

건설공사 용접·용단작업 시 화재·폭발 재해예방 안전대책

용접작업이란 ?



- ▶ 용접하고자 하는 두 개 이상의 모재(주로 금속) 간에 연속성이 있도록 접합부분에 열 또는 압력을 가하여 결합시키는 과정
- ▶ 용접종류로는 용접, 압접, 납땜 등이 있으며, 용접은 모재의 접합부에 열을 가하여 접합하는 방법이고, 압접은 접합부 가열 후 압력을 주어 접합하는 방법이며, 납땜은 용융점이 낮은 납 등을 용융시켜 접합하는 방법

용접·용단작업 시 발생하는 비산불티의 특성

- 용접·용단 작업 시 수천 개의 불티가 발생하고 비산
- 비산불티는 풍향, 풍속에 따라 비산거리가 달라짐
- 용접 비산불티는 1,600℃ 이상의 고온체
- 발화원이 될 수 있는 비산불티의 크기는 최소 직경 0.3~3mm 정도
- 가스 용접 시는 산소 압력, 절단속도 및 절단방향에 따라 비산불티의 양과 크기가 달라질 수 있음
- 비산된 후 상당시간 경과 후에도 축열에 의하여 화재를 일으킬 수 있음

최근 5년간 용접·용단작업 관련 화재·폭발 중대재해

재해 발생 기인물(착화물)	건수	비율(%)
인화성가스	5	35.7
인화성물질(드럼·용기 관련 작업)	4	28.6
우레탄 판넬류	2	14.3
발포우레탄	1	7.1
기타 발화재	2	14.3
총합계	14	100

공사종류별	건수	비율(%)
공장(연구소 포함)	3	21.4
군시설	2	14.3
도로 및 관로	2	14.3
빌딩	2	14.3
기타시설	5	35.7
총합계	14	100

최근 5년동안 용접·용단작업 관련 화재·폭발 중대재해 분석 결과, 착화물은 인화성가스(35.7%), 인화성 물질(28.6%), 우레탄 판넬류(14.3%), 발포 우레탄(7.1%), 기타 발화재(14.3%) 순이며, 재해발생 공사종류는 공장(21.4%), 군시설(14.3%), 도로 및 관로(14.3%), 빌딩(14.3%) 순으로 나타남

기인물질 별 주요 사고발생 형태

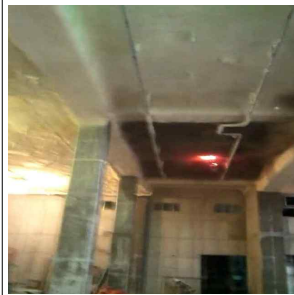
- ✓ 인화성 가스, 인화성 물질
 - 인화성 유증기 및 인화성 액체 등이 체류할 수 있는 용기·배관 또는 밀폐공간 인근에서 용접·용단작업 실시 중 불티가 유증기 등에 착화
- ✓ 발포 우레탄
 - 스프레이 뿜칠 발포우레탄 인근에서 용접·용단 중 불꽃이 튀어 우레탄에 축열되어 발화
 - 샌드위치 패널 또는 우레탄 단열판 내로 용접·용단 불꽃이 튀어 축열되어 발화
- ✓ 기타 발화재
 - 용접·용단 불꽃이 비산하여 가연물(자재, 유류가 묻은 작업복 등)에 착화
 - 밀폐공간 환기용으로 공기 대신으로 산소를 사용하여 산소에 발화

건설현장 용접·용단작업 시 착화물질별 화재·폭발 사고 사례

■ 우레탄폼 착화 사례



지수관 용접 중 하부 우레탄보온판 화재로 4명 사상('13.11.26, 서울 구로)



기설전등 스파크로 인한 우레탄폼 화재로 13명 사상('12.8.13, 서울 종로)



■ 유증기 착화 사례 (1)



에탄올 누출 인근에서 용접 중 폭발로 2명 사상('13.4.8, 전남 화순)



화목난로용 페드럼통 용단작업 중 폭발로 1명 사망('13.1.24, 충북 영동)



■ 유증기 착화 사례 (2)



메탄가스 누출 인근에서 용접 중 폭발로 6명 사상('12.3.16, 경기 고양)



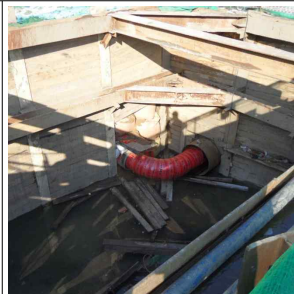
구 톨루엔 저장탱크 이전 설치 용접 중 폭발로 2명 사망('11.7.10, 경기 시흥)



■ 기타 발화재 착화 사례



주춧돌 내부 용단 중 폴메틸렌 단열재 화재로 3명 사상('14.10.14, 서울 마포)



강관내부 용접 중 작업복에 착화로 1명 사망('12.12.25, 대전 동구)



건설공사 용접·용단작업 시 화재·폭발 재해예방 안전대책

[교육 - 관리감독 - 작업방법 측면의 체계적 사고예방대책]

■ 위험성평가 및 근로자 안전교육 실시

- ❖ 원·하청 간 명확한 작업지시 체계를 확립하고 화기작업 지역의 모든 공사참여 협력업체별 관리 감독자가 함께 위험성평가 실시 및 결과 공유
- ❖ 용접·용단작업 시 인화성 물질 착화 화재의 특징, 대처방법 등에 대해 근로자 안전보건교육 실시

■ 관리감독 및 점검 활동

- ❖ 인화성 물질 또는 가스 잔류 배관·용기에 직접 또는 인근에서 용접·용단 시 위험물질 사전 제거 조치
- ❖ 용기 및 배관에 인화성 가스, 액체 체류 또는 누출 여부 상시 점검 후 위험요인 제거
- ❖ 전기케이블은 절연조치하고 피복 손상부는 교체, 단자부 이완 등에 의해 발열되지 않도록 조임
- ❖ 작업에 사용되는 모든 전기기계기구는 누전차단기를 통하여 전원 인출
- ❖ 가스용기의 압력조정기와 호스 등의 접속부에서 가스누출 여부를 항상 점검
- ❖ 착화 위험이 있는 인화성 물질 및 인화성 가스 체류 배관·용기, 우레탄폼 단열재 등의 인근에서 용접·용단작업과 같은 화기작업 시에는 화재감시인 배치

[화재감시인 배치 장소]

- 작업현장에서 반경 10m이내에 다량의 인화성 물질이 있을 때
- 작업현장에서 반경 10m이내에 벽 또는 바닥 개구부를 통해 인접지역의 인화성 물질에 발화될 수 있을 때
- 금속 칸막이, 벽, 천장 또는 지붕의 안쪽이나 반대쪽 면에 인화성 물질이 인접하여 열전도 또는 열복사에 의해 발화될 수 있을 때
- 인화성 물질이 작업현장에서 반경 10m이상 떨어져 있어도 불티에 의해 발화될 수 있을 때
- 밀폐 공간에서 유증기가 발생하는 작업을 할 때

[화재감시인의 임무]

- 즉시 사용할 수 있는 소화설비를 갖추고 그 사용법을 숙지하여 초기에 화재 진화능력 구비
- 인근의 소화설비 위치 확인
- 비상경보설비를 작동할 수 있도록 상시 유지 및 점검
- 용접·용단작업이 끝난 후에도 30분 이상 계속하여 화재가능성 및 발생 여부를 확인

■ 안전작업방법 준수

- ❖ 인화성 물질은 용접·용단 등 화기작업으로부터 10m이상 떨어진 안전한 곳으로 이동조치(인화성 물질을 옮길 수 없다면 방화덮개나 방화포로 보호)
- ❖ 용접·용단작업 실시 장소에는 “경고·주의” 표지판 설치, 작업장소 인근에 적정 능력 소화기 비치
- ❖ 지하층 및 밀폐공간은 강제 환기시설을 설치하여 급배기를 실시
- ❖ 화재로 정전되더라도 비상 작동되는 경보설비(연면적 400m² 이상 또는 상시근로자 50명 이상 시)와 외부와의 연락장치, 유도등, 비상 조명시설 등 설치로 비상 대피로 확보
- ❖ 용접·용단작업은 우레탄폼 시공보다 선행하는 등 작업 공정계획 수립 시 화재예방 면밀히 고려

용접·용단 시 화재·폭발 사고는 작업자가 조심하는 것만으로는 막을 수 없습니다.

위험성 평가 및 근로자 안전교육, 관리감독 이행, 안전작업방법 준수가 체계적으로 수행되어야 예방할 수 있습니다.

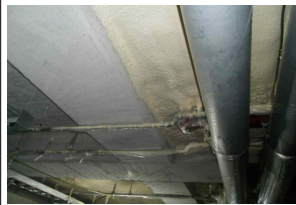
[참고자료] **우레탄폼의 반응 매커니즘 및 발화 시의 특징**

■ 건축물 공사에 사용되는 우레탄폼

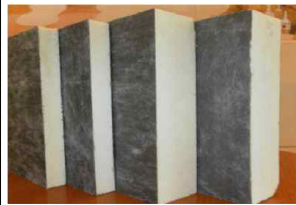
건축물에 사용되는 우레탄폼의 종류로는 단열재 등으로 미리 성형 제조한 우레탄폼 단열판, 벽체 및 지붕재로 사용하기 위해 제조한 복합재질 샌드위치 판넬, 현장에서 직접 시공하는 스프레이 우레탄폼 등이 있음



냉동창고 벽면·바닥 스프레이 시공



일반건축물 천정부 스프레이 시공



우레탄 폼 단열재 (우레탄 보드)



우레탄 샌드위치 판넬

■ 우레탄폼 반응 매커니즘 및 발화 시의 특징

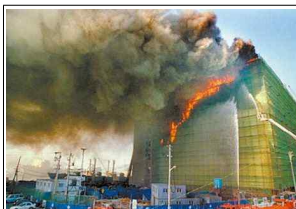
[반응 매커니즘]

- 폴리우레탄 발포체는 성형할 때 고분자의 상태에 따라 여러 가지로 분류하나, 통상적으로 반응성이 아주 빠른 두 액상원료[(diisocyanate:A액)와 (polyol:B액)]를 혼합시켜 기체(CO₂) 발생 및 고분자화 반응 진행 시 급격히 점도가 상승하며, 발열반응에 의해 체적 팽창으로 발포체가 형성

[발화 시의 특징]

- 우레탄폼은 할로겐화합물이나 인(Phosphate)을 첨가시킬 경우 난연성을 띄기는 하나 불연성은 아니며, 한번 불이 붙으면 폭열을 일으키면서 연소하는 특성이 있음. 특히 1,000℃ 이상되는 용접불티가 발포 우레탄에 떨어지면 우레탄 속으로 파고 들어가 서서히 연소하고 일정시간이 경과되어 발화되면 급속히 확산되는 특성이 있음
- 우레탄폼 발화 초기에는 흰 연기를 내며 분해반응을 일으키다 발포체가 녹아 타면서 검은 연기를 내뿜으며 급격히 확산되고, 우레탄폼 표면의 피막으로 인해 소화약제 침투가 어려워 일반 화재보다 화재 진화가 어려움
- 우레탄폼 연소 시 발생하는 연기에는 염화수소(HCl), 황화수소(H₂S), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 이산화황(SO₂), 시안화수소(HCN) 등의 유독가스가 포함되어 있어 근로자들이 유독가스를 흡입 시 치사 원인으로 작용

[우레탄폼 착화로 인한 대형사고 사례]



부산 냉동창고 신축공사 화재
(*98.10.29 사망27, 부상16)



서울 구로 오피스텔 신축공사 화재
(*07.3.17 사망1, 부상60)



이천 물류 냉동창고 신축공사 화재
(*08.1.7 사망40, 부상10)



서울 종로 미술관 신축공사 화재
(*12.8.13 사망4, 부상9)