



배관계에서 열팽창을 고려한 열팽창배출변 및 주변설비의 설계와 설치에 관한 고찰

The Review of Design and Installation of the Thermal Relief Valve with It's Surrounding Facility in a Chemical Plant Piping System

목 차

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. 서론 | Valve)의 설계시 고려사항 |
| 2. 이론적 접근 | 5. 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)의 안전공학면에서의 압력 배출 시스템 |
| 3. 외부열에 의한 배관계의 온도상승에 관한 고찰 | 6. 열팽창배출변(Thermal Relief Valve) 설치시의 예외사항 |
| 4. 열팽창배출변(Thermal Relief | |

車 淳 哲^{*}
Char, Soon Chul
金 永 培^{*}
Kim, Young Bae

Abstract

Throughout the practical process engineering design and commissioning & startup experiences focused on chemical process safety, the review of design and installation of the thermal relief valve with its surrounding facility in a chemical plant piping system is made to help the better understanding of the piping system of characteristics of thermal relief valve which is consisting of theoretical approach, correlation in terms of temperature and pressure increase caused by external heat supply in a piping system, consideration of thermal relief valve design, pressure relieving system of serial thermal relief valves and exception of their installation.

It is earnestly recommended that following topic should be implemented during thermal relief valve design, installation and normal operation as well.

*¹화공안전 · 화학공장설계 · 소방설비기술사, 선경Eng'g & Const. 프로세스팀 부장.

*²화학장치설비기술사, 선경Eng'g & Const. 플랜트부문 고문 및 기술컨설턴트로 활동.

논문요약

정유, 석유화학플랜트, 저유시설 및 장거리 이송시설 등에서 배관시설과 관련된 안전설비를 진지하게 생각하지 않거나, 다른 시설에 있는 안전 설비를 검증 없이 참조하여 설계하는 경우가 허다하다. 배관시설이 외부의 열원에 노출되어 일정 시간 경과하면 배관시설 내의 액체는 팽창하기 마련이며, 액체팽창을 고려한 적정안전설비를 설계 하지 않았을 경우 배관시설의 변형 및 파열로 인하여 화재, 인접시설의 파괴, 환경오염(특히 해양) 및 자원의 낭비 등 상상을 초월한 재해를 불러일으킬 수도 있다.

따라서, 안전설비로서 고려할 수 있는 가장 좋은 방법은 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)을 설치하는 것이며, 설치 시에 어떻게 열팽창이 이루어지며 압력상승과의 상관관계 및 외부열에 의한 배관계의 온도상승은 어떻게 이루어지는가를 이론적으로 고찰하고 설계에 대한 Rule of Thumb을 서술하였다.

또한 태양열 및 태양열 외의 온도 및 압력 상승을 구분하여 외부열에 의한 배관계의 온도 상승에 관해 고찰하였으며, 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)의 설계 시의 고려사항 및 설치 시의 예외사항에 대하여 기술하였다.

한편 유류하역시설에서 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)의 배출라인집합관을 설치하지 않은 경우의 설정압(Set Pressure)을 각각 계산하여 각 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)의 용량이 배압(Back Pressure)에 어떤 영향을 받는가를 알아보았으며, 가장 이상적인 방법은 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)의 배출밸브시스템을 분리 설치하여 배압(Back Pressure)을 낮추

어 줌으로써 밸브크기, 설정압력, 배관의 설계압력 및 타입 선정이 더욱 용이하다는 것을 고찰하였다.

본 논문이 열팽창밸브(Thermal Relief Valve)의 설계, 설치 및 정상운전 시에 실무적으로 도움이 되기를 기대하는 바이다.

1. 서 론

정유, 석유화학플랜트, 저유시설 및 장거리 이송시설 등에서 배관시설과 관련된 안전설비를 진지하게 생각하지 않거나, 다른 시설에 있는 안전 설비를 검증 없이 참조하여 설계하는 경우가 허다하다.

사고란 생각지 못한 틈새를 찾아서 일어나기 마련이므로, 각 경우별로 운전모드를 고려하여 면밀히 검토하여야 안전사고를 미연에 방지할 수 있다. 근래에 시행하고 있는 HAZOP에서도 이와 같은 사항을 면밀히 검토하여야 할 것이다.

어떤 플랜트가 들어선 경우를 가정해보자.

플랜트를 위한 액체원자재가 부두나 인접플랜트에서 배관시설을 통해 이송하여 저장시설에 저장하거나, 플랜트로 공급될 것이다.

또한 생산된 액체제품을 저장시설에 저장하거나 인접플랜트로 공급하거나, 부두시설(Jetty)에 접안해 있는 배에 이송할 수도 있다.

그러나 이와 같은 배관시설은 연속운전이 될 수도 있으나, 정비를 하거나 특수한 경우 또는 일정 시간대만 운전을 하는 시설에서, 배관시설의 원료나 액체생산품을 채워둔 채 일정시간 외부 열원에 노출되는 경우도 있다.

배관시설이 외부의 열원에 노출되어 일정시간

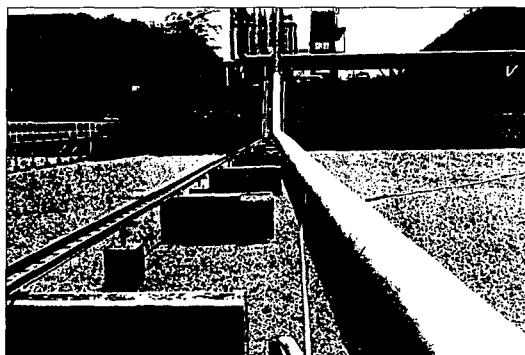


논문

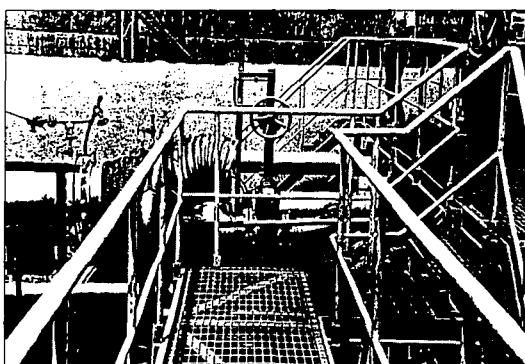
경과하면 배관시설 내의 액체는 팽창하기 마련이다.

액체팽장을 고려한 적정안전설비를 설계하지 않았을 경우 배관시설의 변형 및 파열로 인하여 화재, 인접시설의 파괴, 환경오염(특히 해양) 및 자원의 낭비 등 상상을 초월한 재해를 불러일으킬 수도 있다. (〈그림 1〉 참조)

▼ 대구경 파이프가 사고로 파이프 슬리퍼를 벗어난 경우



▼ 탱크 인입배관의 접속부위인 플렉시블 조인트가 피열된 경우



〈그림 1〉 배관시설의 파열사고 예

안전설비로서 고려할 수 있는 방법은 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)을 설치하거나 또는 구간별로 차단된 배관계의 액체를 드레인 하는 방법 등이 있다.

그러나 드레인 하는 방법은 운전요원의 주의가 필요하며, 만약 부주의로 적절한 조치를 취하지 못했을 경우 대형사고의 발생요인이 되므로 근본적으로 열팽창배출변을 설치하여야만 하는 것이 원칙이다.

배관시설에서 운전의 편의, 증설 또는 보수를 위하여 차단밸브(Block Valve)를 필요한 지점마다 설치했을 경우 어떻게 열팽창이 이루어지며, 압력상승과의 상관관계 및 외부열에 의한 배관계의 온도상승은 어떻게 이루어지는가를 이론적으로 고찰하고, 설계에 대한 Rule of Thumb을 간단히 서술하고자 한다.

2. 이론적 접근

폐쇄되어 있는 배관시설 내의 액체는 온도가 상승하면 부피가 팽창하고 배관시설의 팽창보다 클 경우에 압력이 기하급수적으로 증가할 것이다. 화공열역학의 액체 부피와 온도, 압력과의 관계로부터,

$$dV = (\alpha V / \alpha T)pdT + (\alpha V / \alpha P)tdP \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

액체의 부피인 V 로 나누면

$$dV/V = (1/V)(\alpha V / \alpha T)pdT + (1/V)(\alpha V / \alpha P)tdP \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

식 (2.2)에서 $(1/V)(\alpha V / \alpha T)p$ 는 온도증가에 따른 등압부피팽창계수(Liquid Thermal Expansion Coefficients)임을 알 수 있다.

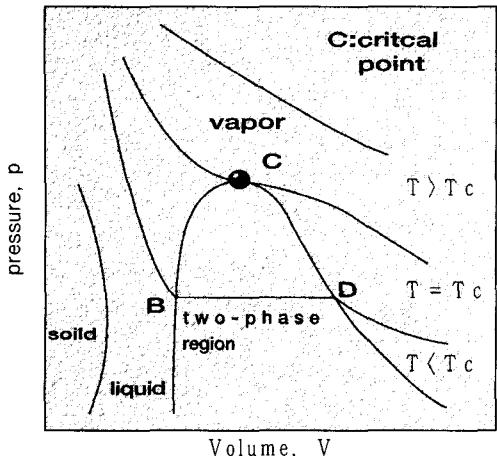
또한 $(1/V)(\alpha V / \alpha P)t$ 는 압력증가에 따른 등온압축상수(Liquid Isothermal Com-pressibilities)임을 알 수 있다.

$$(1/V)(\alpha V / \alpha T)p = A \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$-(1/V)(\alpha V / \alpha P)t = B \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

로 한다면 식 (2.2)는 다음과 같이 된다.

$$dV/V = AdT - BdP \quad \dots\dots\dots(2.5)$$



〈그림 2〉 압력과 부피간의 각 Phase별 온도와의 관계도

액체에서는 온도변화와 압력변화에 따른 부피변화는 극히 작다는 것을 그림 2를 통하여 알 수 있다.

$$\text{즉 } \frac{\partial V}{\partial T_p} \approx 0, \quad \frac{\partial V}{\partial P_t} \approx 0,$$

그러므로 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$(\ln V_2/V_1) = A(T_2-T_1) - B(P_2-P_1) \dots (2.6)$$

폐쇄된 배관계 내에서 온도 및 압력변화에 따른 배관 자체의 부피변화는 무시될 수 있으므로 액체의 부피변화도 무시될 수 있다.

그러므로 식 (2.6)에서 $V_2=V_1$ 이므로

$$P_2-P_1 = A(T_2-T_1)/B \dots (2.7)$$

임을 알 수 있다.

식 (2.7)에 의해 액체의 온도변화에 따른 열팽창으로 인한 압력변화를 예측할 수 있다. 또한 (2.6)에서 온도변화에 따른 배관 내의 압력변화가 없을 때 부피변화가 어떻게 일어나는가를 예측할 수 있으며 이때 $B(P_2-P_1) = 0$ 임을 알 수 있다.

따라서 식 (2.6)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\ln(V_2/V_1) = A(T_2-T_1) \dots (2.8)$$

$$V_2-V_1 \approx 0 \text{ 이므로 식 (2.8)은}$$

$$\frac{V_2-V_1}{V} = A(T_2-T_1) \dots (2.9)$$

온도에 따른 부피변화는 식 (2.9)를 적용하면 매우 편리함을 알 수 있다. 상수 A, B에 관한 사항은 〈그림 3, 4〉를 참조하거나, Perry Handbook Table 3-147, 3-175 및 Chemical Engineering (August 1995)의 Calculate Thermal Expansion Coefficients를 참고로 하면 매우 편리하다. 또한 Databook on Hydrocarbon by J. B. Maxwell의 page 143-147의 그래프는 압력별로 부피팽창을 보여주고 있다.

일반적으로 액체의 부피팽창계수는 배관자체가 갖는 부피팽창계수보다 높으므로 폐쇄된 배관 내에서 외부로부터 열이 전달될 때 압력이 상승함을 알 수 있다. 배관계의 설계압력보다 액체의 팽창으로 인한 압력이 높아질 경우 배관계가 파열되거나 또는 플랜지, 밸브의 개스킷 및 밸브 실링 재료의 손상이 일어난다.

이러한 손상 및 파열로 인하여 해양오염, 화재 등의 손실은 예측할 수 없는 재난을 초래한다.

이러한 재난을 방지하기 위해서는 설계단계에서부터 철저한 HAZOP Study를 수행하여 안전설비를 확인해야 할 것이다.

설계 시 특히 고려할 사항은 열팽창배출변의 크기(Sizing)도 중요하지만 열팽창배출변의 배압(Back Pressure)에 관한 주의가 특히 요망된다.

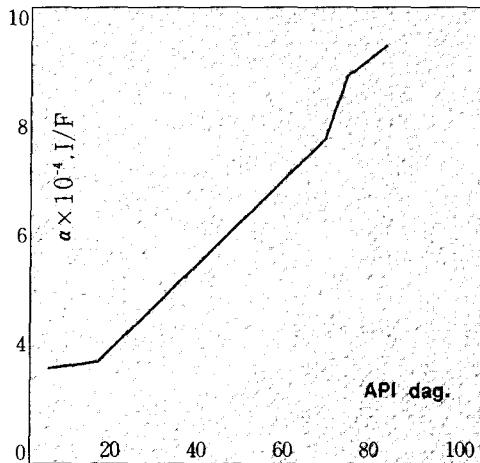
배출변의 배압에 관련한 배출(Discharge) 시설은 4장에서 자세히 논하기로 한다.

〈그림 3〉 액체탄화수소에서의 등압부피팽창계수(Liquid Thermal Expansion Coefficients)의 세로축 $\alpha \times 10^{-4}(1/^\circ F)$ 은 식(2.7)의 A에 해당하며, 〈그림 4〉 액체탄화수소에서의 등온압축상수(Liquid Isothermal Compressibilities)의 세로축

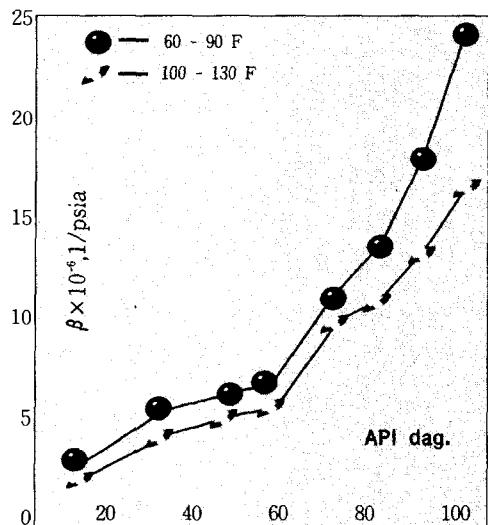


논문

$\beta \times 10^{-6}(1/\text{psia})$ 은 식(2.7)의 B에 해당한다.



〈그림 3〉 액체탄화수소에서의 등압부피팽창계수
(Liquid Thermal Expansion Coefficients)



〈그림 4〉 액체탄화수소에서의 등온압축상수
(Liquid Isothermal Compressibilities)

3. 외부열에 의한 배관계의 온도 상승에 관한 고찰

3.1 태양열에 의한 온도 및 압력 상승

태양 볼사에 네지는 지역에 따라 다소간의 차이

가 난다.

즉, 대기 중의 오염물질의 유무나 혹은 농도 차이에 따라 영향을 받는다. 배관시설이 지하에 매설되었거나 또는 보온을 한 배관은 태양열에 의한 온도상승의 영향이 작으므로 고려치 않는다.

일반적으로 태양복사에너지 678~813 Kcal/m²hr 이다. 태양열에 의해 영향을 받는 면적은 태양과 직각으로 만나는 직사각형의 면적(원통형일 경우)을 노출면적으로 계산하여야 하며, 방사율(Emissivity)은 물질에 따라 다르나 배관계에서는 1로 보는 것이 통상적이다.

날씨가 맑은 어느 날 배관계가 최고대기온도에 도달할 때까지는 외부로 열손실(Heat loss)이 일어나지 않고 열축적(Heat Accumulation)만 일어남을 알 수 있을 것이다. 열축적은 태양 복사에너지와 대류의 합수임을 알 수 있으나 대류는 고려하지 않기로 한다.

배관계가 최고 대기온도까지 도달하는 시간에 대하여 알아보자.

$$Q_p = (C_{p1}W_1 + C_{pp}WP)(t_a - t_p) \quad \dots\dots(3.2)$$

배관계가 최고대기온도에 도달한 후에 태양열에
의하여 어떻게 최고온도에 도달하는가에 대하여
알아보자.

이 경우 배관계는 태양복사에너지를 받음과 동시에 배관계 자체는 대류와 복사에 의해 대기로 열을 방출함을 고려하여야 한다.

배관계가 최고의 온도로 상승할 수 있는 한계는 태양복사에너지로 인한 배관계의 열유입(Heat gain)과 열손실(Heat loss)이 같아질 때까지이며, 이 때 온도가 최대로 상승하다.

배관계의 열손실에 관한 대류와 복사에 관한 식은

$$Q_{cov} = 0.5 \left(\frac{1}{D} \right)^{0.25} (4T)^{1.25} A_c \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

$$Q_{\text{rad}} = 0.1724 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] A h \quad (3.7)$$

식 (3.6)과 식 (3.7)은 Perry Handbook 10-13
참조바람.

태양열에 의한 배관계의 열유입과 열손실이 같아질 때 배관계가 최고 온도에 도달하므로 아래식이 이루어진다.

식 (3.1), 식 (3.4), 식 (3.6), 식 (3.7) 및 식 (3.8)을 정리하면 다음과 같다.

$$Rs \times Ar = 0.5 \left(\frac{1}{D} \right)^{0.25} (4T)^{1.25} Ac + \\ 0.1724 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] Ah \quad \dots (3.9)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \dots \dots \dots \quad (3.10)$$

시행착오법에 의해 ΔT 를 구할 수 있음을 알 수 있다.

앞에서 우리는 태양열에 의한 배관계의 도달할 수 있는 최고온도를 구하는 방법을 알아보았다.

다음은 배관계가 최고대기온도에서 최고온도까지 상승하는데 걸리는 시간에 대하여 알아보자.

이미 언급한 바와 같이 배관계는 온도가 대기온도와 같아지면 이후 태양열에 의한 열유입도 일어나지만, 배관계 자체에 의한 대기로의 복사와 대류에 의해 열손실 현상이 일어난다. 배관계의 온도상승은 열유입과 열손실이 같아지는 온도 즉 열축적(Heat Accumulation)이 일어나지 않는 점까지 도달한다.

배관계에 축적된 열은

Heat acc = Heat gain - Heat loss 이므로

$$Q_{acc} = Q_s - Q_{cov} - Q_{rad} \dots\dots\dots(3.11)$$

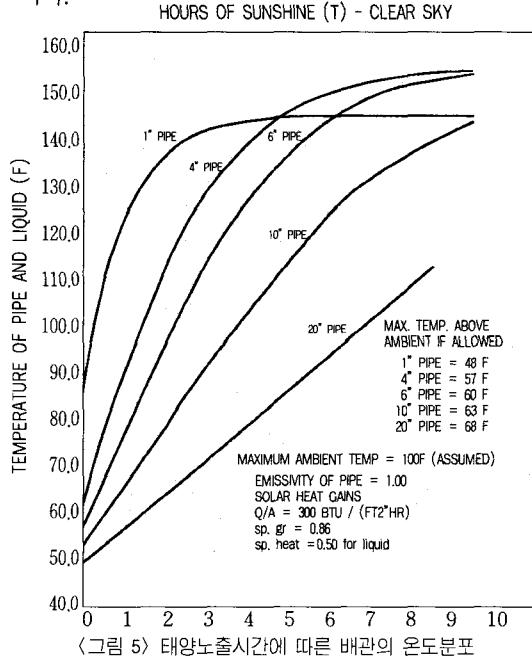
$$\Delta T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots \quad \dots \quad (3.14)$$

매 시간마다 배관계의 온도상승은 식 (3.13)에 의해 Δt_i 를 구하여 식 (3.10)과 같아질 때까지 시간의 합을 구하면 배관계가 대기온도까지 상승하여 최고의 온도까지 도달하는 시간을 알 수 있다.

전체 시간의 합은 식 (3.3)과 식 (3.13)을 이용하여 식 (3.10)을 만족할 때까지 걸리는 시간의 합임을 알 수 있다.

$\Delta T = T_2 - T_1$ 이므로 식 (2.7)에 의해 온도의 변화에 따른 압력상승을 구할 수 있다.

태양노출시간에 따른 배관의 온도분포를 그림 5에 나타내었는데 이를 활용하면 매우 편리할 것이다.



〈그림 5〉 태양노출시간에 따른 배관의 온도분포



논문

3.2 태양열 외의 열원에 의한 온도 및 압력 상승
최저온 액체가 흐르는 관에 보냉(Cold Insulation)이 되어 있을 경우 열팽창배출변의 설계를 하여야 할 것인가를 망설일 경우가 있을 것이다.

그러나 보냉의 결함 등의 요인에 의해 외부열의 침입이 예상되므로 반드시 열팽창배출변을 설치하여야 한다.

또한 스텁트레이싱이 된 배관계, 주변의 고온장치에 노출되어 있는 배관계, 열교환기 내부의 튜브의 파손으로 인해 냉각유체가 흐르는 배관계 등은 열팽창배출변의 설계를 고려하여야만 한다.

또한 전기트레이싱(Electrical Tracing)의 경우도 배관계의 온도가 설정온도까지 상승하므로 이에 대한 검토가 요구된다.

각 경우별로 온도상승 및 압력상승은 2장에서 논한 방법을 이용하면 어느 경우이건 계산할 수 있다.

예) 납사를 운송하는 배관시설에서(584 m³) 아래와 같이 시간대에 따라 대기온도가 상승할 때 배관계의 열팽창으로 인한 부피팽창 및 압력상승을 나타내보았다. (단 압력상승을 고려하면 부피팽창은 일어나지 않으며, 부피팽창을 고려하면 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)을 통한 배출시에 압력상승은 없음)

Hr	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30
T(°F)	68	74.2	80.4	86.6	92.8	99
ΔT(°F)	0	6.2	12.4	18.6	24.8	31
ΔV(m ³)	0	2.53	5.06	7.58	10.11	12.64
ΔP(psi)	0	333	666	999	1332	1665
$\frac{\Delta P}{\Delta T}$ psi/°F		53.7	53.7	53.7	53.7	53.7

상기 예에서 보는 바와 같이 ΔP (psi)는 온도가 상승함에 따라 크게 증가되는 것을 알 수 있다.

4. 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)의 설계 시 고려사항

통상적으로 부지경계(Battery Limit) 내에서의 열팽창배출변의 크기는 $3/4'' \times 1''$ 이면 충분하나, 대륙을 횡단하는 장거리 라인일 경우 아래 기술한 사항을 참고하면 유용할 것이다.

—22''~24''파이프 외경, 20마일까지의 길이인 경우
: $1'' \times 1 \frac{1}{2}''$ 밸브 하나로 충분함.

—24''~30''파이프 외경, 20 마일까지의 길이인 경우
: $1 \frac{1}{2}'' \times 2''$ 밸브 하나로 충분함.

—30''이상 파이프 외경, 20 마일까지의 길이인 경우
: $2'' \times 3''$ 밸브 하나로 충분함.

그러나 석유화학 플랜트에서 파이프 외경이 크지 않고 길이도 짧은 경우에 잦은 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)의 개방으로 인한 문제점을 호소해오는 경우가 많다.

필자의 생각으로는 설정압력(Setting Pressure)이 잘못되었거나 배압(Back Pressure)으로 인한 문제일 것이다.

이와 같은 문제의 검토 및 해결은 5장을 참조바란다. 특히 배압은 열팽창배출변의 배출(Discharge) 배관의 시스템 구성을 어떻게 하느냐에 좌우되며, 배압의 크기에 따라 열팽창배출변의 타입 및 크기가 달라질 수 있으므로 선정 시에 유의를 요한다.

5. 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)의 안전공학면에서의 압력배출 시스템

열팽창배출변의 선정이 잘못되었을 경우에 배관계의 압력이 갑작스럽게 상승되거나 열팽창배출변의 잣은 개폐가 종종 발생하곤 한다. 이로 인하여 시스템 압력의 불안정, 배관시설의 진동 및 파손을 야기시킬 수 있다.

이와 같은 사고의 원인은 통상 열팽창배출변의 크기의 부족, 배출(Discharge) 배관계의 설계오류로 인한 배압(Back Pressure)의 상승이 액체를 충분히 방출하지 못함에 있다.

배압(Back Pressure)이 있을 경우 밸브 타입 선정 및 sizing을 하는데 신중을 기하여야 한다.

〈그림 6〉에서 각 열팽창배출변의 용량이 배압(Back Pressure)에 어떤 영향을 받는가를 알아보자.

〈그림 6〉은 탱크로부터 부두에 접안해 있는 배에 유류를 로딩>Loading)하는 하역시설이다.

차단밸브(Block Valve) 간 배관길이가 같다고 가정하면 PSV1의 열팽창배출변의 크기(Relief Valve Size)는 적어도 Cross Sectional Area에서 PSV3의 크기보다 3배가 커야한다고 생각할 수 있다.

이와 같은 가정은 배압(Back Pressure)이 같다고 할 때 성립할 수 있다.

그러나 PSV1의 배압(Back Pressure)은 탱크 레벨인 1.5 bar로 가정하고 설정압을 8.5 bar라고 한다면 PSV1의 ΔP 는 $8.5 - 1.5 = 7$ bar이다.

PSV2의 경우 똑같은 크기라면 ΔP 는 $Q=CA\sqrt{\frac{4P}{\rho}}$ 에 의해 $7 \times \frac{4}{9} = 3.1$ bar이다

또한 배압(Back Pressure)이 8.5 bar이므로 설정압은 $8.5 + 3.1 = 11.6$ bar이다.

PSV3의 경우 똑같은 크기라면 ΔP 는 $7 \times \frac{1}{9} = 0.8$ bar이므로 설정압은 $11.6 + 0.8 = 12.4$ bar이다.

그렇다면 어떤 타입의 열팽창배출변을 선정하여야 하는가?

〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 conventional direct spring operated safety relief valve는 배압이 설정압의 10% 이상을 허용하지 못하며 balanced direct spring operated safety relief valve는 배압이 설정압의 25%까지만 허용되며, pilot operated safety relief valve는 배압이 설정압의 50%까지 허용됨을 알 수 있다.

앞의 예에서 PSV1의 경우 배압은 설정압의 17.6%임을 알 수 있다.

PSV2는 배압이 설정압의 73%이며, PSV3은 배압이 설정압의 94%임을 알 수 있다.

〈그림 7〉을 참조해보면, PSV1은 balanced direct spring operated safety relief valve 타입일 경우 운전조건을 만족시킬 수 있으나 PSV2와 PSV3는 배압이 너무 크므로 적정한 타입의 밸브가 없다.

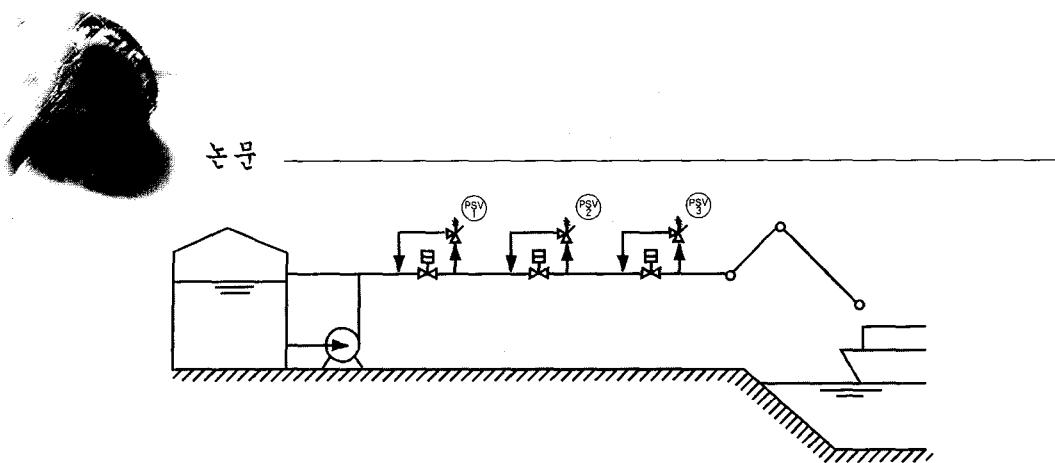
그러므로 PSV2와 PSV3은 정상적으로 작동이 어려우며, 이러한 밸브를 설치했을 경우 사고의 위험을 초래한다.

정상적인 작동을 위해선 PSV2 와 PSV3의 설정압을 높여서 배압분율이 적어도 50% 이하가 되도록 하여야만 적정한 밸브타입을 선정할 수가 있다.

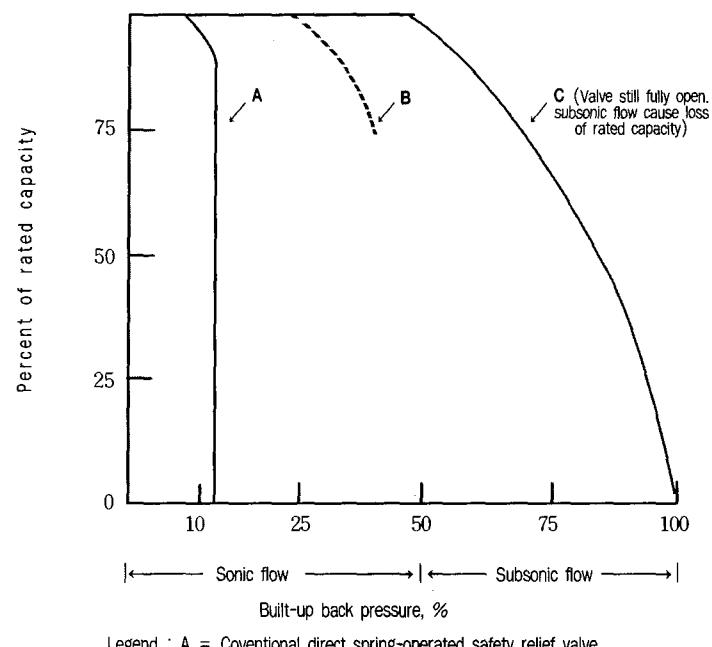
그러나 배압분율을 낮추기 위해서 설정압을 높일 경우 배관 시스템의 설계압력을 높여야 한다는 것을 간과해서는 안된다.

가장 이상적인 방법은 열팽창배출변(Thermal Relief Valve)의 배출배관시스템을 분리 설치하여 배압을 낮추어 주는 것이다.

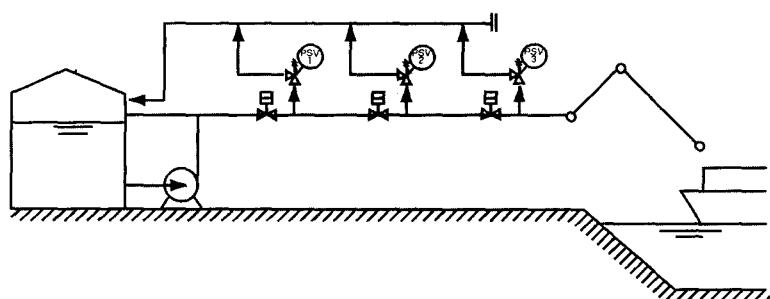
〈그림 8〉에서와 같이 배출배관시스템을 분리하



〈그림 6〉 열팽창배출변의 배출라인집합관을 설치하지 않은 유류하역시설



〈그림 7〉 열팽창배출변의 배압에 따른 타입별 용량의 변화도
(Typical back pressure vs. capacity, 10% overpressure)



〈그림 8〉 열팽창배출변의 배출라인집합관을 설치한 유류하역시설

여 설치할 경우, 밸브크기, 설정압력, 파이프의 설계압력 및 타입 선정이 더욱 용이하다는 것을 알 수 있다.

어느 경우이건 직렬식으로 열팽창배출변의 배출 배관을 연결하는 것은 바람직하지 못하다.

특히 Hydrocarbon Processing (May 1982) 중 Effective Pressure Relief of Offsite Piping에 관한 내용에서 (page 214) 1. Blow to Upstream Case는 열팽창배출변의 배압에 의한 특성을 고려하지 않고 기술한 내용이므로 설계 시에 주의를 요한다.

6. 열팽창배출변(Thermal Relief Valve) 설치 시의 예외사항

배관계에서 열팽창배출변의 설치를 고려하지 않아도 되는 경우는 다음과 같다.

- 부지경계(Battery Limit) 내의 배관계에 차단밸브가 설치되어 있으나 기기에 Pressure Relieving 설비가 부착되어 있는 경우
- Rundown 탱크 시설에서 배관길이가 120m를 초과하지 않는 경우
- 배관집합관(Manifold)에서 밸브 사이의 거리가 80m 이하이며, 150lb solid wedge gate valve일 경우
- 외부로부터 열출입이 없는 지하배관
- 항상 65°C 이상의 고온액체가 흐를 경우
- 가스배관 혹은 Two Phase 배관

dp	: 배관계 내의 액체압력 변화
V	: 배관계 내의 액체의 부피, 배관계의 부피
A	: 등압부피팽창계수 (1/F)
B	: 등온압축상수 (1/psia)
T	: 배관계 내의 액체온도
ta	: 최고대기온도
tp	: 배관계의 초기 온도
Qs	: 태양열에 의한 복사에너지
Rs	: 단위면적당 태양열에 의한 복사에너지
Ar	: 배관 측면의 Cross Sectional Area
Ac	: 배관의 외부면적
Qp	: 배관 자체 및 배관 내에 있는 액체의 일정온도 상승을 위한 열용량
Cpl	: 배관내 액체의 열용량
Cpp	: 배관 자체의 열용량
Wl	: 배관내 액체의 중량
Wp	: 배관의 중량
H	: 배관계가 최고대기온도까지 걸리는 시간
Ql	: 배관계의 열손실
Qcov	: 배관계의 대류에 의한 열손실
Qrad	: 배관계의 복사에 의한 열손실
D	: 관경
ΔT	: 배관계의 온도와 최고온도와의 차이
T2	: 배관계의 온도 (절대온도)
T1	: 최고대기온도 (절대온도)
AH	: 배관의 외부면적의 1/2
Qacc	: 열축적
Cpa	: Cpl × Wl + Cpp × Wp
ΔP	: 압력차

Nomenclature

dv	: 배관계 내의 액체부피 변화
dt	: 배관계 내의 액체온도 변화



논문

참고문헌

1. "Safer Relief Valve Sizing" Chemical Engineering, May 1989
2. Perry's Chemical Engineers Handbook by John H. Perry, 6th Ed., 1984
3. "Effective Pressure Relief of Offsite Piping", Hydrocarbon Processing, May 1982
4. "Are Liquid Thermal Relief Valves Needed?" Chemical Engineering, May 1984
5. "Liquid Expansion", API RP 521 Appendix C
6. Data Book on Hydrocarbons by J. B. Maxwell
7. Wayne C.Edmister, Byung IK Lee, Applied Hydrocarbon, Thermodynamics Vol. 1, 2nd Ed, 1984
8. Technical Data Book of Petroleum Refining by API
9. Chemical Engineering Thermodynamics by J. M. Smith
10. Relieving Thermal Expansion of Liquids Engineering in Piping, Aramco Engineering Standards AES-L-19

(원고 접수일 1997. 4. 1)