

多量の 硫黃을 取扱하는 곳에서의 火災安全對策

俞 在 煥*

1. 概要

硫黃은 地球의 地殼중 대략 0.1%를 구성하는 非金屬 元素이다. 硫黃은 自然的 狀態의 元素와 석고, 黃化鐵礦 및 黃化水素物과 같은 黃化合物로 존재한다. 硫黃의 物理的 特性은 Table 1에 나타난 바와 같다. 硫黃은 FRASH PROCESS 즉, 固體黃을 過熱水蒸氣로 녹이고 溶解된 黃을 퍼내는

것을 포함하는 工程에 의해 鑛狀으로부터 자연에 존재하는 황을 抽出하여 얻는다. 또한 天然가스와 原油로부터 黃化水素의 제거에 의한 副産物로서, 그리고 석탄의 脫黃으로부터도 얻는다. 硫黃은 매우 다양한 元素이며 原料物質로서 널리 化學工業에 사용되는 것 중의 하나이다. 硫黃은 黃酸, 木材 펄프, 二黃化炭素, 殺蟲劑, 殺菌劑, 고무, 설탕, 진분, 맥아, 폭발물 및 염료의 제조에 사용된다.

Table 1

黃의 物理的 特性	
化學式	S
分子量	32
常溫에서의 物理的 狀態	고체
색 갈	노랑색
녹는점	110-119℃
끓는점	440℃
溶解性	물에는 녹지않음. 이황화 탄소, 벤젠과 같은 유기용제와 액체암모니아에 녹음.
毒 性	非毒性. 눈거품의 안쪽표면, 호흡기 및 드물게는 피부에 자극을 일으킬 수도 있다.
공기중 粉塵의 爆發範圍	最小 35 g/m ³ 最大 1400 g/m ³
液體黃의 引火點	168°-188℃
反應性	온화하게 반응. 타면 二酸化黃을 생성한다. 鹽素酸鹽, 질산칼륨 또는 酸化劑와 爆發性 混合物을 만들 수 있다. 알칼리 및 알칼리토금속과 반응한다.

2. 危險性

고체황은 덩어리의 형태에서나, 粉末이나 可燃性이 있다. 그러나 비교적 낮은 溶解點과 發火點을 가진다는 점에 있어서 대부분의 다른 가연성 고체와는 다르다. 유황은 112℃와 119℃ 사이에서 녹으며 發火溫度는 190℃와 22℃ 사이로서 분진이나 입자의 크기에 따라 결정된다. 탈때는 넓고 푸른 화염으로 타며, 먼저 酸化되어 二酸化黃이 되고 더불어 적은 양의 三酸化黃이 생성된다. 고형의 미세한 황은 매우 쉽게 發火하고 마찰, 정전기 또는 다른 낮은 에너지의 點火源에 의해 발화할 수 있다. 많은 可燃性 粉塵과는 다르게 不活性 固體를 황분진에 희석하여도 발화온도가 올라가지 않는다. 공기중 미세한 황분진의 浮游는 폭발위험이 있으며, 항상 황분말을 취급 및 저장시에는 粉塵爆發의 위험이 있다. 硫黃은 물에 녹지 않으나 이황화탄소와 벤젠과 같은 많은 有機溶劑에는 녹

* 正會員, 韓國火災保險協會 釜山支部 次長

으며 또한 液體암모니아에도 녹는다. 황은 많은 원소 및 혼합물과 反應하여 황화합물을 생성한다. 常溫에서 나트륨, 칼륨, 칼슘, 스트론튬 및 바륨과는 격렬하게 그리고 구리, 은 및 수은과는 쉽게 反應하여 황화합물을 생성한다. 예를 들면 아연분말이나 염소산칼륨(Potassium Chlorate)과 같은 몇 가지 成分과 폭발물을 만들 수 있다. 물론 화약은 Charcoal Potassium Nitrate와 硫黄의 혼합물이다. 습기가 있는 곳에서 황은 철을 부식시키므로 보통 보호용 코팅을 함으로써 예방할 수 있다.

3. 建物構造

유황을 취급 및 저장하기 위해 사용하는 건물의 구조는 粉塵集積을 最小化 하도록 設計하여야 한다. 분진이 집적될 수 있는 곳에서는 선반이나 돌출부가 없도록 설계하여야 한다. 이것이 가능하지 않은 곳에서는 선반이나 돌출부에 집적된 어떤 유황도 미끄러질 수 있도록 가파르게 경사지붕이나 덮개를 설치하여야 하며, 이들 지붕은 적어도 45도 경사는 되어야 한다. 硫黄을 취급하거나 저장하는 지역에서는 최선의 建物維持管理가 필수이며, 어떠한 분진집적도 즉시 제거하여야 한다. 空氣중에 분진이 흩어지지 않도록 하고 분진제거작업시 스파크에 의해 발화되지 않도록 注意를 기울여야 한다. 몇몇 專門家は 초기제거를 위해 天然비(natural brooms)와 스파크가 일어나지 않는 삽(Non-Sparking Scoops)의 사용을 권했다.

4. 爆發豫防

미세한 유황분말은 공기중에서 爆發生混合物을 形成할 수 있으므로 黄粉塵雲의 생성을 방지하도록 모든 實質的인 措置를 취하여야 한다. 硫黄을 이송 및 취급하기 위하여 사용하는 모든 設備은 콘베이어 移送點과 같은 어떤 지점에서 粉塵抽出을 함으로써 분진의 방출을 최소화 하도록 설계하여야 한다. 集塵設備은 不燃性構造로서 粉塵源을 保有하는 건물의 외부나 분리된 별도의 실에 위치하여야 한다. 만약 집진설비가 건물내에 있다면 爆發排出口(explosion venting)가 설치되어야 한다.

가연성 분진이 있는 곳에 사용할 전기안전장치의 기준인 BS 6467에 의하면 분진에 기인한 危險地域을 다음과 같이 定義한다.

Zone Z

저장, 취급 또는 정제작업동안 가연성 또는 발화성 분진의 爆發濃度를 일으킬 수 있는 충분한 정도로 雲霧로서 존재하는 또는 할 가능성이 있는 지역.

Zone Y

非正常的인 조건하에 가연성 또는 발화성 분진이 축적하여 공기와 발화할 수 있는 혼합물을 만드는 곳으로 Zone Z에서 분류하지 않는 지역.

지역의 범위는 放出點(point of release)으로부터 1m 거리 까지이나, Zone Z 지역에 대해서는 아래로 바닥면까지, Zone Y지역에 대해서는 수평으로 15m, 수직으로 3m 까지 확장된다. 오랫동안 可燃性粉塵을 보유하는 환경에서 認定된 電氣設備은 적합할 것으로 보며, 미국에는 가연성 분진을 보유하는 환경에서 사용되는 설비에 대한 檢定基準이 이미 존재한다.

NFPA 70: National Electric Code는 危險地域을 Class I, II, III으로 나누며, 이들은 다음과 같이 定義한다.

Class I 가연성 가스 또는 액체가 존재할 수 있는 지역.

Class II 가연성 분진이 존재할 수 있는 지역.

Class III 쉽게 발화하는 섬유의 존재로 인한 위험이 있는 지역.

Class II 지역은 Division I 과 II로 더 세분된다.

Division I 은 정상작업상태에서 공기중 폭발성 혼합물을 충분한 양 생성하는 지역이며, Division II 는 비정상상태에서 공기중에 폭발성 혼합물이 충분한 양 존재할 가능성이 있는 지역이다. 따라서 硫黄을 취급하는 곳에 사용할 設備은 Division II 에 적합하도록 설치할 필요가 있다. 다른 가능한 點火原은 다량의 저장창고에서 前面積荷器(front loader) 및 다른 차량을 움직이는 內燃機關의 배기장치로부터의 스파크이다. 이것을 최소화하기 위해서는 이들 차량들은 디젤엔진에 의해 動力을 공급하고 배기장치에는 스파크방지장치를 부착하여야 한다. 황 침적물을 제거하기 위해 정기적인 청

소를 하는 것과 마찬가지로 대량의 황을 취급하는데 사용되는 어떤 차량도 철저한 유지관리가 필연적이라 할 수 있다.

5. 硫黃의 火災特性

미세한 粉末의 硫黃은 아주 쉽게 발화하고 정전기, 마찰(예를 들면, 콘베이어 롤러)이나, 스파크(예, 콘크리트 위에 전면적하기의 바께쓰(bucket)를 문지르는 것)에 의해 발화할 수 있다. 발화하였을 때 硫黃은 매우 적은 熱을 放出하고, 사실상 赤外線 없는 옅은 푸른색을 띠며 탄다. 그러나 비교적 적은 양의 紫外線은 방출한다. 黃火災는 빨리 번지는 않으며 낮은 속도의 熱放出과 초기에 고체황이 녹아 황화재의 傳播에 기여하는 特性을 나타낸다. 主要 燃料生成物은 二酸化黃이다. 이산화황은 코를 찌르는 냄새를 내는 극히 자극적인 가스로서 작업자가 쉽게 발견할 수 있으며 황의 화학반응은 다음과 같다.

1. 황 연소: $S + O_2 = SO_2$
2. 이산화황과 물: $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

6. 火災發見

이미 앞에서 언급한 바와 같이 황은 연소하여 이산화황을 생성하며, 공기중에 이산화황가스가 발견되면 황이 포함된 화재임을 흔히 알 수 있다. 이산화황은 작업자가 발견할 수 있으며 또한 이산화황 感知裝置를 이용하여 自動적으로 發見할 수 있다. 이산화황 가스는 공기보다 무거우므로 감지기를 설치시 주의를 요하여야 한다. 直接方式에 의해 黃火災를 自動적으로 발견하는 것은 적은 양의 열 및 자외선의 방출 때문에 다소 어렵다. 황화염을 分光器로 分析하면 거의 $2622A^\circ$ 에서 輻射線 最高點(Radiation Peak)을 나타내며 더불어 복사선은 자외선감지기의 감지영역까지 확대된다. 자외선감지기의 모든 제품이 黃火災에 適應하는 것은 아니므로, 제조자들은 이러한 目的을 위해서 장치의 적응성에 대해 討議하였고, 적절한 感度로 설치한다면 대략 1.5m의 최대 효과적인 범위에서 1평방피트(ft^2)의 황화재에 적용할 것이라는 결과

가 나왔다. 이것이 의미하는 바는 자외선감지기는 황을 취급 및 저장하는 건물에서 화재를 감지하기 위해 사용할 수 있다는 것이다. 效果를 높이기 위해서는 高感度로 설치하여야 한다. 이것은 誤報를 發生시킬 가능성을 증가시킨다. 만약 감지기가 局部警報만을 발하도록 설치된다면 발생하는 誤報의 水準은 만족스럽다고 하겠지만, 소방대를 부르거나 일제살수설비를 작동시키는 것과같이 직접적인 실행조치가 취해지도록 된다면 불합리할 것이다.

어떤 실행적인 작동이 개시되기 전에 경보를 발하도록 最小한 두개의 感知器를 갖춘 同時發生支援設備(Coincident voting system)를 사용함으로써 誤報는 받아들일 만한 水準까지 감소시킬 수 있다. 有一한 단일 감지기의 損失에 의해 實行措置를 취하는 것을 방지하도록 하려면, 실질적으로 세개 이상의 감지기가 대량의 硫黃을 취급 또는 저장하는 곳의 대부분 지역에서 필요로 할 것이다. 이러한 경우 넓은 지역에 걸쳐 비교적 미소한 온도상승에도 작동할 수 있으며, 대규모의 황 화재의 출현에도 감지를 할 것이다.

7. 火災豫防

多量の 硫黃을 취급하는 곳에서 기계삽(Mechanica Shovel) 또는 전면적하기로 황을 취급할 때 발생할 수 있는 小規模火災는 조심스럽게 황을 삼질하여, 즉 산소공급을 차단함으로써 消火할 수 있다. 이 경우 黃粉塵이 공기중에 浮游하여 폭발이 일어나지 않도록 주의를 요한다.

大規模火災時 물은 가장 효과적인 消火藥劑이다. 그러나 황 분진의 부유로 폭발위험을 일으키지 않도록 물분무의 형태로 서서히 공급하여야 한다. 만약 물을 호스로써 공급한다면, 분무노즐을 사용하여 간접적으로 공급하고, 미세한 황분말과 충돌하여 공기중에 황분진이 부유되지 않도록 噴射(jet)의 형태는 되지 않아야 한다. 固定式消火設備로는 폐쇄형 또는 개방형 스프링클러設備가 적합하며, 분사기 인지할만한 粒子가 되지 않도록, 즉 硫黃위에 분무의 형태로 낙하되도록 0.4mm보다 적은 크기의 물방울이 생기는 雲霧헤드의 사용이

바람직하다. 자동식 스프링클러의 작동은 황 화재에 의해 발생하는 제한된 열로 인하여 지연우려가 있으나, 스프링클러가 작동되면 불은 꺼지며 더 이상의 화재로 인한 건물피해는 없을 것이다. 개방형 스프링클러는 감지기로부터 자동적으로 또는 방호지역 외부의 멈춤밸브(stop valve)로부터 수동으로 작동될 수 있다. 개방형 스프링클러는 수동으로 동작도 가능하고, 대기중에 분진을 억제하기 위해서도 사용할 수 있으므로 폐쇄형 스프링클러 이상의 잇점을 가지고 있다. 황화황을 消火하기 위해 물을 사용했을 때 二酸化황은 물에 녹아 아주 부식성이 있는 아황산을 생성하므로 철저히 씻어내고, 젖은 지역의 오염을 제거하는 것이 필요하다. 황 그 자체는 물이 있는 곳에서 철을 부식시킨다. 스팀 및 불활성 가스도 또한 고체황의 화재를 소화하기 위해서 사용할 수 있으며 이들도 산소차단의 효과로서 소화작용을 한다.

8. 人命安全

硫黄은 사실상 非毒性이며 몇몇 사람은 血液浮

劑用으로 섭취한다. 그러나 황분진은 눈과 호흡기와 드물게는 피부를 자극한다. 비록 보호용의류가 황을 취급 및 저장하는 데 보통 필요하지 않다하더라도, 만약 자극을 받으면 먼지보호용 안경과 호흡용 마스크를 착용하여야 한다. 황을 저장하는 곳에서 전면적하기 또는 다른 차량의 운전자에게는 Pressure escape breathing sets를 제공하는 것을 고려해 보아야 한다.

火災時 二酸化황은 자극을 일으키므로 충분한警戒를 하여야 한다. 보통 사람은 0.3~1PPM 사이에서 이산화황을 인지하며 3PPM에서 쉽게 알 수 있고, 6~12PPM에서는 코와 목을 자극한다. 20PPM 이상의 농도에서는 눈을 자극하고, 만약 400~500PPM을 초과하면 人體에 직접적인 危險이 있다. 소방관이 황을 취급 및 저장하는 시설에서 消火作業을 할 때는 正壓形 呼吸裝置(positive pressure demand type breathing apparatus)를 갖추어야 하고, 이산화황은 10,000PPM을 초과하는 농도에서 젖은 피부에 자극을 일으키므로 피부를 보호하기 위해 全體保護用依類(full protective clothing)가 必要하다.