

超 高 圧 に 就 て (第 五 報)

Bourdon 型 圧 力 計 の 指 度 と 増 圧 機 の 遊 尺 の 指 度 と の 関 係 に 就 て

歸 山 亮

既に述べた増圧機¹⁾は径を異にする二つのピストンよりなり、その各ピストンは切斷され對高壓部は 30 m/m の徑で、リスリン壓に曝されてゐる大きい徑のピストンの上に單に載せられてゐるだけであり、それ以外に相互に連絡はない。その各ピストンの面積比は 6.08、である。

現在市販に或は現在の状況では最高度盛 2,000 kg/cm² 以上の計器の獲得は不可能に近い。

市販の壓力計は總て Bourdon 型壓力計であつて本邦にては從來最高 2,000 kg/cm² に止まつてゐる。

筆者が此れ以上の壓力測定に Bourdon 型壓力計を使用した經驗は Basset の製造に係るものであるが、零點復歸に對して困難がある。勿論彼の壓力計の Bourdon 管は自緊操作を施したもので、指示壓 5,000 kg/cm² 程度に對して保證されてゐるものであるが、零點復歸に對して補正を頻繁に行はねばならぬ状態である。従つて別途の方法を選ばねばならぬ。

此處で Basset が初期に選んだ水壓側の壓力計で瓦斯壓を知る方法を吟味しなければならない。此は Fig. 1 の C の壓力計の指示壓にピストン比 6.08、を乗じた壓を以て圖の A の瓦斯壓として採用する方法である。C の壓力が A の壓と平衡状態にあることを知るには全ピストンの摩擦とピストンの位置を知らねばならない。

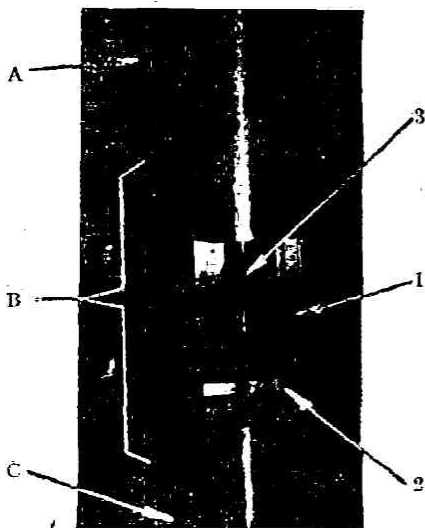


Fig. 1

全ピストン摩擦に就ては後に述べる處があるから全ピストンの位置に就て述べることにする。全ピストンの位置を知るにはその一部である大ピストンに遊尺を附し、Bの度盛板に對して 1/100 cm の精確度でその位置を求め得る様にする。平衡はピストンを上下せしめ平衡位置を求めることであるから、平衡位置の誤差はピストン位置で表はされ、1/100 cm である。パッキングの收縮による平衡位置の誤差²⁾に就ては後に述べられる。

Fig. 1 の 3 は B に穿れた窓より見られる瓦斯壓に對する小ピストンである。2 は大ピストンに備へられた度盛板 1 に對する遊尺である。今補正済の標準壓力計を A に取り付け 1 に於ける讀みと壓力計の讀みとを比較して 1 に於ける遊尺の讀みを檢定して見ることにする。

1) 歸山、本誌、本輯、1頁。

2) 歸山、本誌、本輯、38頁。

此處に使用した壓力計は Schaffer & Budenberg G. m. b. H. Magdeberg-Buckau の No. 6000329 で最高 300 kg/cm^2 で、一度盛 1 kg/cm^2 、盤面上の鏡に指針の投影を行ひ、 $1/10 \text{ kg/cm}^2$ まで正確に読み得るものである。此の壓力計の檢定には同社の自由ピストン型試験器でピストン断面 1 cm^2 のもの及 0.25545 cm^2 のもの*を使用した。その結果本計器は正確に $1/10 \text{ kg/cm}^2$ まで指示度盛は壓力に對して直線的關係にあることが判つた。

Fig. 1 のAの耐壓管に上記の壓力計を連結しピストン3を上下せしめて壓力を變化させる。此のとき壓力計の読みとピストンの位置を求める。

Manometer Schaffer & Budenberg (kg/cm^2)	Position of Piston (cm)	Volume of Air (26.4°C) (cc)
200	12.15	35.16
199	12.13	35.30

これから 1 kg/cm^2 の壓の上昇は 0.02 cm のピストンの動きに相當する。此の壓に於て充分適當量の瓦斯をとれば 1 kg/cm^2 の間隔を詳しく出すことが出来るのである。

此の様にして細かい壓力の檢定は逆に増壓機のピストンの位置によつて檢定出来る。此れが精密度をとる瓦斯の量によるが、ピストンの行程は凡そ 120 m/m であるから、壓力最高 $5,000 \sim 6,000 \text{ kg/cm}^2$ から常壓まで各部分的に顯微鏡的檢討が出来るわけである。檢定範圍の平均壓力に充分の瓦斯をとれば(補助壓縮機及び増壓機の他の一つを動かせば)如何程でもその精密度をあげることが可能である。ピストンの位置は $1/100 \text{ cm}$ 、迄正確に読み得るから容積として 0.07 cc である。此の容積による壓の變化は遊尺で認め得るものであるから希望の精度を得るには瓦斯量及び檢定範圍を撰ぶべきである。死空間を除きピストン行程に相當する瓦斯量 84.78 cc に對しては現在壓の $1/1200$ 、迄の精密度がある。死空間を入れれば更に精密度を増すものである。此の様な方法で極めて手數に煩はしいことを厭はねば壓力計の檢定が出来るのである。勿論此は相對的な關係であつて、絶対値は壓力固定點例へば炭酸瓦斯の液化點、その他適當な壓力の轉移點を使用すればよい。本方法は或る壓の周圍の近接點を知る

場合にのみ有効で、範圍が廣くなれば使用瓦斯の理想氣體よりの偏倚の程度に伴つて正確さを失ふ。

此の事實から逆に實在氣體の理想氣體よりの偏倚の大きさを精密に求めることが出来るのである。

Fig. 2 は空氣を壓縮した場合の例である。縦軸は kg/cm^2 、横軸はピストンの位置である。實檢は總て同一の出發壓でなく各々の場合の出發點を零とする。此の場合死空間を測定して居らぬから先に述べた空氣の理想氣體よりの偏倚を求めることが出来ない。然し廣い範圍の壓縮操作のため壓縮した空氣量は少いが、壓力計が正確な動きを示すか否かの檢定の豫備的操作となる。即ち、檢定範圍と壓縮空氣量、精密度の關係を豫め知ることが出来る。

此の結果を利用し、次の三個の壓力計に就て信用程度及び

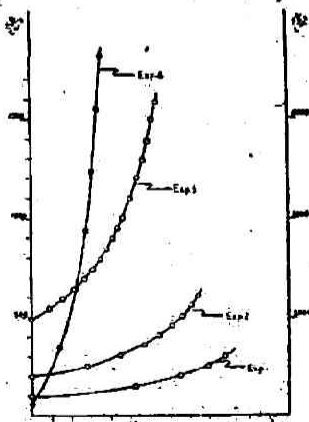


Fig. 3

* 東北帝國大學化學工學部研究室所有。

製作上又は使用上注意されねばならぬ點を明にする。

(i) Schäffer Budenberg No. 6000329 の 300 kg/cm^2 、前出の Bourdon 型壓力計の試験。

此の壓力計は盤面の徑 25 cm のもので角度 300° に互り 1° 度盛で刻線が施してある。壓力指示の刻線は指針と同様全度盛に互つて細かく、 10 kg 置きに刻線を長くしたものである。此の壓力計の指針の一方の側が刻度の一方に觸れ、指針の他方の側が刻度の他の方の側を離れる迄のピストン位置の読み及び壓力計の一刻度に対するピストンの位置の読みをとつた。次表のピストンの読みは同時に壓縮に用ひた空氣量を表はす。

ピストンに附屬した遊尺によつて増壓機を使用して壓力を讀めば此處に使用した Bourdon 型壓力計の一度盛より細かく讀み得る。即ち此の方法によつて Bourdon 型壓力計の一度盛以下を分割することが可能なこととなり、使用によつては Micro Manometer となり得る。但し使用瓦斯の性質が不明であるから、廣範圍に互つてその刻度を同一精密度に簡單に等分することは不可能である。

Pressure read (kg/cm^2)	Position of Piston (cm)	Position of Piston Corresponding to 1 kg/cm^2 (cm)	Pressure Corres- ponding to 0.01 cm (kg/cm^2)
200	(12.15 12.15 12.15)	0.02	0.5
199	(12.13 12.13)		
120	8.11	0.10	0.1
119	8.01		
101	6.14	0.15	0.067
100	5.99		
99	5.85	0.14	0.071

上掲の値の中で $101 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ と $100 \sim 99 \text{ kg/cm}^2$ とに對して夫々 0.15 及び 0.14 cm とピストンの位置を讀み得たが、此は $101 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ の方が小さく出べきものである。此は増壓機の方に誤差があるのではなく、Bourdon 型壓力計の機構より來た誤差である²⁾。従つて本 Bourdon 型壓力計は $1/10 \text{ kg/cm}^2$ は正確なことが保證されてゐるが、それ以下に就ては指針によつて讀む方法はないから内部機構と指針との關係は、その精密度が一致してゐるものと考へられる。

$120 \sim 119 \text{ kg/cm}^2$ では遊尺一度盛 0.1 kg で試験瓦斯量では Bourdon 型壓力計と本方法の精密度が一致してゐる。 $200 \sim 199 \text{ kg/cm}^2$ では Bourdon 型の方が精密度が大きである。此の條件では 200 kg/cm^2 程度の壓に對して $1/10 \text{ kg/cm}^2$ 程度の檢定は出來ぬが、瓦斯量を多くとれば檢定が可能であることは云ふ迄もない。全面に互つて $1/10 \text{ kg/cm}^2$ 置きに檢定を行ふ事は煩はしいが自由ピストン壓力試験器によるより簡單である。

Bourdon 型壓力計盤面の刻線の巾に指針巾を加へたものが、此の計器の誤差の一つであるが、此の方法による檢定ではその巾を遊尺に位置の差として認め得なかつた。

(ii) 某製作所 $1,000 \text{ kg/cm}^2$ Bourdon 型壓力計の試験

此の壓力計は盤面の徑 25 cm 、凡そ 300 角度に互つて一度盛 10 kg/cm^2 に刻線を施してあ

る。本壓力計は (i) の壓力計の内地に於ける模造品であつて、計量器具として検定を経たものである。従つて本計器の検定に就て得られた結果の吟味に對しては當方の態度に應じて製作した製作者のみの責任でない。此の計器の缺陷となるは度盛刻度が指針の「レザー」型に對して太いことである。殊に 50 kg/cm^2 おきに更に太い刻線がある。従つて指針の鋭利なこと及び投影の鏡は無意味となる。読み易いための 50 kg/cm^2 おきの太い刻線は指針の鋭利程度に應じて刻線を長くするか、點にするか、又は菱形の刻度を以て代へるべきである。

本壓力計を自由ピストン壓力計試験器によつて検定せる際、往復に相當の誤差を伴ふた。此は使用中壓力計を軽く叩くことによつて除かれた。此は以下の壓力計に對して同様であるが、極めて緩い上昇、降下に對して特にその必要がある。此事實はその機構の細部に製作技術が盤面の指示精度に伴はぬことを意味する。然しながら軽く叩くことによつて一定値に停止されるから以下の検定が行はれたのである。

測定が高壓になると度盛は粗くても許容範囲に入るが、複合ピストンによつて高壓を測定する場合は Bourdon 管の極めて微細な読みを讀まねばならなくなる。従つて Bourdon 管の動きの擴大は低壓の場合より飛躍的に問題になつてくる。

本計器に就て度盛刻線巾と指針巾の和を遊尺の讀みで検定して見る。下表で*印が附されておるものは太い刻線を示す。

Pressure read (kg/cm^2)	Position of Piston (cm)	Position of Piston Corresponding to Width of Scale Line & Gauge Needle (cm)
*600	(10.70 10.69	0.01
590	(10.65 10.65	0.00
*550	(10.37 10.35	0.02
*400	(8.65 8.62	0.03
390	(8.45 8.44	0.01
*350	(7.78 7.75	0.03
*200	(1.80 1.69	0.11

以上の結果は全面に互つて同一精密度でないが、刻線巾が如何程であるかを検討する必要がある。此の壓力計は一度盛 10 kg/cm^2 であるが、指針の投影によつて 1 kg/cm^2 まで読み得る考へのもとに指針及鏡の取付けを行つたものである。590 kg/cm^2 の場合の細い線は遊尺で読み得ないが、390 kg/cm^2 の場合は 0.01 cm と読み得る。200 kg/cm^2 の太い刻線に至つては 0.11 cm である。此等の線の巾は壓力で如何程であるかと云ふに 600 kg/cm^2 刻線巾に對して $\sim 2 \text{ kg/cm}^2$ 、400 kg/cm^2 刻線巾に對して $\sim 1.6 \text{ kg/cm}^2$ である。従つて本計器に投影の機構があつても、刻線に對して適合しないものである。一度盛 10 kg/cm^2 以下を投影で讀む誤差は 1 kg/cm^2 に及ぶ恐れがある。

(iii) 某製作所 2,000 kg/cm^2 Bourdon 型壓力計の試験

製品番號 34630、投影鏡なく、指針は棒狀でその巾は一度盛 50 kg/cm^2 の刻線の巾より遙に太い。*印は 500 kg/cm^2 ごとに施されてある太い刻線を示す、前實驗と同様一度盛巾に指

針がかり、離れる迄のピストン位置を遊尺で讀む。太い度盛刻線は當然であるが、細度盛刻線でも指針が棒状であるから Vernier に可成りの讀みが出るものである。

Pressure read (kg/cm ²)	Position of Piston (cm)	Position of Piston Corresponding to Width of Scale Line & Gauge Needle (cm)
*1500	(8.64 (8.58 8.58 (8.64	0.06
1400	(8.37 (8.34 8.34 (8.37	0.03
*1000	(7.13 (7.02 7.02 (7.12	0.11~0.10
900	(6.55 (6.46 6.46 (6.54	0.08~0.09
* 500	(2.50 (1.96 1.96 (2.49	0.53~0.54

上表二列目はピストンの位置を往復二回讀んだ結果である。

此の往復の讀みの合はぬことは實驗誤差であるが、Bourdon 型壓力計の機構から生じたものである。

1,500 kg/cm² と 1,400 kg/cm² に對する各遊尺の讀みの平均の差 0.25 cm. は 100 kg/cm² に相當する。従つて 1,500 kg/cm² の太刻線及び 1,400 kg/cm² の細刻線巾に對する指針の讀みは夫々 ~24 kg/cm², ~12 kg/cm² に相當する。同様の 1,000 kg/cm², 900 kg/cm² 刻線巾に對しては夫々 ~18 kg/cm², ~14 kg/cm² を得た。即ち 1,000 kg/cm² 度盛巾に比較して、1,500 kg/cm² 巾に相當する壓は大きく出て此は本壓力計一尺度 50 kg/cm² の半分に及ぶ。

Bourdon 型壓力計は Bourdon 管の壓力による變化を一定間隔の度盛盤に表はす様工夫されてゐるものであるが、嚴格には行き難いものであることが判る。従つて上の結果から盤面全體に互つて正確度が一樣であるかと云ふ疑問が出てくる。

以上で三個の Bourdon 型壓力計に就て顯微鏡的な檢討を述べたのであるが、斯様な檢討を全體面に行はねばならぬ。此は煩雜であるが Fig. 1 の C の壓力計として使用する場合出来る限りの檢討を行はねばならぬ。A の壓は超高壓室の壓であるが、此を求めるには此と平衡する C 室の壓を讀まねばならぬ。此にはピストン比 6.08, を C 室の壓に乗じて求めるから指示壓に對して誤差壓の割合は同じであるが、出来る限り一尺度に相當する壓を細かくしたいからである。

相對的な誤差は上の方法で吟味出来るが、絶對値は求められぬ。此には壓力固定點³⁾を使用せねばならぬが、此の方法で相互比較を行つた自由ピストン壓力試驗器と比較して以上の三個の壓力計を試験した。此處に使用した試驗器は平塚海軍火藥廠の勝間計器株式會社製、2278 號分銅最小 2.5 kg, Ram Area 0.25 cm², 前出東北帝國大學化學工學原研究室のもの、及び當研究室の Ram Area 1 cm², 最小分銅 100 gr., Schäffer Budenberg の製造のもの計三基である。此等の試驗器は使用の最高壓を異にするから精密度も此に伴ふて異なつてゐる。檢定を要する壓力計の性能によつて試驗器を變へねばならぬ。

Schäffer Budenberg の Bourdon 型壓力計は指示可能な範圍 (1/10 kg/cm²) で試驗器壓と盤

3) 歸山, 本誌, 15卷, 1輯, 4頁.

面壓が正確に一致した。1,000 kg/cm² 壓力計は 500~800 kg/cm² で一度盛 (10 kg/cm²)、900 kg/cm²~ で 1.5 度盛 (15 kg/cm²) の高壓を示した。2,000 kg/cm² 壓力計は 1,400 kg/cm²、1,600 kg/cm² で一刻度 (50 kg/cm²) の 1/3 の低壓を示した。

以上の結果を総合すれば Schäffer Budenberg 壓力計は最高 300 kg/cm² ではあるが、後の 2 つの壓力計より精密度は遙に高い。1,000 kg/cm² 壓力計は投影で一度盛の 1/10 を読む程度にその精密度は至つてゐない。2,000 kg/cm² 壓力計は直接瓦斯壓を測定するに用いた。此の場合は水壓側の一度盛 10 kg/cm² 以下の壓力計に相當する。

Bourdon 型壓力計に對して増壓機による顯微鏡的な檢定は勿論過酷にすぎるものと考へられるが、此の方法によつて屢々ある高壓に使用せられる壓力計の危険の早期の豫知が壓力計檢定の際に明瞭になるとの考へもあるから行つたのである。然しながら指示機構の不明確も介入するから無意味となる恐がある。此の際自由ピストン型壓力計試験器を使用すれば本方法より煩はしくなり、又 Bourdon 型標準壓力計を使用すれば結果が曖昧となる恐れがある。

本報告を終るに當り御鞭撻を賜りたる堀場教授に感謝の意を表す。

研究費の一部は日本學術振興會の御援助並に文部省科學研究費によつた。厚く感謝の意を表す。

京都帝國大學理學部化學教室
物理化學研究室

(昭和19年11月15日受理)

ULTRA PRESSURE.

V. The Relation between the Scale in the Bourdon Type Pressure Gauge and the Position of the Piston of the Intensifier.

By RYO KIYAMA.

(Abstract)

The position of the piston of the intensifier mentioned in Report I can be accurately read to 1/100 cm. The piston by being raised compresses the preliminarily compressed gas. This pressure, being measured by means of the Bourdon type pressure gauge, is compared with the position read of the intensifier.

The piston is allowed to go up or down extremely slowly so as to read its position and the movement of the pressure gauge. From the comparison of the reading of the Bourdon type pressure gauge tested by the free piston gauge tester with that of the position of the piston of the intensifier, it is admitted reversely that the Bourdon type pressure gauge can be tested from the position of the piston. If a desired amount of the gas to be compressed preliminarily is taken in the intensifier, the accuracy of the testing can be adjusted as desired.

The reading of the Bourdon gauge over a certain range can be corrected by equal division of the scale of the piston position. The smaller the range is, the more minute the calibration may be.

The Bourdon type pressure gauge is not adequate in its accuracy for reading such a high pressure as 5,000–6,000 kg/cm² and other methods are too complicated. Therefore, the method of measuring the gas-side pressure was adopted: viz. the method of multiplying the value of the glycerine-side pressure by the piston ratio. Such a multiplication makes the value of one division of the gas-side pressure very large, and, in order to make it smaller, the Bourdon type gauge was tested by the above mentioned method.

For this purpose there is required a gauge adequate for minute measurement. The author therefore used a gauge which had a fine mechanism of magnifying the Bourdon tube and could give accurate measurement by projecting the gauge needle on a mirror.

This method is more advantageous than that by the gauge tester of free piston type, as it is a microscopic testing in narrower range.

This testing will be a preliminary measurement for gas compressibility, and also give an alarm for any danger in the Bourdon type pressure gauge.

*The Department of Physical Chemistry,
Chemical Institute, Kyoto Imperial University.*

(Nov. 15, 1944)