국내 · 외 화재 및 폭발사례

황 건 만 · 협회 위험조사부 차장

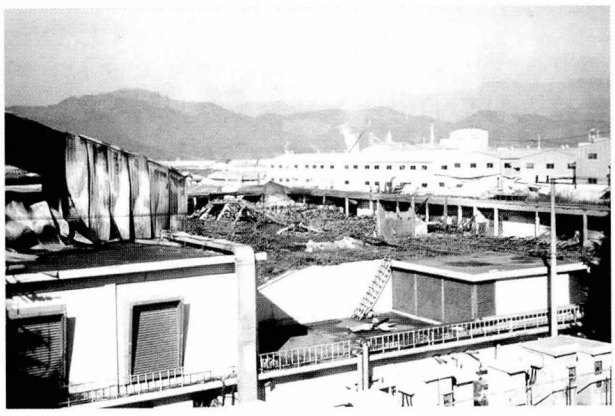
1. 부직포 공장 화재

2003년 ○월 ○일 21시 51분 대구시 소재 부직포 제조공장에서 원인미상의 화재가 발생하여, 공장 건물이 전소되고, 수용된 기계설비와 제품 및 원료 원사 등이 소실되어 39억 여원의 재산피해를 입었으며 인명피해는 없었다.

이번 화재는 경비실 근무 중 자동화재탐지설비 수신기에 화재표시와 경보가 울려 원사창고 출입문을 열어보니 불길이 치솟고 있었다는 현장 목격자의 말 등을 근거로 최초 발화지점은 원사창고로 추정하고 있으나, 소손상태가 매우 심하고 발화원 및 연소경로 등을 확인할 수 없어 정확한 화재원인을 알 수 없는 상태이다.

불이 난 공장은 일부 RC조 2층부분을 제외하고 대부분 단층의 철골조 건물로, 연면적은 21,555㎡의 큰 공장이며 건물 중앙 동서방향으로 방화벽을 쌓아 북쪽은 창고(약 10,500㎡), 남쪽은 부직포 생산공장으로 사용해 왔다. 처음 창고에서 시작된 것으로 추정되는 화재는 발생 2시간 가량이 지난 후 초기 진화(0시 5분경)가 되어 다소 불길이 잡혔으나 갑작스럽게 불어 닥친 강풍을 타고 공장쪽으로 연소가 확대되면서 공장 전체가 불

▶ 부지 남서쪽에서 본 화재 공장 전경
▼ 화재전경(화염이 강한 부분이 최초 발화부위로 추정되는 창고부분임)



▲ 부지 서측 외벽 중앙 출입구 부분과 그 내부 부직포 공장부분
◀ 부직포 공장부분의 내부 훼손상태

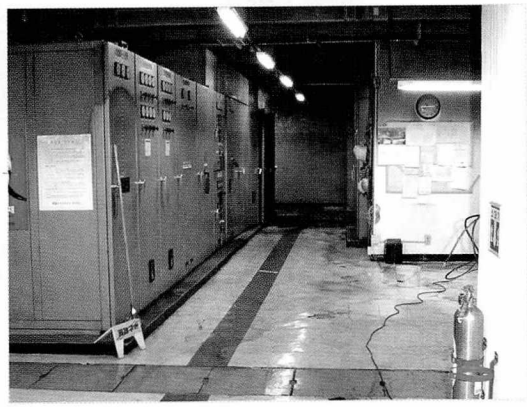
길에 휩싸였다. 불이 난지 5시간 여만에야 큰 불길을 잡았으나 계속해서 중장비로 불에 탄 섬유를 걷어내며 물을 뿌리는 등 잔불 진화작업까지 42시간 25분만에 완전히 마무리됐다.

화재가 발생한 부직포공장은 화학섬유(폴리에스테르)를 방사하는 과정을 거치며 노즐에서 나오는 섬유(Filament)를, 주행하는 컨베이어 위로 불어 날려서 긴 섬유의 층을 형성, 시트상으로 만들어 롤 형태의 제품을 만드는 공정으로, 통상 Spunbond법에 의한 부직포 생산공정이라고 한다.

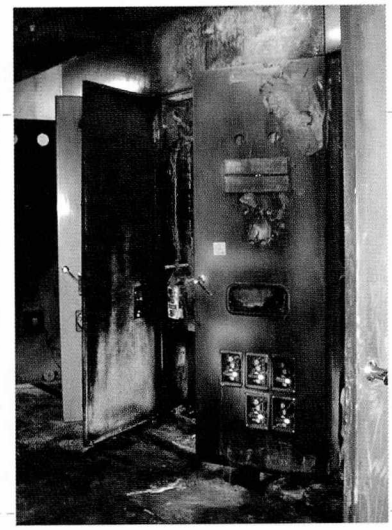
Spunbond법과 전통적인 단섬유(Staple Fiber)를 사용하는 부직포 제조공정간에 단위공정상의 화재위험성 차이를 비교해보면, Spunbond법에서는 기본원료가 알갱이(Pellet) 상태의 PET(Polyethylene Terephthalate ; 용융온도 265℃이고 열변형온도가 240℃임)이기 때문에 섬유(Fiber) 제조에 있어서 핵심공정인 용융방사공정의 공정온도는 265℃ 이상의 고온을 필요로 하고 있어 다소의 위험이 있다.

반면, 단섬유 사용 제조공정은 가열을 하지는 않지만 원료의 형태상 쉽게 불이 붙을 수 있고 저장 · 취급상 화재에 취약한 면이 있다. 또한 Spunbond법의 엠보싱공정(롤러의 표면온도를 높게 유지시켜 시트의 표면을 녹이면서 가열과 냉각을 반복하며 압착시키는 것)은 외부에서 직화 등으로 가열하는 온도가 아닌 엠보싱장치 드럼(내부에 전기히터가 장착되어 있고 온도는 자동제어됨)의 표면온도가 약 150℃ 정도에서 운전되고 있어, 단섬유 사용 공정의 접착제 등에 의한 접합 또는 본딩 공정에 비해 공정상의 화재위험성은 상대적으로 낮은 편이라 할 수 있다.

▲ 북서측 출입구에서 본 화재 공장 내부
◀ 창고 내 소실된 원료 및 제품



▲ 화재가 발행했던 전기실의 큐비클식 수배전반
(끝에서 2번째 검게 그을린 부분이 최초 발화부위인 MOF수납함)



▶ MOF 수납함의 출입문 안쪽에 나타난 "역V" 형태의 연소흔

2. 호텔 수변전설비 화재

2003년 ○월 ○일 07시경, 서울에 소재한 호텔 지하2층 전기실의 큐비클식 수배전함 MOF(계기용 전압전류변성기)에서 절연열화에 의해 발생한 아크열이 원인으로 추정되는 화재가 발생하여, 화재로 인한 직 · 간접 피해로 7억 5천여 만원의 재산피해(지급 보험금 기준)를 입었으며 전기실 근무자 1명이 화상을 입는 인명피해가 발생하였다.

큐비클 내부 MOF에서 처음 출화된 화재는 수납함 문이 닫힌 밀폐된 구조 특성상 연소용 공기의 공급이 제한적이므로, 산소농도의 저하로 인한 불완전 연소생성물이 고온으로 충만한 상태에서 급격한 연소가 이루어지지 않다가 전기실 근무자가 '펑' 하는 소리를 듣고 이를 확인하기 위해 MOF 수납함 문을 여는 순간, 급격히 산소가 공급되면서 공기가 유입되는 개방된 문쪽으로 화염이 폭발적으로 확산 · 전파되었다.

전기실 근무자가 얼굴 등에 화상을 입었고 큐비클 바깥으로 불길이 번져 나갔으나 전기실 내부 건물에는 노출천장이 검게 그을린 것 이외에 큰 피해를 입지 않았다. 큐비클 내부의 전기설비 피해로는 처음 발화지점인 MOF와 그 좌측 칸의 공기차단기(ABB) 및 이에 연결된 고압케이블이 화염에 의해 직접 소손되었으며, MOF 좌측으로 하나 건너 칸에 있던 2000KVA 변압기 1대와 MOF수납함에서 5m정도 앞쪽에 위치한 자동고장구분개폐기(ASS)는 직접 화염을 받지는 않았지만 MOF스파크 발생시 전기적 충격과 화열에 의해 손상을 받아 사용이 불가능한 상태로 되었다. 절연유 등의 불완전연소 시 생성된 그을음과 진화작업 시 사용된 소화수의 수분이 큐비클 내부에 있던 다른 배전반의 전기설비 내 · 외부로 유입되면서 접점이상 또는 오동작 등에 의한 사고유발 우려가 높기 때문에 결국 전기실 내에 있는 수변전설비 전체를 교체하게 되었다.

▲ MOF 수납함 안에 MOF 등이 소손되어 떨어져 있는 모습

◀ 고열(600℃ 이상)에 의해 검은 그을음이 완전 연소되어 하얗게 된 MOF 바로 위 천장 부분

이러한 피해사례로 비추어 보아, 유입식 수변전설비를 수용한 전기실에서는 대부분의 경우 연소생성물인 그을음이 많이 발생되면서 이로 인한 2차 피해가 화염으로 인한 1차 피해보다 더 클 것으로 사료된다.

이번 사고에 대한 정확한 화재원인은 밝혀지지 않았지만 큐비클의 MOF 수납함 출입문 안쪽에 인화성액체가 위쪽에 뿌려져 흘러내리면서 연소되는 경우에 생기는 "역V" 형태("Inverted V" Pattern)의 연소흔이 나타난 점 등 당시 정황에 비추어 볼 때, MOF 내부의 절연열화로 인한 아크열이 발화원으로 작용하여 MOF에서 처음 출화하였고, 내부에서 가스의 발생과 절연유의 팽창에 의하여 절연유가 수납함 문 안쪽으로 분출되면서 화재가 진행된 것으로 추정하고 있다.

MOF에서 발생 가능한 고장으로는 절연파괴, 국부과열 등에 의한 이상현상이나 내부 또는 부싱(Bushing)에서 발생하는 고장이 있으며, 이것을 요인별로 분석해보면 절연적 고장, 열적 고장, 기계적 고장으로 분류할 수 있다. 이것들은 어느 것이나 열분해가스의 발생과 부분방전에 의한 아크의 발생을 동반하기 때문에 '절연유가스분석' 등과 같은 정밀검사에 의해 이상유무를 판정할 수 있다. 따라서 자체에서 실시하는 일상점검과 정기점검 이외에 외부 전문업체로부터 정밀진단 및 검사계획을 수립하여 실시한다면 사고의 사전예방 및 예방보전에 도움이 될 것이다.

큐비클식 수변전설비에 설치되는 자동식소화설비의 소화약제방출헤드 및 화재감지기를 큐비클 함 내부에 위치시켜 화재의 조기감지 및 즉각적이고 실질적인 소화가 가능하도록 하는 방안이 검토되어야 한다. 또한 절연유 연소생성물인 그을음이 수변전설비에 심각한 피해를 준다는 점을 고려하여 전기실의 자동식소화설비의 설치대상을 유입식 수변전설비의 경우 전기실 바닥면적과 수변전설비에 수용된 절연유 용량을 참작하여 적용하는 것이 바람직하다.