罐蓋底の弾性撓みによる罐詰真空度の測定

III. 空 壓 検 罐 装 置

富 枡 建 造

(水 産 講 習 所)

Measuring of the Vacuity of Full Cans by the Elastic Deflexion
of their Upper and Lower End Plates.

III. Pneumatic Vacuum Tester.

Kenzô TOMIMASU

SYNOPSIS

In his previous report, the author has described the "Dial Vacuum Indicator" showing that the measurements by the instrument are fairly accurate and average deviations from those obtained by the Bourdon tube type vacuum tester ordinary used to-day are below 2.0 inches in vacuum.

Usage of the "Dial Vacuum Indicator" is very simple and accordingly the measuring is conducted very speedily, but it must be taken into consideration that with increasing of occasions of using the wear of the mechanical gears of the indicator will become considerably large. In industrial usage it is desired that the accuracy of the measurement is to be higher and besides the wearing will be limited as small as possible.

The author has devised a new vacuum testing apparatus utilizing the pneumatic micrometer which is operated with no direct contact and releases us free from the care of wearing of mechanical gears.

Using this pneumatic apparatus the vacuity of pink-salmon 1 lb. cans circulated in market were measured and desirable results have been obtained.

The mean value of errors of the measured vacuities of all 48 cans tested by this apparatus was 31.1 mm (1.22 in) in vacuum and the consumption of air comparatively small as about 0.28 m³/min (10 ft³/min) at atmospheric pressure and as the apparatus was assured that it would be utilized industrially in general.

緒 言

ダイヤル・ゲージを應用したダイヤル検罐器が罐詰真空度の測定器として可成りの正確度を有することを前報告⁽¹⁾に明かにした、ダイヤル検罐器の取扱は極めて簡便であるが、使用頻度の増加と共に内部機構を構成せる齒車の磨耗が増大する。今回は此の磨耗の心配のない検罐器をつくる目的を以てニューマチック・マイクロメーターを應用した検罐装置を考案し、假りに空壓検罐装置となづけた。實驗の結果一般市販罐詰に就いて其の真空度を測定し、ダイヤル検罐器と比較研究したが、殆んど同一の正確度を有することを確め得た。

(1) 富枡建造：日本水産學會誌 5 (1), 1936, 56~71 頁。

装置と其の使用 方法

第 2 圖に於て W は水槽、 A, B, C は空氣槽、 G, G' は水柱ゲージ・グラス、 I はゲージ G に於ける水柱の高さの指針、 S はゲージ G' に於ける水柱高さ讀取用の可動スケール、 N_1 、 N_2 は空氣流出用ノズルである。恒壓空氣槽 A は調節弁 V_a を經て空氣壓縮機の空氣貯溜槽に連る。 V_n は其の出入に依つて N_1 のノズル面積を加減する加減弁である。 K はマイクロメーター式罐受臺で今回使用のものには平 1 斤罐、平半斤罐及豎 1 斤罐用の三種の罐受環が削出してある。此の罐受環は測定せんとする罐を乗せた場合 N_2 のノズル開口部と大氣の通氣を可能ならしむるために、其の臺下に放射狀の通氣孔を穿つと共に、罐受環自身にも矢車狀の切取りを設けた。罐受臺をマイクロメーター式にしたのは、實地測定に際して罐蓋底深さのノズル N_2 上面に對する零點位置の選定を適正ならしむると共に、罐蓋底面中央部とノズル N_2 上面との間隙 δ と水柱 h' との關係の較正に便ならしむるためである。今測定せんとする罐詰を罐受臺の上に載せ、空氣弁 V_a を適當に開き、空氣槽 A の下底より水槽 W 中に氣泡が靜かに立騰る程度になさば、空氣槽 A, B 及び C に於ける壓力は一定となり、空氣槽 A のゲージ壓力は水柱高さ H を以て表はされ、空氣槽 B 及び C 中のゲージ壓力は共に h を以て表はさる。然し水槽 W 内の水柱の高さ H は常に一定であるが、

第 1 圖 空壓檢罐裝置

W 恒壓水槽、 K 罐受臺、 A 空氣壓縮機、 V_n 第 1 ノズル調節弁、 H 恒壓水槽水柱、 h' 眞空水柱、

第 2 圖 空壓檢罐裝置説明圖

W 恒壓水槽、 K 罐受臺、 A, B, C 空氣槽、 N_1, N_2 ノズル、 G, G' ゲージ、 S 可動スケール、 I 恒壓水柱指標、 V_a 空氣調節弁、 V_n ノズル調節弁、 $D-C$ ドレイン・コック、 $A.T.$ 空氣貯溜槽及び空氣壓縮機へ。

ゲージ・グラス G 及 G' の中の水柱高さの差 h は罐底面とノズル N_2 の上面との隙間 δ と共に變化す。即ち δ 大となれば外氣への空氣流出量増加して空氣槽 C 及び B の壓力低下するを以て、水柱差 h は却つて減少す。然るにゲージ・グラス G 内の水柱高さは水槽内の水柱高さ H と等しく常に一定なるを以て h の減少は即ちゲージ・グラス G' 内の水柱の高さ h' の上昇に依つて起こる。即ちこの水柱高さ h は罐底面とノズル面との隙間 δ に比例して上下することがわかる。然るに δ は罐蓋底の深さ β に比例し、而して又 β は罐内眞空度 v と比例するを以て、⁽¹⁾水柱高さ h' は即ち罐内眞空度 v に比例して上下することが

わかる。依つて之れを真空水柱 (ヴァキューム・ヘッド) と名づける。真空水柱 h' の高さは可動スケール S で讀むことが出来る。その零點の位置は次の様にして合せる。即ち空氣流出中にノズル N_2 の口を塞げば A, B, C 三つの空氣槽は全部同一壓力となり $h=H$ となる。即ちゲージ・グラス G' 中の水柱の頭は空氣槽 A の下底と一致する。これが即ち水柱 $h'=0$ の位置であつて、可動スケール S の零點はここに合せておけばよい。

罐底隙間 δ と真空水柱 h' との關係は次の様にして求めることが出来る。

今 G_1, G_2 = それぞれノズル N_1, N_2 に於ける空氣流出量,

C_1, C_2 = " " " " 空氣流出係數,

d_1, d_2 = " " " " ノズルのど口の直徑,

δ = 罐底とノズル N_2 のど口との隙間,

g = 地球重力による加速度,

ρ_0, p = 壓力 p_0, p に於ける空氣密度,

p_0, p = 空氣槽 A 及び $B \cdot C$ に於ける空氣壓力,

p_a = 大氣壓力,

とせば、ノズル N_1 及び N_2 に於ける空氣流出量は⁽²⁾近似的にそれぞれ

$$G_1 = C_1 \pi / 4 \cdot d_1^2 \sqrt{2g\rho_0(p_0 - p)}, \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$G_2 = C_2 \pi d_2 \delta \sqrt{2g\rho(p - p_a)}, \quad \dots\dots\dots (2)$$

なる式を以て表はさる。従つて $G_1 = G_2$ なる時次の關係式が成立つ。

$$\frac{C_1 d_1^2}{4 C_2 d_2} \sqrt{\frac{\rho_0(p_0 - p)}{\rho(p - p_a)}} = \delta, \quad \dots\dots\dots (3)$$

而して $C_1 = C_2$, $\rho_0 = \rho$ と見做せば,

$$\frac{d_1^4}{16 d_2^2} \frac{(p_0 - p)}{(p - p_a)} = \delta^2, \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、

$$p_0 = p_a + wH, \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$p = p_a + wh = p_a + w(H - h'), \quad \dots\dots\dots (6)$$

但し w = 水槽内の水の密度、

なるを以て、(4) 式は (5)(6) の關係をこれに入れて次の如くなる。

$$h' = \frac{H}{1 + \frac{1}{16 d_2^2} \cdot \frac{d_1^4}{\delta^2}}, \quad \dots\dots\dots (7)$$

而してノズル面積調節弁 V_n の開き一定の時は d_1 も一定なるを以て、

$$\frac{d_1^4}{16 d_2^2} = C \text{ 定數},$$

とせば (7) 式は次の如くなる。

$$h' = \frac{H}{1 + \frac{C}{\delta^2}}, \quad \dots\dots\dots (8)$$

(1) 富井建造：日本水産學會誌 5 (1) 1936, 67 頁。

(2) Diedrichs and Andrae: Experimental Mechanical Engineering, Vol. I, p. 616, 1930.

即ち (8) 式は h' と δ との関係式であつて、これは恒壓水槽 W の働水柱高さ H を漸近線とする無限曲線なることを示す。

第 3 圖は今回の實驗に於て $H=39$ cm 一定とし、調節弁 V_n の開きを加減して第一ノズル N_1 のノズル面積 A_1 を種々に變化せしめた時の $\delta-h'$ 線圖を示す。 a_0 はノズル面積最少の場合、 $a_{1/4}$ 以下 $a_{1/2}$, $a_{3/4}$ 等はそれぞれ最少の場合より調節弁 V_n をその心棒ネジの $1/4, 1/2, 3/4$ …ピッチだけ戻してノズル面積を増大した場合のものである。而して第 3 圖は罐の代りに較正用の平面ガラス板を用いた場合であるが、罐の場合には罐受臺たるマイクロメーターの零點を自由に加減し得るが故に、罐蓋底深さ β とノズル間隙 δ との間には第 5 圖に示す如く $\delta=\beta+k$, なる關係あるを以て (8) 式は

$$h' = \frac{H}{1 + \frac{C}{(\beta+k)^2}}, \dots\dots\dots (9)$$

の如き形となる。罐詰を用ひて實地に其の眞空度を測定する場合には、眞空水柱 h' 上の眞空度目盛が各部分一様に等間隔であることが望ましい。それには罐内眞空度 v と眞空水柱 h' との關係が直線的となることが必要である。而るに罐内眞空度と罐蓋深さ β との關係は前報告第 7, 8, 9, 10 圖⁽¹⁾に示すやうに大體直線的であるから、 $\beta-h'$, 従つて $\delta(=\beta+k)-h'$ の關係も等しく直線的でなければならぬ。即ち換言せば眞空水柱の最も適正な直線的目盛としては、 $\delta-h'$ 曲線の直線部を利用する必要があるといふことになる。

今第 3 圖の各 $\delta-h'$ 曲線を見るに、其の直線部は第一ノズル N_1 のノズル面積が大となるに従つて左上より右下に移り、且つ其の範圍が漸次擴大してゐる。即ち實地の測定に際しては出来るだけ直線部の長く且つ平滑なるものを宜しとするが、一方斯かるものはノズル面積大となり空氣消費量大となるを以て此の點を考慮する必要がある。各罐型及び内容品の種類に依つて罐蓋底の深さ β の範圍異なり、例へばサケ罐は $1.76 \sim 2.8$ mm, カニ罐は $2.0 \sim 2.7$ mm の如くなるを以て⁽²⁾其の範圍に依り適當なノズル面積を選定し、其の $\delta-h'$ 曲線を採用しなければならぬ。第 3 圖に依れば範圍狭きものはノズル面積小なるものを利用出来るが、範圍廣きものはノズル面積大なるものを利用しなければならぬことがわかる。

第 4 圖は第一ノズル N_1 のノズル面積 $a_0, a_{3/4}$ のものにつき恒壓水柱 H を $30 \sim 39$ cm の間色々に變へた場合の $\delta-h'$ 線圖である。 H を大にすれば一定眞空度範圍に對する目盛尺の長さを大にし目盛を細かくすることが出来るが空氣消費量は幾分増加する。

第 3 圖 第一ノズル N_1 のノズル面積を種々變化せしめた場合の $\delta-h'$ 曲線

第 4 圖 恒壓水柱 H を變化せしめた場合の $\delta-h'$ 曲線

(1) 富井建造：日本水産學會誌 5 (1), 1936, 64~67 頁。

(2) 富井建造：日本水産學會誌 5 (1), 1936, 67 頁。

市販罐詰測定の結果

第1表に示すが如き市販罐詰 4 ダース入一箱分 48 個につき、本空壓検罐装置を用ひて其の真空度を測定し、ダイヤル検罐器に依る場合と比較した。本實驗に於て $\delta-h'$ 曲線の選擇はノズル面積を $a_{1/2}$ とし、検罐器罐受臺 K の零點調節は $k = -0.36$ mm とした。その結果は第5圖に示す通りで直線部分が相當長く。ノズル面積 A_1 及び罐受臺零點の調節 k の選擇が適當であつたことを示す。真空度測定の結果は第1表及び第6圖(a)(b)に示す。測定値平均曲線を目盛曲線とした場合の各測定値に對する真空度誤差の平均値は第2表に示す通りで、供試品一箱分 48 個全部ではダイヤル検罐器の場合 25.4 mm (1 吋)、空壓検罐装置の場合 31.1 mm (1.22 吋) で、

第5圖 實驗に用ひたる $\delta-h'$ 曲線 第6圖 (a) ダイヤル検罐器に依る $\beta-v$ 線圖 第6圖 (b) 空壓検罐装置に依る $h'-v$ 線圖

孰れも大した誤差ではなく而も兩者の間に大差がない。今回の供試品は前回のものに比べると、⁽¹⁾一般に真空度低く且つ真空度零のものが非常に多い。従つて全體の平均誤差は前回の場合よりも比較的小さく出るのが當然である。依つて此の真空度零のものを除外した 27 個につき、即ち最も悪い條件に於てその平均誤差を見るに、ダイヤル検罐器の場合は 40.0 mm (1.57 吋)、空壓検罐装置によるものは 43.7 mm (1.72 吋) となつて、幾分増加を來たすが大したことはない。これは前回の試料の場合に於ける全部の平均誤差 70 mm (2.8 吋) に比べると遙かに小さい。即ち今回の試料は真空度零のもの多き點に於ては前回のものに劣るが、然らざるものに於ては罐蓋深さ β と罐内真空度 v との關係に於て比較的正規な優良品が多かつたといふことが出来る。

結 語

空壓検罐装置に依る測定値の從來のヴァキューム・ゲージ・テスターに依る測定真空度に對する誤差は、前述せるが如き程度で、大體ダイヤル検罐器の場合と大差なく實用上可成りの精確度といふことが出来る。空壓検罐装置の場合に於て實用上問題となるのは、唯だ空氣消

(1) 富樹建造：日本水産學會誌 5 (1), 1936, 67~69 頁。

第 1 表 市販罐詰真空度測定表

供試品要目 品 名 あけぼの印鯨罐詰一封度平罐四打入一箱分
 製造所 日魯漁業株式会社カムサッカ・タムラット工場昭和十年製
 等 級 組合検査チョイス合格品
 空 罐 小樽市北海製罐倉庫株式会社昭和十年三月製品

試料罐詰 番 號	ダイヤル檢罐 器にて測定し たる罐蓋深さ β mm	空壓檢罐裝置 真空水柱の 高さ h' mm	ヴァキューム・ ゲージ・テスト に依る真空度 v mm	番 號	β mm	h' mm	v mm
1	2.213	222	97	25	2.532	254	57
2	2.410	240	159	26	1.766	197	0
3	2.100	212	27	27	2.220	231	108
4	1.781	194	0	28	2.126	215	119
5	2.230	242	95	29	2.480	244	187
6	2.350	236	103	*30	1.837	183	0
7	1.600	196	0	31	1.620	180	0
8	2.220	222	109	32	1.516	191	32
9	2.020	220	0	*33	1.410	120	0
10	2.111	216	173	34	1.845	206	0
11	2.042	209	14	35	2.245	237	146
12	2.523	238	113	36	2.576	255	161
13	2.062	218	26	37	1.580	170	0
14	2.288	232	108	38	2.516	247	135
15	2.450	245	107	39	1.550	140	0
16*	1.625	178	0	40	2.090	235	0
17	2.506	247	108	41	2.177	220	172
18*	1.820	202	0	42	1.681	187	23
19	1.575	170	0	*43	1.430	118	0
20	1.662	200	0	44	2.540	256	40
21	1.740	198	0	*45	1.315	68	0
22*	1.715	193	0	46	2.205	222	93
23	1.635	177	0	47	1.641	186	0
24	2.215	230	81	48	2.771	258	184

- 備 考: 1) 測定日時、昭和 11 年 8 月 4 日、AM10 時~PM 2 時、 β 測定中の気温 26.8°C 氣壓 760.8 mm、 h' 測定中の気温 27.2°C 氣壓 760.8 mm、 v 測定中の気温 27.4°C 氣壓 760.8 mm。
 2) β は β 型ダイヤル檢罐器にて測定したる罐蓋深さ。(富耕建造: 日本水産學會誌 4 (4), 1936, 262 頁)。
 3) 試料番號に * 印あるものは蓋に毀損部ありたるため β, h' 共に罐底の深さに依つた。
 4) 空壓檢罐裝置に依るものは恒壓水柱高さ $H=39$ cm とし、罐受臺マイクロメーターの零點を $k=-0.36$ mm とし、第一ノズル面積 $A_1=a_{1/2}$ としたものである。
 5) ヴァキューム・ゲージ・テストに依る測定真空度 v はテストのブルドン管内容積 1.16 cc に依る誤差の補正を行つたものである。

第 2 表 真空度目盛曲線のヴァキューム・ゲージ・テストに依る測定真空度に対する平均誤差

平均誤差の取り方		ダイヤル檢罐器 の場合 水銀柱 mm	空壓檢罐裝置の 場合 水銀柱 mm
I.	48 個 全 部	25.4 (1.00 吋)	31.1 (1.22 吋)
II.	測定値の甚しく飛び離れたるもの 4 個を除く 44 個にて	18.2 (0.71 吋)	22.3 (0.87 吋)
III.	ヴァキューム・テストに依る測定真空度 0 時のものを除く残り 27 個全部にて	40.0 (1.57 吋)	43.7 (1.72 吋)
IV.	前項の内更らに測定値の甚しく飛び離れたるもの 4 個を除く 23 個にて	25.7 (1.01 吋)	28.8 (1.13 吋)

費量に關聯する動力費の點である。今回の實驗裝置に用ひた空氣壓縮機は、壓力自働調節式自動車タイヤ空氣充填用のもので、 $1/2$ 馬力電動機ベルト運轉、空氣貯溜槽 14吋×37吋のものである。測定中に於ける 罐底中央面とノズル N_2 の上面との隙間を $\delta=3.00$ mm 一定とし、空氣貯溜槽壓力を $110\sim 160$ lbs/in² に調節して用ひた結果は、一回の空氣放出時間約 85 秒、充填時間約 7 分を要したるを以て、空氣貯溜槽壓力 $110\sim 160$ lbs/in² にて間斷なく連續して檢罐作業を遂行するためには、 $60 \times 7/85 + 1 \div 6$ 臺、即ち同型の空氣壓縮機約 6 臺を要することとなる。然るに實際には δ は常に 3.00 mm より少なるを以て、これは空氣消費量最大の場合と見做すことが出来る。依つて之れを容量大なる一臺の壓縮機に置き換ふれば、壓縮機の容積效率及電動機效率は共に著しく増大するを以て、同型の壓縮機にて電動機馬力 3 馬力のものを以てせば、充分餘裕ある運轉をなすことが出来、實用上充分利用價值あるものといふことが出来る。

終りに本實驗に助力を得た當教室助手稻葉忠衛君に對し感謝の意を表す。試料罐詰は日魯漁業株式會社の御寄贈にかかる。ここに其の御厚意を謝する。猶ほ裝置は著者の設計圖面に依り東京市下谷區東黒門町吉田製作所に製作せしめた。ここに其の勞を多とするものである。

水産講習所機械學教室