



기계 · 금속공장 화재사례

1. 머리말

용접 및 용단 작업시에 발생하는 불티는 일정거리를 비산한 후 가연물에 착화하는 경우가 있다. 따라서 작업장소와 떨어진 곳에서 발화되거나 몇 시간이 지난 후 화재로 발생하는 특징을 갖고 있다. 국내 화재통계에는 전체 불티로 인한 화재현황은 나와 있으나, 용접 및 용단 작업시 발생하는 불티로 인한 화재까지 세분화되어 집계되지 않아 정확한 분석은 어려운 실정이다. 한국화재보험협회 자료에 의하면 용접 및 용단 작업시 발생하는 불티로 인한 화재발생 비율은 연 평균 7% 내외로 집계되고 있어 적지 않은 화재원인이 되고 있음을 알 수 있다. 특히, 사업장에서 용접 불티로 인한 발생빈도가 높아 평소 많은 교육과 예방대책을 세우고 있으나 좀처럼 발생건수가 줄어들지 않고 있다.



2. 일반사항

소 재 지 : 경남 사천
사고일시 : 2005년 8월 13일(토) 10시 50분
발화장소 : 공장동 실험실
발화지점 : 압축기 내구성 실험실
재산피해 : 20억원 추정(재조달 가액 기준)
발화원인 : 용접불티

3. 공장현황

1992년 준공된 건물로서 공장동 및 6개의 부속건물이 있었으며, 본 공장은 철골조 철골지붕틀 위 샌드위치 패널 구조로서 25,439m² 규모이다. 이중 9,288m²는 1996년에 증축되었다.

공장동의 1층은 작업장 및 실험실, 지원설비실로 사용하였으며, 건물 외측을 따라 설치된 2층은 사무실과 식당으로 사용하고 있었다. 철재류 및 원자재를 용단 가공하여 조립하는 공정으로 Compressor, Air Conditioner 등을 생산하고 있었다.

4. 화재개요

에어컨 시제품 성능 시험 중 응축 기름의 온도를 조절하는 기계실 냉동기의 동 배관 용접부가 구동모터의 진동으로 균열이 발생하여 냉

매가 완전히 누설되는 고장이 발생하였다. 사고 당시 목격자에 의하면 “일주일 전부터 시험 중이던 에어컨 시스템이 중단되었다는 보고를 듣고 현장에 가보니 냉매공급용 동 배관이 파열되어 냉매가 새고 있었다”고 한다.

휴일이라 공무과 직원이 없었고 납품 일정이 촉박하였으며, 비교적 단순한 용접작업이라고 판단하여 현장 작업자가 직접 수리키로 하고 준비를 하였다. 산소 용접을 하였으나 용접이 잘 안되어서 동 배관을 오랫동안 가열하면서 용착 두께를 두껍게 하고 있던 중 용접 불티가 벽체에 설치된 가연성 흡음재에 착화되었다.

사고 당시 안전조치로는 용접 작업 주변에 합판을 설치하여 용접 불티가 비산하는 것을 방지하고자 하였으며, 주변 배관 위에는 젖은 수건을 덮어 놓고 이산화탄소 소화기를 배치하였다고 한다.

5. 화재상황

에어컨 시스템 성능시험 작업장 벽체는 방음을 위하여 폴리우레탄 재질의 계란관형 흡음재가 설치되어 있었다. 용접불티가 흡음재에 착화되어 불꽃이 일자 급한 나머지 작업자가 손으로 두드려 끄려고 했으나 끄지 못하였다고 한다. 현장에 같이 있던 다른 직원이 기계실 출입문에 있는 이산화탄소 소화기를 사용하였으나 진화하지 못하였으며, 불길이 벽체 상부로 확산되었다.

작업자는 인근 소화기를 가져오는 한편 주변의 다른 작업자들에게 화재발생 사실을 알렸다. 주변의 작업자들이 발화현장에 도착하여 보니 화재는 천장 쪽으로 확산되고 있었으며, 실내에 연기가 차고 있었다고 한다. 작업자들은 기계실 문 앞에 둔 산소용기와 아세틸렌 용기가 폭발할 수 있다는 생각에 밸브를 잠근 후 열처리실로 이동시키고, 생산부 직원이 가져온 소화기를 사용하였으나 쉽게 진화할 수 없었다고 한다. 소방서에 신고한 후에도 대형 소화기를 사용하였으나 천장으로 확산된 화염을 잡지 못하였으며 화재는 출입문과 천장의 개구부를 통하여 인접한 조립장으로 확산되었다.

■ <표 1> 시간별 화재상황

시 간	활동사항	비 고
10:50	발화 추정시간	목격자 진술
11:08	소방서 화재접수	자재관리 직원 신고
11:10	인근 군부대 감시자가 연기 확인	
11:13	군부대 초병이 재확인	
11:15	군부대 소방차량 출동	
11:16	소방서 선착대 도착	
11:18	군부대 소방차량 도착	소방차 3대 지원
11:43	초진	
11:52	완진	

※ 실제 상황과 일부 차이가 있을 수 있음.

화재발생 후 인근 군부대와 소방서에서 출동하여 진화작업을 하였으며 발화 후 1시간이 경과한 후 불을 끌 수 있었다.

6. 문제점 및 대책

전기 아크 또는 산소를 사용하는 용접 및 용단작업은 산업현장에서 빈번히 이루어지고 있는 만큼 작업자의 부주의나 관리소홀로 인한 화재 역시 자주 발생하여 많은 피해가 발생하고 있다.

한국화재보험협회에서 조사한 2004년도 “특수건물 화재조사분석”에 의하면 공장에서 발생하는 화재 원인 중 불티로 인한 화재가 약 13% 정도를 차지하고 있어 전기 화재 다음으로 많은 화재원인이 되고 있다. 특히 용접 및 용단작업이 허가된 장소에서 이동식 용접기로 작업을 하는 도중에 많은 화재가

발생하고 있는데 이번 사고도 같은 경우가 되었다.

가. 위험성

(1) 용접 및 용단작업은 불티와 고온 금속조각(slag) 형태로 수 천 개의 발화원을 발생시키며, 전기 아크 또는 산소-연료 가스의 화염 및 고온부 등이 발화원이 된다.

(2) 용접 및 용단 작업시 발생하는 화재는 대부분 불티에 의해 발생하고 있는데 작업상태에 따라 수평으로 10m 이상까지 비산하여 가연성 물질을 착화시켜 화재를 유발할 수 있다.

(3) 불티와 금속조각은 바닥 및 칸막이의 작은 개구부, 덕트, 배관 구멍 또는 틈새에 떨어져 화재가 확대된 이후에 발견되는 경우가 많아 피해가 커지게 된다.

(4) 전기 아크 또는 산소-연료 가스의 화염 자체는 작업장 주위의

가연물을 과열시키며, 가연성 물질 저장용기로 사용된 후 적절히 청소되지 않거나 불활성 가스로 퍼지지 않은 용기에서 작업하는 경우 화재 및 폭발을 일으킨다.

(5) 용접 또는 용단된 고온 금속 조각은 가연성 물질 저장용기에서와 같이 주변의 인화성 혼합증기 또는 저장용기 안의 가연성 물질과 접촉하여 화재 및 폭발을 발생시킨다.

나. 문제점

이번 화재가 발생한 내부 실험실에는 바닥을 제외한 벽체와 천장에 방음을 위해 폴리우레탄 재질의 계단판형 방음재를 설치하여 화재에 취약한 장소였다.

작업자는 용접불티가 비산하여 방음재에 접촉하는 것을 방지하기 위하여 합판을 세로로 눕혀 90cm 높이로 설치하고, 배관 보온재에 젖은 천을 설치하였으나 비산범위를 막기에는 부족하였다. 또한 일반 가연물에 적응성이 높은 ABC 분말소화기를 사용하는 것이 바람직하였으나 가스계 소화기인 이산화탄소 소화기를 사용하여 초기소화에 실패하였다.

용접 및 용단작업에 있어서 최선의 화재예방대책은 가연물을 발화원으로부터 이격 또는 차단시키는 것 외에 용접 및 용단 작업 지침



■ 사진 1. 발화지점의 배관 용접 흔적



■ 사진 2. 상부 철골보 소손 모습



■ 사진 3. 발화지점 벽체 상부 소손 모습



■ 사진 4. 배관 보온재 소손 모습

에 따른 안전 조치가 필요하나 작업 지침이 제대로 이루어지지 않았다.

다. 안전대책

(1) 작업 장소

· 건물 내부 또는 공정 플랜트에서 하는 경우에는 화재안전지역에서만 실시해야 한다. 용접 및 용단 작업을 위해 특별히 설계 또는 허가된 지역, 예를 들면 정비실 또는 불연성 혹은 내화 건축물로 가연성, 인화성 물질이 전혀 없는 곳에서 한다.

· 용접 및 용단작업을 안전한 지역으로 옮겨서 실시할 수 없을 경우에, 그 지역은 가연성 물질을 제거하거나 발화원으로부터 가연성 물질을 보호하여 화재안전지역으로 만들어야 한다.

· 옥외에서 작업하는 경우 건물이나 시설로부터 방호물로 차단되거나 거리가 충분히 떨어진 독립된 장소에서 한다.

· 스프링클러설비가 설치되어

있으나 작동하지 않는 건물에서는 하지 않는다.

· 폭발성 혼합분위기(가연성 가스, 증기, 액체, 먼지 및 분진)가 존재하거나, 세정되지 않은 드럼, 탱크, 기타 컨테이너의 내부와 이러한 물질을 저장한 적이 있는 설비에서는 하지 않는다.

· 위험물저장용기와 마찬가지로 폭발성 혼합기가 조성될 수 있을 장소에서는 하지 않는다.

· 유황, 종이 더미 및 기름걸레 등 발화하기 쉬운 물질의 저장지역 근처에서는 하지 않는다.

(2) 작업 지침

· 종이, 나무 부스러기 또는 섬유조각 등의 가연성 물질이 바닥에 떨어져 있는 경우, <표 2>의 불티 비산거리의 1.5배 거리까지 청소한다.

· 목재와 같이 물에 약한 재질이 아닌 경우 바닥에 물을 뿌려두는 것이 바람직하며, 젖은 모래를 깔거나 내화성 차폐물로 방호해야 한다.

바닥이 물로 젖어 있을 경우, 아크 용접기 및 용단기를 취급하는 작업자는 감전되지 않도록 보호한다.

· 가연성 물질을 작업 현장으로부터 이격시킬 수 없을 경우, 가연성 물질을 방화 덮개, 금속, 내화 또는 불연성 커튼으로 보호해야 한다. 덮개의 모서리는 불티가 밑으로 통과할 수 없도록 밀착시켜야 한다. 덮개를 여러 장 사용할 만큼 부피가 큰 물질을 방호하기 위해서는 여러 개의 덮개를 겹쳐 틈이 생기지 않도록 한다.

· 불티가 인접지역으로 비산하는 것을 방지하기 위해 벽, 바닥, 덕트의 개구부 또는 틈새는 빈틈없이 덮어야 한다.

· 불티는 컨베이어 또는 덕트를 통하여 인접 가연성 물질로 비산될 수 있기 때문에 불티의 원거리 이동을 방지하도록 방호한다.

· 가연성 구조의 벽, 칸막이, 천장 또는 지붕에서 작업하는 경우, 발화를 방지하기 위하여 내화성 차

폐물 또는 방호물을 설치한다.

- 열전도가 높은 금속 벽, 칸막이, 천장 또는 지붕에서 용접 작업을 실시할 경우, 전도 또는 복사에 의해 다른 쪽 벽의 가연성 물질이 발화되지 않도록 주의해야 하며, 벽체의 가연성 물질을 옮겨야 한다.

- 가연성 물질을 옮길 수 없을 경우에는 작업하는 반대편 벽에서 발생하는 화재를 감시해야 한다. 가연성 덮개로 덮여 있는 금속 칸막이, 벽, 천장, 지붕 또는 샌드위치 패널 구조의 벽 또는 칸막이에서는 용접작업을 실시해서는 안된다.

- 가연성 벽, 칸막이, 천장 또는 지붕과 접촉하는 배관 또는 기타 금속에 대한 용접 및 용단작업은 열전도에 의해 발화될 수 있을 정도로 작업장소가 가까운 경우에는 작업을 실시해서는 안된다.

- 운전 중인 설비 근처에서 용접 및 용단작업을 실시할 때에는 바람의 방향을 고려해야 한다. 용접 및 용단 불티가 바람에 의하여 가연물이 있는 지역 또는 운전 중인 설비 근처로 비산할 가능성이 있을 때에는 작업을 실시해서는 안된다.

- 예상되는 화재의 종류에 적합한 소화기 2대를 작업장에 비치해야 한다. 용접 및 용단작업장 주위에 소화전이 설치되어 있으면,

즉시 사용할 수 있도록 준비한다.

- 용접 및 용단작업이 스프링 클러헤드 가까이에서 실시될 경우, 헤드 위에 젖은 천을 두르고 작업이 끝난 후 제거해야 한다. 자동화 재탐지설비 또는 소화설비와 같은 소화설비의 오동작을 피하도록 주의한다.

- 주위 사람들에게 불티나 용융 금속조각이 비산하지 않도록 보호해야 한다.

- 컴프레서실, 드럼 충전실 등 건물 안에 설비가 운전 중일 때는 정지시키고 작업 대상 설비의 인화성 가스 또는 윤활유 등을 제거해

야 한다.

또한, 건물 안의 가스 또는 증기를 제거해야 하고, 가스탐지기로 작업지역을 감시하여야 한다. 환기를 확실하게 하기 위해서 위험장소용으로 허가된 환풍기를 사용할 수도 있다.

- 배관 등의 보온재로 사용된 가연성 단열재는 가능한 한 제거한 후에 작업한다.

- 용단기가 너무 크거나 산소의 압력이 너무 높으면, 불티의 비산거리와 양이 증가하므로 용단 대상물에 적합한 기구와 산소압력을 사용한다. (🔥)

■ <표 2> 용접 및 용단 작업시 불티 비산거리

높이(m)	판 두께(mm)	작업방향	비산거리(m)				풍 속(m/sec)	
			바람을 향할 때		바람을 등질 때			
			1차 불티	2차 불티	1차 불티	2차 불티		
8.25	4.5	측 방	4.5	6.5	7.0	9.0	1~2	
		하 방	3.5	6.0	-	-		
11.25	4.5	측 방	5.5	7.0	6.0	9.5	1~2	
		하 방	3.5	6.0	-	-		
15.0	4.5	측 방	4.5	6.0	8.0	11.0	2~3	
			9.0	6.0	12.0	8.5		12.0
			16.0	5.5	7.0	9.0		12.0
			25.0	6.0	8.0	9.0		12.0
	9.0	하 방	4.5	3.0	6.0	-		-
			9.0	4.0	7.0	-		-
			16.0	5.0	8.0	-		-
			25.0	6.0	9.0	-		-
20.0	4.5	측 방	4.5	6.0	8.0	12.0	4~5	
			9.0	4.5	6.0	9.0		15.0
			16.0	4.5	6.0	10.0		15.0
	9.0	하 방	4.5	6.5	14.0	-		-
			9.0	7.0	10.0	-		-
			16.0	8.0	10.0	-		-