

油類 · 가스化工藥品 安全管理과 火災豫防對策

서울大學校 工科大學 教授
工學博士 林 應 極

○…………이 發表文은 本協會가 지난 11월 7일 불조심強調期間에 즈음, 內務部와 제 1回 防火세미나…………○
○…………나를 共同主催, 火災豫防의 새로운 問題點을 導出分析하고 豫防消防行政의 施策方向을 研…………○
○…………究發展시키는 同時 汎國民의 防火意識 鼓吹와 豫防活動을 目的으로 近間 頻煩히 發生하는…………○
○…………電氣 가스分野의 火災豫防과 消防設備의 合理的 管理를 主題로 한 것이다, ……………○
……………編輯者 註……………

I 燃燒現象

燃燒하는 것은 物質이 酸素와 化合하는 化學變化 卽 酸化反應中에서 特히 그 反應熱이 크고 그 熱에 依하여 被酸化物質이 熱을 發生 또는 發炎하게 되는 現象을 말한다. 따라서 酸化反應을 하면서도 熱을 發生하지 않는 現象(鐵이 녹을 때)이나 빛을 同伴하지 않는 現象(生體內에서 營養素가 酸化하여 體溫을 維持하는 경우)는 燃燒라 하지 않는다.

1. 燃燒條件

燃燒가 일어나기 위하여 다음의 3條件이 滿足되어야 한다.

i) 可燃性 物質: 酸化反應이 發熱 發光을 同伴하는 物質로 多數의 有機化合物이나 Mg, Al 등의 金屬, 固體, 液體 및 氣體燃料 등이 있다.

ii) 酸素源: 燃燒反應을 일으키는 데는 可燃性 物質에 對하여 酸素의 供給이 必要하다. 代表的

인 酸素源은 空氣이지만 火藥과 같이 物質自身이 酸素를 가진 경우가 있다.

iii) 熱源: 酸化反應을 일으키는 데는 酸素. 可燃性 物質의 一反應系에 充分한 活性化에너지를 줄 必要가 있다. 普通 이에너지를 物質을 加燃한다는 熱의 形으로 주어지는 데 物質에 따라着火溫度가 다르지만 그 溫度以上으로 供給하여야 燃燒를 繼續할 수 있다.

2. 燃燒의 形態

可燃性 物質의 燃燒는 固體, 液體 및 氣體로서 各其 그 形態가 다르고 또 酸素의 供給에 따라서도 다르다.

i) 蒸發燃燒: 石油나 알콜이 空氣와 더불어 燃燒하는 경우 液體인 石油나 알콜 自身이 燃燒하고 있는 것이 아니라 液體表面으로부터 蒸發하는 可燃性 蒸氣가 空氣속의 酸素와 供給하여 發熱 發生하는 것이다. 따라서 石油, 알콜 自身の

溫度는 그다지 上昇하지 않는다. 또 파라핀과 같은 固體도 加熱로 溶解한 液體가 蒸發하여 그 蒸氣가 燃燒한다. 이와 같은 燃燒形態를 蒸發燃燒라 한다. 거의 모든 可燃性 液體 및 少數의 可燃性 固體의 燃燒는 이 形에 屬한다.

ii) 分解燃燒: 木材나 石炭과 같은 固體를 加熱하면 分解하며 그 體의 溫度에 따라 各種의 가스를 發生한다. 이것을 熱分解라 한다. 이리 因하여 發生한 可燃性 分解가스(CO , C , H_2 , CH_4)가 空氣와 混合하여 燃燒하는 경우를 分解燃燒라 한다. 萬一 加熱이 不充分하면 分解가스는 燃燒가 일어나는 濃度까지 發生하지 않고 熱分解만 으로 그친다. 揮發性的 液體나 固體의 蒸氣壓은 低溫度에서도 比較的 크므로 蒸氣燃燒는 일어나기 쉽지만 分解燃燒는 熱分解라는 過程이 中間에 들어가는데 이것은 極 높은 溫度를 要하므로 일어나기 힘들다.

iii) 表面燃燒: 前 2項은 어느 것이나 蒸發 熱分解에 의하여 생긴 可燃性가스가 燃燒하고 있는 狀態이지만 萬一 蒸發이나 熱分解가 가장 일어나기 힘든 物質은 그 自身이 燃燒한다. 酸素源은 物質의 表面에 吸着한 酸素分子이고 表面만이 燃燒해기므로 이것을 表面燃燒라 한다. 可燃性 가스가 放出되지 않으므로 無炎燃燒로 된다. 코크스, 金屬(Al , Mg) 등은 表面燃燒로 한다.

iv) 擴散燃燒: 擴散燃燒라는 것은 水素等の 可燃性 가스가 空氣中에 擴散하여 酸素와 混合하면서 發火燃燒를 하는 것을 말한다. 가스퍼너 등은 正常燃燒이지만 미리 可燃性 가스와 空氣를 適當히 混合한 것을 點火하면 反應速度는 漸次 커져서 非正常燃燒(爆發)가 된다.

v) 自己燃燒: 可燃性物質과 酸素가 따로 따로 있는 것이 아니고 物質自身이 酸素分子를 속에 包含하여 燃燒하는 現象을 말한다. 이 경우에는 可燃物과 酸素는 分子狀으로 混合되어 있으므로 酸化反應의 速度는 크게 되고 爆發의 으로 燃燒한다. 火藥 등은 이러한 燃燒形態를 取한다.

3. 燃燒限界

可燃性 物質은 그것이 固體, 液體 또는 氣體中 어느 것에 屬하거나 本質的으로는 發生하는 可燃性 가스와 空氣와의 混合가스가 燃燒된다. 燃燒를 일으키는 混合가스와 組成에는 一定한 範圍가 있고 이것을 燃燒範圍 또는 爆發範圍라 하고 燃燒를 일으키는 가스의 濃度限界를 燃燒限界라 한다. 또 燃燒限界中 燃燒를 일으키는 가스의 最低濃度 및 最高濃度를 各其 下限界, 上限界라 한다. 따라서 下限界의 낮은 값일수록 또 燃燒範圍가 넓을수록 危險하다. 表 1 및 2에 실려 있다.

II 安全管理

概 說

化學工業에 있어서 일어나기 쉬운 事故는(火災 및 爆發) 可燃性 가스, 引火性 液體, 爆發性 物質 및 一般 可燃物等에 의한 工場의 火災 또는 爆發과 高壓가스에 의한 破裂等の 事故를 들 수 있다. 化學工場에서는 여러가지의 危險性 化學藥品을 다루고 또 過酷한 化學的 操作을 하는 곳에서는 火災, 爆發 또는 中毒等の 災害의 發生하는 件數는 他産業에 比하여 顯著하게 크다. 따라서 그의 安全을 確保하기 위해서는 裝置에 關한 設計의 對策을 當初부터 講究해두고 安全하고도 正確한 運轉操作을 함과 더불어 언제나 機械裝置의 點檢, 整備를 怠慢하지 않음이 必要하고 이 중에서 어느 하나를 缺如하여도 裝置의 安全을 期할 수가 없다.

1. 設計에 있어서의 安全管理

化學裝置에서 그 性能이나 經濟성이 優季하다는 것과 마찬가지로 安全性이 높음을 要한다. 安定성을 높이는 機構 그 自體가 特許로 되어 있는 것까지 있다. 따라서 일어날 念慮가 있는 事

故를 未然에 豫測하고 그것을 防止하는 具體策을 計劃中에 넣어 둘 必要가 있다. 이것이 設計에 있어서 安全이라고 불리우는 것으로서 플란트가 가지는 모든 危險性を 評價하여 그의 危險性を 없애든가 低減하는 具體策을 講究해 두는 것이다.

2. 플란트의 危險性的 評價

플란트의 危險性的 評價에 있어서는 될수록 많은 要因에 關하여 檢討한다.

i) 火災, 爆發에 對한 藥品(또는 그의 混合物)의 銳敏性: 引火點, 發火點 및 爆發範圍 等の 物理的 特性을 基礎로 하여 評價한다. 可燃性가스에 關하여는 燃燒熱, 爆發範圍, 可燃性 液體에 關하여는 引火點, 可燃性 固體에서는 燃燒 및 消火의 難易 等에 따라 危險性を 評價한다.

ii) 火災의 境遇의 特殊性: 火災가 생긴 경우 火勢를 助長하는 物質, 例컨대 물을 뿌리면 可燃性 가스를 發生하는 것(카바이트), 酸素를 放出하는 것(過鹽素酸鹽類), 爆發的 分解를 일으키는 것(高壓에틸렌), 爆發을 일으키는 것(아세틸렌), 加熱되어 重合熱을 내는 것(酸化에틸렌) 또는 自然性 物質(모노비닐 아세틸렌) 等에 關하여는 保安上 特殊한 危險性を 갖은 것으로 評價한다.

iii) 化學反應의 危險性: 化學反應이 發熱反應인가 또는 反應中에 爆發性的 物質이나 有害한 物質을 生成하는 與否에 對하여 評價한다.

iv) 操業條件: 操作이 單純하다던가 複雜하다던가, 連續式인가 또는 不連續式인가 等の 操作 方法의 相違에 따라 危險性を 評價한다. 一般으로 複雜한 操作이나 不連操作에는 危險성이 많다고 看做된다.

3. 危險성을 없애는 具體策

危險性的 評價에 따라 危險을 없애는 具體策을 講究하는 것이지만, 對策을 세우는 경우의 方案은 事故의 原因을 될 수 있는대로 작게한 設

計로 하고, 操業中에 發生하는 事故原因을 最小限으로 하며, 萬一事故가 일어나서도 그 被害를 最小限으로 줄이는 等이 主眼이 된다.

4. 事故의 原因을 적게한 設計

Process safety 라고 불리우는 思考方式이고 다루는 特質의 危險性이나 操業條件에 따라 適當한 裝置의 材料, 構造 및 操作機構로서 火災 爆發의 原因을 될 수 있는대로 적게하는 것이다. 實際로는 다음과 같은 對策이 세워지고 있다.

i) 裝置, 設備의 構造: 다루는 內物이나 作業條件에 對하여 充分히 견디는 材料나 構造強度를 갖게 한다. 그들에 對하여는 內외의 學協會의 基準 또는 保安法規에 準한다.

ii) 操作機構의 決定: 操作條件으로서는 可燃性 液體의 경우이면 될 수 있는대로 引火點 以下の 溫度나 爆發範圍外의 濃度로 操作하는 等 危險한 條件을 避하는 것을 要하지만 實際로는 만만치 않은 경우가 많다. 따라서 對應策으로서는 異常狀態가 일어났다 하여도 그것을 速히 檢知하여 平常狀態로 돌릴 수 있는 機構를 採用하든지 危險性 가스의 漏出이 있었을 경우에도 그것은 速히 大氣中에 擴散시켜 危險한 濃度가 되지 않게끔 對策을 세워두어야 한다.

安定裝置는 前者의 例이고 屋外에의 設置나 通風, 換氣가 잘되는 屋外設備의 採用은 後者의 例이다.

iii) 着火源의 管理: 可燃性 蒸氣나 가스의 漏出 또는 滯溜의 念慮가 있는 곳에 着火源이 있으면 引火, 爆發의 危險은 極히 크게 된다. 따라서 裝置地域 및 그 周邊에 있는 着火源의 管理는 Process safety 上 絶對 不可缺한 것이다. 着火源으로서는 裝置內의 火氣(보일러, 加熱爐, 굴뚝, 高熱物, 機械의 摩擦熱), 電氣設備 및 化學反應에 의한 異常高熱 等이 있지만 裝置內의 火氣에 關하여는 設備自體의 構造나 配置를 適切히 함으로서 管理할 수 있다. 加熱爐에 蒸氣를 불어넣는 裝置를 만들어 燃料라인을 一瞬에

遮斷할 수 있게끔 해 두는 것들이 그 예이다. 또 電氣設備에 關하여는 可燃性 가스 蒸氣, 粉塵 等의 危險度에 따라 防爆電氣機器를 使用한다.

III 火災豫防對策

1. 火災의 分類

火災의 定義는 보기, 立場에 따라 여러 表現이 可能할 것이지만 現象으로서 생각하면 “非計劃의 燃燒”라는 말이 가장 그의 特徵을 살리고 있는 것 같다. 그런 뜻으로 火災는 燃燒의 一形態로 生覺해도 좋고 이에 包含되어 있는 複雜한 많은 事由는 燃燒學의 見地에서 分類整理되는 것이다.

例컨대 燃燒는 如何한 경우에도 時間的으로 發火와 이와 연달은 燃燒의 繼續 또는 擴大로 나뉘지만 火災도 이와 마찬가지로 보통 前者를 火災의 發生(出火), 後者를 延燒라고 부르고 더욱 이들의 燃燒現象에 同伴하여 생기는 熱, 일, 壓力等의 效果에 基因하는 人的, 物的인 損害를 被害라 한다.

따라서 火災를 防止하는 手段도 이 것을 基礎로 하여 分類할 수 있고 發火를 防止하는 方法이 豫防, 燃燒의 擴大를 防止하는 方法이 豫防, 燃燒의 擴大를 防止하는 方法이 抑制, 더욱이 燃燒에 따른 效果를 最小로 維持하는 方法이 防護가 된다. 이 分類法은 火災뿐만 아니라 燃燒學에 基礎를 둔 次項의 爆發에 關하여도 같은 말을 할 수 있다. 不燃化나 發火源의 除去等은 豫防에, 消火나 火災阻止等은 抑制로, 防爆壁이나 防油提等은 防護에 들어간다.

한편 火災를 現象으로 생각하면 이것은 거의 모두가 氣體, 液體, 固體의 可燃性 物質을 燃料로 한 擴散燃燒이므로 이것을 燃料의 狀態別로 나눌 수가 있다. 例컨대 氣體燃料을 對象으로한 가스火災, 液體燃料의 火災인 油火災, 더욱 木材나 플라스틱等의 固體 高分子物質의 燃燒를 中心으로한 木材火災等이 그것이고 이 중에서 마

지막의 것은 建物等의 住居의 火災가 그의 大半을 차지한다. 燃料가 一般의이므로 가끔 一般火災라 불리우며 이 以外의 것은 工場等의 特定場所에서 特殊한 燃料에 起因하여 일어나는 수가 많으므로 特殊火災라고도 불리운다.

燃燒의 現象은 物質의 狀態에 따라 크게 變하므로 이들의 分類는 妥當하지만 더욱 美國 및 英國에서는 木材火災를 A火災, 油火災를 B火災, 또 通電中의 電氣機器가 包含되는 火災를 C火災, 알칼리 金屬과 같은 金屬火災를 D火災等으로 부르는 수가 있다. 그러나 이들의 記號는 西歐에서는 C火災가 가스火災, E火災가 電氣機器를 包含한 火災로 區分되므로 注意를 要한다. 어느 것이나 消火를 對象으로한 分類이며 그 以上의 뜻은 없다

2. 火災의 特性

i) 油類火災: 石油類를 中心으로한 可燃性液體의 火災는 現在 火災件數의 大半을 차지하는 가장 代表的인 火災이다. 이 現象은 水平한 液面上에서 蒸發에 의하여 供給되는 燃料蒸氣의 擴散燃燒이므로 液面燃燒라고도 불리우지만 그 燃燒速度를 支配하는 것은 火災으로부터 液面에 의 熱傳達의 速度이다. 그 위에 이 熱傳達의 主役은 容器의 지름이 增大에 따라 傳導, 對流, 放射로 變하고 또 이에 따라 火災도 層流炎으로부터 亂流炎으로 옮기므로 火災의 樣相은 規模에 따라 變한다. 一般으로 液面의 크기가 지름으로 1m 를 넘는 實大火災에서는 燃燒速度는 熱放射에 支配되고 容器의 지름에 關係없이 거의

$$v = \sigma \epsilon T^4 F / (\Delta H) \rho$$

의 關係로 주어진다. 但 여기서 v 는 燃燒速度, σ 는 Stefan-Boltzmann의 定數, ϵ 은 放射率, F 는 放射의 幾何學的 係數, T 는 火災溫度, ΔH 와 ρ 는 각기 液體의 蒸發熱과 密度를 나타낸다.

이 중에서 火災溫度는 液體의 擴散炎의 경우 燃料의 種類에 不拘하고 거의 $1,400^{\circ} \sim 1,500^{\circ}C$ 로 취하면 되므로 燃燒速度는 大概의 燃料는 거의 $2 \sim 5mm/min$ 程度로 된다. 더욱 火災의 形은

時間的 空間的으로 變動이 甚한 不規則的인 圓錐形으로 되지만 그 길이는 容器的 지름의 1.5 ~ 2.0 배로 보면 좋고, 바람이 불면 火災의 軸과 垂直軸이 만드는 角의 \tan 가 風速의 2乘을 容器的 지름으로 나눈 값에 比例한다는 關係를 維持하며 기운다.

한편 液面에 따라 火災의 傳播도 油類火災에 대하여는 重要한 現象이다. 이 速度는 火災傳播 速度로서로서 앞의 燃燒速度와 區別되지만 그 값은 液體의 種類에 따라 뿐만아니라 液溫에 크게 依存하며 一般으로 液溫이 上昇하면 急激히 增加한다. 그러나 液面上의 蒸氣相의 濃도가 空氣와 섞여서 燃燒의 理論比를 넘는 液溫 以上에서는 速度는 溫度에 不拘하고 一定하게 되고 더 以上 溫度를 올려도 速度는 增加하지 않는다. 따라서 液面上의 火災傳播는 最大值가 存在하고 그 값은 無風時의 炭化水素로는 거의 200~300cm/sec 程度이다. 더욱이 이 種類의 火災傳播는 液溫이 引火點보다 낮아도 火災이 따스한 表面流를 發生하여 前方을 豫熱하기 때문에 일어날 수 있는 것으로 어떠한 方法으로 點火해주면 液體는 꽤 낮은 溫度에서 타서 번지는 것이다.

또 油類火災에 있어서의 液面下의 溫度는 單一成分의 液體에서는 表面이 沸點이고 밑으로 내려감에 따라 指數的으로 低下하므로 溫度가 높은 層은 얇다. 그러나 原油와 같은 混合成分의 경우에는 液面近處에서 熱移動과 同時에 蒸溫에 起因하는 特質移動이 일어나므로 溫度가 높은 層은 두껍게 된다. 所謂 高溫層이 나타난다.

ii) 가스火災

가스燃料에 起因하는 火災로서는 都市가스나 液化石油가스의 噴流 擴散燃燒가 代表的인 例이다. 이 火災는 작은 것은 家庭用으로부터 큰 것은 工場用에 이르기까지 여러 規模의 것이 있지만 現象으로서는 類似한 것으로 모델化하여 생각하면 可燃性 가스噴流의 옆으로 空氣가 混合하여 그 組成이 理論比로 되었을 때 火災가 생기는 것이다. 簡單한 取扱으로 火災의 길이 L

은 流速 U 와 노즐의 口經 d 에 對하여

$$L = d^2 U \text{(層流炎)}, L \sim d \text{(亂流炎)}.$$

의 關係인 것을 알 수 있다. 따라서 가스火災에 있어서의 火災의 길이는 레이놀즈數가 작은 동안은 流速 및 口經의 增大와 더불어 크게 되지만 레이놀즈數가 增加하면 口經만에 依存하여 길게 된다. 그리고 이 傾向은 純가스燃料가 아니고 液體微粒子가 들어 있는 煙霧質系의 噴流에서도 마찬가지이다. 더욱 가스火災의 火災은 流速이 너무 크게 되면 불이 꺼져서 火災이 不安定化되어 噴出後 發火가 일어나지 않던가 消火된 경우와 같이 생가스가 많이 放出되는 危險性이 있다.

3. 火災의 豫防

發火를 일으키는 데는 可燃物質과 空氣의 混合比에 관한 組成條件과 混合系에의 에너지의 付與를 規定하는 에너지 條件의 두가지가 모두 滿足되어야 할 必要가 있다. 따라서 이것을 防止하기 위하여는 混合組成이 燃燒範圍에 들어가지 않게 하는 것과 發火에너지의 供給을 멈추는 것이 重要한 方法이 된다. 이 中에서 前者는 可燃物質의 量을 制御하는 方式과 空氣量을 調整하는 方式으로 나뉜다. 物質의 選擇이나 處理에 의한 材料의 不燃化, 換氣에 의한 可燃가스 濃度의 減少等의 最初의 範圍에 屬하고 不活性가스의 添加에 의한 混合氣의 發火防止等은 後者의 形式에 屬한다.

이들은 모두 物質의 種類, 狀態에 따르지 않고 適用可能하지만 어느 경우에도 混合氣組成이 燃料과 空氣로 되는 그 成分系의 경우에는 燃燒限界를 또 添加物質을 더한 3成分系의 경우에는 燃燒限界의 上下限을 각각 넘게 計劃하는 것이 緊要하다. 이 點 少量의 添加로 燃燒限界를 顯著하게 좁히는 할로겐 등의 燃燒抑制劑의 利用은 效果가 크다.

한편 後者의 目的을 위하여는 發火에 너지를 供給하는 源泉인 發火源을 除去하면 된다. 보통 發火源은 電氣불꽃, 高溫固體面 및 高溫가스의 셋

으로 大別되므로 問題는 이들의 除去를 생각하면 좋지만 이들 中 첫째의 것은 電氣部品이나 回路에 附隨한 불꽃과 靜電氣의 蓄積에 기인하는 靜電불꽃이 包含된다. 모두 가스火災나 기름火災에 대한 危險한 發火源이지만 可燃性 混合氣에 대하여 必要한 불꽃의 에너지는 가스의 種類, 濃度, 環境의 溫度 및 壓力等에 의하여 變하는데 대개 $10^{-1}m$ 程度이지만 大概의 불꽃은 發火에 充分한 에너지를 가졌다고 生覺할 수 있다.

특히 靜電불꽃은 電荷의 蓄積, 放電의 經路가 分明치 않음이 많아 어려운 發火源이다. 다음 高溫固體面에는 爐壁, 煙道와 같은 溫度가 높은 固體表面과 摩擦等에 의한 固體불꽃이 包含된다. 어디에도 있는 發火源이고 이에 起因하는 火災도 많지만 一般으로 固體로부터 氣體에의 熱傳達은 效率이 不良한 것과 部分的인 加熱로 熱의 放散이 크기 때문에 發火에 必要한 表面溫度는 試料全體를 輕輕히 加熱할 때에 얻어지는 發火溫度보다 꽤 높아져서 그 값은 $600\sim 800^{\circ}C$ 程度이다. 가끔 火災의 原因이 되는 담배불도 이에 屬하는 發火源으로 보면 좋다.

끝으로 生火나 燃燒生成 가스를 그 代表로 하는 高溫가스도 重要한 發火源이다. 이런 種類의 熱源은 가스의 흐름을 同伴하기 때문에 위의 두 가지와 달라 流速과 接觸面積이 問題로 되고 一般으로 可燃性 固體를 發火시키는데 要하는 가스의 溫度는 流速이 낮을 수록 또 接觸面이 클 수록 낮게 된다. 이것도 前과 같이 氣體-固體間의 熱傳達의 大小로부터 說明되지만 이 點 高溫가스에 의한 發火는 流速이 작은 渦流點에서 가장 일어나기 쉽게 되는 것이다. 發火에 必要한 가스溫度는 高溫固體面의 경우보다 더욱 높고 거의 $1,000^{\circ}C$ 에 가까운 값을 가지는 수가 많지만 火焰이라고 불리우면 어떤 組成의 어떤 작은 것이라도 最低 $1,100\sim 1,200^{\circ}C$ 의 溫度는 있으므로 生火는 가장 確實한 發火源이라 할 수 있다.

以上的 것 以外의 衝擊이나 熱放射와 같은 特殊한 發火源도 存在하지만 基本的인 것은 前記

의 세 가지로 集約된다. 實際로 火災의 原因으로서 주목되는 많은 熱源도 그의 大部分이 이에 屬하는 것이다.

4. 爆 發

爆發事故는 瞬間的으로 많은 設備, 原材料 및 製品等에 損害를 입힐뿐만 아니라 매우 死傷率이 높은 災害이다. 더욱 때로는 附近의 住民等에도 被害를 미치는 수가 있어 社會問題化하는 事例를 종종 볼 수 있다. 특히 化學工場에 있어서는 爆發事故의 發生件數가 많기 때문에 化學技術者는 爆發豫防에 萬全을 期할 必要가 있다.

災害의 對象이 되는 爆發을 널리 解釋하여 分類하면 다음과 같이 된다.

(1) 物理變化에 의한 爆發: 高壓가스 裝置의 破裂, 蒸氣爆發等

(2) 急激한 化學反應에 의한 爆發: 爆發性 化合物 또는 混合物의 爆發, 物質의 混合에 의한 爆發等

이 중에서 重大事故로 되는 爆發은 大概 急激한 化學反應을 同伴하는 爆發이다.

5. 爆發危險性을 가지는 物質

1) 爆發性 化合物: 爆發性 化合物의 特徵은 分子內에 爆發特有基를 가지고 不安定한 結合을 하여 分解에 의하여 發生하는 에너지가 크다는 點이다. 니트로化合物, 지아조化合物, 窒化物, 오조니드할로젠酸化合物等

2) 爆發性 混合物: 爆發性 混合物의 거의가 酸化性 物質과 還元性 物質이 混合된 것으로 이들이 適當한 濃度範圍로 混合되면 爆發性을 가지게 된다. 前者에 屬하는 것은 過鹽素酸鹽類, 濃黃酸, 濃窒酸, 鹽素, 酸索 오존等 後者에 屬하는 것은 有機化合物 黃, 磷, 水素等이다.

3) 過熱液體: 常壓에 있어서 沸點以上の 溫度로 加壓되어 있는 過熱液體는 蒸氣爆發의 危險性을 가지고 있다.

4) 高壓가스: 다음 表 2와 같이 高壓가스는 壓

表 1. 引火性液体와 가스의 性質

化 合 物	液体의 比重 (水=1)	蒸氣의 比重 (空氣=1)	沸 点 ℃	液体의 比 熱 (20℃)	蒸氣圧 mm Hg (20℃)	沸点에 있어 서의蒸氣熱	燒燃熱 Kcal/kg	引火点 ℃	發 火 溫 度 ℃	空氣中的爆發 限 界 量 %	
										低位	高位
CH ₃ CHO	0.78	1.52	21	-	760	136	6,300	-27	185	4	57
CH ₃ COCl ₂	0.79	2.00	56.5	0.53	185	124.5	7,430	-18	538	2.6	13
C ₂ H ₂	-	0.91	-84	-	-	-	12,000	gas	335	2.5	80
NH ₃	-	0.60	-33.4	-	-	327	5,075	gas	650	15	26
C ₆ H ₆ NH ₂	1.02	3.22	184	0.50	< 0.5	104	8,720	75	538	-	-
C ₆ H ₆ ; (CH ₃) ₂ : C ₆ H ₄	1.25	1.15	340	-	-	-	9,540	121	472(산소中)	0.63	-
C ₆ H ₆	0.88	2.77	80	0.41	75	94.3	10,000	-11	538	1.4	8.0
二硫化炭素	1.3	2.64	46	0.23	298	84	3,400	-30	100	1.0	50
一酸化炭素	-	0.97	-190	-	-	50.5	2,440	-	650	12.5	74
Cycho hexane	0.78	2.90	80	-	77	86	11,140	-17	296	1.3	8.4
C ₂ H ₄	-	1.05	-88	-	-	258	12,400	gas	510	3.0	12.5
C ₂ H ₅ OH	0.79	1.59	78	0.58	44	204	7,140	13	371	3.5	19
CH ₃ OCH ₃	0.71	2.56	35	0.54	442	84	1,795	-45	180	1.9	37
CH ₃ COOC ₂ H ₅	0.90	3.04	77	0.46	73	88	5,540	-4	427	2.2	11.5
CH ₂ : CH ₂	-	0.98	-103	-	-	-	12,300	gas	450	2.8	29
Ethylene oxide	0.89	1.52	11	-	-	139	6,860	< -7	430	3.0	80
Gas (石炭 gas)	-	-	-	-	-	-	250-370	gas	650	5.3	31
Gas Oil	< 1	-	-	-	-	-	10,800	65	338	6.0	13.5
HCN	0.70	0.9	26	-	-	210(20℃)	6,080	-32	538	6	40
水 素	-	0.07	252	-	-	108	33,900	gas	585	4	74
硫化水素	-	1.19	-60	-	-	132	3,820	gas	260	4.3	46
CH ₄	-	0.55	-162	-	-	138	13,300	gas	587	5	15
CH ₃ , CH ₄	0.79	1.11	64.7	0.60	96	263	5,400	11	427	6	36.5
Naphthalene	1.15	4.42	218	-	-	76	9,600	80	569	0.9	5.9
C ₆ H ₅ NO ₂	1.2	4.25	211	0.33	-	79	6,025	88	482	-	-
石油(輕油)	-	4	125	0.60	-	-	10,500	-43	257	1.3	7.5
石油(重油)	-	4.8	140-20	0.53	-	-	11,500	-	-	-	-
Pyridin	0.98	2.73	115	0.43	-	107	8,340	20	482	1.8	12.5
Toluene	0.87	3.14	111	0.39	23	87	10,200	4	552	1.3	7.0
X-Xylene	0.88	3.66	144	0.40	10	83	10,300	17	482	1.0	5.3

表 2. 高圧 가 스 의 諸 性 質 表

種 類	名 稱	分 子 式	臨 界 溫 度 (°C)	臨 界 壓 力 ()	沸 點 (°C)	氣 體 比 重 (空氣 = 1)	爆 炸 限 界 (vol%) 또는 燃 燒 性 ⁰⁰	點 火 溫 度 (°C)	許 容 濃 度 (ppm)	腐 蝕 性	充 填 定 數	容 器 試 驗 壓 力 (kg cm ⁻²)		
圧縮 가스	아르곤 酸化炭素	Ar CO	-122 -140	48.0 34.5	-185.7 -192.2	1.379 0.967	不 12.5~74		609 50	無 無		溫度 35°C 에 있어서의 最高 充 填 壓 力 의 5/3 倍		
	크세논	Xe	16.6	58.0	-108.1	4.53	不			無				
	空氣	Kr	-140.7	37.2	-191.5	1.0000	支			無				
	크립톤		-63	54.2	-152.9	2.892	不			無				
	酸化窒素	NO	-93	64	-151	1.0363	支		25	無				
	窒素	O ₂	-118.4	50.1	-182.9	1.053	支			無				
	重水素	D ₂	-234.4	17.4	-249.6	0.1390	4.9~75			無				
	水素	H ₂	-239.9	12.8	-252.8	0.0695	4.0~75		400	無				
	窒素	N ₂	-147.0	33.5	-195.8	0.9671	不			無				
	네온	Ne	-228.7	26.9	-245.9	0.6961	不			無				
	헬륨	He	-267.9	2.26	-268.9	0.1380	不			無				
	메탄	CH ₄	-82.1	45.8	-161.58	0.5542	5.0~14.0		540	無				
	流 化 가스	亜酸化窒素	N ₂ O	36.5	71.7	-88.5	1.529	支			無		1.34	200
		亜硫酸 가스	SO ₂	157.5	77.8	-10.0	2.263	不			無		0.80	15
암모니아		NH ₃	132.3	111.3	-33.4	0.5960	15~28		651	有	1.86	37		
塩化水素		HCl	51.4	81.5	-84.93	1.2675	不			25	有	1.67	155	
三塩化石硯素		BCl ₃	178.8	38.2	12.5	1.4338	不			1	有			
塩素		Cl ₂	144.0	76.1	-34.1	2.485	支			1	有	0.80	26	
시보란		B ₂ H ₆	16.7	39.5	-92.5	0.96	0.8~88			0.1	無			
시아나水素		HCN	183.5	53.2	25.7	0.96	5.6~40		537	10	無	1.57	6	
臭化水素		HBr	90.0	84.0	-66.72	2.8182	不			3	有	0.80	78	
시안		SiH ₄	-3.5	48.0	-112	1.11	可							
셀레水素		SeH ₂	138	88	-41.3	2.795	可			0.05				
炭酸 가스		CO ₂	31.0	72.9	昇, -78.5	1.544	不			5000	無	1.34	200	
네트라카보닐리케르		Ni(CO) ₄	200	31.6	42.3 ⁷⁴ ~ -84	1.318	可			0.001				
二酸化窒素		NO ₂	158	100	分, 21.3	2.83 ^{21, 1}	支			5	無			
弗化水素		HF	188	66.2	19.4	0.729 ^{21, 1}	不			3	有			
三弗化石硯素		BF ₃	-12.3	49.2	-100.4	2.370	不			1	有			
弗素		F ₂	155	25.0	-188	1.2646	支			0.1	有			
포스젠		COCl ₂	182	56	8	3.4 ²⁰	不			0.1	有	0.80		
硫化카보닐		COS	105	61	-50.2	2.10	11.9~28.5				有			
硫化水素		H ₂ S	100.4	88.9	-59.6	1.190	4.0~44		260	10	有	1.47	65	
포스진 (磷化水素)		PH ₃	51.3	64.5	-87.7	1.182	可			0.3	有			
六弗化硫黃		SF ₆	45.5	37.1	昇, -63.5	5.03	不			1000	無	0.91	200	
液 化 가스		有機 가스												
		이소부탄	(CH ₃) ₂ CH	134.9	36.0	-11.7	2.0466	1.8~8.4		460	無			
	이소부틸렌	(CH ₃) ₂ C=CH ₂	144.7	39.5	-6.8	1.997 ^{19, 0}	1.8~9.7		323	無				
	에탄	C ₂ H ₆	32.3	48.2	-88.5	0.968 ^{21, 1}	3.0~12.5		515	無	2.80	200		
	에틸아민	C ₂ H ₅ NH ₂	183	55.5	16.6	1.56	3.5~		385	10	有			
	에틸렌	C ₂ H ₄	9.9	50.5	103.7	0.975	2.7~36		490	無	3.50	225		
	塩化에틸	C ₂ H ₅ Cl	187.2	52	12.3	2.22	3.8~15.4		519	1000	有			
	塩化비닐	CH ₂ =CHCl	156.5	55.2	13.9	2.15 ¹⁰	3.6~33		472	200	有	1.22	13	
		CH ₂ Cl	143.1	65.9	-23.76	1.74	7~17.4		632	100	無	1.25	20	
	塩化메틸	(CH ₃) ₂ O	192	71	10.73	1.49 ⁴⁰	3.6~100		429	50	無	1.30	12	
	에틸렌옥사이드 (酸化에틸렌)	(CH ₂) ₂	124.4	54.2	34	1.45	2.4~10.4		500	有	1.87	26		
	시클로프로판	(CH ₂) ₃ NH	164.5	52.4	7	1.55	2.8~14.4		400	10	有			
	디에틸아민	CH ₃ -CH ₂ Br	198	56.6	15.8	3.54 ^{21, 1}	可				有	1.22		
	臭化비닐	CH ₂ Br	191	51.6	3.56	3.27	10~15		537	15	有	0.70		
	臭化메틸	(CH ₃) ₂ N	161.1	40.2	2.8	2.08 ^{21, 1}	2.0~12		190	25	有	1.76	8	
	트리메틸아민	CH ₃ -CH=CH ₂	152	42.7	-4.4	1.915	2.0~12		420	1000	無	1.85	12	
	1,3부타디엔	C ₂ H ₆	152.0	37.5	-0.56	2.0903	1.8~8.5		405	500	無	2.05	11	
	부탄	C ₄ H ₁₀	146.4	39.7	-6.25	1.998	1.6~10		385	無	2.00	10		
	1부텐	CH ₃ CH=CHCH ₃	160	41.5	3.72	1.94	1.7~9.7		325	無				
	2부텐	CH ₃ CH=CHCH ₃	155	40.5	0.88	1.94	1.7~9.7		325	無				
	가 2부텐	C ₄ H ₈	96.8	42.07	42.8	1.5617	2.1~9.5		450	無	2.35	30		
	프로판	C ₃ H ₈	91.8	45.6	-47.0	1.481	2.4~11.3		460	無	2.27	36		
	프로필렌	CCl ₄ F	198.0	43.2	23.7	4.52 ⁶⁰	不			1000	無			
	프로스-11	CCl ₃ F	111.5	39.56	30	4.89 ⁶⁰	不			1000	無	0.86	21	
	프로스-12	CCl ₂ F ₂	53	40.3	80	5.42 ⁶²	不			無	1.00	210		
	프로스-13	CF ₄	45.5	36.9	128	2.82 ^{21, 2}	不			無				
	프로스-14	CHCl ₃ F	178.5	51.0	8.9	3.82 ¹⁰	不		552	1000	無			
	프로스-21	CHClF ₂	96.4	48.5	40.8	3.73 ⁶⁰	不			無	0.98	35		
	프로스-22	C ₂ Cl ₄ F	145.7	32.3	3.5	6.05 ⁶⁰	不			1000	無	0.76	7	
	프로스-114	C ₂ ClF ₄	80.0	30.8	38.7	5.16 ^{21, 1}	不			無	0.90	30		
	프로스-115	(CH ₃) ₂ O	126.9	53	-24.9	1.617	3.4~27		350	無	1.67	23		
	에틸에테르	CH ₃ NH ₂	156.9	73.6	-6.5	1.07	4.2~20.7		430	10	有	1.67	13	
에틸아민	C ₂ H ₆	36	61.6	83.6	0.9055	2.5~100		305	無					
아세틸렌	CH ₂ C=CH	128	52.8	23.22	1.412	1.7~16			1000	無				

縮가스와 液化가스의 두가지 種類로 나눌 수 있다.

6. 爆發의 豫防과 對策

1) 爆發危險物質의 取扱

i) 鈍化性：爆發性 化合物은 不活性物質에 따라 묽게 함으로서 爆發 危險性을 적게 하든가 또는 不爆性으로 함이 可能하다. 또 爆發性 混合物은 그의 混合比를 爆發範圍 밖으로 하든가 不活性 物質을 混入함으로써 爆發 危險性을 除去할 수 있다. 例컨대 可燃性가스나 引火性 液體를 다루는 경우 可燃가스나 蒸氣가 空氣中에 滯留하는 것을 防止하는 措置를 講究함과 더불어 언제나 가스濃度を 檢知하고 換氣 그 밖의 方法으로 가스의 滯留을 防止하고 爆發範圍內의 濃度の 混合氣를 만들지 않게끔 對策을 세울 必要가 있다.

ii) 停滯量：爆發性 物質을 다루는 場所나 貯藏所에서는 萬一 爆發事故가 일어났어도 被害를 最少限으로 멈추기 위하여 그의 取扱量이나 貯藏量을 制限하지 않으면 안된다.

iii) 混合危險의 防止：危險物을 다루는 者는 混合危險에 對한 知識을 充分히 가지고 混合危險을 豫防하지 않으면 안된다. 例컨대 酸化性 物質과 還元性 物質을 같은 場所에서 다루거나 貯藏하지 않게 하여야 한다. 또 混合에 의하여 爆發性 化合物이나 混合物을 만드는 경우는 爆發

防止에 對한 充分한 對策을 세워두어야 한다.

7. 發火源의 管理

爆發性 化合物이나 混合物은 發火源에 따라 에너지가 주어져서 爆發한다. 그러므로 이들의 物質을 다루는 場所나 貯藏所에서는 發火源에 關하여 充分한 管理가 必要하다. 發火源에는 生火, 高溫表面, 衝擊, 摩擦, 自然發熱, 斷熱壓縮, 衝擊波, 電氣불꽃, 靜電氣불꽃 火線(赤外線, 紫外線도 包含) 및 放射線 등이 있다.

i) 初期對策：爆發事故가 일어날 경우 爆發에 이르기까지는 異狀反應이나 燃燒狀態 등의 豫備的인 徵候가 보이는 수가 많다. 따라서 이와 같은 異常狀態를 初期의 段階에서 發見하여 處置하는 設備(冷却裝置, 消火裝置, 火焰捕着裝置等)을 갖추어 두어야 한다. (圖表參照)

* 0°C, 1氣壓의 空氣의 密度 1.2932g/l에 對한 t°C, 1氣壓에서의 密度의 比를 表示

** 數字는 爆發限界, 可는 可燃性, 支는 支燃性, 不은 不燃性을 表示

*** 이 가스는 有害하지 않지만 窒息性이 있으므로 要注意

*** 充填定數라 함은 이것을 C로 表示하고 G, V를 液化가스의 質量(kg), V를 容器的 안부피(e)로 할때 다음式으로 定해지는 값으로 容器에 安全히 充填시킬 수 있는 液化가스의 量으로 주어짐 $G=V/C$

<끝>