

過流 遮斷型 液化 石油가스 容器用 밸브의 遮斷 性能 試驗에 關한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Cut off Performance Test of Cut off Type Overflow Valve in L.P Gas

李 眞*
JIN LEE

Key Words : Cut off Type Overflow Valve(過流 遮斷型 밸브), Cut off Flowrate
(遮斷 流量), L.P Gas(液化 石油 가스)

ABSTRACT

The purpose of this paper is to determine the cut off flowrate regions of the overflow valve in using L.P gas vassels. The experimental methods were employed to measure the cut off flowrate in the state of constant pressure by using the N₂ gas.

- 1) To determine the optimum cut off flowrate regions, Hose length are required 0.5 meters.
- 2) Cut off fowrate regions about the each pressure can be suggested as follows.
 - A) Cut off flowrate rigions are 2.0-4.0m³/hr at the pressure of the 1 Kg_f/cm².
 - B) Cut off flowrate rigions are 7.0-10.0m³/hr at the pressure of the 10 Kg_f/cm².

Nomenclature

A : 실린더 內 가스 流入 斷面積, m²
 A_B : Ball 斷面積, m²
 C_D : 流體 抗力 係數
 D_C : 遮斷 時 노즐 直徑, mm
 g : 重力 加速度, m/s²
 ΔP : 壓力 差, kg_f/cm²
 Q : 體積 流量, m³/hr
 S : 流體 比重

U : 流體 速度, m/s
 V_B : Ball 體積, m³
 ρ_B : Ball 密度, Kg_f s²/m³
 ρ_F : 流體 密度, Kg_f s²/m³

1. 序 論

現在 家庭에서 使用되고 있는 液化 石油 가스 (L.P 가스) 容器用 밸브는 手動으로 쉽게 밸브를 開閉할 수 있어 充塡된 가스 容器의 輸送 過程

및 使用中 取扱 不注意 등으로 因한 爆發 事故의 危險이 恒常 도사리고 있다. 卽 地震, 塵 沙汰, 輸送 過程 및 取扱 不注意 등으로 因하여 L.P 가스 供給 設備 中 壓力 調整器(Regulator)가 破損 時 또는 L.P 가스 連結 호스가 切斷되는 境遇 瞬間的으로 容器 内部에 있는 가스가 大量 放出되어 가스 漏泄에 依한 爆發 및 火災 事故가 發生하여 人命 被害를 招來할 수 있으므로 이를 防止할 수 있는 信賴性있는 L.P 가스 容器用 밸브의 開發이 切實하게 要求된다.⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

最近 日本에서는 이와같은 問題點을 解決하여 줄 수 있는 밸브가 多數 研究 開發되고 있는 實情이나 國內에서는 이같은 밸브의 研究 開發이 全無한 狀態이다. 上記 事項에 副應하여 考案된 것이 本 밸브의 特徵이고 밸브를 製作하기 爲하여는 過流 遮斷 裝置(실린더)의 作動 範圍(밸브 遮斷 流量 範圍)를 決定하여 韓國 가스 安全公社의 許可를 받아야 한다. 이 製作 許可를 얻기 爲하여 本 論文은 질소 가스를 使用하여 1Kg/cm² - 10/Kg/cm²의 壓力 範圍에서 各 壓力에 對한 또 호스 길이에 따른 밸브 遮斷 性能을 試驗하여 이에 對한 實驗 結果와 理論 式의 結果를 比較 檢討하여 實 生活에 活用될 수 있는 最適 밸브 遮斷 流量 範圍를 提示함을 目的으로 한다.

2. 過流 遮斷型 밸브 作動 原理

2.1 理論的 背景

Fig.1은 過流 遮斷 裝置의 構造를 圖示하였고 그림에서 가스 流入 孔(16-1)은 가스가 실린더

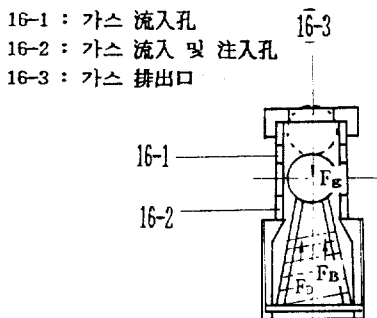


Fig.1 Structure of the cylinder.

內로 流入됨을, 가스 流入 및 注入 孔(16-2)은 가스가 실린더 內로 流入되고 또 充塡 時 가스는 L.P 가스 容器 內로 注入됨을, 또 가스 排出口는 가스가 실린더 外部로 流出되는 곳을 意味한다.

Fig.1에서와 같이 가스 流動의 遮斷 條件은 流體에 作用하는 抗力(F_D)과 浮力(F_B)의 합은 Ball 自重(F_g)보다 커야 한다는 것이다.

$$\text{卽 } F_D(C_D \cdot A_B \cdot \rho_F \cdot U^2 / 2 \cdot g) + F_B(\rho_F \cdot V_B \cdot g) > F_g(\rho_B \cdot V_B \cdot g) \dots\dots\dots (1)$$

$$U > [2g \cdot V_B(\rho_B / \rho_F - 1) / C_D \cdot A_B \cdot \rho_F]^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

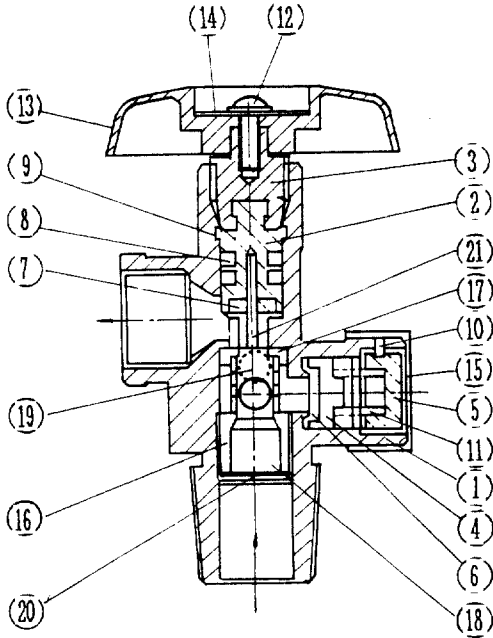
$$Q = A \cdot U \dots\dots\dots (3)$$

2.2 過流 遮斷型 밸브 概要

本 밸브는 現在 市中에서 使用되고 있는 L.P 가스 容器用 밸브 内部에 過流 遮斷 裝置(실린더)를 設置하여 充塡된 가스가 運送過程 또는 使用中 取扱 不注意 등으로 過多 流出 時 이를 自動的으로 遮斷시키는 裝置이다. 細部的인 作動 原理는 다음과 같다.

Fig.1에서와 같이 실린더 上部側 壁에 가스 流入 孔(16-1)과, 下部側 壁에 가스 流入 및 注入 孔(16-2)을 各 各 두면 定常 狀態에서는 불이 가스 流入 및 注入 孔 위에 位置하게 되며, 가스는 실린더 內 가스 流入 孔과 실린더 및 불 사이(Clearance)로 各 各 流入되어 가스 排出口(16-3)로 流出된다. 가스량이 過多 流出 時에는 가스는 가스 流入 및 注入 孔과 Clearance로 各 各 流動하게 된다. 卽 流體에 依한 抗力(F_D)과 浮力(F_B)의 합이 불의 重力(F_g)보다 크게 作用하므로 불은 실린더 上部로 移動하여 가스 流入을 遮斷하게 된다. 遮斷 時 上部에 位置한 불은 過流 遮斷型 밸브의 構造를 圖示한 Fig.2에서의 開閉 손잡이(13)를 右回轉시키면 壓棒(21)이 下降하여 불을 밀어 불이 原 狀態로 復歸된다.

가스가 流出되는 最大 直徑은 7mm이지만 밸브 內 불을 制御하는 壓棒과 各種 抵抗 損失을 考慮하여 最大 6.5mm에서 最少 4.5mm 設定하였다. 上記 事項으로 부터 실린더 內의 불이 이 範圍



1:Body 2:Stem 3:Spindle 4:Safety pressure screw 5: Safety screw 6: safety rubber packing 7: Pressure packing 8: Rubber packing 9:Stop ring 10:Rivet 11:Safety pressure ring 12:Bolt 13:Handle 14:Name plate 15:Safety cap 16:Cylinder 17:Cylinder rubber packing 18: Cylinder spring 19:Safety ball 20:Cylinder pin 21:Stem pin

Fig.2 Structure of the cut off type overflow valve.

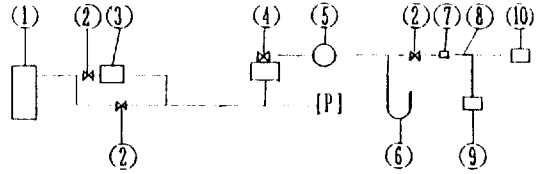
안에서 작동되도록 가스流入孔 크기를 1.7mm, 2.3mm, 2.9mm로 각각設定하여試驗을 遂行하였다.

3. 實 驗

3.1 實驗裝置

L.P 가스를 利用하여 實驗을 行할 境遇 火災 危險 및 가스 容器 內에 本 밸브 裝着의 어려움이 있으므로 L.P 가스 대신 空氣와 物理的 性質이 비슷한 질소 가스를 使用하여 實驗을 行하였다.

本 實驗에서 使用된 질소 가스는 1/Kg/cm² - 10 Kg/cm²의 範圍에서, 段階 別로 壓力을 一定하게 維持하고 이 一定 壓力에 따른 遮斷時 노즐 直徑을 3.2mm에서 10.9mm까지 順序대로 裝着하여 各 壓力에 對한 밸브 內 실린더 가스 流入孔 지름



① : 질소 용기 ② : check valve ③ : 壓力計 ④ : 過流 遮斷型 밸브 ⑤ : L.P. Gas 用 regulator ⑥ : 液柱計 ⑦ : 노즐 ⑧ : Pitot tube ⑨ : 移送 裝置(3 次元) ⑩ : Pressure transducer P : D.P. gauge(50 kg/cm²)

Fig.3 Schematic diagram of the experimental facility.

別 및 호스 길이 別로 遮斷時 노즐 直徑을 各各 求하였고 아울러 遮斷時 壓力 差를 壓力 變換器와 U字管 液柱計로 各各 計測하였다.

실린더 內 가스 流入孔 지름 別, 호스 길이 別 및 一定 가스 壓力에 따라 決定된 遮斷時 노즐 直徑(D_c)과 U字管 液柱計에서 求한 壓力 差를 適用시켜 下記 式을 利用, 理論 體積 流量(Q_{th})을 求하였다.⁽⁴⁾

$$Q_{th} = 0.00935 \cdot D_c^2 (\Delta P/S)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

또 노즐 出口에 裝着된 Pitot管을 利用하여 壓力 變換器에서 計測된 壓力 差(動壓)를 流速(U)으로 換算하여 遮斷時 體積 流量(Q_{cut})을 上記 式과 같이 求하였다.⁽⁵⁾

$$Q_{cut} = A \cdot U = (\pi/4) \cdot D_c^2 \cdot U \dots\dots\dots (5)$$

Fig.3은 過流 遮斷型 밸브의 遮斷 性能 實驗 裝置를 圖示하였고 이를 土臺로 한 具體的인 試驗 方法은 다음과 같다.

- 가) 本 밸브와 check 밸브를 各各 全閉한 狀態에서 질소 壓力을 一定하게 維持시킨다.
- 나) 一定 壓力 下에서 노즐을 裝着시킨다.
- 다) 裝着된 노즐 直徑 下에서 check 밸브를 全開 後 3-5秒 동안에 遮斷 有無를 3회 反復하여 實施한다.
- 라) 上記 方法으로 밸브가 遮斷될 때까지 노즐을 交替, 裝着하여 試驗을 行한다.
- 마) 밸브가 遮斷되었을 境遇 遮斷 直前의 노

를 直徑 下에서 Pitot管을 통한 變換器로 부터 壓力을 求하여 이 壓力을 流速으로 換算한다. 또 Check 밸브를 全閉後 U字管 液柱計에서 壓力을 計測한다.

바) 任意 壓力 下의 遮斷時 노즐 直徑이 決定되면 밸브를 全閉하고 다시 修正된 다른 壓力으로 一定하게 維持시킨 後 上記 方法으로 試驗을 行하여 各 壓力에 對한 遮斷時 노즐 直徑, pitot管 및 U字管 液柱計에 依한 壓力을 各各 計測한다.

사) 上記 方法으로 실린더 內 가스 流入孔 直徑 別(1.7mm, 2.3mm, 2.9mm), 호스 길이 別(0.5m, 1m, 2m, 3m, 4m, 5m)로 各各 反復하여 試驗을 行한다.

4. 實驗結果 및 檢討

질소 가스를 使用하여 가스 壓力 및 호스 길이를 變化시켜 測定된 遮斷時 노즐 直徑(D_c)과 體積 流量(Q_{th} , Q_{cut})을 Table 1-3에 各各 表記하였다. Table 1-3은 호스 길이가 0.5m인 境遇이고 이와 함께 Table 1은 가스 流入孔 지름이 1.7mm, Table 2는 가스 流入孔 지름이 2.3mm, Table 3은

가스 流入孔 지름이 2.9mm인 境遇의 實驗 結果이다.

Table 1-3에서 式(5)에 依한 體積 流量(Q_{cut})과 式(4)에 依한 體積 流量(Q_{th})을 比較하여 보면 全般적으로 低壓 領域인 $1\text{Kg/cm}^2 - 3\text{Kg/cm}^2$ 範圍에서는 約 10%의 誤差가 發生함을 알 수 있다.

Table 2. Comparison of the results vs. cut off flowrate by the Eq. (4) and the Eq. (5) (Case of the cylinder hole dia. are 2.3 mm)

壓力 (Kg/cm^2)	遮斷直徑 (mm)	動 圧 (mmAq)	(流量) _{cut} (m^3/hr)	靜 壓 (mmAq)	(流量) _{th} (m^3/hr)
1.0	4.1	245.77	2.970	275	2.651
2.0	4.5	245.77	3.587	278	3.21
3.0	4.9	244.75	4.244	280	3.82
4.0	5.2	239.65	4.729	283	4.325
5.0	5.6	235.57	5.438	288	5.06
6.0	5.9	230.47	5.971	293	5.666
7.0	6.1	224.35	6.297	297	6.097
8.0	6.3	219.25	6.646	300	6.569
9.0	6.5	218.23	7.052	305	7.016
10.0	6.8	213.13	7.627	308	7.716

Table 1. Comparison of the results vs. cut off flowrate by the Eq. (4) and the Eq. (5) (Case of the cylinder hole dia. are 1.7 mm)

壓力 (Kg/cm^2)	遮斷直徑 (mm)	動 圧 (mmAq)	(流量) _{cut} (m^3/hr)	靜 壓 (mmAq)	(流量) _{th} (m^3/hr)
1.0	3.8	254.95	2.605	275	2.277
2.0	4.4	247.81	3.443	278	3.065
3.0	4.7	246.79	3.921	280	3.515
4.0	5.1	245.77	4.607	283	4.16
5.0	5.4	242.71	5.133	288	4.705
6.0	5.6	240.67	5.497	293	5.104
7.0	5.9	231.49	5.984	297	5.704
8.0	6.1	226.39	6.326	300	6.128
9.0	6.3	224.35	6.717	305	6.591
10.0	6.5	223.33	7.134	308	7.05

Table 3. Comparison of the results vs. cut off flowrate by the Eq. (4) and the Eq. (5) (Case of the cylinder hole dia. are 2.9 mm)

壓力 (Kg/cm^2)	遮斷直徑 (mm)	動 圧 (mmAq)	(流量) _{cut} (m^3/hr)	靜 壓 (mmAq)	(流量) _{th} (m^3/hr)
1.0	4.6	239.65	3.701	275	3.336
2.0	5.1	237.61	4.533	278	4.123
3.0	5.6	229.45	5.367	280	4.99
4.0	6.0	220.27	6.037	283	5.758
5.0	6.4	206.	6.642	288	6.609
6.0	6.7	198.86	7.152	290	7.269
7.0	7.2	188.66	8.045	293	8.437
8.0	7.5	181.52	8.563	297	9.217
9.0	8.1	165.25	9.528	300	10.805
10.0	8.6	156.03	10.438	303	12.24

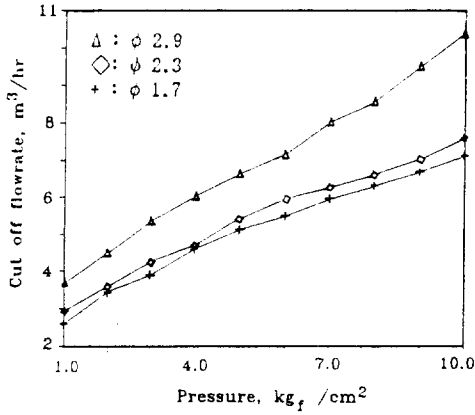


Fig. 4 Results of the pressure vs. cut off flow-rate (Case of the hose length are 0.5 meters)

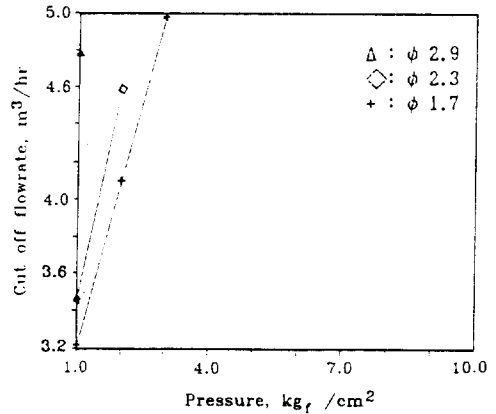


Fig. 7 Results of the pressure vs. cut of flow-rate (Case of the hose length are 3.0 meters)

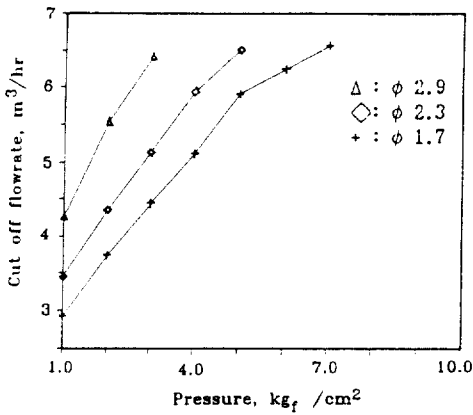


Fig. 5 Results of the pressure vs. cut off flow-rate (Case of the hose length are 1.0 meters)

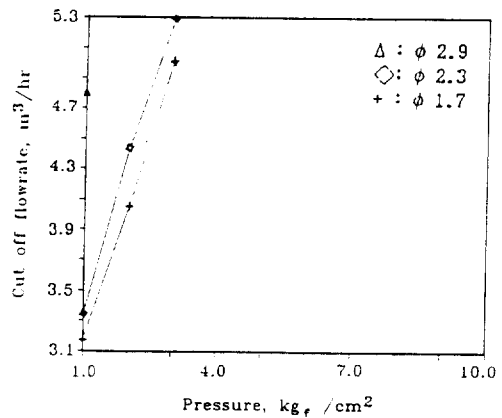


Fig. 8 Results of the pressure vs. cut of flow-rate (Case of the hose length are 4.0 meters)

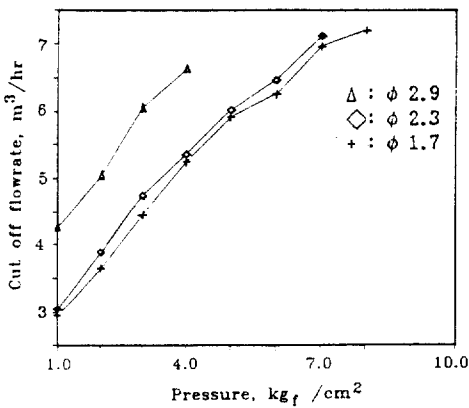


Fig. 6 Results of the pressure vs. cut off flow-rate (Case of the hose length are 2.0 meters)

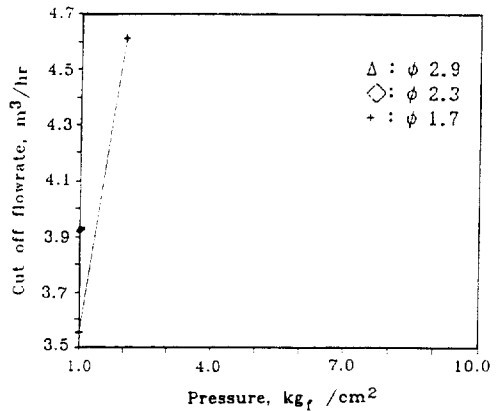


Fig. 9 Results of the pressure vs. cut off flow-rate (Case of the hose length are 5.0 meters)

이는 이 壓力 範圍에서 遮斷 流量 값이 적으므로 因하여 相對的인 誤差가 크게 나타난 것으로 思慮된다. 또 高壓 領域인 $8\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 10\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 範圍에서는 約 $\pm 5\%$ 程度의 誤差가 發生됨으로 나타났다.

特別히 실린더 內 가스 流入孔 直徑이 2.9mm인 境遇만 이 領域에서 最大 15% 程度의 큰 誤差가 發生되었다. 이는 노즐 直徑 8mm以上인 狀態 下에서 測定된 壓力의 不正確性이 主된 原因으로 생각된다.

이 境遇만을 除外하고는 理論 式에 依하여 얻어진 流量(Q_{th})과 實際 pitot管에 依하여 計測된 流量(Q_{cut}) 값은 거의 類似함을 알 수 있다. 上記 事項을 根據로 遮斷時 流量은 pitot管에 依하여 壓力 變換器에서 計測된 流量(Q_{cut}) 값을 基準으로 하였다. 特히 실린더 內 가스 流入孔 지름이 2.3mm인 境遇 理論 流量(Q_{th})과 實際 流量(Q_{cut})과의 誤差가 가장 적음을 알 수 있다.

遮斷時 流量은 또 호스 길이에 따라 變化하므로 Fig.4-Fig.9에서는 一定 호스 길이 下에서 壓力別 遮斷 流量의 關係를 圖示하였다.

호스 길이에 따른 遮斷 流量을 檢討하여 보면 全般的으로 호스 길이가 增加하면 遮斷 流量도 增加하고, 호스 길이 및 가스 壓力이 增加하면 遮斷 效果도 漸次的으로 不確實하여 짐으로 나타났다. 이는 호스 길이가 增加함에 따른 流體 摩擦의 增大가 主된 要因으로 思慮된다.

호스 길이, 가스 流入孔 크기, 및 가스 壓力 變化에 따른 遮斷 性能 效果를 具體的으로 考察하여 보면 호스 길이가 0.5m인 境遇(Fig.4 參照) 가스 壓力이 增加할수록 이에 比例하여 遮斷 流量은 가스 流入孔 크기에 關係없이 增加함을 確實하게 알 수 있다.

호스 길이가 1-2m인 境遇(Fig.5-6 參照) 低壓 領域인 $1\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 3\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 에서는 遮斷 效果가 잘 나타나지만 $4\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 7\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 의 壓力 領域에서는 실린더 內 가스 流入孔 지름이 2.9mm의 境遇는 遮斷 效果가 없고 高壓 領域인 $8\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 10\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 下에서는 가스 流入孔 크기에 關係없이 遮斷 效果가 全般的으로 모두 나타나지 않음을 알 수가 있다.

호스 길이가 3-4m인 境遇(Fig.7-8 參照) $2\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 3\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 의 低壓 領域에서는 가스 流入孔 지름이 2.3mm, 2.9mm인 境遇만 遮斷 效果가 없고 $4\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 以上の 壓力에서는 遮斷 效果가 모두 가스 流入孔 지름 크기에 關係가 없는 것으로 나타났다.

호스 길이가 5m인 境遇(Fig.9 參照) 低壓 領域인 $1\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 2\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 壓力 下에서는 가스 流入孔 지름이 2.3mm, 2.9mm에서는 遮斷 效果가 없고 $3\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 以上の 壓力 下에서는 가스 流入孔 지름의 크기에 關係없이 모두 遮斷 效果가 나타나지 않음을 알 수 있다.

上記 內容을 綜合 檢討하여 보면 밸브 遮斷 流量은 호스 길이에 따라 變化하므로 正確한 遮斷 流量 領域을 얻기 爲해서는 호스 길이는 0.5 m 附近에서 試驗을 行하여야 한다. 또 壓力別 遮斷 流量 領域을 호스 길이 全般에 걸쳐서 考察하면 低壓 領域인 $1\text{Kg}_f/\text{cm}^2 - 3\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 에서는 호스 길이에 따라 遮斷 流量이 增加하므로 이 領域에서의 遮斷 流量은 호스 길이를 考慮하여 決定하여야 하고, $6\text{Kg}_f/\text{cm}^2$ 以上の 壓力 下에서는 호스 길이에 關係없이 호스 길이가 0.5m인 境遇만이 適用됨을 알 수 있다.

上記 結果를 土臺로 實際 使用時 適用될 수 있는 가스 壓力에 따른 밸브 遮斷 流量 領域을 Table 4에 提示하였다.

Table 4. Results of the cut off flowrate regions vs. pressure.

壓力 (Kg_f/cm^2)	遮斷直徑 (m^3/hr)	壓力 (Kg_f/cm^2)	遮斷直徑 (m^3/hr)
1.0	2.0-4.0	6.0	5.0-7.2
2.0	3.0-4.5	7.0	5.7-8.0
3.0	3.5-5.4	8.0	6.1-8.6
4.0	4.1-6.0	9.0	6.6-9.5
5.0	4.7-6.7	10.0	7.0-10.0

5. 結 論

過流 遮斷型 밸브의 遮斷 性能을 질소 가스를

使用하여 實驗을 行한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 遮斷 流量 領域을 決定하기 爲하여 要求되는 가스 流入孔 지름은 2.3mm, 호스 길이는 0.5 m가 가장 適合하다.
- 2) 過流 遮斷型 밸브의 實際 使用時 適用될 수 있는 壓力 別 遮斷 流量 範圍는 아래와 같다.
 - 가) 1Kg/cm²時 2.0-4.0 m³/hr.
 - 나) 10Kg/cm²時 7.0-10.0 m³/hr.

後 記

本 論文은 1990學年度 學校 法認 大林學院 學術 研究 助成費에 依하여 研究되었으며 이에 關係者 여러분에게 깊은 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

1. 최 승호, 1989, L.P 가스 容器用 밸브의 自動 遮斷 裝置, 實用 新案 登錄 出願書.
2. 高壓 가스 保安 協會, 昭和 63年, 通商 産業省 委託 業務 研究 發表 要旨集, pp.59-69.
3. 朴 深秀, 1982, L.P 가스에 使用되는 E.F.V.에 關한 研究, 空士 論文集, pp.111-118.
4. 劉 錫琦, 1989, LPG 및 도시 가스 實務 핸드 북, pp.451-534, 究旻社.
5. Doebelin, E., 1985, Measurement systems (Application and design) 3rd Ed., pp.492-499, McGraw Hill.