とする請求項 1 ~ 3 0 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 2】

前記状態パラメータが、次式

【数 9】

$$Qg = \frac{fg}{fg + psl \cdot A}$$

を用いて決定された現在の状態評価  $Q_g$  であり、

ここで、 $fg$  が現在のシール力であることを特徴とする請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 3】

前記状態パラメータが、次式

【数 1 0】

$$Q_g = 1 - \frac{p_{sl}}{p_{so}}$$

を用いて決定された現在の状態評価  $Q_g$  であり、

ここで、 $p_{sl}$  が前記漏れ設定圧力であり、 $p_{so}$  が前記開放設定圧力であることを特徴とする請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 4】

前記状態パラメータが、次式

【数 1 1】

$$Q = \frac{F_{ho} - F_{hl}}{F_{ho} + A \cdot p_l}$$

を用いて決定された状態評価  $Q$  であることを特徴とする請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 5】

前記状態パラメータが、前記弁の漏れが生じる圧力と、前記弁が開く圧力との差によって変化するようにされることを特徴とする請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 6】

弁のシール力を決定するための装置であって、前記弁が、弁座と、弁バネと、前記弁座に接触するように前記弁バネにより付勢された閉鎖部材とを備え、前記装置が、力センサと、変位センサと、圧力センサと、流体圧力を弁入口に加えるための手段と、前記弁入口の圧力を制御し、前記センサからの示度を記録し、前記弁のシール力によって変化する状態パラメータを計算するように構成された制御装置とを備え、前記シール力  $f$  が、前記弁の漏れ点で前記閉鎖部材への流体力を平衡するのに必要な力を超える前記閉鎖部材および前記弁座の間に存在する力であり、 $f = (p_{so} - p_{sl}) A$  により定義され、ここで、 $p_{so}$  は前記弁を開かせるのに必要な圧力であり、 $p_{sl}$  は前記弁を漏れを生じさせるのに必要な圧力であり、 $A$  は有効な弁シール面積であることを特徴とする装置。

【請求項 3 7】

前記力センサが、弁持ち上げ力を測定するために配置されることを特徴とする請求項 3 6 に記載の装置。

【請求項 3 8】

使用時に、弁バネを圧縮して、前記弁入口の空気圧が所定の圧力に達することを可能にする調整装置をさらに備えることを特徴とする請求項 3 7 または 3 8 に記載の装置。

【請求項 3 9】

前記弁入口を通気するために配置された制御弁をさらに備えることを特徴とする請求項 3 6 ~ 3 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 0】

前記制御装置が、弁閉鎖部材の変位を前記変位センサが最初に検出したときに力センサ示度を記録するために配置されることを特徴とする請求項 3 6 ~ 3 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 1】

比率  $f / F_c$  を用いて前記状態パラメータを算出するために配置されることを特徴とする請求項 3 6 ~ 4 0 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 2】

前記状態パラメータを示す出力を生成するために配置されることを特徴とする請求項 3 6 ~ 4 1 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 3】

前記状態パラメータを示す表示を生成するために配置された表示装置をさらに備えるこ

とを特徴とする請求項 3 6 ~ 4 2 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 4】

弁をテストするための装置であって、持ち上げ力を弁の閉鎖部材に加えるために配置された力付与手段と、前記弁を通した流体の漏れを生じさせるのに十分な持ち上げ力、および前記弁の開放を生じさせるのに十分な持ち上げ力を測定するために配置された測定手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項 4 5】

前記測定手段が、前記弁を通した流体の漏れを検出するために配置された流体漏れ検出手段を含むことを特徴とする請求項 4 4 に記載の装置。

【請求項 4 6】

前記流体漏れ検出手段が振動センサを備えることを特徴とする請求項 4 5 に記載の装置。

【請求項 4 7】

前記測定手段が、前記弁の開放を検出するために配置された弁開放検出手段を含むことを特徴とする請求項 4 4 ~ 4 6 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 8】

前記弁開放検出手段が変位センサを備えることを特徴とする請求項 4 7 に記載の装置。

【請求項 4 9】

前記 2 つの測定された力を記録するために、また前記 2 つの測定された力から前記弁の状態の測定値を導出するために配置された処理手段をさらに備えることを特徴とする請求項 4 4 ~ 4 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5 0】

前記 2 つの測定された力を記録するために、また前記 2 つの測定された力から前記弁の状態の測定値を導出するために配置された処理手段をさらに備え、前記処理手段が、前記漏れ検出手段から信号を受信し、また該信号から、前記流体の漏れが生じたときを決定するために配置されることを特徴とする請求項 4 5 または 4 6 に記載の装置。

【請求項 5 1】

前記弁開放検出手段が変位センサを備え、前記処理手段が、前記変位センサから信号を受信し、また該信号から、前記弁の開放が生じたときを決定するために配置されることを特徴とする請求項 4 9 または 5 0 に記載の装置。

【請求項 5 2】

安全弁の品質の状態の測定値として  $p_{s1}$  と  $p_{s0}$  との関係を使用する方法。

【請求項 5 3】

安全弁の品質の状態の測定または特徴付けについて、 $p_{s1}$  と  $p_{s0}$  との関係を使用する方法であって、前記  $p_{s0}$  が、弁の漏れが始まる圧力  $p_{s1}$  と、有効なシール面積  $A$  に作用するシール力  $f$  による圧力または設定圧力のインライン決定からの圧力との和として規定されることを特徴とする  $p_{s1}$  と  $p_{s0}$  との関係を使用する方法。

【請求項 5 4】

漏れ設定圧力が弁持ち上げ力から決定されることを特徴とする請求項 5 3 に記載の方法。

【請求項 5 5】

安全弁の状態を測定する方法であって、前記弁が開く圧力  $p_{s0}$  を測定するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 5 6】

$p_{s1}$  の値、または  $p_{s1}$  によって変化するパラメータを提供するステップと、測定された  $p_{s0}$  と共に当該パラメータまたは当該値を用いて、前記弁の状態測定値を規定するステップとをさらに含むことを特徴とする請求項 5 5 に記載の方法。

【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

## 【訂正方法】変更

## 【訂正の内容】

## 【発明の詳細な説明】

## 【発明の名称】安全弁のテスト

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、安全弁、特に、安全弁の状態の決定に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

バネで作動された安全弁で行われた力の測定を用いて、安全弁が調整されている設定圧力を決定することができる。テストは、典型的に、スピンドルおよびディスクの変位およびライン圧の同時の観測を伴う弁スピンドルのスピンドル持ち上げ力の測定からなり、また有効なシール面積の値が利用可能であった場合、弁が開く圧力の示度をもたらし。理想的な状態の安全弁について、この設定圧力は、弁の漏れが始まる圧力でもある。しかし、実際には、特に、金属間シール安全弁において、弁の漏れが始まる圧力  $p_{s1}$  は、常に、弁が開く圧力  $p_{so}$  よりも低い。良好な状態では、差は小さいが、一般には、差はより大きい。過度の差が安全弁の機能を損なうことがあるので、できるだけ確実にこの差を測定することが重要である。特に、差が大きかった場合、弁座に既に強く接触しているディスクに適切なシール力を発生させるのに必要な追加の大きなバネ荷重は、弁の作動時に弁の持ち上げを制限することがあり、この結果、放出開口部は、十分な圧力逃がしを行うには不十分になる。したがって、弁の実際の開放（機械的障害がない場合）は、意図されているよりも決定的に高い圧力で達成される。次に、弁が閉じたときに、シール力が大きくなると、それだけシステム圧力を高くして、シールを解除しなければならず、したがって、それだけ、より長時間にわたって弁が羽のように動く。このことにより、弁に対してさらに摩耗および損傷が生じる。

## 【0003】

設定圧力を決定するために、安全弁インラインテストの持ち上げ力の測定を用いることがよく知られている。2つの異なるラインまたは供給圧力における持ち上げ力の測定から、弁の有効なシール面積を算出することも知られている。しかし、弁の状態を測定するために、本発明には、開放設定（set-to-open）圧力  $p_{so}$  と漏れ設定（set-to-leak）圧力  $p_{s1}$  との関係が用いられる。

## 【発明の開示】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

それに応じて、本発明は、安全弁の状態を測定する方法であって、弁のシール力によって変化する状態パラメータを測定するステップを含む方法を提供する。このパラメータは、シール力自体であり得るか、または他の任意の適切なパラメータであり得る。本方法は、弁を開かせる圧力  $p_{so}$  によって変化する弁開放パラメータを決定するステップを含むことが可能である。弁開放パラメータは、弁を開かせる持ち上げ力であり得るか、または  $p_{so}$  自体であり得る。

## 【0005】

状態パラメータは、弁の  $p_{so}$  または  $p_{s1}$  にあるいはそれらの両方に関連するか、もしくは弁の  $p_{so}$  または  $p_{s1}$  によってあるいはそれらの両方によって変化するようになることが可能であり、また  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との差にまたは  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との比率に関連するか、あるいは  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との差によってまたは  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との比率によって変化するようになることが可能である。シール力が増大するにつれて、状態パラメータが増加または減少するかどうかについては重要でなく、また前記状態パラメータと前記シール力とに線形関係または非線形関係が存在するかどうかについても重要でない。

## 【0006】

本方法は、弁の漏れを生じさせる圧力  $p_{s1}$  によって変化する漏れパラメータを決定す

るステップを含むことが可能である。漏れパラメータは、弁の漏れを生じさせる持ち上げ力であり得るか、または  $p_{s1}$  自体であり得る。

【0007】

測定によって、または所定値に設定することによって、弁開放パラメータまたは漏れパラメータを決定することが可能である。

【0008】

本発明の別形態によれば、弁座に接触するように付勢される弁閉鎖部材を備える安全弁のシール力  $f$  を決定する方法であって、

弁閉鎖部材の入口側に作用する第1の流体圧力  $p_{r1}$  を有する第1の弁持ち上げ力  $F_1$  を測定するステップと、

弁閉鎖部材の入口側に作用する第2の流体圧力  $p_{r2}$  を有する第2の弁持ち上げ力  $F_2$  を測定するステップと、

弁の持ち上げ力の2つの測定値からシール力  $f$  を算出するステップと、を含む方法が提供される。

【0009】

したがって、本発明では、テスト順序において、力の測定値をオフラインテストベンチまたはテスト装置に用いて、作動中の安全弁の効果を決定する安全弁の従来隠れていたシール力を測定することができる。

【0010】

弁閉鎖部材は、弁スピンドルに取り付けられた弁ディスクを備えることが可能であり、また弁持ち上げ力は弁スピンドル持ち上げ力であることが可能である。

【0011】

これらの測定を用いる際に、次式を用いて、弁の有効なシール面積  $A$  を決定することが可能である。

【数1】

$$A = \frac{F_1 - F_2}{p_{r2} - p_{r1}}$$

【0012】

弁の持ち上げ力の測定を行う前に、弁を所望の漏れ設定圧力値  $p_{s1}$  に調整し得る。この漏れ設定圧力値は、弁の漏れが始まる圧力値であり、また弁ディスクに加えられる第1または第2の流体圧力よりも高いことが可能である。

【0013】

次に、この有効なシール面積を用いて、弁のシール力を算出することが可能である。シール力  $f$  は、 $F_1$  または  $F_2$  であり得る弁持ち上げ力と、それぞれ  $A \cdot (p_{s1} - p_{r1})$  または  $A \cdot (p_{s1} - p_{r2})$  であり得る対応する入口流体力に平衡するのに必要な力との差に等しい。このことを次式のように表すことが可能である。

【数2】

$$f = F_1 - A(p_{s1} - p_{r1})$$

【0014】

または

【数3】

$$f = F_2 - A(p_{s1} - p_{r2})$$

【0015】

有効なシール面積  $A$  を上記式に置き換えると、これらのことを次式のように表すことも



可能である。

【数 4】

$$f = F1 - \left( \frac{ps1 - pr1}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

【0016】

または

【数 5】

$$f = F2 - \left( \frac{ps1 - pr2}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

【0017】

ここで、 $pr1$   $pr2$   $ps1$  である。

【0018】

漏れ設定圧力値  $ps1$  が既に決定されていた場合、これらの式を用いて、2つの異なる作動圧力  $pr1$  と  $pr2$  の持ち上げ力の測定値  $F1$  と  $F2$  から、シール力  $f$  を算出することが可能である。

【0019】

好ましくは、流体圧力  $pr2$  の一方は、安全弁の予想された作動圧力であり得る。この場合、対応する力は高温持ち上げ力  $Fh$  と呼ばれる。第1の流体圧力  $pr1$  は、気圧であり得る弁閉鎖部材の出口側の圧力に等しいことが可能である。圧力の示度はゲージ圧としてとらえられ、したがって、この場合、 $pr1 = 0$  であり、また力は低温持ち上げ力  $Fc$  と呼ばれる。弁の有効なシール面積に関する式は次式のようになる。

【数 6】

$$A = \frac{Fc - Fh}{pr2}$$

【0020】

また次式を用いて、シール力  $f$  を算出し得る。

【数 7】

$$f = Fc - \frac{ps1}{pr2} (Fc - Fh)$$

【0021】

ここで、 $pr2$   $ps1$  である。

【0022】

弁が開く圧力、すなわち、開放設定圧力値  $ps0$  を算出することも可能である。この圧力は、弁の漏れが始まる圧力  $ps1$  と、有効なシール面積  $A$  に作用するシール力  $f$  による圧力との和である。このことを次式のように表すことが可能である。

【数 8】

$$ps0 = ps1 + \frac{f}{A}$$

【0023】

次に、比率  $f / Fc$  (ここで、 $Fc$  は、閉鎖部材を横切る流体圧力の差がゼロである状態で測定される) を算出して、安全弁の状態評価の指標を提供することが可能である。比

率が小さくなると、それだけ弁の品質が向上する。

【 0 0 2 4 】

「低温」持ち上げ力  $F_c$  が認識されておらず、また持ち上げ力の測定が、2つの異なる圧力  $p_{r1}$  と  $p_{r2}$  で行われた場合、次の比率を用いて、状態評価を算出できる。

【数 9】

$$\frac{f}{(f + psl \cdot A)}$$

【 0 0 2 5 】

代わりに、次式を用いて、状態評価を百分率として算出してもよい。

【数 10】

$$\text{状態評価} = \frac{100f}{(f + psl \cdot A)} = \frac{100}{\left(1 + \frac{psl}{f} \left( \frac{Fh1 - Fh2}{pr2 - pr1} \right)\right)}$$

【 0 0 2 6 】

弁が設置されたときに、弁の現在の状態評価を算出することも可能である。次式を用いて、現在の状態評価  $Q_g$  を決定し得る。

【数 11】

$$Q_g = \frac{fg}{fg + psl \cdot A}$$

【 0 0 2 7 】

ここで、 $f_g$  は現在のシール力である。

【 0 0 2 8 】

このことを次式のように表すことも可能である。

【数 12】

$$Q_g = 1 - \frac{psl}{pso}$$

【 0 0 2 9 】

ここで、 $p_{s1}$  は漏れ設定圧力であり、また  $p_{s0}$  は開放設定圧力である。

【 0 0 3 0 】

このことにより、弁が設置されている間に、弁の状態を監視することが可能になる。

【 0 0 3 1 】

本発明の別形態によれば、安全弁のシール力を決定するための装置であって、安全弁、力センサ、変位センサ、圧力センサ、および流体圧力を弁入口に加えるための手段を備える装置が提供される。

【 0 0 3 2 】

力センサは、弁持ち上げ力を測定するために配置されることが好ましい。変位センサは  $10 \mu m$  の精度で測定することが可能である。

【 0 0 3 3 】

装置は、使用時に弁のパネを圧縮する調整装置をさらに備え得る。このことにより、弁入口の空気圧が、漏れ設定圧力として知られている、弁の漏れが始まる所定の圧力に達することが可能になる。

【 0 0 3 4 】

装置は、弁入口を通気するために配置された制御弁も備えることが好ましい。このこと

により、弁閉鎖部材を横切る流体圧力の差がゼロである状態で、弁スピンドル持ち上げ力を測定することが可能になる。

【0035】

装置は、弁入口圧力を制御し、センサの示度を記録したシール力  $f$  を算出するために配置されたプロセッサをさらに備え得る。変位センサが弁閉鎖部材の変位を最初に検出したときに力センサの示度を記録するためのプロセッサを配置することが可能である。このことにより、自動化されたテストシステムが提供される。

【0036】

弁の状態評価  $f / F_c$  を算出するための、および状態評価を示す出力を生成するための装置を配置し得る。状態評価を示す表示を生成するために配置される表示装置を設けることも可能である。

【0037】

本発明は、安全弁の品質の状態の測定値として  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との関係を使用する方法をさらに提供する。

【0038】

持ち上げ力テストのようなインラインテストから、 $p_{so}$  を測定し得るか、またはオフラインテストにおいて、 $p_{so}$  を測定し得る。

【0039】

本発明は、安全弁の品質の状態の測定または特徴付けについて、 $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との関係を使用する方法であって、 $p_{so}$  が、弁の漏れが始まる圧力  $p_{s1}$  と、有効なシール面積  $A$  に作用するシール力  $f$  による圧力または設定圧力のインライン決定からの圧力との和として規定される  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との関係を使用する方法をなおさらに提供する。

【0040】

弁持ち上げ力から、または他の任意の適切な方法によって、漏れ設定圧力を決定し得る。

【0041】

本発明は、安全弁の状態を測定する方法であって、弁が開く圧力  $p_{so}$  を測定するステップを含む方法をさらに提供する。

【0042】

本方法は、 $p_{s1}$  の値、または  $p_{s1}$  によって変化する他の任意のパラメータを提供するステップと、測定された  $p_{so}$  と共に当該パラメータまたは当該値を用いて、弁の状態測定値を規定するステップとをさらに含み得る。弁がインラインであった場合に、または弁がオフラインであった場合に、 $p_{s1}$  によって変化するパラメータを測定することが可能である。

【0043】

スピンドル昇降テストのような弁持ち上げ力テストから、すなわち、弁を開くのに必要な力を測定することによって、または他の任意の方法によって、例えば、弁を開放させる流体圧力を測定することによって、 $p_{so}$  を測定し得る。

【0044】

本発明は、安全弁の品質を測定するための装置であって、力センサ、変位センサ、圧力センサ、および流体圧力を弁入口に加えるための手段を備える装置をさらに提供する。

【0045】

本発明の方法を行うための装置を配置することが可能である。

【0046】

次に、添付図面を参照して、実施例のみによって、本発明の好ましい実施形態について説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

図1を参照すると、図示されているフランジ管安全放出弁1は、弁入口6と、弁出口16と、弁開口部を規定する弁座7とを備える。弁ディスク8の形状の弁閉鎖部材は、弁バ

ネ 9 によって弁座 7 に接触するように付勢され、また弁スピンドル 11 の下端に取り付けられる。弁スピンドル 11 は、弁パネ 9 を含むパネハウジング 10 の中心軸線に沿って延びる。通常の作動状態において、入口 6 の圧力が、ディスク 8 を弁座 7 から持ち上げる程度に十分になるまで、弁は、弁座の開口部を覆うディスク 8 によって閉じられたままである。パネ 9 の付勢力は、必要な設定圧力で弁が開くように調整される。

【 0 0 4 8 】

弁 1 が開く圧力  $p_{s0}$  は、上記のように、弁の漏れが始まる圧力  $p_{s1}$  よりも高い。圧力が作用する弁ディスク 8 の有効領域によって増大されたこれらの 2 つの圧力の差は、弁のシール力  $f$  と呼ばれる。このことは次式のようになる。

【 数 1 3 】

$$P_{s0} = p_{s1} + f/A \quad (1)$$

【 0 0 4 9 】

この式を次のように書き換えることができる。

【 数 1 4 】

$$f = A(p_{s0} - p_{s1}) \quad (2)$$

【 0 0 5 0 】

シール力によって変化する種々のパラメータを用いて、多くの方法でシール力を測定できる。シール力の変化により、状態パラメータの変化が生じた場合、状態パラメータとシール力との関係は重要でない。例えば、便利な測定値  $Q$  を次式のように定義できる。

【 数 1 5 】

$$Q = 1 - p_{s1}/p_{s0} \quad (3)$$

【 0 0 5 1 】

図 2 と図 3 を参照すると、本発明の第 1 の実施形態によるオフラインベンチテストで弁 1 をテストするために、弁入口 6 は、クランプ 3 によってテストスタンド 2 に締め付けられ、気密接続を形成し、また圧縮空気管 4 はテストスタンド 2 の裏側で弁入口 6 に接続される。圧縮空気管 4 は圧縮空気源に接続され、この圧縮空気源の圧力は、圧力センサによって監視することができ、したがって制御することができる。このことにより、入口圧力を制御および測定することが可能になる。

【 0 0 5 2 】

テスト構造 5 は、スピンドル持ち上げ力測定歯車の一部を形成し、また弁 1 の使用時に所定位置にある弁キャップおよび昇降レバーを交換する。安全弁スピンドル 11 の頂端はパネハウジング 10 から突出し、また前記安全弁スピンドルの小さな端部フランジ 12 は、テスト力機構のジョー 13 によって把持される。クランプ 14 はパネハウジング 10 の上方のテスト構造 5 を固定し、またねじ込まれたパネ調整フェルール 15 の頂端はこれらのクランプ 14 の真上に見られる。しかし、使用可能な多数の形式のスピンドル頂部および連結機構が存在することが理解される。

【 0 0 5 3 】

測定歯車は、弁ディスクの任意の移動を測定するために配置された変位センサ 18 と、弁ディスク 8 に加えられた持ち上げ力を測定する力変換器 20 とを備える。これら全体によって、システムが、弁座 7 との接触を遮断して弁ディスク 8 を持ち上げるのに必要な力を決定することが可能になる。持ち上げ力は、油圧アクチュエータ 22 によって付与される。

【 0 0 5 4 】

安全弁 1 は、選択された圧力で弁の漏れが始まるように調整される。このことは、弁入口 6 の圧力が、選択されたレベルに達すると、空気が弁座 7 と弁ディスク 8 との間に逃げることを意味する。この段階における弁ディスクの閉鎖位置からの弁ディスクの変位は、

変位センサによって測定されると小さすぎることから、依然として実質的にゼロである。安全弁 1 がテストベンチ 2 に取り付けられたときに、漏れ設定圧力を設定するために、管 4 からの圧縮空気が安全弁 1 の入口 6 に進入する。圧力センサは入口 6 の圧力を監視する。次に、パネ 9 は、選択された圧力  $p_{s1}$  で弁の漏れが生じるまで、調整装置 15 によって圧縮される。この漏れ点は、出口フランジ 16 の空気圧センサまたは電子センサの音を聞くかまたはそれらのセンサを用いることによって特定することが可能である。

【0055】

次に、弁入口空気供給部 4 は、テストスタンド接続部の上流の制御弁（図示せず）によって通気される。したがって、弁を横切る圧力差、すなわち、大気圧にある弁入口 6 と出口 16 との圧力差はゼロである。この状態において、持ち上げ力測定歯車 5 が作動され、またこの場合「低温」スピンドル持ち上げ力  $F_c$  である第 1 の持ち上げ力  $F_1$  は、力変換器によって測定される。この持ち上げ力は、弁ディスク 8 を横切る圧力差がない持ち上げ力である。

【0056】

次に、第 2 の入口圧力  $p_{r2}$  は、通常、空気圧で弁入口 6 に加えられ、ここで、 $p_{r2}$   $p_{s1}$  である。この圧力  $p_{r2}$  は、一般に、漏れ設定圧力  $p_{s1}$  よりも著しく低く、例えば、それよりも 15% ~ 25% 低い。この第 2 の圧力  $p_{r2}$  は、設置時における弁の通常の作動圧力または安全弁 1 の容器圧力に対応し得る。この第 2 の圧力が依然として加えられていると、第 2 の持ち上げ力テストがスピンドル 11 で行われ、第 2 の「高温」持ち上げ力の値  $F_h$  が得られる。

【0057】

次に、有効なディスクシール面積  $A$  を算出し、また漏れ設定圧力  $p_{s1}$  と共に、弁ディスク 8 と弁座 7 との間に存在するシール力  $f$  を算出するために、弁スピンドル持ち上げ力の 2 つの測定値  $F_c$  と  $F_h$  が用いられる。

【0058】

シール力  $f$  は、 $A \cdot p_{s1}$  によって算出される弁の漏れ点の流体力と平衡するのに必要な力以上の、弁ディスク 8 と弁座 7 との間に存在する力である。シール面積  $A$  は、弁が開じられたときに入口圧力にさらされる弁ディスク 8 の有効領域である。したがって、総パネ力は、追加の圧力が弁ディスクに加えられなかったときに測定された第 1 の「低温」持ち上げ力  $F_c$  に等しくなければならない ( $A \cdot p_{s1} + f$ ) になる。

【0059】

このことを次式のように表すことができる。

【数 16】

$$F_c - f = A \cdot p_{s1} \quad (4)$$

【0060】

第 2 の圧力  $p_{r2}$  が弁ディスク 8 に加えられたとき、弁スピンドル 11 を持ち上げるのに必要な力  $F_h$  は、追加の圧力が加えられなかったときに弁スピンドル 11 を持ち上げるのに必要な力  $F_c$  よりも小さい。力のこの差は、 $A \cdot p_{r2}$  によって算出され、したがって、この第 2 の入口圧力  $p_{r2}$  が弁ディスク 8 に加えられている状態において、第 2 の弁スピンドル持ち上げ力  $F_h$  を次式のように表すことができる。

【数 17】

$$F_h - f = A \cdot (p_{s1} - p_{r2}) \quad (5)$$

【0061】

式 (4) から式 (5) を減算することにより、弁座 7 の頂面の半径方向幅内の円形の領域である有効なディスクシール面積  $A$  に関する式が得られる。

【数 18】

$$A = \frac{F_c - F_h}{pr2} \quad (6)$$

【0062】

ここで、式(6)を式(5)に置き換えて、シール力  $f$  の値を得ることが可能である。

【数 19】

$$f = F_c - \frac{psl}{pr2} (F_c - F_h) \quad (7)$$

【0063】

この式により、漏れ設定圧力  $p_{sl}$  の安全弁における必要なシール力  $f$  の値が算出される。

【0064】

弁1の漏れが始まる圧力よりも高い弁入口6のある圧力において、弁ディスク8は持ち上げられ、弁ディスク8と弁座7との間の接触が遮断される。移動は、テスト構造5の変位センサによって検出され、この時点で、弁が開き始める。変位対時間および力対時間のプロットは、弁が開く時点の力を決定できるように行われて分析される。弁ディスク8の変位は  $10 \mu m$  の精度で測定される。

【0065】

弁の漏れがちょうど始まった圧力ではなく、弁が開く圧力は、弁の漏れが生じる圧力  $p_{sl}$  と、シール力  $f$  に対応する圧力との和によって算出される。したがって、この開放設定圧力を次式のように表すことができる。

【数 20】

$$p_{so} = p_{sl} + \frac{f}{A} \quad (8)$$

【0066】

この式は、シール面積  $A$  を、式(6)によって算出された式に置き換えることによって算出することができる。

【0067】

百分率比  $100 f / F_c \%$ 、すなわち、 $f$  と  $F_c$  との比率(ここで、 $F_c$  は、 $p_{r1}$  がゼロであったときに弁を開くのに必要な持ち上げ力である)は、得られた値から算出することもできる。この比率は、安全弁の品質の測定値を算出する。ここで、百分率が低くなると、それだけ品質が向上する。例えば、 $100 f / F_c < 5$  の弁比率は、良好な状態の弁を示しており、 $100 f / F_c < 9$  の弁比率は、十分な状態の弁を示しており、また  $100 f / F_c > 25$  の弁比率は、弁が使用に不適切であることを示している。この値は、弁の状態評価として知られており、またシール面の状態、移動部の自由度と位置合わせ、バネ形状、弁通路の清潔さ、および他の要因における腐食の影響を受ける。

【0068】

式(6)と式(7)から、次式が求められる。

【数 21】

$$f = F_c - p_{sl} \cdot A \quad (9).$$

【0069】

しかし、状態評価比は  $f / F_c$  である。したがって、次式のようになる。

【数 22】

$$f/F_c = 1 - \frac{p_{sl} \cdot A}{F_c} \quad (10).$$

【 0 0 7 0 】

さらに、そうなったときに、次式のようになる。

【 数 2 3 】

$$F_c/A = p_{s0} \quad (11)$$

【 0 0 7 1 】

この理由は、流体圧力が、安全弁 1 の特定の設定で総バネ力を平衡させるようなものであるからである。式 ( 1 0 ) における式 ( 1 1 ) から、次式が求められる。

【 数 2 4 】

$$f/F_c = 1 - p_{s1}/p_{s0} \quad (12).$$

【 0 0 7 2 】

有効なシール面積  $A$  および弁シール力  $f$  の値は、2つの異なる流体圧力におけるスピンドル持ち上げ力の測定値から得ることもでき、ここで、 $p_{r1}$  は気圧よりも高い。

【 0 0 7 3 】

対応するスピンドル持ち上げ力が  $F_1$  ( 圧力  $p_{r1}$  の ) および  $F_2$  ( 圧力  $p_{r2}$  の ) であった場合、有効なシール面積  $A$  は、次式によって算出される。

【 数 2 5 】

$$A = \frac{F_1 - F_2}{p_{r2} - p_{r1}} \quad (13)$$

【 0 0 7 4 】

この式自体は、設定圧力を決定するための安全弁のインラインテストから知られている。

【 0 0 7 5 】

有効なシール面積に関するこの式を、より一般的な形態の式 ( 4 ) と式 ( 5 ) に置き換えて、次式を算出することができる。

【 数 2 6 】

$$f = F_1 - \left( \frac{p_{s1} - p_{r1}}{p_{r2} - p_{r1}} \right) (F_1 - F_2) \quad (14)$$

【 0 0 7 6 】

および

【 数 2 7 】

$$f = F_2 - \left( \frac{p_{s1} - p_{r2}}{p_{r2} - p_{r1}} \right) (F_1 - F_2) \quad (15)$$

【 0 0 7 7 】

ここで、 $p_{r1}$   $p_{r2}$   $p_{s1}$  である。

【 0 0 7 8 】

次に、これらの式を用いて、2つの異なる流体圧力における持ち上げ力の測定値からシール力を算出することができる。

【 0 0 7 9 】

ゼロでない2つの異なる流体圧力における測定値が用いられた場合、「低温」持ち上げ力  $F_c$  の値を認識しなくてもよい。次に、次式を用いて、弁に関する状態評価を算出できる。

【数 2 8】

$$\text{状態評価} = \frac{100f}{(f + psl \cdot A)} = \frac{100}{\left(1 + \frac{psl}{f} \cdot \left(\frac{Fh1 - Fh2}{pr2 - pr1}\right)\right)} \quad (16)$$

【0080】

上記式(14)と上記式(15)の一方から、シール力  $f$  の値を得ることができる。

【0081】

低温持ち上げ力  $F_c$  ではなく、弁の総パネ力のような関連する力を用い得ることが理解される。いくつかの状況下で、これらのことは同様であり得る。

【0082】

手動でテストを行うことができる。しかし、本発明の別の実施形態では、テスト装置は自動進行で作動して、測定値を記録したコンピュータで結果を算出することができる。図4を参照すると、この実施形態において、制御装置30は、弁入口圧力を検知するために配置された圧力センサ32と、ポンプモータ36と、変位センサ18と、力センサ20とに接続される。弁昇降アクチュエータ22は、持ち上げ力を弁スピンドルに加えるために制御装置30によって制御され、また加えられた力、および結果として生じた弁ディスクの変位は、制御装置30によって測定および監視される。

【0083】

制御装置30は、圧縮空気管への、したがって弁入口への圧縮空気の供給を制御する。弁入口の圧力は、圧力センサ32によって監視されまた制御装置30にフィードバックされ、これにより、必要な圧力までの流入弁の圧力の上昇を制御することが可能になる。変位センサ18および力センサ20は、弁1に取り付けられたテスト装置の一部を形成する。制御装置30は、上記テスト順序に従うように、ポンプモータ36と通気弁34と弁昇降アクチュエータ30とを制御する。弁ディスク8の変位と、弁ディスクを持ち上げるのに必要な力が記録され、またこれらの測定値が制御装置30にフィードバックされる。特に、変位センサからの信号が最初に検出されたときに、力の測定値が記録される。次に、有効なシール面積  $A$  とシール力  $f$  と開放設定圧力とに関する値が算出される。

【0084】

代替実施形態では、弁昇降アクチュエータの油圧は、手動ポンプによって制御される。次に、有効なシール面積  $A$  とシール力  $f$  と開放設定圧力とを算出するために、記録された変位および力の値が、制御装置30によって用いられる。この構成により、電源が利用不可能である場合に、システムによって用いられる出力の量が低減されて、システムを使用することが可能になる。

【0085】

他の実施形態では、ラムを上から持ち上げる代わりに、ラムを下から押すことによって、弁ディスクが移動される。この構成により、ラムが、テストベンチ内に配置されたアクチュエータによって移動されるので、テスト装置によって占められた空間容積が低減される。次に、弁スピンドルの頂端の移動を検出するために使用できるレーザビーム変位センサのような任意の適切な検知装置を使用して、弁ディスクの変位が測定される。

【0086】

漏れ設定圧力値  $p_{sl}$  の範囲について、シール力の測定を行って、安全弁の全体効率を算出することができることが理解される。また、これらの値は、弁のメンテナンスおよび摩耗の状態に従って変化し、また行われるであろう任意の修理作業の基準として役立つ。

【0087】

上記実施形態において、テストの全てがオフラインで行われている間、いくつかの状況において、弁が、2つ以上の異なる供給圧力にさらされている状態で、テストをインラインで行うことが可能である。このことは、テスト結果が緊急に必要な場合に、また



はシステムが、十分な時間作動できず、オフラインテストを行うことを維持することが不可能になった場合に、そしてシステムが、何らかの理由で作動不能になった、いわゆる「機能停止した」ときの適切な時間に必要な待機時間が長すぎた場合に特に望ましい。他の状況において、安全弁はその場で溶接されるので、オフラインテストを行うためにシステムから弁を取ることが実際には不要である。

【 0 0 8 8 】

状態評価のインライン監視は、機械状態の変化を監視するために用いることができ、特に、弁の機械的劣化が現れた際に有用であり得る。オーバーホールの前後における状態評価の監視により、オーバーホールの客観的な評価も提供される。

【 0 0 8 9 】

したがって、別の実施形態では、オフラインベンチテストが、弁を設置する前に行われ、これにより、有効なシール面積  $A$  と漏れ設定圧力  $p_{s1}$  と初期の状態評価  $Q$  とに関する初期値が算出される。ここで、 $Q = f / F_c$  である。これらの値の全てが、上記のように決定され、次に、証明書に記録される。したがって、これらの初期値を示した証明書に基づいて、修理中に、新しい弁または修理された弁を設置できる。

【 0 0 9 0 】

弁が設置されて、ある期間使用されると、インラインの「高温」持ち上げ力  $G_h$  が圧力  $p_2$  で測定される。次に、この値が、設置前に認識されていた値と共に、開放設定圧力  $p_{s0}$  を算出するために用いられ、次式のようになる。

【 数 2 9 】

$$p_{s0} = \frac{G_h}{A} + p_2 \quad (17)$$

【 0 0 9 1 】

また現在のシール力  $f_g$  が次式のようになる。

【 数 3 0 】

$$f_g = G_h - (p_{s1} - p_2)A \quad (18)$$

【 0 0 9 2 】

次式を用いて、現在の状態評価  $Q_g$  を算出するために、現在のシール力の値が用いられる。

【 数 3 1 】

$$Q_g = \frac{f_g}{f_g + p_{s1}A} \quad (19)$$

【 0 0 9 3 】

式 ( 1 7 ) と式 ( 1 8 ) を用いた際に、このことを次式のように表すこともできる。

【 数 3 2 】

$$Q_g = 1 - \frac{p_{s1}}{p_{s0}} \quad (20)$$

【 0 0 9 4 】

次に、ある使用時間の後の弁の現在の状態評価  $Q_g$  を、弁を設置する前にオフラインで決定された初期の状態評価  $Q$  と比較することができる。

【 0 0 9 5 】

上記の他の方法と同様に、この工程は、図 4 の装置によって自動的に行うことができる

。

【0096】

シール力  $f$  は、 $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との差に関連しており、したがって、 $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との比率にも関連しているので、前記シール力は、 $p_{s1}$  の変化または  $p_{so}$  の変化の影響を受ける。したがって、シール力  $f$  が増大した場合、状態評価  $Q$  は一般に上がる。勿論、シール力が増大した場合に、状態評価が下がるようにすることも可能である。しかし、一般的には、シール力が変化した場合、状態評価が同様に変化するようにされる。

【0097】

理想的な場合には、 $p_{s1} = p_{so}$  および状態評価  $Q_g$  は 0 である。弁の機械的劣化により、弁の持ち上げ力  $G_h$  の増大が生じ、また開放設定圧力  $p_{so}$  の増大により、現在の状態評価  $Q_g$  の増大が生じる。しかし、インライン監視からの  $Q_g$  の増大は機械的劣化の指標を示しているに過ぎず、また弁開放の検出に依存しかつ  $p_{so}$  のみを直接測定できるこの種類のインラインテストは、シール面の劣化による  $p_{s1}$  値の減少を測定しない。だが、機械的劣化は、シール面の劣化と同時に生じる可能性が高く、したがって、これらのインラインテストは、別のオフラインベンチテストが必要であるかどうかに関する指標を示すことができる。例えば、インラインで測定された開放設定圧力  $p_{so}$  の増大により、約 9 または 10 の現在の状態評価  $Q_g$  が生じていることは、別のオフラインテストが必要であることを示している。次に、劣化状態  $p_{s1}$  をオフラインで決定して、状態評価  $Q$  の全ての増大を算出できる。弁を修理した後に、新たな  $p_{s1}$  が測定され、弁を再設置する前に、前記  $p_{s1}$  を別の証明書に記録することもできる。理想的には、修理された弁は、約 6 以下の状態評価  $Q$  を有するべきである。

【0098】

上記のように、弁の劣化状態を正確に測定するために、 $p_{s1}$  と  $p_{so}$  とを測定することが必要である。このことは、一般に、変位センサでは不可能であるが、現在では、生じた漏れによる振動または騒音から、弁を通るガスの漏れを検出できる高感度の振動センサが開発されている。このようなセンサは、例えば空気の振動を検出するために配置された音響センサおよび超音波センサ、または特に弁の近傍のシステムの中実部の振動を検出するために配置されたセンサを含む。これらのセンサは、弁がインラインであった場合に、弁を通るガスの漏れを検出でき、このようにして、 $p_{s1}$  と  $p_{so}$  とのインライン測定を可能にし、したがって、弁の状態の正確なインライン測定を可能にすることができるという利点を有する。

【0099】

図 5 を参照すると、本発明の別の実施形態では、弁 1 は直列に接続され、またテスト装置 5 は、図 1 と図 2 のように前記弁の頂部に取り付けられる。弁入口 6 は入口管 24 に接続され、次に、この入口管は、保護のために安全弁が配置される加圧システムに接続される。弁出口 16 は、弁 1 の開放時にガスを逃がすことができる出口管 26 に接続される。音響振動に敏感な変換器の形態の振動センサ 28 は、弁出口 16 に近接して出口管 26 に取り付けられる。この振動センサは、弁を通る流体の漏れを検知するために配置される流体漏れセンサとして使用される。音響センサは、この場合、出口管に取り付けられるように示されているが、音響センサを弁体の任意の部分に、またはさらに、付随する管の任意の箇所に固定することも可能である。

【0100】

システム制御装置 30 は、振動センサ 28 と変位センサ 18 と力変換器 20 とから信号を受信するために、また弁に持ち上げ力を加えるアクチュエータ 22 の作動を制御するために配置される。システムは、弁入口 6 のガス流体圧力を測定するために配置された圧力センサ 32 をさらに備える。実際には、このセンサを加圧システムの任意の便利な箇所に配置でき、この任意の便利な箇所において、前記センサがシステム圧力を測定できる。

【0101】

本発明のこの実施形態では、制御装置 30 は、弁のテストを自動的に行うために配置される。テストを行う目的で、アクチュエータ 22 によって弁に加えられる持ち上げ力をゼ

口から増大させるために、制御装置が配置される。持ち上げ力がゼロであった場合、弁は、一般には、完全に閉じられており、ガス流体が弁を通して逃げることはない。このことは、システム圧力  $p_r$  が  $p_{s1}$  よりも低いことを前提としている。勿論、このことが当てはまらなかった場合、作動中に弁の漏れが生じている。持ち上げ力が増大するにつれて、弁は、弁の閉鎖の維持に役立つ弁パネ 9 の力を徐々に克服し始める。ディスク 8 の正味の力が一定のレベルに達した場合、ガス流体は弁を通して漏れ始める。ガス流体のこの漏れは、振動センサ 28 によって検出される騒音を発生させる。振動センサからの信号は、一般に、流体が弁を通して漏れ始めるときを検出するのを容易にするように変化する。制御装置は、振動センサ 28 からの信号を分析して、ガスの漏れが最初に生じたときを決定し、また当該時点で弁ディスクに加えられる「高温漏れ」持ち上げ力  $F_{hl}$  を記録するために配置される。この力は、弁シール面積に加えられている漏れ設定圧力  $p_{s1}$  によって発生した力と、前記弁シール面積によって増大されたシステム圧力  $p_r$  との差に等しい。したがって、制御装置 30 は、測定値  $F_{hl}$  と  $p_r$  から  $p_{s1}$  を決定できる。

#### 【0102】

流体が弁を通して漏れ始めた時点において、弁ディスクの変位は、一般に、実質的にゼロかまたは少なくとも極めて小さい。この理由は、漏れが始まったときに、弁が依然として弁座に接触しているからである。ディスク 8 が座部 7 に押し付けられる力が低減するだけでは、弁ディスク 8 は弁座 7 から分離しない。したがって、この時点の流体の漏れは、変位センサ 18 によって検出することができない。この理由は、流体が弁を通して漏れる時点を検出するために、別個の流体漏れセンサ、この場合、音響センサが必要であるからである。

#### 【0103】

次に、制御装置 30 は、持ち上げ力の増大を継続し、また変位変換器 18 から力変換器 20 に至るまでの信号を監視して記録する。ある時点において、弁ディスク 8 は弁座 7 から持ち上がり始める。次に、例えば、持ち上げ力に対して変位をプロットして、弁ディスク 8 が弁座 7 から持ち上がっている時点にあったことを示しているときに加えられていた「高温開放」持ち上げ力  $F_{ho}$  を決定することによって、センサ信号を分析できる。このことは、システムの昇降機構および流体によって弁ディスク 8 に加えられている総持ち上げ力が、パネからの下降力に等しくまた他の係数である時点である。この時点において、弁を通る流体の流れは、ほぼ最小であるが、弁が開いたことを示す上記の第 1 の漏れとは別個である。再び、制御装置は、当該時点で加えられている「高温」持ち上げ力  $F_{ho}$  を記録する。この力は、弁シール面積  $A$  に加えられている開放設定圧力  $p_{so}$  によって発生した力と、テストが行われたときに前記弁シール面積によって増大されたシステム圧力  $p_r$  との差に等しい。したがって、制御装置 30 は測定値  $F_{ho}$  と  $p_r$  から  $p_{so}$  を決定できる。

#### 【0104】

次に、制御装置 30 は、記録された 2 つの持ち上げ力  $F_{hl}$  と  $F_{ho}$  を用いて、本例において弁の状態を示す弁に関する状態評価の形態で、弁の状態の指標を算出するために配置される。この場合、状態評価は、上記式 (2) を用いて算出される。しかし、シール力  $f$  のある測定値、または  $p_{s1}$  と  $p_{so}$  との差を算出する他の形態の指標または状態評価を用い得ることが理解される。さらに、シール力  $f$  を算出するために、システムを簡単に配置することが可能である。

#### 【0105】

制御装置はまた、弁のシール力  $f$  を決定するために配置される。この弁のシール力は、次式によって算出される 2 つの力  $F_{hl}$  と  $F_{ho}$  との差である。

#### 【数 33】

$$f = F_{ho} - F_{hl} \quad (21)$$

#### 【0106】

この式は、 $p_{s1}$ と $p_{s0}$ が、音波／振動センサと高感度スピンドル移動センサとによってそれぞれ制御される第1および第2のスピンドル持ち上げ力テストによりインラインで測定された場合には、さらに有用に展開することができる。

【0107】

その場合、第1の力が $F_{h1}$ で示され、第2の力が $F_{h0}$ で示され、一方、ライン圧が $p_1$ であった場合、次式のようになる。

【数34】

$$p_{s1} = p_1 + F_{h1}/A \quad (22)$$

【0108】

および

【数35】

$$p_{s0} = p_1 + F_{h0}/A \quad (23)$$

【0109】

ここで、 $F_{h1}$ と $F_{h0}$ であることが明らかである。式(22)と式(23)を式(21)に挿入することにより、次式のように簡単になる。

【数36】

$$f/F_c = Q = \frac{F_{h0} - F_{h1}}{F_{h0} + A \cdot p_1} \quad (24),$$

【0110】

$Q$ は、この場合、安全弁の状態評価を表す。有効なシール面積 $A$ が式で算出され、またその有効なシール面積を、例えば、追加の低温昇降テストによって測定できない(流体圧力がゼロである)限り、製造業者の情報または他のデータから前記有効なシール面積を求めなければならないことが認識される。

【0111】

しかし、状態評価を算出するためのこの式が、 $A$ の値の誤差に適度に鈍感であることに留意されたい。この理由は、典型的に、項 $A \cdot p_1$ が、全ての分母 $F_{h0} + A \cdot p_1$ の値の約3分の2または4分の3であるに過ぎないからである。したがって、この式により、有効なシール面積 $A$ が極めて正確に認識されていなかったとしても、状態を極めて正確に測定することが可能になる。

【0112】

低温テストを行うことが可能であった場合、分母が総バネ力 $F_c$ になり、状態評価を次式のように表すことができる。

【数37】

$$Q = \frac{F_{h0} - F_{h1}}{F_c} \quad (25),$$

【0113】

$p_{s1}$ と $p_{s0}$ の値を力 $F_{h1}$ と $F_{h0}$ から導出する目的で、弁シール面積 $A$ の値を用いるために、制御装置30が必要である。この値は、弁が製造されたときに測定されかつ制御装置に入力される値であり得る。代わりに、上記値は、弁座17の測定された外側座部の直径および内側の座部直径の平均から決定してもよい。しかし、この実施形態では、上記値は、測定によって決定される。制御装置30は、システムの圧力がゼロであった場合に、ゼロのシステム圧力における弁を開くのに必要な力である「低温」持ち上げ力 $F_c$ を測定するために配置される。この持ち上げ力 $F_c$ は、上記「高温」持ち上げ力 $F_{h0}$ と

同様に測定される。次に、高温持ち上げ力が測定される「高温」持ち上げ力  $F_{ho}$  およびシステム圧力  $p_r$  と共に、上記測定を用いる際に、次式を用いて、弁シール面積の値を算出することができる。

【数 3 8】

$$A = (F_c - F_{ho})/p_r \quad (26)$$

【0 1 1 4】

この方法が、座部領域を決定する最も包括的な方法であるが、この理由は、直列に取り付けられた弁によって、前記座部領域全体が測定されるからである。

【0 1 1 5】

弁の状態を測定するこの方法は、特にインライン測定において、単一の昇降ストロークから  $p_{s1}$  および  $p_{s0}$  の両方を測定でき、インライン測定が速くなりかつ効率的になるという利点を有する。

【0 1 1 6】

任意の 2 つのシステム圧力  $p_{r1}$  と  $p_{r2}$  (ここで、それぞれの「高温」持ち上げ力  $F_{ho1}$  と  $F_{ho2}$  について  $p_{r1} = p_{r2}$  である) において、持ち上げ力を測定するために、シール面積を決定する上記方法を一般化できることが理解される。システム圧力  $p_{r1}$  と  $p_{r2}$  は、関連する「高温」持ち上げ力と共に記録され、次に、シール面積は、次式によって算出される。

【数 3 9】

$$A = (F_{ho1} - F_{ho2})/(p_{r2} - p_{r1}) \quad (27)$$

【0 1 1 7】

上記実施形態では、テストが自動的に行われるが、テストを手動で制御することが同様に可能である。例えば、アクチュエータ 22 によって付与された力を手動で増大させてもよい。いくつかの場合には、アクチュエータを省略することが可能であり、また手動で、例えば、ねじ山付き昇降機構を使用して、持ち上げ力を変化させることが可能である。同様に、振動センサ 28 からの出力は、増幅された音響出力の形態であることが可能であり、この結果、操作者は、弁の漏れが始まったときに発生する騒音を聞くことができる。操作者は、変位センサの出力を監視して、弁が開いたときを決定することもできる。最終的に、測定値  $F_{h1}$  と  $F_{ho}$  を手動で記録できる。

【0 1 1 8】

$F_{h1}$  と  $F_{ho}$  が測定される順序は重要でないことが理解される。昇降機構の単一のストロークの両方を測定することが効率的であるが、 $F_{h1}$  の前に、 $F_{ho}$  を測定することが可能であり、また測定を別々のテストで行うことができる。

【0 1 1 9】

本発明の別の実施形態では、システム圧力  $p_r$  がゼロよりも高い間、弁の漏れが始まるまで、弁パネ 9 によって弁ディスク 8 に加えられた力が調整される。このことは、調整フェルール 15 を使用して実現される。振動センサ 28 からの増幅された音響出力を用いて、弁の漏れを検出できる。このことにより、システム圧力に等しい漏れ設定圧力  $p_{s1}$  が効率的に生成される。次に、弁昇降機構 5 によって加えられた持ち上げ力は、弁の開放が検出されるまで増大される。その次に、この持ち上げ力  $F_{ho}$  は弁シール力  $f$  の直接的な測定値である。次に、 $p_{s1}$  の値は、システム圧力であるものとして記録され、また  $p_{s0}$  の値は、式 (1) によって算出される。その次に、例えば式 (3) を用いて、状態評価を決定できる。

【0 1 2 0】

別の実施形態では、適切な値が、製造業者のデータ、または利用可能な工場の物理的測

定から利用可能であるので、安全弁の正確なシール面積を測定することを必要とすることなく、弁の状態を監視できる。したがって、この実施形態では、漏れ設定圧力と開放設定圧力が測定され、また選択された漏れ設定圧力が、開放設定圧力  $p_{s0}$  から、過度にまたは所定の量よりも多く分岐しないことを保証することによって、シール力  $f$  が高くなりすぎないかまたは所定の制限を超えないことを保証するように、前記漏れ設定圧力と前記開放設定圧力がチェックされる。このことは、音響ヒスに対するバネ調整、または有効な最初の漏れ検出によって、安全弁の  $p_{s1}$  を必要な値に設定することによりオフライン状態で行われる。

【0121】

測定方法には、弁体におけるまたはその近傍における音波検知または超音波検知、弁の出口開口部における熱流検出、あるいは弁におけるまたはその近傍における振動検知を用い得る。次に、 $F_c$  を算出するために、単一の低温テストによって、弁ディスクに対する総バネ力が測定される。

【0122】

次式を用いて、推定または認識されたシール面積  $A$  から、 $p_{s0}$  を決定できる。

【数40】

$$p_{s0} = F_c/A \quad (28)$$

【0123】

次に、 $p_{s1}$  が、 $p_{s0}$  と異なるように許容される制限を例えば5%に選択できる。この制限を超えた場合、5%の制限が実現されるまで、ラッピング、フェットリングおよび修理によって、弁が加工される。また、測定される正確なパラメータは重要でなく、例えば、 $p_{s1}$  と  $p_{s0}$  との差は、この方法において状態パラメータとして用いられていることが理解される。

【0124】

保護のために弁が配置されるシステムに応じて、流体は、ガスであってもよく、またはガスと液体の混合物であってもよく、あるいはいくつかの場合には液体のみであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明を適用できる安全弁の断面図である。

【図2】本発明の実施形態によるテストスタンドに取り付けられた図1の安全弁の正面図である。

【図3】テスト構造の所定位置にある図2の安全弁およびテストスタンドの側面図である。

【図4】本発明の第2の実施形態による弁およびテスト装置の概略図である。

【図5】本発明の別の実施形態による安全弁およびテスト装置の図面である。