

화재 및 폭발사례

황건만 · 협회 위험조사부 차장

1. 스티로폼 공장의 화재사례

가. 사례 1

2003년 ○월 ○일 오전 6시경, 경남 사천시 소재 스티로폼 제조업체인 P화학공업에서 화재가 발생하여 공장 1동과 발포기, 성형기 등의 기계장치가 소실, 4억 9천여 만원(소방서 추산)의 재산피해를 낸 뒤 1시간 만에 진화되었으며 다행히 화재 당시 공장 숙소에 종업원 5명이 잠을 자고 있었지만 신속히 대피해 인명피해는 없었다.



[사진 1] 화재 후 공장 전면부



[사진 2] 전면 출입문을 통해 본 내부 모습



[사진 3] 소실된 물품과 기계류



[사진 4] 건물 지붕 및 외벽 소손 모습

나. 사례 2

2004년 ○월 ○일 오후 1시 10분경, 광주 하남산업단지 소재 스티로폼 제조 공장에서 화재가 발생하여 공장과 자재창고 등 3천여 제곱미터와 기계장치, 그리고 스티로폼 완제품 등이 소실되어 10억 4천여 만원(소방서 추산)의 재산피해를 내었고 공장 안에서 작업 중이던 이모씨(26세)가 2도 화상을 입었다. 불이 나자 소방차 25대가 출동하여 진화에 나섰으나 불이 빨리 옮겨 붙은 데다 유독가스가 심하게 발생해 불길을 잡는데 어려움을 겪었으며 발화 후 1시간 20여 분 만에 진화되었다.



[사진 5] 출화 후 농연 분출 및 진화모습



[사진 6] 위에서 본 공장 소손 상황

다. 사례 3

2004년 ○월 ○일 낮 12시쯤 경기도 포천시 소재한 스티로폼 제조공장에서 화재가 발생하여 공장 1천여 제곱미터를 태워 7천여 만원의 재산피해가 났고 발화 40여분만에 진화되었다. 경찰은 “작업 중 스파크와 함께 천장에서 불이 솟았다”는 공장 대표(현모 씨, 43세)의 말에 따라 정전기 때문에 불이 난 것으로 보고 화재원인을 조사하고 있다.

스티로폼 성형품 제조공정은 크게 ①원료 입고, ②발포·숙성, ③성형, ④건조, ⑤재단·절단, ⑥포장·출하의 6단계로 분류할 수 있다. 스티로폼은 발포 폴리스티렌(Epandable Polystyrene; EPS수지) 또는 스티로폼이라고도 하며 폴리스티렌 수지(Styrene Monomer)에 펜탄(6~8%)이나 부탄(1% 이하)과 같은 발포제를 첨가시켜 열(Steam)을 가할 때 발포제가 외기로 확산, 휘발되는 과정에서 발포되도록 제조된 발포수지를 말하며 이 같은 원료수지의 특성과 제조공정상 다음과 같은 위험이 존재한다.

(1) 원료EPS수지는 제조 특성상 수지 자체 내에 발포제인 펜탄(6~8%)과 부탄(1% 이하)이 함유되어 있고 이들은 인화성 물질로 상온에서 기체로 되어 서서히 원료EPS수지로부터 유리되어 나오며 환기가 불충분한 경우 주변에 체류하여 연소범위의 증기-공기혼합물을 형성할 우려가 있다. 원료수지는 Bead상으로 크기가 작아 Pellet상의 다른 원료수지에 비해 발화가 용이하고 일단 점화가 되면 급속도로 연소가 확대되므로 석유화학계 수지류 중 가장 화재 위험성이 높다.

(2) 펜탄은 공기 중에 그 성분이 1.4~7.8%(체적 기준) 농도범위로 존재할 때 스파크 등 점화원이 존재하면 연소 또는 폭발을 한다. 또한 비점이 28~36℃ 이므로 30℃ 내외에서 기체상으로 기화되며 그 증기는 공기보다 2.5배 무거워 바닥 낮은 부분을 체류하며 환기가 불충분한 경우 연소범위를 형성, 발화원이 존재할 경우 화재를 일으킨다.

(3) 원료EPS수지와 스티로폼 제품의 화재시 연소생성물은 기본적으로 이산화탄소와 일산화탄소이고, 열분해되는 과정에서 인체에 치명적인 유해물질인 스티렌과 벤젠도 생성된다. 스티로폼의 경우 화염을 가하면 검고 진한 연기가 발생되어 화재시 시야차단 및 패닉현상으로 대피의 어려움을 주므로 많은 인명피해가 발생할 수 있다.

(4) 원료수지 입고 또는 저장실

500kg단위 폴리프로필렌 백에 담긴 원료EPS수지의 처음 개봉 시에는 그 상부 공간이 연소범위의 농도로 펜탄 증기가 체류할 가능성이 높으므로, 가능한 한 개봉 후 일정 시간 동안 공기를 불어주거나 적절한 환기를 시켜주고, 그 직근에서 점화원이 발생(예를 들면, 백을 걸어 들어올리는 걸쇠와 다른 금속류의 충격에 의한 불꽃이나 담뱃불 등)되지 않게 하

여야 하며 건물 내부 또는 환기가 불충분한 외부에 저장하는 경우 새어 나온 펜탄 등의 인화성 증기가 체류하지 않게 적절하게 환기를 실시하여야 한다.

(5) 발포·숙성 및 성형공정

발포기 내에서 EPS수지(Bead상)에 스팀이 가해져 발포제가 팽창하면서 수지 내 발포제 성분의 약 45%정도가 발포공정에서 수지로부터 빠져나와 발포기 주변에 부유·체류하며, 환기가 충분한 경우 외부로 확산·희석되지만 환기가 불충분한 경우 공장 내 구석진 낮은 부위에서 연소범위의 가연성 증기혼합물이 형성되어 발화원 존재시 발화될 위험이 있다. 숙성공정은 대개 공장 내의 개방된 공간에 망사형 Silo를 설치하고 있어 Silo로부터 빠져나오는 인화성 발포제 성분이 넓은 공장 내부로 확산·희석되어 연소범위로 형성될 우려는 적은 편이나, 국부적으로 체류하는 발포제 증기에 의해 연소 범위 하한치에 근접할 수 있으므로 적극적인 환기조치가 필요하다. 성형기 또는 발포기와 연결된 스팀배관은 표면온도가 100℃내외의 고온 상태이고 그 표면에 스티로폼 분진이 쌓여 열화되고 계속 스티로폼 분진이 덮이며 누적될 경우 장시간의 열축적에 의한 자연발화의 위험도 존재한다.

(6) 재단공정

통상 건축용 보온판이나 샌드위치 패널용 평판 제조공정에서는 스티로폼을 절단하는 재단공정이 수반되며, 이 공정은 전열선을 이용하여 수작업으로 행하는 경우가 대부분이므로 작업자의 실수·오조작 또는 열선의 파열로 발화될 수 있으며, 일부 컨베이어 이동시 정전기로 인한 스파크가 발화원 역할을 하기도 하지만 대부분은 작업자의 부주의 등에 의한 전기적 요인이 주된 발화원으로 작용하는 것으로 추정된다.



[사진 7] 검은 연기를 내뿜는 냉각탑 화재 광경



[사진 8] 화재진압 후 잔해정리 모습

2. 냉각탑 화재사례

가. 사례 1

2004년 ○월 ○일 오후 2시 10분경, 서울 ○○통신 건물 옥상에서 불이 나 건물에 있던 100여명이 대피하는 소동이 벌어졌다. 이날 화재는 건물 옥상에 있는 냉각탑 증양모터를 교체하는 과정에서 용접기의 불씨가 근처 합성수지 부품에 옮겨 붙으면서 발화된 것으로 추정되며 냉각탑 1기가 소실된 후 출동한 소방대에 의해 진화되었다.

나. 사례 2

2004년 ○월 ○일 오전 9시 20분경, 서울 여의도동 J빌딩 별관 15층 옥상에서 개보수 공사 중 냉각탑 안의 환풍기를 철거하는 과정에서 화재가 발생하여 냉각탑을 모두 태우고 30여 분 만에 진화되었다.

다. 사례 3

2003년 ○월 ○일 오후 4시 30분쯤, 서울 여의도동 M빌딩 뒤편 지상 냉각탑에서 불이 나 2층 건물 높이 규모의 냉각탑을 모두 태운 뒤 1시간 만에 진화되었다. 이 화재는 리모델링 공사 중인 냉각탑 옆 건물에서 용접작업을 하다가 튼 볼티로 인해 발화된 것으로 보고 있으며, 지상에 설치된 냉각탑이 연소되면서 발생된 다량의 검은 연기가 주변 일대를 뒤덮었다.



[사진 9] 냉각탑 화재 및 그 진화 광경

라. 사례 4

2002년 6월 6일 오전 8시 30분쯤, 서울 용산구 한강로 3가 D빌딩 옥상 냉각탑 철거작업 중 용접기 불티가 냉각탑 내부 합성수지 부품에 튀면서 화재가 발생하여 냉각탑 2기를 전소시킨 후 출동한 소방대에 의해 진화되었다. 화재는 산소 용접기를 이용, 냉각탑 위에 있는 낡은 모터를 제거하는 과정에서 발생된 용접불티에 의해 발화되었으며 불길의 순식간에 확대되어 현장작업자가 소화기로 진화하지 못하고 발화 30여분 후에야 소방대의 도움으로 진화되었다.

일반 건물 옥상에 설치되어 냉동기와 함께 공조용으로 사용되고 있는 냉각탑은 보통 그 형태가 원형인 것이 널리 사용된다. 냉각탑은 구조물 대부분이 물과 접촉하는 관계로 내부식성 재료를 선택하다보니 화재에 취약한 합성수지를 많이 사용하고 있으며, 냉각탑 주요 구성부품의 재질과 그에 따른 화재 위험성 및 예방대책을 알아보기로 한다.

(1) 냉각탑의 주요 부품의 재질을 알아보면, 상부 외면을 덮고 있는 케이싱은 FRP, 팬 및 팬 블레이

드는 FRP 또는 알루미늄합금, 충전물은 PVC 또는 PP, 엘리미네이터와 루버는 PVC, 하부 수조는 FRP로 되어있다. 즉, 냉각탑은 일부 아연도철제의 골조를 제외하고 대부분의 구성 부품이 가연성의 FRP, 또는 PVC 재질로 되어있어 발화가 용이하며 발화시 합성수지 부품이 연소되기 때문에 다량의 검은 연기와 고열이 발생된다.

(2) 냉각탑 내부에서 발화원으로 작용할 수 있는 것은 전기적인 요인이다. 따라서 냉각탑 상부 팬을 구동하는 모터는 보통 외기에 노출 설치되어 있으므로 누수로 인한 전기사고가 발생되지 않도록 하고, 모터의 오일과 관련 베어링에 대한 철저한 점검이 요구되며, 하부수조에 동결방지용 히터를 설치한 경우에는 물이 없을 때 히터가 켜지지 않도록 주의하여야 한다.

(3) 냉각탑에서 발생하는 화재는 보수 정비작업의 잘못과 작업관리상의 문제점에 의해 주로 발생하고 있음에 비추어 볼 때 냉각탑 화재를 방지하기 위해서는 냉각탑이나 그 주변에서의 화기 작업시 작업자에 대한 사전 안전교육실시, 안전수칙 준수 및 냉각탑 내부로 발화원 유입방지 조치 등의 대책이 강구되어야 할 것으로 판단된다. ㉞



[사진 11] 금속제 골조만 남고 전소된 냉각탑 모습

[사진 10] 검은 연기를 내뿜는 화재 모습