



공장 화재사고 분석

1. 화재 현황

공장과 작업장에서의 화재는 주택·아파트 및 차량에 이어 3번째로 많이 발생하고 있으며, 국내 화재발생 건수의 10% 정도를 차지하고 있다. 그러나 재산 피해로 보면 전체 피해금액의 30% 정도를 차지하고 있으며 공장 가동 정지 등으로 파생하는 간접손실 금액을 계상하면 몇 배의 손실이 발생하고 있다. 또한 최근 30년간 10대 대형 재산피해사고 역시 모두 공장에서 발생하여 화재예방과 더불어 재산피해를 최소화하는 것이 중요한 과제이다. 원인별로 보면 전기와 불티로 인한 화재가 절반 정도를 차지하고 있으며, 담뱃불과 방화로 인한 화재가 10% 정도로 나타났다.

■ 사진 1. 배기구와 덕트 소손부분·연결부분은 녹아서 없어짐



■ 표 1. 최근 5년간 공장·작업장의 피해현황

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
건수	3,973	3,913	3,539	3,416	3,450
사망	30	17	24	25	18
부상	276	211	195	223	236
재산피해 (백만원)	49,607	51,433	41,366	55,507	43,804

■ 표 2. 2004년도 주요 장소별 화재현황

장 소	발생건수	인명피해		재산피해 (백만원)
		사망	부상	
주택·아파트	8,686 (26.5%)	297	789	25,512
차량	6,012 (18.4%)	74	130	13,745
공장·작업장	3,450 (10.5%)	18	236	43,804
국내 전체	32,737 (100%)	484	1,820	146,634

■ 표 3. 2004년도 공장·작업장의 월별 화재발생 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
공장	256	250	219	252	169	141	168	183	143	188	155	215
작업장	137	104	132	103	79	84	59	63	70	87	74	119

2. 사고 사례

가. 일반사항

- (1) 소재지 : 경북 ○○공장
- (2) 발화일시
: 2005년 3월 ○일 오후 11시 25분
- (3) 발화지점 : 오븐 내부
- (4) 재산피해 : 700만원
- (5) 인명피해 : 없음
- (6) 발화원인 : 냉각팬 전기설비 결함으로 인한 발화 추정

나. 공정 개요

자동차에 사용되는 stator에 액상 실리콘을 주입한 후 오븐으로 이송하여 250℃ 정도에서 실리콘을 경화시키는 공정이다. 화재가 발생한 오븐은 정밀한 공정 설비는 아니나 stator에 주입된 실리콘이 경화되어야 다른 작업을 할 수 있으므로, 생산 흐름에서 중요한 역할을 담당하고 있다.

다. 발화 및 진화

오븐 건조부에 39개(3×13)의 stator가 적치되어 있는 상태에서 발화하였다. 인근 근무자가 오븐에서 연기가 발생하는 것을 발견하고 내부를 살펴보니 연기가 많이 발생하였다고 한다. 초기 목격자는 근처 근무자들에게 소리를 쳐서 알린 후 오븐 덮개를 열고 소화기를 사용하여 진화하였다. 오븐 상부 덮개는 전원으로 개폐하도록 되어 있어 진화 작업시에 열지 못하였으며, 여러 개로 나누어진 측면 덮개를 열고 틈새에 분말 소화액을 방사하여 효과적으로 진화하지 못하였다. 화재로 소실된 냉

각팬을 조사한 결과 상당한 분말이 덮여 있는 것으로 확인되었다.

3. 사례 분석

오븐은 365일 24시간 가동하고 있으며, 예비 설비 또는 작업을 대체할 수 있는 설비가 없으므로 주기적인 청소와 보수가 적절하게 이루어지지 않고 있었다. 오븐 내부는 먼지, 윤활유 증기분 등이 적체되어 있었으며, 전기 설비와 가열된 공기 분위기로 인하여 상시 화재가 발생할 수 있는 조건을 갖고 있었다.

가. 발화원

- (1) 전기코일 : 건조부에 있으며, 금속 봉 안에 있음.
- (2) 과열공기 : 건조부의 공기 온도는 250℃ 내외임.
- (3) 전기설비 : 냉각부에 냉각용 팬이 설치되어 있음.
- (4) 마찰열 : 냉각팬의 회전부분 마찰로 인한 열 발생 가능성이 있음.
- (5) 스파크 : 금속 파편의 혼입으로 인해 팬과 스파크 발생 가능성이 있음.

나. 점화물

- (1) 분진 : 오븐에는 공기 배출을 위한 흡입 장치가 있어 주변의 먼지가 유입되는 구조임.
- (2) 유증기 : 건조부의 고온상태에서 윤활유 및 실리콘 증기가 발생할 수 있는 조건임.



- (3) 실리콘 : Stator에 사용하는 실리콘의 인화점은 115°C임.
- (4) 윤활유 : 컨베이어 벨트에 사용하는 윤활유의 인화점은 240°C임.
- (5) 전선 피복재 : 내열비닐전선을 사용함.
- (6) Palette : 플라스틱 재질을 사용함.

다. 사고 시나리오

(1) 냉각팬 축 전원 접속 불량으로 인한 발화

㉠ 가능성

전원 접속부에 먼지 및 유증기가 냉각되어 고형화되면서 전로(電路)를 형성하여 단락이 되고 발화되어 전선 피복재가 연소될 수 있다.

㉡ 증거 분석

냉각팬에 가까운 전선 피복재의 손실 정도가 심하였다. 오븐 내부 손실 위치가 수평방향으로는 냉각팬이 있는 중앙 부분부터 공기 배출구 쪽으로 나타나고 있으며, 상부는 배출구 쪽으로만 나타나고 있다.

(2) 냉각팬의 기계적 에너지에 의한 발화

㉠ 가능성

금속 파편이 냉각팬과 부딪혀서 스파크가 발생할 수 있으며, 냉각팬의 모터 축의 결함으로 마찰열이 발생할 수 있으나, 조사결과 가능성이 낮았다.

㉡ 증거 분석

분리 수거된 냉각팬을 조사(12개 중 11개만 확인됨)한 결과 손상 흔적이 없었다.

(3) 건조부 고온 분위기에 의한 자연 발화

㉠ 가능성



건조부 내부에는 열선 튜브가 설치되어 있으며, 건조부의 공기는 250℃ 내외로 운전되고 있어 실리콘(인화점 115℃), 윤활유(인화점 240℃) 유증기에 의한 발화 가능성이 존재하였다. 오븐 내부 손실 위치를 고려할 때 상부에서 발화되어 하부로 확산될 가능성은 낮았다.

㉠ 증거 분석

오븐 내부는 강제적으로 공기 흐름이 형성되는 곳이어서 유증기가 연소한계범위 내로 존재할 가능성은 낮으나 사고 직전 건조부에 39개의 stator가 일시 정체되어 있었으며, 이는 정상적인 상태는 아니었다.

4. 문제점 및 대책

가. 사고 원인

사고 현장이 정리된 상태여서 증거물이 불충분하며 관계자의 진술이 일치하지 않아 정확한 결과를 얻기에는 부족하였으나 가능한 증거물의 확인과 화재성상 분석을 통하여 다음과 같이 사고원인을 추정할 수 있었다.

- (1) 냉각팬의 전기적 결함으로 인해 발화한 후 전선 피복재 및 주변 분진으로 확산되었으며, 공기 유동에 따라 배기구 쪽으로 확산된 것으로 판단된다.
- (2) 건조부의 유증기가 혼재한 과열 분위에서 발화하여 확산되었을 가능성이 있으나 이 경우 발화된 물질이 하부(냉각부)로 떨어져 2차 발화하여야 하나 소흔 흔적이 적다.

- (3) 기타 원인에 의한 발화 가능성이 있으나 가능성이 낮은 것으로 판단된다.

나. 안전 대책

상기 사례 분석을 통하여 오븐에 대한 화재 안전관리 대책을 다음과 같이 제시할 수 있다.

- (1) 발화물질 : 분진제거 및 고 인화점 윤활유 사용
- (2) 전선연결 부분 : 분진, 탄소계 퇴적물 제거
- (3) 제어판넬의 위치 : 본체와 분리 설치
- (4) 금속 파편 : 혼입 방지 설비 설치
- (5) 연소확대방지 : 비상상태시 급기 및 배기팬의 차단
- (6) 제어장치 : 설정온도보다 10% 초과시 1차 경보음을 발생토록 하고, 20%를 초과하는 경우 제품 투입 자동 차단할 수 있도록 보완
- (7) 자동소화설비 : 가스계 소화설비 설치
- (8) 의사소통 : 사고조사를 위한 관련 부서의 협조 시스템 구축
- (9) 문서관리 : 위험설비 목록, 화재조사보고서 등 안전관련 문서 작성 ㉡

■ 사진 2. 오븐 내부의 분진 축적 모습

