

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3688450号  
(P3688450)

(45) 発行日 平成17年8月31日(2005.8.31)

(24) 登録日 平成17年6月17日(2005.6.17)

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

F 1 6 H 53/02  
F 0 1 L 1/08  
F 1 6 H 25/08

F I

F 1 6 H 53/02  
F 0 1 L 1/08 Z  
F 1 6 H 25/08

請求項の数 1 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-303092 (22) 出願日 平成9年11月5日(1997.11.5) (65) 公開番号 特開平11-141653 (43) 公開日 平成11年5月25日(1999.5.25)     審査請求日 平成14年7月9日(2002.7.9)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000001247     光洋精工株式会社     大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 (74) 代理人 100062144     弁理士 青山 稔 (74) 代理人 100084146     弁理士 山崎 宏 (72) 発明者 鎌本 繁夫     大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号     光洋精工株式会社内      審査官 藤本 信男</p> <p>(56) 参考文献 実開平05-036005 (JP, U)</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】カム・リフタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

カムと、このカムの周面に常時線接触して一方向に往復動するリフタを有して、上記カムの回転を上記リフタの往復動に変換するカム・リフタ装置において、

上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記カムの軸方向への変化が、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布等の材料が受けるダメージを評価する物理量が均一になるように設定されており、

上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記軸方向への変化が、実質的に下記の式で表されることを特徴とするカム・リフタ装置。

【数1】

$$h_{cr}(y) = \frac{(12.89k \cdot \sigma_{E_{max}}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))}{10}$$

あるいは

$$h_{cr}(y) = \frac{(44.44k \cdot \tau_{max}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))}{20}$$

尚、 $h_{cr}(y)$ : 上記軸方向への位置  $y$  における 2 つの相互接触部材の接触面の間隔

$k$ : 加工公差に関する許容範囲

R : 上記カム の 回転方向への等価半径

$$C_1: \left( \sqrt{1 - (\exp(C_2 / k(1.8864 + \ln(0.0696L_{we}E'/(R \cdot \sigma_E))))^{-1}} \right)^{-1}$$

$C_2$  : 必要最大間隔の加工公差に関する許容寸法

$E'$  : 等価ヤング率

$L_{we}$  : 上記カム の 有効長

$\sigma_{max}$  : 材料の圧縮に関する強度

$\tau_{max}$  : 材料の最大剪断応力に関する強度

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、カム・リフタ装置におけるカム の クラウニング形状の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、カム の 回転をリフタの往復動に変換するカム・リフタ装置として、図6に示すようなものがある。ここで、図6(a)は側面図であり、図6(b)は図6(a)におけるC-C矢視断面図である。図6において、カムシャフト1に設けられたカム2の周面2aは、例えば動弁部材として機能するバルブリフタ3の上端面4に当接している。バルブリフタ3は、スプリング5,6によってカム2に向かって押し上げられている。したがって、カムシャフト1の回転に伴うカム2の半径の変動に追従して、バルブリフタ3は矢印Dの方向に往復動する。

20

【0003】

ところで、上記カム・リフタ装置においては、上記カム2の周面2aのカムシャフト1の方向への断面形状には、接触圧力の集中を避けるためにクラウニングと呼ばれるわずかな膨らみを形成するようにしている。このようなクラウニングの形状として、ルンドベルグ(Lundberg)は、接触圧力を転動体の軸方向に均一にするようなクラウニング形状を提案しており、現在ではこのクラウニング形状が最適とされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記ルンドベルグのクラウニング形状によれば、確かにカム2の軸方向へ均一な接触圧力分布を呈する。ところが、実際にカム2が受けるダメージを評価すると、破壊、金属疲労や塑性変形等の材料が受けるダメージの軸方向への分布は一様でないという問題がある。ところで、上記カム2とバルブリフタ3とのように互いに線接触して回転を往復動に変換する2つの相互接触部材においては、両相互接触部材の接触面における最適間隔決定の問題を、図3に示すような有限幅円筒21と半無限体(以下、単に平面と言う)22との相対接近量(相対隙間)問題に置き換えることができる。図3において、X, Y, Zは無次元座標であり、X軸はx/b, Y軸はy/b, Z軸はz/bである。但し、x, y, zは座標であり、bは回転方向へのヘルツ(Hertz)の接触幅の1/2である。

30

40

【0005】

図7は、上記ルンドベルグのクラウニング形状を適用した有限幅円筒21に発生する軸方向に均一な接触圧力下での相当応力 $\sigma_e$ をヘルツの最大接触応力 $P_h$ で無次元化した無次元化相当応力 $\sigma_e (= \sigma_e / P_h)$ の分布を示す。ここで、相当応力 $\sigma_e$ とは、金属材料の降伏条件の一種のフォン・ミーゼス(Von Mises)の降伏条件に用いられる応力成分である。図7より、上記有限幅円筒21の内部における破壊、金属疲労や塑性変形等の材料が受けるダメージを評価する無次元化相当応力 $\sigma_e$ は、回転軸から半径方向に有効長さの0.8倍の箇所Aに帯状に強くあらわれる。そして、特に、上記帯状箇所Aのうちの側面近傍の領域Bで降伏応力(=0.60)を越える強い値を示し、領域Bから降伏が始まることが分かる。このように、例えば、接触圧力分布を軸方向に均一にしたとしても、必ずしも3次元

50

の相当応力分布は均一とはならず、相当応力  $\sigma_e$  が集中する箇所が存在する。そのために、カム 2 に最大負荷能力を与えることができないという問題がある。

【0006】

そこで、この発明の目的は、相当応力または最大剪断応力等で表される材料が受けるダメージの集中を無くして最大負荷能力を高めることができるカム・リフタ装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項 1 に係る発明は、カムと、このカムの周面に常時線接触して一方向に往復動するリフタを有して、上記カムの回転を上記リフタの往復動に変換するカム・リフタ装置において、上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記カムの軸方向への変化が、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布等の材料が受けるダメージを評価する物理量が均一になるように設定されており、上記カムとリフタの接触面の間隔における上記軸方向への変化が、実質的に下記の式で表されることを特徴としている。

【数 2】

$$h_{cr}(y) = (12.89k \cdot \sigma_{max}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))$$

あるいは

$$h_{cr}(y) = (44.44k \cdot \sigma_{max}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))$$

尚、 $h_{cr}(y)$ : 上記軸方向への位置  $y$  における 2 つの相互接触部材の接触面の間隔

$k$ : 加工公差に関する許容範囲

$R$ : 上記カムの回転方向への等価半径

$$C_1: \left( \sqrt{1 - (\exp(C_2 \cdot k(1.8864 + \ln(0.0696L_{we}E'(R \cdot \sigma_E))))^{-1}} \right)^{-1}$$

$C_2$ : 必要最大間隔の加工公差に関する許容寸法

$E'$ : 等価ヤング率

$L_{we}$ : 上記カムの有効長

$\sigma_{max}$ : 材料の圧縮に関する強度

$\sigma_{max}$ : 材料の最大剪断応力に関する強度

【0008】

上記構成によれば、上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記軸方向への変化は、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布等で表される材料が受けるダメージを評価する物理量が均一になるように設定されている。したがって、上記相当応力または最大剪断応力等で表される材料が受けるダメージが集中する箇所が存在せず、その分だけ上記カムの最大負荷能力が高められる。

【0009】

さらに、上記回転方向への等価半径  $R$ 、等価ヤング率  $E'$ 、上記カムの有効長  $L_{we}$ 、材料の圧縮に関する強度  $\sigma_{max}$ 、および、材料の最大剪断応力に関する強度  $\sigma_{max}$  が分かれば、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布が均一になるような上記カムとリフタの接触面の間隔が容易に得られる。

【0010】

また、この発明は、上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記カムの軸方向への変化が、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布が均一になるように設定されていることが望ましい。

【0011】

上記構成によれば、上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記軸方向への変化は、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布で表される材料が

10

20

30

40

50

受けるダメージが均一になるように設定されている。したがって、上記相当応力または最大剪断応力で表される材料が受けるダメージが集中する箇所が存在せず、その分だけ上記カムを最大負荷能力が高められる。

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

以下、この発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。図 1 は、本実施の形態のカム・リフタ装置の縦断面図である。カムシャフト 1 1 に設けられたカム 1 2 の周面 1 3 は、例えば動弁部材として機能するバルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 に当接している。バルブリフタ 1 4 は、スプリング 1 6, 1 7 によってカム 1 2 に向かって押し付けられている。したがって、カムシャフト 1 1 の回転に伴うカム 1 2 の半径の変動に追従して、リフタ 1 3 は往復動する。こうして、カムシャフト 1 1 の回転がバルブリフタ 1 4 の往復動に変換される。

10

【 0 0 1 3 】

上記カム 1 2 の周面 1 3 とバルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 との接触面の相対隙間の問題は、図 3 に示すような有限幅円筒 2 1 と平面 2 2 との隙間の問題に置き換えることができる。そこで、以下、カム 1 2 の周面 1 3 とバルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 との接触面の相対隙間を、図 3 の力学モデルを用いて説明する。

【 0 0 1 4 】

上述したように、図 3 に示す有限幅円筒 2 1 と平面 2 2 との相対隙間においては、有限幅円筒 2 1 に対する接触圧力分布を有限幅円筒 2 1 の軸方向に均一にしたとしても、3次元の相当圧力分布または最大剪断応力分布等で表される材料が受けるダメージは均一にはならない。そこで、本実施の形態においては、上述の点に着目して、有限幅円筒 2 1 の軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布で表される材料が受けるダメージが均一になるように、有限幅円筒 2 1 のクラウニング形状(つまり、カム 1 2 の周面 1 3 のクラウニング形状)を決定するのである。

20

【 0 0 1 5 】

先ず、上記有限幅円筒 2 1 に任意のクラウニング形状与えて、乾燥接触問題における基礎式を用いて接触 2 物体間(つまり、有限幅円筒 2 1 と平面 2 2 との間)の相対距離 H を求め、接触圧力を求める。そして、得られた接触圧力の分布を用いて 3 次元の内部応力分布を得、この 3 次元内部応力分布から次式によって相当応力を求める。

30

$$E = [ 1 / 2 \{ ( X - Y ) ^ 2 + ( Y - Z ) ^ 2 + ( Z - X ) ^ 2 + 6 X Y ^ 2 + 6 Y Z ^ 2 + 6 Z X ^ 2 \} ^ { 0 . 5 } ]$$

ここで、 E : 相当応力

X : Y Z 面に作用する垂直応力成分

Y : X Z 面に作用する垂直応力成分

Z : X Y 面に作用する垂直応力成分

X Y : X Y 面に作用する剪断応力成分

Y Z : Y Z 面に作用する剪断応力成分

Z X : Z X 面に作用する剪断応力成分

【 0 0 1 6 】

40

そして、こうして得られた相当応力 E の分布が有限幅円筒 2 1 の軸方向に均一になるようにクラウニング形状を変更し、上述の解析を繰り返す。こうして、材料内部のダメージが軸方向に均一に分布するようにクラウニング形状を決定するのである。

【 0 0 1 7 】

上述のようにして導出されたクラウニング形状の式は、次のような式である。

【 数 3 】

$$h_{c,r}(y) = ( 1 2 . 8 9 k \cdot E_{max}^2 \cdot R / ( C_1 \cdot E'^2 ) ) \cdot \ln( 1 / ( 1 - ( 2 y / ( C_1 \cdot L_{we} ) )^2 ) )$$

あるいは

$$h_{c,r}(y) = ( 4 4 . 4 4 k \cdot \sigma_{max}^2 \cdot R / ( C_1 \cdot E'^2 ) )$$

50

$$\cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 L_{we}))^2))$$

尚、 $h_{cr}(y)$ :位置  $y$  におけるクラウニング量

$k$ :加工公差に関する許容範囲

( $k = 1.2 \sim 15$ :この範囲内で同等の効果を呈する)

$R$ :相対移動方向への等価半径

$$1/R = 1/r_1 + 1/r_2$$

$r_1, r_2$ :相対移動方向への物体 1, 2 の曲率半径

$$C_1: \left( \sqrt{1 - (\exp(C_2 k(1.8864 + \ln(0.0696 L_{we} E' (R \cdot \sigma_E))))^{-1}} \right)^{-1}$$

$C_2$ :必要最大間隔の加工公差に関する許容寸法

( $C_2 = 0.6 \sim 8$ )

$E'$ :等価ヤング率

$$1/E' = 1/2 \{ (1 - \nu_1^2)/E_1 + (1 + \nu_2^2)/E_2 \}$$

$E_1, E_2$ :物体 1, 2 のヤング率

$\nu_1, \nu_2$ :物体 1, 2 のポアソン比

$L_{we}$ :有限幅円筒 2 1 の有効長

$E_{max}$ :材料の圧縮に関する強度(圧縮降伏応力または圧縮疲労限)

$\sigma_{max}$ :材料の最大剪断応力に関する強度(圧縮降伏応力または圧縮疲労限)

10

20

#### 【0018】

図 2 は、上記クラウニング形状の式によって算出された有限幅円筒 2 1 のクラウニング量の一例を示す図である。また、図 4 は、上記クラウニング形状の式が適用された有限幅円筒 2 1 における接触圧力  $p$  をヘルツの最大接触応力  $P_h$  で無次元化した無次元化接触圧力  $P (= p / P_h)$  の分布である。図 4 (a) は  $Y = 0$  における  $Z-X$  面の接触圧力分布であり、図 4 (b) は  $X = 0$  における  $Y-Z$  面の接触圧力分布である。また、図 5 は、図 7 の場合と同じ荷重条件下での軸方向への無次元化相当応力  $\sigma_E$  の分布を示す。

#### 【0019】

図 4 (b) から分かる様に、本実施の形態におけるクラウニング形状によれば、有限幅円筒 2 1 の軸方向の接触圧力分布は、中央部から軸方向両端のエッジ部に向かって少しずつ減少し、上記エッジ部で曲線的に低下するようになっている。

30

#### 【0020】

したがって、図 5 に示す  $Y$  軸方向への無次元化相当応力  $\sigma_E$  の分布から分かるように、上記ラウンドベルグのクラウニング形状を適用した場合の上記エッジ部での無次元化相当応力  $\sigma_E$  の上昇(図 7 参照)が無くなり、そのまま曲線的に減少している。その結果、図 7 に見られるような上記帯状領域 A の側面近傍に現れる降伏応力を越える強い相当応力の集中が回避される。

#### 【0021】

通常、上記バルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 は平面である。したがって、カム 1 2 の周面 1 3 のカムシャフト 1 1 に沿った断面形状を、上記式で求められるクラウニング形状に形成すればよい。ところが、上記バルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 が平面でない場合には、カム 1 2 の周面 1 3 におけるカムシャフト 1 1 の方向への断面形状と、バルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 におけるカムシャフト 1 1 の方向への断面形状との相対間隔が、上記式で求められるクラウニング形状になるようにすればよいのである。

40

#### 【0022】

上述のように、本実施の形態においては、カム・リフタ装置におけるカム 1 2 の周面 1 3 とバルブリフタ 1 4 の上端面 1 5 との接触面の相対隙間を、カムシャフト 1 1 の方向への無次元化相当応力  $\sigma_E$  の分布を均一にするように決定している。したがって、カム 1 2 の軸方向両端エッジ部における無次元化相当応力  $\sigma_E$  の集中を防止できる。すなわち、本実施の形態によれば、無次元化相当応力  $\sigma_E$  の集中が無くなる分だけカム 1 2 の静的最大

50

負荷容量および動的最大負荷容量を高めることができるのである。

【0023】

尚、上記実施の形態ではバルブリフタ14の上端面15がカム12の周面13に当接しているカム・リフタ装置を例に説明しているが、この発明はこれに限定されるものではない。例えば、動弁装置のロッカアームのように下端面がカムの周面に当接しているカム・リフタ装置にも適用可能である。

【0024】

【発明の効果】

以上より明らかかなように、請求項1に係る発明のカム・リフタ装置は、上記カムとリフタとの接触面の間隔における上記軸方向への変化を実質的に下記の式で表したので、上記相当応力または最大剪断応力等で表される材料が受けるダメージが集中する箇所が存在せず、その分だけ上記カムの静的最大負荷容量および動的最大負荷容量を高めることができる。さらに、上記カムの耐圧痕性や寿命の向上を図ることができる。

10

【0025】

さらに、回転方向への等価半径R、等価ヤング率E'、上記カムの有効長L<sub>we</sub>、材料の圧縮に関する強度E<sub>max</sub>、および、材料の最大剪断応力に関する強度σ<sub>max</sub>が分かれば、接触圧力下での上記方向への相当応力分布または最大剪断応力分布等で表される材料が受けるダメージが均一になるような上記カムの周面と上記リフタとの接触面の間隔を容易に得ることができる。

【数4】

$$h_{cr}(y) = (12.89k \cdot E_{max}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))$$

あるいは

$$h_{cr}(y) = (44.44k \cdot \sigma_{max}^2 \cdot R / (C_1 \cdot E'^2)) \cdot \ln(1 / (1 - (2y / (C_1 \cdot L_{we}))^2))$$

尚、h<sub>cr</sub>(y):上記軸方向への位置yにおける2つの相互接触部材の接触面の間隔  
k:加工公差に関する許容範囲

$$C_1: \left[ \sqrt{1 - (\exp(C_2 \cdot k(18864 + \ln(0.0696L_{we}E' \cdot (R \cdot \sigma_E))))^{-1}} \right]^{-1}$$

C<sub>2</sub>:必要最大間隔の加工公差に関する許容寸法

【0026】

また、この発明のカム・リフタ装置は、上記カムとリフタとの間隔における上記カムの軸方向への変化を、接触圧力下での上記軸方向への相当応力分布または最大剪断応力分布が均一になるように設定すれば、上記相当応力または最大剪断応力で表される材料が受けるダメージが集中する箇所が存在せず、その分だけ上記カムの静的最大負荷容量および動的最大負荷容量を高めることができる。さらに、上記カムの耐圧痕性や寿命の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明のカム・リフタ装置における一例を示す縦断面図である。

【図2】 図1におけるカムに適用されるクラウニング量の一例を示す図である。

【図3】 図1におけるカムに関する力学モデルを示す図である。

【図4】 図3における有限幅円筒の接触圧力分布を示す図である。

【図5】 図3における有限幅円筒の無次元化相当応力分布を示す図である。

【図6】 従来のカム・リフタ装置を示す図である。

【図7】 ルンドベルグのクラウニング形状を適用した有限幅円筒における図5と同じ荷重条件下での無次元化相当応力分布を示す図である。

【符号の説明】

11...カムシャフト、

12...カム、

13...周面、

14...バルブリフタ、

20

30

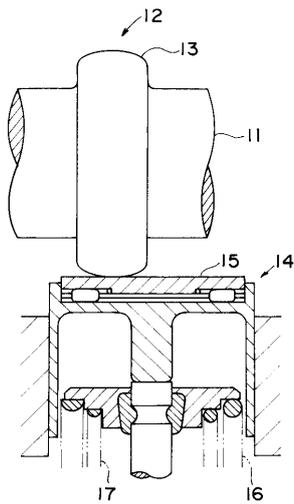
40

50

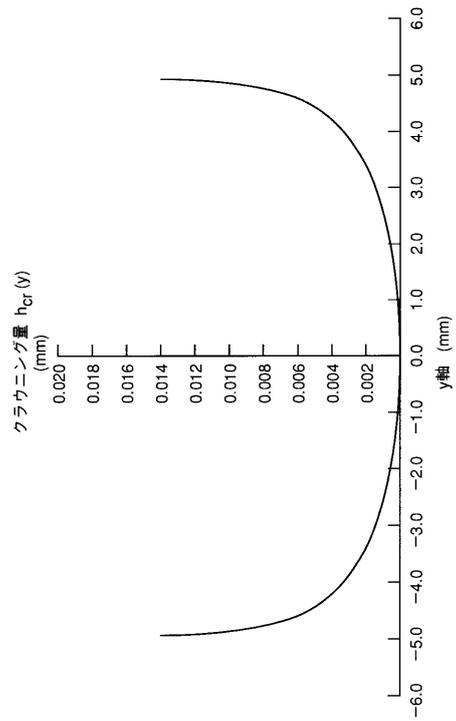
15 ... 上端面、

16, 17 ... スプリング。

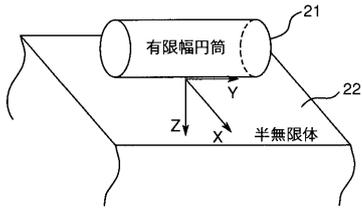
【図1】



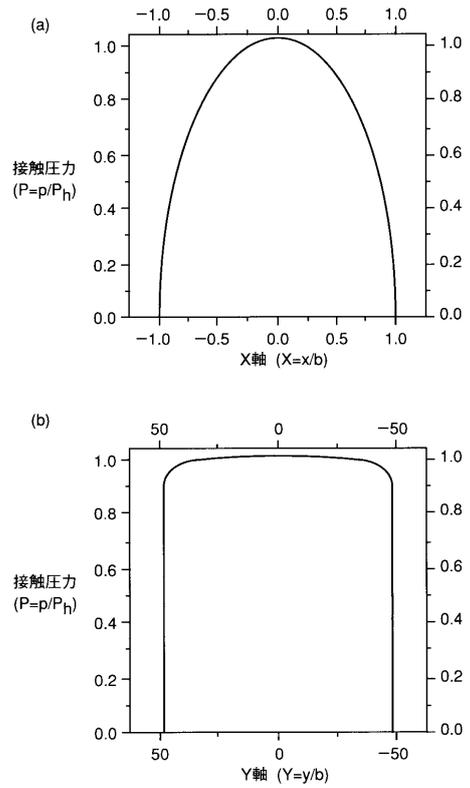
【図2】



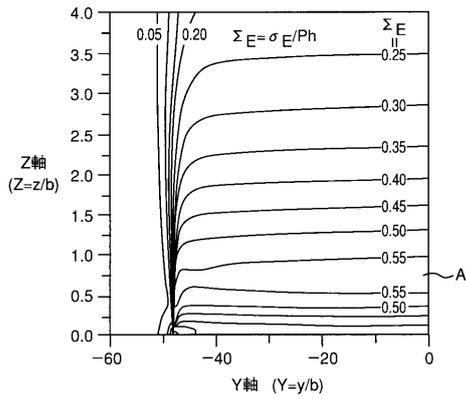
【 図 3 】



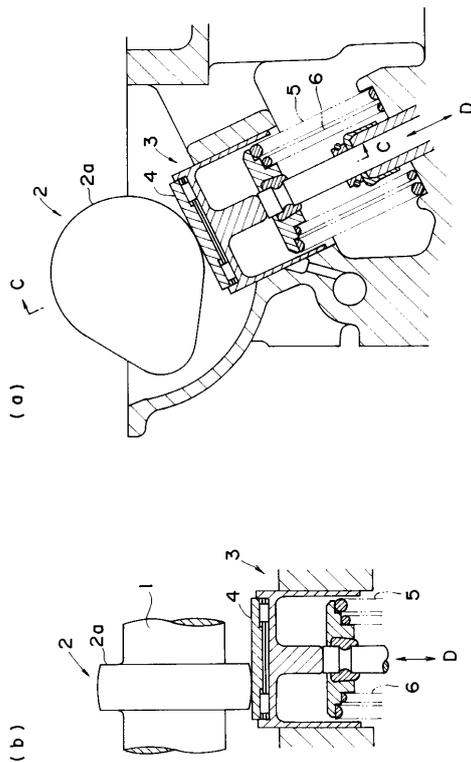
【 図 4 】



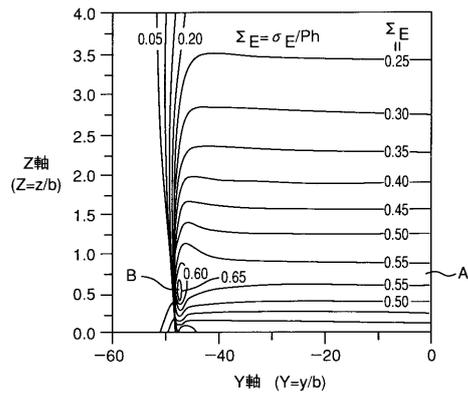
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

F16H 53/02

F01L 1/08

F16H 25/08