

冷凍配管 技術基準 解説

崔 仁 圭

〈延世大 工大 教授・工博〉

I. 序 論

1. 參考基準의 選定

壓力配管에 對한 美國의 國家規準으로는 다음과 같은 것이 있다.

- Section 1. Power Piping ANSI B31.1
" 2. Fuel Gas Piping ANSI B31.2
" 3. Petroleum Refinery Piping ANSI B31.3
" 4. Liquid Petroleum Transportation Piping ANSI B31.4
" 5. Refrigeration Piping ANSI B31.5
" 6. Chemical Plant Piping ANSI B31.6
" 7. Nuclear Power Piping ANSI B31.7
" 8. Gas Transmission and Distribution Piping Systems ANSI B31.8

이중에서 Power Piping ANSI B31.1은 1977年度에 工振廳에서 制定한 "압력배관 기술 기준(1)"⁽¹⁾의 基本이 되고 있다.

今般의 冷凍配管 技術基準 制定에 있어서도 이것이 壓力配管의 범주내에 包含되는 것이기 때문에 基準의 統一性을 期하기 위하여서는 압력배관기술기준(1)에 準하여 ANSI B31.5 Refrigeration Piping을 基本으로 하여야 할 것으로 考慮하였다.

現在 各國의 壓力配管에 對한 技術基準은 그 形式은 如何間에 基本的으로는 ANSI B31. 시리즈에 따르고 있고 또 이規準이 國際적으로 認定 널리 施行되고 있으므로 本 冷凍配管 技術基準도 ANSI B31.5에 따라 制定하는 것이 妥當性이 있는 것으로 考慮하였다.

2. 制定方針

制定方針으로는 上記와 같은 理由로 ANSI B31.5를 忠實하고도 알기쉬운 形態로 옮기되 第1章 머릿말 部分은 우리나라에서 그대로 施行하기에는 行政的 節次上 어려운 點이 있어 削除하였다.

그리고 여기서 制定하는 基準을 우리나라에서 利用하는데 있어 誤解나 또는 不便한 點이 없도록 하기 위하여 다음과 같은 配慮를 하였다.

a. 用 語

用語는 原則적으로 大韓機械學會의 機械用語集에 따르기로 하였다. 그리고 用語에서 오는 誤解를 없애기 위하여 本規準에서 使用한 用語를 原文의 英語用語와 對比시켜 附錄 1로 하였다.

b. 單 位

單位는 工學系 미터릿크系 單位로 換算하였으나 英國系 單位를 그대로 併記하였다. 單位換算으로 因하여 式이 相異해지는 경우에는 미터릿크系單位 및 英國系單位에 各各適用할 수 있는 式을 併記하였다.

c. 引用된 各種 規格 및 基準

本 基準에서 引用된 各種 規格 및 基準은 다 음과 같다.

ASTM A 系列 材料	76種
" B " "	41"
" D " "	1"
ASME SFA 5系列 熔接棒	9"
AWS A 5系列 熔接棒外	11"
API 規 格	3"
MSS "	10"
AWWA"	1"
MIL "	1"
ANSI "	27"
ASME 보일러 및 壓力容器基準 Section 8 및 9	

기 타 2種

本基準을 利用하는 데 있어서는 上記 規程 및 基準을 隨時로 參照하지 않을 수 없다. 이러한 경우에 이것을 規格發行機關別로 規格番號順序로 整理한 表가 있는 것이 便利할 것으로 考慮하여 이것을 附錄으로 添付하였다. 그리고 規格入手時의 便宜를 考慮하여 規格發行機關의 住所를 附錄 3으로 添付하였다.

d. 上記規格의 SK 轉換問題

本 基準에서 上記 規格에 대하여 KS 類似規格을 찾아서 이것을 併記하는 것이 바람직 하다고 考慮는 하였으나, 이렇게 할려면 作業量이 방대해질뿐 아니라 內容이 多少間 相異한 規格을 無理하게 對應시키지 않으면 안되는 問題點이 있다.

이와 같은 理由로 本基準에서는 引用 規格의 KS 轉換은 保留하였다. 다만 ASTM A系列 材料에 對해서는 文獻(3)을 參考로 하여 類似規格을 찾아 ASTM-KS-JIS 對比表를 作成, 鋼管에 對해서는 附錄 4, 鋼材全般에 對해서는 附錄 5로 整理하여 利用者의 便宜를 圖謀하였다. 그러나 이表는 어디까지나 參考資料에 그치는 것이고 轉換을 할수있다는 것을 保證하는 것은 아니다.

II. 解 說

1. 第 1 章에 關한 事項

a. 適用範圍

本 基準은 最低 -195°C 까지의 冷媒配管 및 브라인 配管의 材料, 設計, 製作, 組立, 檢査 및 試驗에 對한 最小限의 要求事項을 規定한 것이 다. 但 다음은 除外한다.

(1) 國家에서 公認된 檢査機關의 要求事項에 따르는 自己內藏冷凍시스템

(2) 給水配管

(3) 1.05 kgf/cm^2 以下の 外壓 및 內壓에 對하여 設計된 配管. 여기서 配管에는 다음이 包含된다.

○管, 플랜지, 보울트이음, 가스킷, 밸브, 이음쇠

○配管部品에서 壓力이 걸리는 部分

○管支持用固定具 및 構造의 附着物

따라서 壓力容器, 壓縮機, 펌프, 熱交換器 等은 配管에 包含되지 않는다. 단 이러한 裝置의 切斷部 이음에서 始作하는 連結用冷媒配管은 包含된다. 支持用構造物은 包含안된다.

b. 用 語

本 基準에서는 64個用語가 定義되어 있다. 이 중에서 冷凍配管에만 使用되는 用語로는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 冷媒: 膨脹 또는 蒸發에 依하여 冷凍을 일으키는데 使用되는 物質이며 다음의 3 group로 分類한다.

1 Group: 거의 無毒性 및 不燃性

2 Group: 有毒性, 引火性의 兩者가 있거나 또는 이종의 1個가 있는 것

3 Group: 高度의 引火性 또는 爆發性이 있는 것.

(2) 브라인: 熱輸送用으로 使用되는 液體이며 相變化가 없는것. 引火點은 66°C 以上이어야 한다.

(3) 自己內藏시스템: 完全히 工場에서 製作 및 試驗된 冷凍시스템으로서 適當한 frame 또는 포의물속에 포함된다.

(4) 高壓쪽: 콘덴서 壓力을 받고 있는 冷凍시스템의 部分

(5) 低壓쪽: 蒸發器 壓力을 받고 있는 冷凍시스템의 部分

2. 第2章에 關한 事項

第2章은 設計에 關한 것이며 5個部로 나누어 그 基準을 定하고 있다. 이中에서 基本의인 事項에 對하여 說明한다.

a. 設計條件

設計條件의 要素 로는 壓力, 溫度, 外氣의 影響動의 效果(衝擊, 바람, 地震, 振動, 排出反力), 重量效果(活荷重, 死荷重 및 試驗荷重) 및 熱膨脹收縮으로 因한 負荷가 考慮되고 있다. 壓力과 溫度에 對한 條件을 紹介한다.

(1) 內壓 및 外壓

內壓 및 外壓은 正常運轉時 또는 非運轉時에 가장 苛酷한 溫度條件에서의 가장 苛酷한 壓力을 取한다. 그리고 內壓이 零이고 外壓이 大氣壓 일때에 配管에 崩壞가 일어나지 않도록 하여야 한다.

(2) 最少設計壓力

最少設計壓力은 1.05 kg f/cm^2 以下이어서는 안된다. 그리고 이 壓力은 다음의 溫度에서의 冷媒의 飽和壓力보다 劣하여서는 안된다.

(a) 모든 시스템의 저압쪽, 27°C

(b) 水冷 또는 蒸發式 冷却 시스템의 高壓쪽 40°C

(c) 空冷시스템의 高壓쪽, 52°C

이러한 條件에서 普通使用되는 24種의 冷媒의 最少壓力에 대한 데이터를 求하고 이것을 本基準의 表 2.1 最少設計壓力으로 整理하고 있다.

(3) 溫度

管壁의 溫度는 配管內를 흐르는 冷媒의 溫度와 같다고 考慮한다. 低溫에서 使用되는 金屬材料에 對해서는 衝擊強度의 減少를 考慮에 넣는다.

b. 設計基準

(1) 定格이 ANSI 規格으로 規定되어있는 配管部品

이러한 部品에 對한 設計壓力 및 設計溫度는 正常運轉條件에서는 그 部分에 對하여 規格에서 規定한 壓力-溫度 範圍內에 있어야 한다. 但, 豫期最大壓力을 使用하여 公式로 부터 計算한 管壁에서의 應力이 豫期되는 溫度에 對한 基本

許容應力值을

(a) 運轉期間의 10%동안 15%까지 增加 또는 (b) 運轉期間의 1%동안 20%까지 增加 할 때에는 壓力, 溫度중의 1個 또는 兩者가 이 範圍를 超過하는 것을 認定한다.

(2) 許容應力值

許容應力值을 定하는 根據가 2.2.3에서 說明되어 있고 各種鋼管, 銅 및 그 合金의 管, 알미늄 및 그 合金의 管에 對한 具體的인 許容應力值가 表 2.2로 주어져 있다.

크리프 및 응력-파단강도에 대해서는 文獻(4)에 따른 方法으로 決定하는 것으로 되어 있다. (이 方法에 對해서는 文獻(4)를 要約하여 附屬書 1로 하였다)

(3) 許容應力值와 計算式으로 얻어진 應力值와의 關係

持續荷重(內壓, 外壓, 굽힘 및 비틀림에 起因한 膨脹應力의 許容應力 範圍) 및 隨時荷重에 對하여 이 關係를 規定하고 있다.

(4) 치수 여유

腐蝕 및 侵蝕, 나사 깎기 및 홈파기, 崩壞 및 버크링 등을 考慮하여 配管部品の 管壁 두께에 치수여유를 줄수있게 되어있다. 但 치수여유를 計算할 수 있는式 또는 具體的 데이터에 對해서는 規定되어 있지 않다.

c. 配管部品の 壓力設計(設計 第2部)

直管, 管의 굽힘部, 교차點, 폐쇄口, 플랜지와 블랭크 및 其他部品에 對한 壓力設計에서 考慮한 事項, 計算式, 이식에 關係되는 데이터 등이 規定되어 있다. 데이터로서는 다음과 같은 것이 있다.

그림 2.1 : 應力範圍減少係數

그림 2.2A 및 2.2B : 降伏強度가 $1690\sim 2110 \text{ kgf/cm}^2$ 및 $2110\sim 2670 \text{ kgf/cm}^2$ 인 炭素鋼으로 製作된 管 또는 폐쇄口가 外壓을 받을 때에 두께를 定하는 線圖(B係數에 對한 A係數의 相關圖)

備考: 本基準에 나와 있지 않은 其他 材料에 對한 相關圖를 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. VIII, Div1⁽⁵⁾로부터 轉載하

여 附錄 2로 하였다.

d. 配管部品の 選定과 그 限界(設計第 3 部)

管에 對해서는 表 2.1 및 表 4.1에 따른 것이 라면 그 表에 있는 溫度範圍와 表 2.1의 應力範圍內에서는 使用할 수 있다. 但 다음과 같은 追加制限事項이 있다.

(1) 炭素鋼管

(a) Schedule 80 以上の 管 두께 : size 12.5 mm 以下の 管에 對해서는 Group 2 및 3의 液體管路에만 使用할 수 있다.

(b) Schedule 40 以上の 管두께 : size 150mm 以下の 管에 對해서는 Group 1의 液體管路에만 使用할 수 있다. size 50~150mm의 管에 對해서는 Group 2 및 3의 液體管路에 使用할 수 있다. 150mm 以下管에 對해서는 Group 1, 2 및 3의 蒸氣管路로 使用할 수 있다.

(c) 平爐鋼으로서 復磷處理가 되지 않고 있는 맞대기 熔接管은 冷媒液體管으로 使用할 수 없다.

(2) 鑄鐵管

冷媒配管용으로 使用못한다.

(3) 非鐵管

銅 및 그 合金, 알루미늄 및 그 合金으로 製作된 管은 使用冷媒에 適合한 것이고 設計節次와 許容應力值에 合當한 것이면 size에 關係없이 使用할 수 있다.

管以外的 其他 配管部品에 對해서도 그 選定條件과 이에 對한 制限條件이 第 3 部에서 規定되어 있다.

e. 配管이음에 對한 選定과 그 限界(設計第 4 部)

配管이음은 壓力-溫度 條件에 適合하여야 할 뿐만 아니라 이음의 機密性 및 機械의 強度에 對한 考慮가 必要하다. 또한 수송되는 冷媒의 腐蝕性 侵蝕性, 引火性 等에 對한 考慮를 하여야 한다.

이러한 見地에서 熔接이음, 플랜지이음, 팽창이음 및 其他이음에 對한 選定條件과 그 各各에 對한 制限條件이 規定되어 있다.

f. 膨脹 flexibility, 構造的附着物, 支持物 및 拘束物(設計第 5 部)

(1) 膨脹 flexibility

配管시스템은 熱膨脹으로 因하여 생기는 破損, 누설, 連結裝備의 變形, 損傷 等を 防止하기 위하여 充分한 flexibility를 가져야 한다. 벤딩 또는 비틀림 flexibility는 벤드, 브루프, 오프셋트等을 使用하여 준다. 軸方向 flexibility는 膨脹이음으로 줄수 있다. flexibility의 解析에 있어 應力範圍, 膨脹範圍, cold springing, 局部過剩變形率 및 材料의 物性值(熱膨脹係數, 彈性係數 및 포아손比) 等に 關係되는 要素를 考慮하여야 한다. 이 解析에 必要한 데이터로는 다음과 같은 것이 있다.

表 2.3 熱膨脹데이터

表 2.4 彈性係數

表 2.5 flexibility 係數 및 應力集中係數

g. 管支持要素의 設計(設計第 6 部)

管支持要素의 設計目標은 다음과 같다. 즉 重量效果, 壓力 및 溫度, 振動, 바람, 地震, 熱膨脹 및 收縮, 基礎의 不同沈下 等으로 發生하는 荷重과 처짐을 防止하여 아래와 같은 것이 일어나지 않도록 한다.

(1) 本基準에서 許容한 應力을 초과하는 應力이 配管에서 생긴다.

(2) 이음에서 누설이 일어난다.

(3) 過度한 드러스트와 모우멘트로 連結裝備에 變形이 생긴다.

(4) 管支持要素自體에 過度한 應力이 생긴다.

(5) 外部振動과 配管시스템이 共振한다.

(6) flexibility로 因하여 配管系에 干涉이 생긴다.

(7) 支持裝置로부터 配管이 풀린다.

(8) 排水기울기가 있어야 할 配管 시스템에서 配管에 沈降이 생긴다.

3. 第 3 章 材料에 關한 事項

보울트이음, 이음쇠, 벨브, 플랜지, 강관, 비철관, 강류우브, 비철류우브, 강판, 비철판, 용접부, 납땜금속 및 경납땜금속, 용가재, 스프링체인, 봉재등의 材料로는 表 3.1의 規格에 따른 材料를 使用하는 것을 原則으로 하나, 設計溫度

□ 技術基準解説

가 應力値가 주어져 있는 溫度보다 높은 경우에 使用할 수 없다. 또한 衝擊試驗 要求條件에 符合안되는 材料는 -29°C 以下の 溫度에서는 使用할 수 없다. -29°C 以下에서 使用되는 材料에 對해서는 指定된 條件에서 使用되는 特定材料를 除外하고는 衝擊試驗을 施行하여야 한다.

이 以外에 鑄鐵 및 可鍛鑄鐵, 노주라鐵에 對해서는 附加的 制限事項이 加해진다. 프라스틱, 유리, 고무等과 같은 非金屬製 配管部品으로서 壓力이 걸리는 것은 이 基準에서 規定은 하고 있지 않으나 使用할 수 있다. 但 許容應力値가 없는 경우에는 本 基準의 設計概念에 따른 解析에 따라 壓力設計가 되어야하며 또한 保證試驗*, 實驗에 依한 應力解析試驗 中の 1個에 合格하여야 한다. 그리고 이러한 材料에 對해서는 使用溫度에서의 材料의 安定性, 使用冷媒에 對한 老朽化抵抗, 引火性, 衝擊抵抗等이 考慮되어야 한다. (本基準에서는 이 以上の 具體的 規定은 되어 있지 않다. 必要데이터도 주어지지 않다) (*保證試驗은 附屬書 3으로 要約)

4. 第4章 치수 요구사항에 관한事項

보울트, 너트, 이음쇠, 벨브, 플랜지, 가스켓, 管 및 튜우브, 나사등으로서 表4.1의 規格에 따른 것은 해당규격의 치수요구 사항에 따른다. 非規格配管部品은 可能限 規格部品과 同等한 強度 및 性能을 保有하는 것이어야 하며 치수는 便宜上 該當시킬 수 있는 規格部品과 同一한 것이어야 한다.

5. 第5章 製作 및 組立에 관한事項

a. 熔接

材料, 熔接部의 事前準備, 熔接節次, 資格檢證, 記錄, 熔接缺陷部의 修理에 對하여 規定하고 있다. 大略적으로는 壓力配管 技術基準(1)에서 規定한 것과 同一하다.

b. 경납땜 및 납땜

本 基準에서는 壓力配管 技術基準과는 달리 경납땜 및 납땜에 對한 規定이 있다. 용가재, 플럭스, 表面處理, 이음틈새, 加熱, 資格檢證等에

關하여 規定되어 있다. 이음틈새는 兩者 다같이 0.1mm 以上이어서는 안된다. 경납땜의 節次檢證과 경납땜工 技能檢證은 ASME Boiler and Pressure Vessel Code의 Section IX, Part C⁽²⁾에 따르게 되어 있다. 납땜절차에 對해서는 Copper Tube Handbook에 나와 있는 節次에 따르게 되어 있다.

c. 熱間 및 冷間굽힘, 成形, 熔接部의 熱處理
熔接部의 熱處理에 關한 가장 重要한 데이터로는 表5.1이 주어져 있다. 이 表에는 Pnumber 分類에 따른 各材料에 對하여 豫熱 및 後熱處理 條件과 其他 要求事項에 對한 데이터가 提示되어 있다.

d. 組立

配管部品の 組立에 있어서는 組立된 配管시스템이 本 基準의 모든 要求事項을 充足시켜야 한다.

(1) 플랜지面의 보울트 結合에 있어서는 개스킷과 接觸하는 面이 개스킷과 均一하게 接觸하여야 한다. 보울트에는 均一한 應力이 걸리도록 플랜지面의 結合이 되어야 한다.

(2) 管의 나사이음에서 누설防止가 要求되는 경우에는 compound을 使用하여서는 안된다.

6. 檢査 및 試驗(第6章에 對한事項)

a. 檢査

配管系가 完全히 組立되면 運轉에 들어가기에 앞서, 이 配管系가 本 基準의 모든 要求事項을 充足시키고 있는가를 肉眼檢査한다. 모든 이음부에 缺陷이 없는가를 檢査한다. 許容應力의 70% 以上の 길이 方向 持續應力이 걸리거나 또는 許容應力 範圍의 50% 以上の 膨脹應力이 걸리는 處에 熔接部를 圖面上으로 確認하고 肉眼 또는 其他 同等한 方法으로 檢査한다.

b. 試驗

(1) 管, 벨브, 計器, 이음쇠, 레귤레이터等과 같은 配管部品은 部品製作者가 該當規格에 따라 試驗하였을 경우에는 다시 試驗하지 않아도 좋다.

(2) 工場試驗

Ⅲ. 後 記

(a) 冷媒가 通하는 모든 配管은 定格設計壓力 以上の 壓力으로 試驗되어 機密하다는 것이 證明되어야 한다.

(b) 高壓쪽 配管의 試驗壓力은 高壓쪽 配管部 品중에서 最下의 定格壓力에 該當하는 것과 同一하여야 한다. 低壓쪽 配管의 試驗壓力은 低壓 쪽 配管部 品중에서 最上의 定格壓力에 該當하 는 것과 最少限 同一하여야 한다.

(c) Group 3 冷媒의 配管試驗에 對해서는 ANSI B31.3의 第6章에 따른다.

(d) 非確動變位 壓縮機를 使用하는 配管시스템 의 試驗에 있어서는 試驗目的上 全體시스템을 低壓쪽으로 考慮한다.

(3) 現場試驗

(a) 工場에서 試驗된 配管部 品을 除外한 冷媒 配管은 運轉에 들어가기에 앞서 試驗되어서 機密하다는 것이 證明되어야 한다. 高壓쪽 配管은 設計壓力 또는 壓力리리프 裝置의 設定壓力보다 작지 않은 壓力으로 試驗한다. 低壓쪽 試驗壓力 도이에 準한다.

(b) Group 1의 冷媒를 使用하고 16mm 外徑 以下의 銅配管으로되어 있는 配管시스템은 最低 21°C의 冷媒飽和壓力으로 充填된 冷媒로 試驗하여도 좋다.

(c) (2)의 (c)와 同一

(d) (2)의 (d)와 同一

(4) 試驗媒體

酸素 또는 可燃性가스를 試驗媒體로 使用할수 없다. 물 또는 水溶液도 使用해서는 안된다.

(5) 브라인配管

(a) 브라인 配管은 最少限 設計壓力으로 試驗 한다.

(b) 冷媒를 브라인으로 使用하고 있는 配管은 冷媒配管으로 試驗한다.

本基準은 冷凍配管의 材料, 設計, 製作, 組立 檢査 및 試驗에 對한 最少限의 要求事項을 規定 한 것이기 때문에 모든 條項의 記述이 「하여야 한다」, 「하여서는 안된다」, 「이러이러한 경우에 限해서는 例外的으로 하여도 좋다」와 같은 形式 으로 되어있다. 그리고 이러한 基準의 性格上, 例를들어 侵蝕, 腐蝕을 考慮한 치수餘裕을 주는 問題, 老朽化를 考慮한 材料의 選定問題等은 細 部の規定이 되어 있지 않다.

또한 壓力에 걸리는 配管部 品으로 플라스틱, 고무, 유리와 같은 材料를 使用하는 것을 禁止 는 안하고 있으나 許容應力值는 提示하지 않고 있다. 信賴할만한 許容應力值가 있으면 이러한 材料도 利用할 수 있으나, 이때에는 이 基準의 모든 要求條件을 滿足하여야 한다는 立場을 取 하고 있다. 이러한 許容應力值가 利用不可能한 경우에는 保證試驗 또는 實驗에 依한 應力解析 을 要求하고 있어 特別한 境遇가 아니면 이러한 材料를 使用하기 어렵다.

參 考 文 獻

- (1) 公업진흥청, “압력배관기술기준(1)”, 1977
- (2) 대한기계학회, “기계용어집”, 1976, 동명사
- (3) 海外技術資料研究所, “世界鐵鋼材料規格比較對比 總覽”, 1976, (日書)
- (4) F.B. Foley, “Interpretation of Creep and Stress-Rupture Data,” Metal Progress, June 1947, pp. 951~958.
- (5) Section VIII and Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code.
- (6) 其他 關係規格