

UK P&I CLUB



Burgoynes

consulting scientists and engineers

RISK FOCUS: 기관실 화재

대부분의 선박 화재는 기관실에서 시작됩니다.

UK P&I CLUB
IS MANAGED
BY **THOMAS
MILLER**

목차

기관실 화재 위험 감축	1
화재의 요소	1
점화 작용	1
유류 화재	2
고온 표면 점화 및 방지 대책	2
단열재 화재	4
탱크 기름 받이	4
고체 가연물	5
기체 가연물	6
전기 화재	6
소기공간 화재	8
배기가스 보일러/열교환기에서 발생하는 그을음 화재	8
보일러와 소각로	8
육안 검사	9
소방 안전 시스템	9
화재 감지	9
화재 진압	9
고정식 화재 진압 시스템	10
화재 확산 방지	11
탈출 경로와 탈출구	12
비상차단장치	13
비상차단밸브	13
요약	14
첨부1	15
용어해설집	16

기관실 화재 위험 감축

여러 종류의 연료와 다양한 점화원이 기관실에 상존하고 있다는 점을 고려하면, 선박 화재의 상당수가 기관실에서 시작된다는 사실은 그리 놀랍지 않습니다.

국제해사기구의 조울 하에 실시된 연구¹에 따르면 상선 화재의 30~50%는 기관실에서 시작되며, 기관실 화재의 70%는 가압시스템의 기름 누출로 인해 발생하는 것으로 드러났습니다. 기관실에서 큰 화재사고가 발생할 경우, 선박이 자체 동력으로 항행을 지속하기는 힘듭니다. 결국은 인양, 예인, 수리, 가동 중단, 운항 취소 등으로 인해 보통 수백만 달러의 비용이 초래됩니다.

청결하고 잘 정돈된 기관실을 유지하기 위해 각별한 주의를 기울여야 합니다. 기관실 내 기계류와 비상제어장치는 국제해상인명안전협약 및 국제해사기구 지침에 따라 설치하고 가동해야 하며, 장비는 주기적으로 수리하고 정기점검을 실시해야 합니다. 국제해사기구에서 2009년 6월 11일에 발간한 MSC.1/Circ.1321에 기재된 “기관실 및 화물 펌프실 화재방지 지침”은 특히 본 사안과 밀접한 관련이 있습니다. 적절한 정비작업 미수행 또는 점검시스템의 부재로 인하여 화재가 발생할 경우, 선주 또는 선박관리자는 업무태만 및 불감항성을 이유로 소송을 당할 수 있습니다.

일부 특수 선박을 제외하고 대부분의 기관실은 넓은 공간을 제한된 구획으로 나눈 구조입니다. 기관실에 접근할 수 있는 경로가 제한적이며 장비들 사이에 정해진 통로로만 이동이 가능합니다. 그렇기 때문에 기관실은 화재를 진압하기 힘든 환경이기도 합니다. 안전 상의 이유로 선원들의 효과적인 자체 소방활동이 제한될 수 있으며, 시야가 확보되지 않을 경우 외부 소방대원들이 위에서부터 화재를 진압해야 할 수 있습니다. 해당 기관실에서 발생할 가능성이 있다고 예측되는 화재사고에 대응하기 위해 현실감 있는 소방훈련을 자주 실시하는 것이 매우 중요합니다. 일부 선사는 소방훈련 전문회사에 의뢰해 선원들에게 높은 수준의 훈련을 제공하고 있습니다.

화재의 요소

모든 선원은 화재의 3요소를 숙지하고 있어야 합니다. 산소공급원(공기 중의 산소), 연료(가연물질) 그리고 점화원이라는 세 가지 요소가 모이면 화재가 발생합니다. 소방활동의 기본 원리는 연료 그리고/또는 산소를 제거하거나 차단하여 세 가지 요소가 모이지 못하게 하는 것입니다. 화재위험평가를 실시하거나 화재방지조치를 취할 때도 화재의 3요소를 명심해야 합니다.

기관실에는 불가결하게 충분한 양의 공기가 공급되며 매우 효과적인 환기시설이 갖춰져 있습니다. 그러나 화재의 나머지 두 요소인 ‘점화원’과 ‘연료’를 더 꼼꼼하게 살펴보는 것이 화재 방지에 도움이 됩니다. 기관실 담당자는 점화 작용을 제대로 이해함으로써 화재위험평가 및 화재방지조치를 더 잘 실시할 수 있습니다.

점화 작용

점화 작용은 연료에 충분한 양의 에너지가 전달되어 연쇄적 연소반응을 일으키는 것을 말합니다. 모든 점화원이 모든 연료와 연소반응을 일으키지는 않습니다. 예를 들어, 전기 스파크는 가연성 기체의 점화원이 될 수 있지만, 액체 연료를 점화하기 위해서는 연료의 온도가 (인화점 이상으로) 높아야 하며, 대부분의 고체 연료는 점화할 수 없습니다. 비슷한 맥락에서, (앵글 연마작업 또는 디스크 절삭작업과 같은) 용접 및 절삭작업 시 발생하는 불티는 솜 폐기물, 면직 헝겊, 톱밥, 판지 포장재처럼 섬유형태 또는 미세 분할된 고체 가연물에 무연화재를 유발 할 수 있지만, 목재나 플라스틱과 같은 고체 가연물을 점화할 가능성은 적습니다. 흡연자들이 무심코 버리는 담배꽂초 또는 성냥 또한 여러 가연성 물질에 불을 붙일 수 있으니 주의해야 합니다. 기관실에서 흡연 시 비상제어실에서만 흡연을 허용해야 하며, 흡연 폐기물을 안전하게 버릴 수 있도록 모래가 담긴 재떨이 등을 비치해야 합니다. 어떠한 경우에도 흡연 폐기물을 일반 쓰레기통에 버려서는 안 됩니다.

앞서 설명했듯 연료와 점화원을 고려할 때 둘 사이의 연소 반응 가능성을 함께 고려해야 합니다. 기관실 안에는 여러 가지 가연물질이 고체, 액체 그리고 기체 형태로 존재하며 가연물질의 물리적 그리고 화학적 특성에 따라 특정 점화원에 반응하는지 여부가 결정됩니다. 첨부1의 도표를 보면, 기관실에서 흔히 접할 수 있는 가연물질들이 요약되어 있으며 물질별로 불이 붙기 위해 필요한 조건과 유효한 점화원의 예시가 함께 적혀 있습니다. 독자의 이해를 돕기 위해 도표에 이탤릭체로 적힌 기술 용어는 용어집에 뜻을 해설했습니다.



¹ Analysis of Fire Hazard and Safety Requirements of a Sea Vessel Engine Rooms, Adam Charchalis & Stefan Czy, *Journal of KONES Powertrain and Transport*, Vol. 18, No. 2 2011

첨부1의 도표를 활용하면 유용한 정보를 손쉽게 찾아볼 수 있습니다. 더 나아가 국제해상인명안전협약의 규정을 위반하거나 기관실의 효과적인 정비 및 정리정돈을 등한시하여 부상, 인명손실, 재정적 타격 및 불필요한 소송을 수반할 수 있는 심각한 화재가 초래된 사례들을 살펴보는 것도 도움이 됩니다.

유류 화재

기관실 화재 중에서 유류 화재는 가장 심각한 부류에 속합니다. 최근 클럽에 가입된 선박 두 척이 기관실 화재로 상당한 피해를 입었는데, 두 화재사고가 놀라울 정도로 유사했습니다. 두 사건 모두 발전기 주변에서 새어 나온 기름이 배기관 외의 고온 표면에 닿으면서 화재가 시작됐으며, 소방설비를 제대로 정비하지 않았거나 또는 소방설비를 몰라서 선원들이 소방활동을 제대로 실시하지 못했습니다. 첫 번째 사건에서는 두 명의 선원이 연기 흡입 부상을 입었으며, 두 번째 사건에서는 선원 한 명이 화재를 진압하다가 사망했습니다. 두 사건 모두 기관실에 심각한 손상을 초래했으며 결국 예인과 수리로 많은 비용이 지출됐습니다.

소량의 기름 누출도 간과했을 때 화재로 이어질 수 있습니다. 예를 들어, 소량이라도 지속적으로 기름이 새서 기계 표면을 따라 흐르다가 온도가 높은 부분에 닿게 되면 불이 날 수도 있습니다. 갑자기 많은 양의 기름이 새어 나올 경우에도 화재로 이어질 수 있습니다. 예를 들어, 아래와 같은 사유로 인해 기름이 누출될 수 있습니다.

- 느슨한 연결 부위
- 고압 연료관 및 저압연료관에 연결된 파이프의 파열 및 기계적 손상 (천공)
- 발전기 연료 필터에 느슨하게 연결된 블리드 콕
- 느슨하게 또는 지나치게 꽉 조인 파이프 유니언
- 지나치게 꽉 조여서 파열된 플랜지 볼트
- 느슨하게 조인 텐션볼트 및 스테드의 파열, 연료분사펌프를 고정하는 볼트/스텝 등
- 열에 노출되면 손상되는 적합하지 못한 씰 및 개스킷의 사용
- 기계적 손상 또는 노후화로 인한 유류 및 유압용 고압 호스의 파열

올바른 유지보수 절차를 철저히 준수해야 합니다. 국제해상인명안전협약 규정에 부합하도록 고온 표면 주변에 있는 고압파이프는 피복을 씌워야 하며 플랜지 조인트도 노출되지 않도록 비산방지판을 설치해야 합니다. 단열재 또한 효과적으로 유지보수 해야 합니다.

고온 표면 점화 및 방지 대책

유류 화재는 보통 많은 양의 기름이 누출되거나 소량의 기름이 지속적으로 새서 주변으로 흐르다가 기름의 '최소자연발화온도' 이상으로 높은 고온 표면에 닿았을 때 발생합니다. 경유와 연료유의 최소자연발화온도는 일반적으로 약 250℃ 정도이지만, 낮게는 225℃에서도 불이 붙는다고 보고됩니다. 윤활유 및 유압유의 최소자연발화온도는 조금 더 높습니다. 고압 분무형태의 기름은 고온 표면과 접촉 시 곧바로 점화할 수 있으며, 액체 형태의 기름은 증발을 통해 가연성 증기가

형성될 정도의 짧은 시간만 지나면 불이 붙을 수 있습니다. 특정 조건하에서, 예를 들어 가연성 증기가 밀폐된 공간에서 퍼질 경우, 화재에 앞서서 폭발사고가 발생할 수 있습니다. 이렇듯, 모든 유류는 정해진 통제시스템 하에서 관리하고 유출을 막아야 합니다. 유류 화재는 종종 빠르게 확산되어 기관실 담당자들의 안전을 위협하며, 발전기 배전판에 전기를 공급하는 주요 전선을 태워서 전력을 차단하고 결과적으로 선박의 동력 상실을 초래할 수 있습니다.

국제해상인명안전협약 II-2 규정 4.2.2.5.3 그리고 해상안전위원회 지침 MSC.1/Circ.1321에 부합하도록 고온 장비 위쪽 또는 주변에 위치한 연료유 배관 중 0.18 N/mm² 이상의 압력을 받는 배관에 연결된 플랜지 조인트, 플랜지 보닛은 비산 방지 테이프로 감싸야 합니다. 더 나아가, 고압 연료공급파이프는 파이프 손상이 발생해도 누유를 방지할 수 있는 피복을 입혀야 하며, 누출된 연료유가 드레인 탱크처럼 안전한 곳으로 신속하게 배출될 수 있도록 파이프의 주변 공간에 적절한 드레인 장치를 설치해야 합니다.

기름의 누출을 방지하기 위하여 효과적인 정비시스템을 도입해야 하며 공학 원리원칙을 적용하여 유지보수를 실천해야 합니다. 예를 들면, 다음과 같은 유지보수활동을 실행 해야 합니다:

- 적은 양의 기름 누출도 지체 없이 수리
- 연료분사기 및 연료분사펌프에 연결된 피스들은 올바른 토크에 맞추어 조여서 펌프 작동 시 발생하는 반복 응력으로 인한 누유 그리고/또는 피로 파괴를 방지
- 일부 발전기에 설치된 연료 펌프 커버처럼 은폐된 공간에서 기름이 누출될 경우 경고를 해주는 누유탐지경보장치가 제대로 작동하도록 관리



고온의 연료 증기가 연료 펌프 커버에서 배기장치로 이동할 수 있는 잠재적인 경로 (점검을 위해 피복/커버를 제거)

고온의 기름이 새서 인화점 이상 높은 온도의 연료 증기가 형성될 경우 화재로 이어질 수 있기 때문에 누유탐지경보장치가 제대로 작동하도록 관리하는 것이 중요합니다. 예를 들어, 발전기의 연료 펌프 커버에서 고온의 연료 증기가 새어 나와서 엔진을 가로질러 배기시설로 이동할 수 있습니다. 국제해상인명안전협약 규정에 따라 배기시설에 누출된 기름이 접근할 수 없도록 차단장치를 설치했다더라도 증기 형태의 기름이 배기부분과 접촉하여 자연 발화할 수 있습니다.

화재를 방지하기 위해서는 기름이 새는 것을 막아야 할 뿐만 아니라, 누유가 발생하더라도 고온의 표면이 점화원이 되지 않도록 고온 표면에 효과적인 피복 또는 차단막을 설치해야 합니다. 이와 같은 조치가 기관실 화재 예방을 위한 가장 효과적인 방법이며 선상에서 비교적 손쉽게 실시할 수 있습니다.

국제해상인명안전협약 규정에 따르면 220℃ 이상의 표면 중 시스템 고장으로 인해 유류와 접촉할 가능성이 있는 표면은 안전하게 단열처리를 해야 합니다. 선원들은 단열처리 되지 않은 고온 표면이 조금이라도 노출될 경우, 예를 들어 플랜지 조인트 또는 파이프 일부가 노출될 경우, 잠재적으로 위험할 수 있다는 점을 인지해야 합니다. 아래 사진들은 고온 표면 단열처리가 미비한 사례들을 보여줍니다. 발전기 배기시설 전체가 노출된 사례부터 일부가 노출된 사례까지 확인 할 수 있습니다.



배기시설 전체가 단열처리 되지 않음



배기주름관이 누출



배기시설 표면 일부가 노출 (화살표 부분)

넓은 고온 표면과 부속장치들에 피복 또는 차단막을 설치하기 위해 총력을 기울였음에도 불구하고 빈틈이 있을 수 있습니다. 특히 과급기의 경우, 복잡한 형태 때문에 효과적인 단열처리가 어렵습니다. 그렇기 때문에 표면이 굽어지는 부분과 플랜지 조인트처럼 형태가 복잡한 부분은 주기적으로 표면온도를 측정하는 것이 바람직합니다. (아래 사진과 같은) 적외선 온도계를 사용하면 효과적으로 표면 온도를 측정할 수 있으며, 비교적 저렴한 비용으로 즉각적인 온도 측정이 가능하고, 측정하고자 하는 대상이 멀리 떨어져 있어도 원격으로 온도 측정이 가능합니다. 제조사의 사용설명서에 따라서 작동 시키지 않을 경우 잘못된 측정 결과가 나올 수 있으니 주의해야 합니다. 일부 온도 측정계는 측정된 온도가 설정된 한계를 초과할 경우 경보를 울립니다. 주위 온도가 높을 경우 (예를 들어 선박이 고온 기후에서 운항할 경우) 표면 온도 또한 더 높아질 수 있다는 사실을 인지해야 하며, 엔진이 보통 또는 과부하 상태에서 작동하고 있으며 최고가동온도에 도달했을 때 온도 측정을 실시하도록 유의해야 합니다. 주요 전기 배전반, 전기 회로 그리고 작동 중인 장비에서 국부적으로 과열될 가능성이 있는 부분을 찾기 위해 온도 측정계를 사용할 수 있으며, (나중에 다루겠지만) 냉장 장비의 올바른 사용에도 도움을 줍니다.



적외선 온도 측정계. 일부 온도 측정계는 레이저 광선을 발사하여 측정하고자 하는 표면을 조준할 수 있어서 정확한 온도 측정이 가능합니다. 조금 더 고가의 제품은 측정하고자 하는 대상의 열지도 영상을 제공합니다.



단열처리 빈틈으로 인한 고온 지점

대안으로, 선박 검사 시 조금 더 고가의 열영상 장비를 사용할 수 있습니다. 아래 사진을 보면 열영상과 가시광선 영상을 비교할 수 있는데, 열영상 장비는 선명한 영상과 함께 표면 온도를 보여줍니다.



IR001153.IS2-NO1 보조 엔진



가시광선 영상

주요 영상 표시

명칭	온도	방사율
Hot	318.1°C	0.95

사진 제공: SVL Singapore Services

이와 같은 검사를 실시한 결과, 검사한 선박 중 약 80% 정도에서 단열처리가 미비한 220°C 이상의 고온 표면이 발견되어 국제해상인명안전협약 규정을 위반하고 있는 것으로 드러났습니다. 최근 클럽의 위험평가 담당자들이 적외선 온도 측정계를 사용하여 선박 검사를 실시한 결과를 살펴보면, 위와 같은 추산이 과장된 수치가 아님을 보여줍니다.

계기장치 콕 또한 잠재적인 점화원입니다. 국제해사기구 지침 MSC.1/Circ.1321 Para 1.1.5에 따르면, “노출된 계기장치 콕은 단열처리하여 고온 표면을 차단”하도록 권유하고 있습니다.

적외선 온도 측정계를 사용하여 단열처리 되지 않은 계기장치 콕의 점화 위험성을 평가할 수 있습니다.



노출된 계기장치 콕의 온도가 국제해상인명안전협약 기준을 초과함

단열재 화재

(연료유, 경유, 윤활유와 같은) 광물성 기름이 150°C 이상의 고온 배관에서 새어 나와 배관을 감싸는 단열재에 스며들 경우, 기름이 서서히 산화되어 어느 순간 자연 발화할 위험성이 있습니다. 자연 발화할 경우, 단열재는 산산조각 나며 배관에서 누출된 기름에 불이 붙게 됩니다. 발화까지는 수 시간이 걸릴 수 있으며, 외부적으로는 위기가 임박했다는 신호가 거의 없어서, 연기가 피어오르고 잠시 후 화염이 보일 때까지 위험을 감지하지 못할 수도 있습니다. 그렇기 때문에, 기름이 새는 곳은 신속하게 수리해야 하며 임시방편이 아닌 기름이 스며들 단열재를 교체하는 등의 제대로 된 영구 수리를 실시해야 합니다.

‘자연 발화’ 위험성



탱크 기름 받이

폐연료유 탱크와 청정기 기름 받이는 화재 위험원입니다. 점화의 위험성이 있는 동시에 화재를 확산시키는 매개체로 작용합니다. 배관이 막히지 않도록 관리하고 배관 내 기름이 축적되지 않도록 예방하는 것이 매우 중요합니다. 탱크 속에 있는 기름은 보통 인화점보다 낮은 온도에서 저장되기 때문에 직접 불이 붙을 가능성은 없습니다. 그러나 솜이나 헝겊과 같은 섬유형태의 고체가 기름에 일부 잠겨 있다면 양초의 심지 역할을 할 수 있습니다. ‘양초의 심지’에 용접 스파크 또는 무심코 버린 담배꽂초와 같은 점화원이 접촉할 경우 불이 붙을 수 있으며, 연기가 피어오르다가 결국에는 화염으로 발전하게 됩니다. 심지에 기름이 계속 스며들며 화염이 유지되고, 화염 주변에 있는 기름의 온도가 올라가서, 어느 순간에는 기름 표면으로 불이 번지고 화재가 커질 수 있습니다. 화재에 직접 노출된 탱크 밸브와 레벨 게이지는 제대로 작동하지 않을 가능성이 있습니다. 탱크의 아랫부분과 글라스 게이지 사이에는 자동정지밸브가 설치되어 있습니다.

자동정지밸브의 역할은 탱크와 글라스 게이지를 분리하는 것입니다. 평상시 밸브는 잠겨 있어야 하며 탱크 속을 점검할 경우에만 밸브를 열어야 합니다. 점검 후 밸브는 스프링 압력에 의해 또는 중력 카운터 밸런스 장치가 작동하여 자동으로 잠겨야 합니다.

UK 클럽의 선박 검사관들은 다양한 방법을 통해서 밸브를 영구적으로 열어 두는 행태를 자주 목격합니다. 밸브를 열린 상태로 유지하기 위해 나무쐐기, 철사 그리고 특별히 제작된 클램프를 사용하는 모습이 자주 발견됐습니다. 이와같은 행동은 매우 위험합니다. 화재 도중 게이지 글라스가 깨지면 탱크 속 기름이 전부 유출되어 화재의 위력이 강력해집니다.



글라스 게이지 자동정지밸브를 철사로 묶음



글라스 게이지 자동정지밸브를 쐐기로 열어 둠

고체 가연물

첨부1 도표에 요약된 것처럼, 기관실에서 흔하게 접할 수 있는 고체 가연물은 다음과 같습니다:

- 셀룰로오스 물질, 예를 들어 건축용 목재, 판지 포장재, 톱밥, 솜 및 헝겊
- 플라스틱 물질, 크게 두 종류로 분류: 높은 온도에 노출 시 형태와 강도를 유지하는 열경화성 플라스틱, 높은 온도에 노출 시 녹아버리는 열가소성 플라스틱

셀룰로오스 물질은 열 작업 시 발생하는 스파크 또는 무심코 버린 흡연 폐기물과 같은 작은 점화원에 의해 쉽게 불이 붙지만 이러한 사실이 종종 간과됩니다. 무염화재는 서서히 진행될 수 있으며 때로는 은폐된 공간에서 발생하기 때문에 수 시간이 지나도록 감지되지 않고 화염을 동반한 화재로 진행된 이후에나 발견되기도 합니다. 기관실 안에서 건축용 목재가 발견되는 경우는 드물지만, 목재는 그다지 높은 온도도 아닌 (120°C 정도의) 고온 표면과 접촉할 경우, 특정 조건 하에서는 며칠이 지난 뒤에도 점화가 될 수 있기 때문에 각별히 주의해야 합니다. 그러므로 건축용 목재는 반드시 고온 표면과 분리해서 보관하거나 단열처리를 해야 합니다.

앵글 연마작업과 디스크 절삭작업은 열 작업으로 분류되어야 합니다. 연마작업과 절삭작업으로 인해 발생하는 불티는 용접이나 불꽃절단작업으로 인해 발생하는 불티의 크기보다 매우 작은 편이지만, 연속적으로 발생하는 스파크가 고체 가연물질의 한 지점에 계속해서 닿는다면 무염화재를 유발할 수 있습니다. 작업 시 발생하는 마찰열 또한 점화원이 될 수 있습니다. 예를 들어, 작업물 표면에 기름이 묻어 있을 경우, 마찰로 인해 불이 붙을 수 있습니다.



디스크 절삭작업 시 발생하는 연속적인 스파크

기관실의 작업실 및 창고는 청결하고 정돈되게 유지해야 하며, 흡연을 엄격하게 제한해야 합니다. 창고에 포장재는 최소량만 보관해야 하며 판지 상자는 조명이 닿지 않는 곳에 보관해야 합니다. 작업실의 바닥과 작업대 위에는 가연성 폐기물이 없어야 하며, 특히 연소하기 쉬운 셀룰로오스 물질은 치워야 합니다. 열 작업을 실시할 때 스파크가 튀는 것을 막기 위해 용접 커튼을 치는데, 이때 특히 주위에 가연성 폐기물이 없도록 살펴봐야 합니다. 솜과 면직 헝겊은 뚜껑이 달린 통에 넣어야 하며 양이 많은 경우에는 금속재질의 캐비닛에 넣어서 보관해야 합니다.

기름이 흠뻑 묻은 헝겊은 자체 발열을 통해 자연 발화하는 경우가 있으므로, 제대로 폐기되기 전까지는 뚜껑이 달린 철재통에 넣어야 합니다.

작업실 밖에서 열 작업을 실시하기 위해서는 반드시 허가를 받도록 하는 시스템을 도입해야 합니다. 용접 및 불꽃절단 작업으로 인해 발생하는 스파크가 식어서 발화력을 상실하는 온도가 되기까지는 시간이 걸립니다. 스파크는 10미터 이상의 상당한 거리까지 도달할 수 있으며 튀기면서 수평으로 이동하여 틈새 공간 속에 들어갈 수 있습니다. 열 작업을 실시할 때에는 주변에 있는 모든 가연물질을 치우도록 신경 써야 하며, 용접 커튼 또는 불티차단막을 사용하여 치울 수 없는 가연성 물질을 가리고 틈새 공간을 차단해야 합니다. 열 작업이 예정된 공간에 가연성 기체가 존재할 가능성이 있으면 스파크가 될 수 있는 거리의 범위 내에서 가스 검사를 실시해야 합니다. 검사는 작업 전에 그리고 중간에 여러 번 실시해야 하며, 제조사의 지침에 따라 보정된 폭발성가스 감지기를 사용하여 숙련된 담당자가 수행해야 합니다. 폭발성 가스감지기에 표시된 폭발하한계가 10% 이하일 경우에만 열 작업을 허용해야 합니다.

또 하나의 점화원은 리드선에 연결된 작업등입니다. 노출된 전구와 필라멘트는 화재를 유발할 가능성이 충분합니다.

기체 가연물

상대적으로 적은 수의 선박만 추진연료로 가스를 사용합니다. 기관실에서 흔하게 접할 수 있는 기체 연료는 아세틸렌과 프로판입니다. 산소는 연료는 아니지만 산소가스용접 그리고 불꽃절단작업을 위해 구비하고 있습니다. 가스류는 가스별로 정해진 색깔의 실린더에 보관되며, 실린더에는 압력조절기와 역화방지기가 장착되어 있습니다. 가스 실린더를 기관실에 보관해서는 안 됩니다. 산소와 아세틸렌 실린더는 노출감판 위에 설치된 통풍이 잘 되는 철재 보관소에 수직으로 세워서 보관해야 하며, 다른 가스류와 분리해야 합니다. 그곳에서 가스는 낮은 압력으로 분출되어 역화방지기를 지나 철재 파이프를 통해 기관실에 있는 지정구역으로 이동합니다. 기관실에 있는 지정구역에는 차단밸브가 설치되어 있는데 가스를 사용하지 않을 때는 밸브를 잠가야 합니다. 가스를 고압으로 기관실로 보낼 수도 있는데, 그럴 경우 지정구역에 역화방지기, 압력조절기와 차단밸브가 설치되어야 합니다. 휴대용 산소가스용접 장비 또는 휴대용 절단기만 있을 경우에는 노출감판 위에 정해진 보관소에 똑바로 세워서 보관해야 합니다.

산소가스 장비에 연결해서 쓰는 가용성 호스는 가스별로 정해진 색깔의 호스를 사용해야 합니다. 산소는 파란색, 프로판은 주황색, 아세틸렌은 빨강색 호스를 사용해야 합니다. 기관실에서 사용할 때 호스를 꺾지 말아야 하며 날카로운 표면 위를 지나가도록 놓으면 손상될 수 있으니 주의해야 합니다. 절단 또는 용접 토치를 사용하지 않을 때는 차단밸브를 잠가서 가스의 공급을 중단해야 합니다. 일시적으로 가스 공급을 중지하기 위해 호스를 꺾어서 접는 행위는 절대로 해서는 안 됩니다. 호스는 자주 검사해야 하며 제조사의 지침에 따라 손상된 호스는 교체해야 합니다.

모든 장비는 제대로 정비해야 하며 장비에서 가스가 누출되어서는 안 됩니다. 밀폐된 공간에 아세틸렌이 유출될 경우 폭발과 화재의 위험이 있습니다. 아세틸렌은 굉장히 반응성이 높은 가스이며 공기와 일정 비율로 섞였을 때 폭발할 수 있습니다. 예전 사건 중에 가압된 아세틸렌 호스에서

가스가 누출된 사건이 있었습니다. 유출된 아세틸렌 가스는 공기압축기의 흡입구 근처에서 공기와 섞여 가연성 혼합기체가 형성되었고, 발전기에 시동을 걸자 심각한 폭발이 여러 차례 발생했으며, 결국 주변 배관과 다른 기계들까지 파열되고 말았습니다. 비슷한 맥락에서 산소의 누출 또한 방지해야 하며, 압력조절기와 같은 산소취급장비에 미량의 기름도 묻지 않도록 주의해야 합니다. 일반 환경에서 불이 잘 붙지 않는 가연물질도 공기 중 산소농도가 높으면 쉽게 점화되고 활활 타오릅니다.

전기 화재

전기 회로는 주 배전반에서 하위 배전반을 통해 선박의 모든 부분으로 이어져 있습니다. 케이블은 퓨즈 또는 회로 차단기를 통해 과부하로부터 보호됩니다. 퓨즈와 회로 차단기는 보호 대상 케이블의 크기와 부하에 따라 등급이 나뉘는데, 정격보다 더 높은 등급의 보호 장치로 교체할 경우 위험합니다. 모든 회로는 주 배전반과 하위 배전반에 라벨로 올바르게 표시되어야 합니다. 케이블 배선이 변경된 경우, 퓨즈 또는 회로 차단기 보드에 부착된 라벨을 변경하고, 전기 도면을 업데이트해야 합니다. 원래 라벨 위에 임시방편으로 접착 테이프 또는 접착 용지를 이용해 임시 라벨을 부착할 경우, 라벨이 변질되거나 탈착되어 전원이 공급되는 회로를 올바르게 식별할 수 없게 될 수 있습니다.

배전반 뒤의 공간에는 포장재가 없어야 하며, 바닥은 보관 장소로 사용해서는 안 됩니다. 이러한 관행은 심각한 화재가 발생할 위험을 증가시킵니다. 배전함 케이스 내부에는 먼지, 흙 및 기타 인화성 물질이 없도록 유지해야 합니다.

정상적인 회로에는 단자 커넥터에 나사로 고정된 케이블, 소켓에 삽입된 플러그 또는 기계적 손상으로 인해 전도체가 얇아진 케이블과 같은 추가 저항이 연결지점에 있어서는 안 됩니다. 하지만 안타깝게도 이와 같은 원칙이 항상 지켜지는 것은 아닙니다. 단자를 올바르게 연결하여 단단하게 조이지 않을 경우 국부적인 저항, 불필요한 발열 그리고 화재로 ('저항 발열') 이어질 수 있습니다. 추가 저항으로 인해 열 사이클이 발생하고 저항을 증가시키는 표면 산화물이 빠르게 형성되기 때문에 시간이 지날수록 단자의 접촉 효과성은 감소되고 결함 상태는 악화됩니다. 그렇기 때문에 단자를 올바르게 연결해야 하며, 더 나아가 단자의 연결상태를 수시로 검사해야 합니다.

주 전기 배전반의 모선 연결상태에 대한 정기점검은 앞서 언급한 적외선 온도 측정기를 사용하여 수행 할 수 있습니다. 하지만 이러한 검사를 실시해도 하위 회로 또는 장비 단자 연결지점에서 발생하는 경미한 저항 발열을 항상 발견할 수 있는 것은 아닙니다. 적외선 온도 측정 당시에는 경미한 결함이 드러나지 않을 수 있지만 시간이 지남에 따라 결함이 심각하게 악화 될 수 있습니다. 그럼에도 불구하고 이러한 측정을 수행하는 것이 바람직합니다. 다만, 측정 결과를 주의해서 해석해야 할 것입니다. 이러한 검사를 전문적으로 수행하는 업체들도 있습니다.

케이블 전도체를 감싸는 피복과 모터 권선의 절연체는 시간이 지남에 따라 손상될 수 있습니다. 케이블 피복 손상은 전류 손실과 합선 아크로 이어질 수 있습니다. 합선 아크가 발생하면 많은 양의 전력이 방출되어 플라스틱이 녹고 금속 접점과 케이블 전도체가 완전히 녹아서, 결국에는 점화원이 될 수 있는 고온의 쇠물이 폭발하듯 분출됩니다. 모터 권선의 절연체가 손상되면 국부적인 과열 및 화재의 원인이 될 수 있습니다. 따라서 케이블과 장비를 대상으로 절연 저항 시험을 정기적으로 실시해야 하며, 자외선 노출로 인해 케이블 피복이 손상될 수 있으니 주의해야 합니다.

아크 섬락 사고는 기관실 선원이 전기가 흐르는 장비를 부주의하게 다루어서 합선을 유발할 경우 발생할 수 있습니다. 전기 작업자가 교육을 잘 받았더라도 주의 분산, 피로, 전원을 복구하려는 압박감 또는 지나친 자신감으로 인해 안전 절차를 무시하거나, 안전 보호구 없이 작업을 수행하거나, 공구를 떨어뜨리거나, 실수로 전원이 공급되는 전도체와 접촉 할 수 있습니다. 이와 같은 행동은 심각한 상해나 사망을 초래할 수 있으며, 더 나아가 점화원이 되어 화재를 유발할 수 있습니다.



아크 섬락 사고



아크 섬락 피해를 막아주는 개인 안전보호구

접촉기와 같은 전환장치 접촉부는 부식될 수 있으며, 부식으로 인해 접촉부가 닫힌 상태로 붙어버릴 수 있고 저항 발열이 발생할 수 있습니다. 소형 장비의 접촉부까지 전부 정기점검을 실시하는 것은 실용적이지 않을 수 있습니다. 하지만 접촉부가 제대로 열리고 닫히지 않거나 국부적인 과열의 징후가 발견 되면 해당 장비를 수리하거나 교체해야 합니다.

배전반은 여러 전기 케이블들이 모이는 지점이기 때문에 케이블 단자가 많고 회로 차단기와 같은 과부하 보호 장치용 단자도 많습니다. 단자 연결상태 검사, 이상적으로는 적외선 온도 측정기를 이용한 온도 측정 검사를 선상 검사 및 유지 관리 프로그램 일환으로 실시해야 합니다. 다연선 전도체가 단자에 연결되어 있을 경우, 전도체 전선 일부가 빠져나와 다른 부분과 접촉 하지 않도록 주의해야 합니다. 모든 개폐기는 깨끗해야 하며, 회로 차단기는 상태가 양호해야 합니다. 화재가 배전반에서 주변 지역으로 확산되는 위험을 최소화 하기 위해 케이블 글랜드의 방화 충전재 상태가 양호해야 합니다.



방화 처리된 구멍을 통해 배전반에 들어가는 케이블

큰 전기 케이블은 종종 강철로 편조되거나 강철 와이어로 감싸여 있어 가연성 피복이 노출되지 않으며 화재 확산의 위험도 최소화됩니다. 점화와 화염 확산의 위험을 줄이기 위해 불이 잘 붙지 않는 케이블 피복이 쓰이지만, 케이블 트레이에 여러 개의 케이블이 고정되어 있을 경우에는 화염이 번질 수 있습니다. 특히 보조 발전기 화재 같은 외부 화재원에 노출될 경우 케이블을 통해 화염이 확산될 수 있습니다.



기관실의 저층에서 시작된 화재가 케이블 트레이를 통해 확산되어 생긴 피해



보조 발전기에서 시작된 화재가 케이블 트레이를 통해 멀리 있는 곳까지 확산된 모습

소기공간 화재

2행정 디젤 엔진의 소기공간에서 종종 화재가 발생합니다. 이와 같은 화재의 가연물은 보통 윤활유, 미연소 연료 그리고 탄소 퇴적물의 혼합물인 유성 슬러지입니다. 화재는 보통 슬러지가 많이 축적된 상황에서 발생한다는 사실이 관찰되었습니다. 슬러지는 과도한 실린더 라이너, 피스톤 링 마모 (종종 저 품질의 연료에 의해 발생), 피스톤 링 파열, 연소 불량 및 부적합한 타이밍 등의 엔진 결함으로 인해 축적됩니다. 슬러지는 일반적으로 피스톤과 라이너 사이의 고온 연소 생성물에 의해 점화되지만 엔진 부품들이 기계적으로 서로 맞닿으며 마찰에 의해 점화될 수도 있습니다.

소기공간 화재를 방지하기 위해 주 엔진에 대한 적절한 정비방침을 세워야 합니다. 특히 실린더 라이너, 피스톤 구성품, 피스톤 로드 패킹 상자, 연료 시스템 및 실린더 윤활 시스템에 대한 유지보수가 실시되어야 합니다. 더 나아가, 소기공간과 그 안에 있는 배관 포켓을 정기적으로 점검하고 청소해야 합니다. 소기 공간에 오일 슬러지가 과도하게 쌓여 있을 경우, 그 원인을 조사하여 시정해야 합니다. 소기 배관이 막히지 않도록 엔진 가동 상태에서 정기적으로 점검해야 합니다.

선원들은 소기공간 화재 발생 시 취해야 하는 소방활동 및 선박에 비치된 소화물질/소화시설 사용법에 대해 훈련을 받아야 합니다. 심각한 소기 화재가 발생할 경우, 선원들은 다음과 같은 사실을 유의해야 합니다: 경계 냉각이 필요할 수 있습니다: 폭발 발생 시 소기공간 방출 밸브에서 떨어져 있어야 합니다: 온도가 적절히 내려가기 전에는 검사를 위해 소기공간을 개방하면 안 됩니다.

배기가스 보일러/연료절약기에서 발생하는 그을음 화재

디젤 엔진, 특히 증유로 작동하는 디젤 엔진은 그을음을 발생시키며, 배기가스 보일러 관에 그을음이 축적됩니다.

그을음이 건조한 상태라면 연료절약기 안에서 보통 220°C-260°C 까지 올라가는 배기가스에 노출되어도 불이 붙을 가능성이 적습니다.

디젤 엔진이 저 부하로 가동될 때, 예를 들면 장시간 저속 운항 또는 기동시, 적합하지 않은 연소 조건 및 낮은 배기가스 속도로 인해 더 많은 양의 그을음이 축적됩니다. 또한, 저 부하 상태에서 선박을 운항할 경우, 실린더 윤활유 그리고/또는 연소되지 않은 연료가 배기가스와 함께 배출되어 기름 성분이 그을음과 섞이는데, 이렇게 만들어진 ‘끈적끈적한 그을음’은 보일러 관에 더 잘 달라붙는 경향이 있습니다. 기름 성분과 섞인 그을음은 점화 온도가 현저히 낮으며, 심할 경우 선박이 정상 운항중일 때 온도보다 낮은 150°C 이하에서도 자연 발화할 수 있다고 보고됩니다.² 위와 같은 이유로 인하여 그을음 화재는 저 부하 운항 또는 기동 직후에 더 자주 발생합니다. 그을음 화재는 심각할 수 있으며, 그 여파로 보일러 관이 손상될 수 있다. 손상된 관에서 새어 나온 물이 분해되어 수소가 만들어지면 화재가 악화되어 보일러를 대대적으로 손상시킬 수 있습니다.

배기가스 보일러의 그을음 화재를 방지하기 위해서 배기가스 보일러 관에 쌓여 있는 그을음을 정기적으로 불어내어 청소해야 합니다. (자동 그을음 청소기를 사용하는 것이 가장 좋습니다). 특히 저속 운항 또는 기동 이후에는 보일러 관을 청소해야 합니다. 엔진의 동력을 높이거나 엔진을 끄기 이전에 청소를 실시하도록 권장하고 있습니다. 제조사가 허용하는 경우 물 세척 또한 실시할 수 있습니다.

그을음 화재의 위험을 줄이기 위해 주 엔진을 가동하기 전에 보일러수 순환 펌프를 먼저 가동하는 것이 좋으며, 보일러 관 온도가 적절하게 내려갈 때까지 제조사가 권장하는 기간 동안은 작업을 종료해서는 안 됩니다. 더 나아가, 과도한 엔진 연기를 유발하는 결함은 신속하게 수리해야 합니다.

선원들은 배기가스 보일러 그을음 화재 발생 시 취해야 하는 소방활동에 대해 훈련을 받아야 합니다. 이때 보일러 제조사의 소방지침을 참고하고, 선박의 소방시설을 고려하여 훈련을 실시해야 합니다. 작은 규모의 그을음 화재가 발생했을 경우, 최우선 목표는 신속하게 화재를 진압하여 보일러 관 손상을 막는 것입니다. 화재가 상당히 진행되어 보일러 관이 손상되었을 경우, 화재의 중심지를 대량의 물로 진압하는 경우가 아니라면 물을 사용한 소방활동은 오히려 화염을 키울 수 있으니 특별히 주의해야 합니다.

보일러와 소각로

보일러 및 소각로에 설치된 유류를 연료로 사용하는 연소장치는 화재를 유발할 수 있습니다. 선상 제어장치와 연동장치는 제대로 작동해야 하며, 이와 같은 장치를 어떠한 경우에도 중단시켜서는 안 됩니다. 효과적인 검사 및 정비 절차 도입을 통해 화재 및 폭발 사고의 위험을 최소화 할 수 있습니다.

육안 검사

숙련된 엔지니어가 검사를 실시하여 다음의 사항을 확인해야 합니다:

- 연소실 내 화염이 올바른 모양으로 타오르고 있어야 합니다. 연료가 적절히 분무되고 있는지 그리고 연소 특성이 맞는지 판단하는 척도입니다. 연료가 제대로 분무되지 않으면 연소실에 미연소된 연료가 축적될 수 있습니다.
- 버너 장비에 연료를 공급하며 버너의 일부인 배관에 누유가 있어서는 안 됩니다. 느슨한 조인트에서 연료가 새 경우, 방울방울 떨어지거나 흐르는 것은 눈에 잘 띄지만 미세한 오일 분무는 잘 보이지 않으니 주의해야 합니다.
- 연료에 연결하는 가용성 호스는 상태가 양호해야 하며, 물리적 손상, 부식 또는 마모의 흔적이 없어야 합니다.
- 연소 공기 팬과 오일 펌프 작동 시 비정상적인 소음이 없어야 합니다.
- 올바른 압력과 온도에서 가동해야 합니다.
- 기름 받아는 깨끗하고 건조해야 합니다.

제조사의 지침과 선상 계획정비절차에 따라 정기점검, 시험 및 유지보수를 실시해야 합니다. 여기에 소각로 폐유 저장 탱크의 제어장치도 포함됩니다. 최근에 있었던 폐유 저장탱크 폭발사고는 액체 레벨 센서와 연동장치 정비 미흡으로 인해 발생했습니다. 센서와 연동장치가 제대로 작동하지 않아서 오일 레벨이 기준 이하로 떨어졌고 온도를 조절 할 수 없는 상황이 벌어졌습니다. 가열기가 부분적으로 노출되며 기름이 증발 하였고, 기름 증기가 가열기에 닿으면서 화재가 발생했습니다.

소각로에 넣을 목적으로 많은 양의 고체 폐기물을 쌓아 두면 안 됩니다. 폐기물 저장실의 화재 탐지 및 자동소화시설은 제대로 작동해야 합니다.

소방 안전 시스템

국제해상인명안전협약 (1974) II-2장과 개정안은 화재 감지, 화재 진압, 화재 예방 및 화재 발생 시 탈출 방법 제공 및 유지에 대한 요구사항을 규정하고 있습니다. 2002년 7월 1일 이후에 건조 된 선박의 경우, 화재안전시스템의 엔지니어링 규격은 화재안전시스템국제법(FSS 코드)에 규정되어 있습니다. 선원들의 생명과 화재 피해를 최소화하는 효과적인 소방활동은 화재안전시스템의 올바른 작동 여부 및 선원들의 시스템 사용 숙련도에 달려있습니다. 화재 감지와 화재 진압이 지연될 경우 치명적인 결과를 초래합니다.

화재 감지

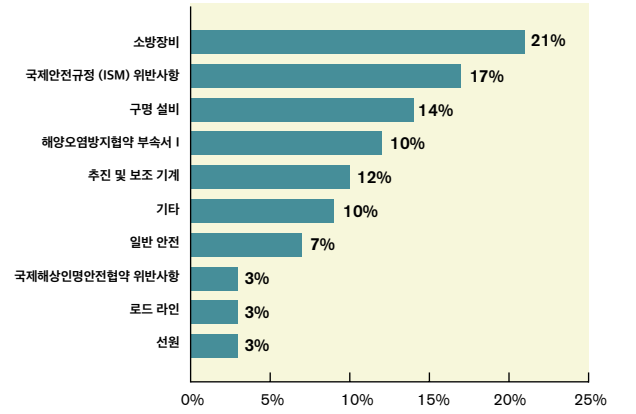
일반적으로 화재는 연기 또는 열 감지기로 탐지됩니다. 이상적으로는 주소 지정이 가능한 화재 감지기를 사용하여 화재경보패널에서 정확한 화재 위치를 파악할 수 있어야 합니다. 어떠한 상황에서도 감지기에 덮개를 씌워서는 안 됩니다. 예를 들어, 근처에서 열작업을 실시하면서 화재 감지기를 가려서는 안 됩니다. 화재 감지기와 화재경보 시스템 점검은 2012년 5월에 발간된 국제해사기구 Circular MSC.1/Circ. 1432에 따라 시행되어야 합니다.

모든 화재 감지기 및 화재경보패널 표시등이 제대로 작동하는지 확인하기 위해 매주 표시등/스위치를 작동시켜 점검을 실시해야 합니다. 5년 이내에 모든 화재감지기에 대한 점검을 마칠 수 있도록 매월 화재감지기와 수동 콜포인트 몇 개씩을 샘플로 선택해 작동 여부를 검사해야 하며, 화재감지기가 손상되지 않았는지 또는 조작되지 않았는지 확인하기 위해 1년 이내에 모든 화재감지기에 대한 육안 검사를 완료해야 합니다. 무인 장비 또는 임시적 무인 장비가 설치된 구역에는 국제해상인명안전협약 II-1 규정에 따라 추가 화재감지장치를 구비해야 합니다.

화재 진압

미국해안경비대는 2015년 연례 보고서를 통해 선상에서 가장 많은 결함이 있는 부분이 소방장비 (21%)라고 밝혔습니다.

안전 결함 유형



UK 클럽의 위험평가 담당자들도 소방설비 결함을 자주 발견합니다. 손으로 열기 어려워져 스페너의 사용을 요하는 소화전 뚜껑 및 누수가 있는 소화전 밸브가 종종 발견됩니다. 기관실 소화전에서 누수가 발견되면 휠 키로 단단히 조일 수 있지만, 이러한 경우 화재 발생 시 손으로 소화전을 작동시킬 수 없게 됩니다. 기관실 화재 위험 요인을 인식해야 하며, 선원들은 소방훈련과 소방장비 관리, 보수 및 올바른 작동에 특히 주의를 기울여야 합니다.



열기 어려운 소화전 뚜껑과 누수 밸브

² Soot deposits and Fires in Exhaust Gas Boilers, MAN Diesel & Turbo, September 2014



장애물로 막힌 소방장비

소방장비의 상태가 기준에 미달되는 이유 중 하나는 바로 소방훈련 중에 소방장비를 자주 사용하지 않기 때문입니다. 소방훈련 시 기관실에서 소화 호스를 장착하고 물을 분사하도록 권하지는 않지만, 대신 소화전 뚜껑과 밸브, 소방 호스와 노즐, 화재 댐퍼를 점검하고 시험할 수 있으며, 휴대용 소화기의 올바른 위치와 재고를 확인할 수 있습니다. 화재 댐퍼의 경우, 작동 여부를 시험하는 것만으로는 충분하지 않습니다. 부식되지 않았는지 확인하기 위해 모든 댐퍼를 검사하고, 닫힐 때 문이 프레임에 제대로 맞아서 밀봉되는지 여부를 확인해야 합니다. 화재 시 산소를 제거하고 가스 방출식 소방설비가 효과적으로 작동하기 위해서는 기관실에 공급되는 공기를 차단하는 것이 중요합니다.

고정식 화재 진압 시스템

앞에서 언급한 최근 발생한 두 건의 발전기 화재사고 모두 소방설비가 화재 진압에 아무런 도움이 되지 못했습니다. 선원들이 소방설비의 올바른 사용방법을 몰랐으며 소방설비에 대한 적절한 유지보수를 실시하지 않았기 때문에 소방활동에 어려움을 겪었습니다.

첫 번째 사건에서는, 기관장이 이산화탄소 방출 소방설비를 제대로 작동시키지 않아서 (43개의 실린더 중) 한 개의 실린더에서만 이산화탄소가 방출됐으며 화재 진압에 큰 도움이 되지 못했습니다. 파일럿 실린더를 열어야 하는데, 실린더 줄에 연결된 실린더 중 하나만 열면 나머지 실린더도 작동될 것이라고 오판하여 실수로 하나만 열었을 가능성이 있습니다.

두 번째 사건에서는, 두 개의 할론 실린더 줄 중 하나만 부분적으로 열리고 두 번째 줄은 아예 열리지 않은 것으로 판명됐습니다. 참고로 할론 방출식 소방설비는 2003년 12월 이후에는 폐기되어야 했습니다.

또 다른 기관실 화재사고의 경우 (연료가 뜨거운 배기시설에 닿으며 점화된 사건), 선원들은 이산화탄소가 방출되었다고 생각했지만 실제로는 방출되지 않았습니다. 이후에 이산화탄소 방출 소방설비를 검사하던 도중 실수로 설비가 작동되었고

기관실에 있던 선원 세 명은 다행히도 기관실에서 빠져나와 생명을 보존할 수 있었습니다.

고정식 화재 진압 시스템은 화재 진압 방법 중 가장 효율적이며 위험성이 가장 적기 때문에 “최후의 수단”으로 간주해서는 안 됩니다. 실제로 이러한 시스템은 신속하게 사용할 때 가장 효과적입니다. 그렇기 때문에 선원들은 시스템 사용 방법을 숙지해야 합니다. 물론 이산화탄소, 고 팽창 폼, 고압 분무 및 살수 장치는 소방훈련 중에 작동시켜서는 안 됩니다. 하지만 선원들은 이와 같은 소방설비를 올바르게 그리고 지체 없이 작동시킬 수 있도록 훈련을 받고 사용법을 익혀야 합니다. 메인 소화라인은 실제로 작동시켜서 검사할 수 있습니다. 비상소방펌프를 포함한 지정된 소방펌프에 압력을 가하고 갑판에 소화 호스를 연결해 올바른 압력으로 물이 분사되는지 확인할 수 있습니다. 화재 발생 시 소방펌프 사용법을 잘 아는 선원이 무력화되거나 자리에 없을 수 있기 때문에 모든 선원들이 소방펌프 사용에 대한 훈련을 받아야 합니다.

이산화탄소 방출 소방설비 작동 지침은 복잡할 수 있습니다. 화재가 발생했을 경우, 설비 작동법을 몰라 지침을 읽어야 한다면 귀중한 시간이 허비될 것입니다. 소방훈련 시 설비를 작동시키는 순서를 실제로 연습해야 하며, 팬을 중지시키고 기관실 환기 댐퍼를 닫는 연습도 실시해야 합니다. 한 사례에서는, 전기 담당자가 이산화탄소 방출 소방설비를 작동시키는 지시를 받았으나 관련 지식과 훈련이 없었기 때문에 올바르게 작동시키지 못했습니다.



사용지침서에 따라 이산화탄소 방출 소방설비를 작동시킨 이후에 파일럿 실린더가 열리고 필요한 수의 실린더가 작동됐는지 확인하는 것이 바람직합니다. 실린더 방출장치를 육안으로 검사하여 제대로 작동됐는지 검사하면 됩니다. 하지만 작동된 설비에서 이산화탄소가 새어 나와 실린더 보관실의 산소 농도를 낮출 수 있다는 점을 명심해야 합니다. 이러한 이유로 선원들은 이와 같은 점검을 실시할 때 밀폐공간 출입 절차에 따라 자급식 공기호흡기를 착용해야 합니다. 국지적 고압 분무 시스템과 같은 자동소방설비는 자동 또는 수동 모드에서 사용할 수 있습니다. 그러나 이러한 시스템이 가장 효과적이기 위해서는 자동 모드로 설정되어야 하며, 소방설비 작동을 촉발하는 연기 및 화염 감지장치가 제대로 작동해야 합니다. 이러한 소방설비에 소화제를 공급하는 배관 밸브는 항상 열려 있어야 합니다.

화재 확산 방지

화재를 통제하고 확산의 위험을 막기 위해 국제해상인명안전협약 II-2의 규정에 따라 기관실에는 방화구획이 설치되어 있어 기관실과 선박의 다른 공간이 (거주시설 등) 분리됩니다. 기관실 출입문과 같은 방화구획의 입출구에는 자동폐쇄장치(장착되어 있습니다. 기관실을 여러 구획으로 나누기 위해 기관실 내부는 이와 같은 구조물들이 설치되어 있습니다. 하지만 종종 방화문이 자동으로 완전히 닫히지 않거나 또는 열려 있는 상태로 묶인 방화문이 발견됩니다.



닫히지 않는 방화문



열려 있는 상태로 묶인 방화문

이와 같은 결함으로 불필요한 위험이 발생합니다. 입출구가 열려 있으면 연기와 화염이 인접한 구획으로 확산될 수 있는 경로가 만들어지고, 거주구역에 연기가 빠르게 차서 안전한 탈출을 막고 사망이 초래될 수 있습니다. 또한, 소방대가 화재 진압에 가장 유리한 전략적 위치를 점유하지 못하거나 소방기구 보관함에 접근하지 못하는 상황이 벌어질 수 있습니다. 열려 있는 상태로 고정된 기관실 출입문을 닫을 시간도 없이 기관실을 빠져나와야 할 경우도 있습니다. 그럴 경우, 이산화탄소 방출 소방설비를 작동시켜도 진화 효과가 없을 가능성이 큼니다.



열려 있는 상태로 고정된 방화문

선박의 모든 방화문이 중요하지만, 기관실 화재의 높은 위험성을 고려하여 기관실 방화문에 특별한 주의를 기울여야 합니다.

기관실과 조타실 사이에 위치한 방화문의 중요성 또한 강조되어야 합니다. 여기에 위치한 방화문은 종종 열린 상태로 고정된 모습이 관찰되고 있습니다.



열려 있는 상태로 고정된 조타실 방화문

위와 같은 방화문은 기관실에서 조타실로 화재가 확산되는 것을 방지할 뿐만 아니라, 이산화탄소 방출 시스템이 작동되었을 때 이산화탄소가 낭비되는 것을 방지합니다. 기관실을 가득 채우도록 계산된 이산화탄소의 양에는 조타실 부피가 포함되어 있지 않기 때문에 문이 열려 있을 경우 기관실의 이산화탄소 농도가 필요량보다 부족하게 됩니다.

연소 생성물 그리고/또는 이산화탄소가 조타실로 유출되면 조타실 접근이 어려워집니다. 비상소화펌프가 보통 조타실에 있기 때문에 펌프 작동도 지체될 수 밖에 없습니다. 조타실은 통상적으로 기관실 출입문보다 바닥이 낮기 때문에 기관실 화재 시 진화작업을 펼치기에 매우 적합한 곳입니다. 그러나 방화문이 열려 있으면 조타실에서 소방/구조활동을 실시하기 힘들 수 있습니다. 실제로 앞서 언급한 사건들의 경우 이와 같은 상황이 발생했고, 사망한 선원이 조타실에서 발견됐습니다. 다른 사건에서는 조타실이 주요 탈출 경로로 사용되었습니다.

UK 클럽은 이와 관련하여 기술 공보 No.25/2007 (조타실 방화문)을 발행했으며, 추가적으로 조타실과 갑판 사이에 위치한 출입문은 양쪽에서 잠금을 해제할 수 있어야 한다는 사실을 말씀을 드리고 싶습니다.

탈출 경로와 탈출구

UK 클럽 기술 공보 No. 39/2012 (기관실에서 탈출)에 따르면 바닥에 화살표를 페인트칠 하여 가장 가까운 탈출로를 가리키도록 제안합니다. 이러한 모범 사례는 UK 클럽에 가입된 선박에서 흔히 목격되지만 화살표를 더 명확하게 배치할 필요가 있습니다. 오른쪽 사진들을 보면 비상탈출구로 안내하는 화살표는 있지만 대안 탈출로인 조타실로 안내하는 화살표는 없습니다.



잘 표시된 탈출로 화살표



잘 표시되지 않은 탈출로와 문



잘 표시된 문

기술 공보 No. 39/2007에 따르면 출구 문을 명확하게 강조하여 표시할 것을 권장합니다. 위의 두 사진을 보면, 흰색으로 칠해진 문이 흰색 격벽 옆에 있어서 눈에 잘 띄지 않습니다. "호랑이 줄무늬" 문양으로 칠해진 문이나 반사 테이프로 표시된 문이 훨씬 더 명확하게 눈에 들어옵니다.

기관실 화재 시 가장 효과적인 탈출로는 화재 위치와 심각성에 따라 다르므로 일반화하기가 어렵습니다. 그러나 비상 탈출로를 표시할 때 신중을 기해야 하며, 일반 출입 경로와 혼동해서는 안 됩니다. 화재가 발생할 경우, 내부 사다리를 타고 올라가 거주구역 출구로 향하는 것보다 비상탈출구, 조타실 또는 샤프트 터널과 측면 통로와 같은 안전한 구역을 통해 옆으로 (또는 아래로) 이동하는 것이 더 안전할 수 있습니다.



출입문 반대 방향으로 표시된 화살표

기술 공보 No. 39/2007을 읽어보면, 기관실 담당자들은 눈을 가리고도 길을 찾을 수 있겠지만 다른 사람들 (예를 들어, 방문객과 새로 합류한 선원)은 그렇지 못할 수 있다고 지적합니다. 더 나아가, 연기로 인해 선원들이 방향 감각을 잃어버릴 수 있습니다. 최근 화재사고로 연기 흡입 부상을 입은 선원은 조기수였기 때문에 기관실 배치가 익숙했을 것이라 여겨졌지만, 짙은 연기 속에서 방향 감각을 잃어버리고 말았습니다. 해당 선원은 운이 좋아 생존할 수 있었지만, 화재 진압을 위해 공기 호흡기를 착용하고 기관실에 출입했던 갑판원은 사망했습니다. 사망한 갑판원의 호흡기에 연결된 공기통은 비어 있는 것으로 밝혀졌으며, 사망한 갑판원이 길을 잃고 연기로 가득 찬 기관실에서 빠져나오지 못한 것으로 추정되었습니다. 갑판원은 기관실 선원보다 기관실 배치에 익숙하지 않기 때문에 탈출하지 못한 것으로 보입니다. 이러한 이유로 주의를 기울여 소방원을 구성해야 합니다.

비상차단장치

기관실에서 화재가 발생할 경우, 화재의 3요소 중 연료와 산소를 차단하기 위해 원격조정실에서 비상차단장치를 작동시켜야 할 수 있습니다. 환기팬 정지, 환기 팬 덮개 닫기, 연료 펌프 정지, 유류 탱크 비상차단밸브 작동 등이 여기에 포함됩니다.

비상차단밸브

UK 클럽 기술 공보 No. 36은 비상차단밸브를 다루고 있습니다. 기계실, 보일러실 그리고 비상발전기실 안에 있는 윤활유 그리고 연료유 저장탱크, 침전탱크 및 공급탱크에는 비상차단밸브가 장착됩니다. 이러한 스프링 작동식 밸브는 풀 와이어, 유압 시스템 또는 압축 공기를 통해 현장에서 또는 원격으로 작동시킬 수 있습니다.

심각한 기관실 화재 대부분은 기름이 연료가 되어 화염을 키웁니다. 화재가 발생하면 저장탱크와 공급탱크 속의 기름을 신속하게 차단하여 기름 유출을 막고 심각성과 시간 측면에서 화재가 확산되는 것을 방지해야 합니다. 비상차단밸브를 현장에서 또는 원격으로 작동시켜 배관 속에 있는 잔류 기름만 남겨두고 탱크 속의 연료는 안전하게 차단할 수 있습니다.

비상차단밸브를 작동시키는 연습을 정기적으로 실시하면 선원들이 관련 절차를 잘 숙지할 수 있을 뿐만 아니라 밸브가 고착되거나 고정되는 것을 예방할 수 있다고 합니다. 밸브가 닫혀 있는 것처럼 보여도 밸브가 제대로 잠기지 않았을 수 있으며 기름이 누출되고 있을지도 모릅니다. 그렇기 때문에 실선 가능한 선에서 자주 밸브를 점검해야 합니다.

앞서 언급한 것처럼 비상차단밸브를 열린 상태로 묶어 두거나 썬개로 고정시키면 밸브는 잠기지 않습니다. 이와 같은 행동은 불필요하고 또한 매우 위험한 관행입니다.



강철 썬개로 고정시킨 비상차단밸브



가죽끈으로 고정시킨 비상차단밸브

요약

기관실에는 다양한 연료원, 점화원 및 가동 기계가 상존하고 있기 때문에 선박화재 중 가장 흔하게 발생하는 화재 중 하나가 기관실 화재입니다. 선상에서 장기간 화재사고가 발생하지 않을 경우, 안일함에 빠져 우선적으로 실시해야 하는 화재방지조치와 소방훈련을 등한시 하게 될 수 있습니다.

다음의 사항들을 준수하면 화재 위험을 상당히 줄일 수 있습니다:

- 기관실은 청결하고 정돈되게 유지해야 합니다.
- 기계류 및 비상제어장치는 국제해상인명안전협약 및 국제해사기구 지침에 따라 설치하고 가동해야 하며, 주기적으로 수리하고 정기점검을 실시해야 합니다.
- 고온 표면은 국제해상인명안전협약 요구사항에 따라 차폐하고 피복해야 합니다.
- 유류 탱크 비상차단밸브, 소방펌프, 원격차단시스템, 소방 장비와 같은 비상 장비는 즉시 사용할 수 있도록 항상 준비되어 있어야 합니다.

준수 사항

- 기름 누출 발견 시 신속하게 대응하여 영구적인 수리를 실시해야 합니다.
- 국제해상인명안전협약 II-2의 규정에 따라 유류 파이프에 피복을 씌우고 파이프 조인트는 누출되지 않도록 비산 방지판을 설치해야 합니다. 모든 유류 배관에는 적합한 파이프 클램프를 사용해야 합니다.
- 작은 부분도 누출되지 않도록 차폐 또는 피복된 고온 표면에 대한 온도 측정을 정기적으로 실시해야 합니다. 이와 같은 검사는 적외선 온도 측정기를 사용하여 실시할 수 있습니다.
- 발전기에 장착된 기름누출 경보기가 정상적으로 작동하도록 관리해야 합니다.
- 기관실 창고는 잘 정돈되어야 하며, 포장재는 조명기구 근처에 보관하면 안 됩니다.
- 기관실 작업실은 깨끗하게 유지하고, 바닥에 가연성 물질이 없어야 하며, 슝 폐기물과 형겅은 뚜껑이 달린 금속통 또는 금속 캐비닛에 보관해야 합니다.
- 유류 탱크 드레인 배관은 깨끗해야 하며, 기름 받이 안에는 슝 폐기물 또는 형겅 같은 고체 물질이 없어야 합니다.
- 유류 탱크 게이지 글라스에 장착된 자동차단 콕 근처에는 장애물이 없어야 하며 콕이 제대로 작동해야 합니다.
- 유류 탱크의 비상차단밸브는 정기적으로 점검해서 제대로 작동하는지 확인해야 합니다.
- 화재감지장치가 올바르게 관리되고 있으며 제대로 작동하는지 확인해야 합니다.
- 기관실 내부와 경계에 있는 모든 방화문의 자동차단장치가 제대로 작동하는지 확인해야 합니다.

- 환기시설 차단장치가 제대로 작동하고, 육안상으로 부식이 없으며, 적절하게 공간을 밀봉하고 있는지 확인해야 합니다.
- 전기 장비에 대한 정기점검을 실시해야 합니다. (i) (모터 권선과 같은) 케이블과 장비의 절연 저항을 점검하고, (ii) 단자 연결 상태를 육안 검사와 적외선 온도 측정기 검사로 확인해야 합니다.
- 휴대용 소방장비가 올바르게 비치되고 수리되어 있는지 확인해야 합니다.
- 모든 소화전이 접근 가능하고 제대로 작동하는지 확인해야 합니다.
- 고정식 소방설비가 제대로 정비되었고 작동하는지 확인해야 합니다.
- 기관실에서 발생 가능한 화재에 대비해 기관실 안 여러 장소에서 화재 훈련을 정기적으로 실시해야 합니다.
- 담당자는 귀중한 시간이 낭비되지 않도록 이산화탄소 및 포말 소화시스템의 올바른 작동 순서를 완벽하게 숙지해야 합니다.
- 산소, 아세틸렌 및 프로판 실린더는 갑판 위 잘 환기된 보관소에 안전하게 보관해야 하며, 적합한 압력조절기, 역화방지기 그리고 차단밸브를 장착해야 합니다. 가스를 사용하지 않을 때는 실린더 밸브를 잠가야 합니다.
- 바닥 화살표를 사용하여 탈출 경로를 명확하게 표시하고 출구 문은 눈에 잘 띄게 만들어야 합니다.

금지 사항

- 흡연은 흡연 폐기물 처리를 위한 도구가 마련된 제어실에서만 허용되어야 합니다.
- 유류 배관을 임시적으로 수리해서는 안 됩니다.
- 압력이 걸려있는 연료 시스템을 대상으로 작업을 실시해서는 안 됩니다.
- 유류 탱크 게이지 글라스를 열린 상태로 고정시켜서는 안 됩니다.
- 유류 탱크의 비상차단장치를 열린 상태로 고정시켜서는 안 됩니다.
- 기관실 내부와 경계에 있는 방화문을 열린 상태로 고정시켜서는 안 됩니다.
- 기관실에서 열작업을 실시하기 위해서는 반드시 정확히 기입되고, 적절히 검토된 작업 허가서가 필요하며, 화재 예방조치를 모두 수행하기 전까지 열작업을 실시해서는 안 됩니다.

첨부 1

기관실에서 흔하게 접하는 연료원, 연료별 점화에 필요한 조건 그리고 유효한 점화원

연료 (가연물)	점화 조건	유효한 점화원
셀룰로오스 물질 , 예: 판지; 폐지; 슝 폐기물; 면직 형겅; 톱밥. 이러한 종류의 연료는 불완전 연소되어 작은 화재를 유발할 수 있습니다. 화재는 눈에 띄지 않는 곳 (예: 은폐된 공간)에서 시작하여 나중에 화염으로 발전할 수 있습니다.	상당한 기간동안 화염 또는 고온 표면과 접촉하거나, <i>발화점온도</i> 에 도달하기에 충분한 온도의 복사열에 노출되거나, 상당한 기간 동안 고온 표면 (예: 스파크 또는 노출된 전구)에 노출되어 무염 화재가 시작될 수 있습니다.	노출된 불꽃; 화염 절단; 디스크 절삭; 배기시설, 고온 연통, 연료절약기 같은 고온 표면; 담배 공초와 같은 흡연 폐기물; 검사용 램프의 노출된 전구와 접촉; 할로겐 램프에서 방출되는 열에 노출될 경우 점화할 수 있습니다.
단단한 목재 , 목재 구조물, 목재 피복재 등도 안 보이는 곳에서 불완전 연소되어 나중에 화염으로 발전할 수 있습니다.	상당한 기간 동안 화염 또는 고온 표면과 접촉하거나, <i>발화점온도</i> 에 도달하기에 충분한 온도의 복사열에 노출되면 점화할 수 있습니다.	노출된 불꽃; 배기시설, 고온 연통, 연료절약기 같은 고온 표면; 용접, 화염절단 등의 열작업으로 인해 발생하는 스파크; 불량한 전기 연결이나 하자 부품으로 인해 국부적인 전기 과열에 노출; 할로겐 램프에서 방출되는 열에 노출될 경우 점화할 수 있습니다.
열경화성 플라스틱 딱딱한 폴리우레탄폼처럼 전기 시설, 물딩 그리고 단열/방음 목적으로 사용하는 제품. 고온에 노출되면 슝으로 변할 수 있으며, 불완전 연소를 하다가 나중에 화염으로 발전하거나 접촉하는 다른 가연물을 점화할 수 있습니다.	상당한 기간 동안 화염 또는 고온 표면과 접촉하거나, <i>발화점온도</i> 에 도달하기에 충분한 온도의 복사열에 노출되면 점화할 수 있습니다.	노출된 불꽃; 배기시설, 고온 연통, 연료절약기 같은 고온 표면; 불량한 전기 연결이나 하자 부품으로 인해 국부적인 전기 과열에 노출; 할로겐 램프에서 방출되는 열에 노출될 경우 점화할 수 있습니다.
열가소성 물질 , 폴리스티렌폼처럼 포장재나 냉동 배관의 절연체로 사용되는 제품. 이러한 물질은 쉽게 녹으며 열에 노출되면 수축합니다.	상당한 기간 동안 화염 또는 고온 표면과 접촉하거나, <i>발화점온도</i> 에 도달하기에 충분한 온도의 복사열에 노출되면 점화할 수 있습니다.	노출된 불꽃; 배기시설, 고온 연통, 연료절약기 같은 고온 표면; 할로겐 램프에서 방출되는 열에 노출. 열가소성 물질은 수축하며 열원에서 떨어지기 때문에 점화가 쉽게 되지 않습니다.
인화점 이하의 온도에서 저장 및 사용되는 액체 , 휘발유, 경유, 윤활유 및 유압유.	<ol style="list-style-type: none"> 열원과 접촉하여 인화점 이상으로 가열되어 증기로 변환될 경우, 스파크나 화염과 같은 외부 점화원으로 인해 불이 붙을 수 있습니다. 열원과 접촉하여 액체가 증기로 변환될 경우, <i>최소자연발화온도</i>에 도달하면 증기가 자연 발화할 수 있습니다. 증기는 스파크와 같은 외부 점화원이 없어도 고온 표면에 노출되면 점화할 수 있습니다. 액체 연료가 150°C 이상의 고온 표면을 덮고 있는 단열재에 누출될 경우, <i>자연발화</i> 할 수 있습니다. 단열재에 충분한 양의 기름이 누출된 시점에서 점화하기까지 수 시간이 걸릴 수 있습니다. 	<ol style="list-style-type: none"> 노출된 엔진 배기시설, 과급기, 연료절약장치, 슝티프 파이프, 고온 연통 및 열유체 파이프의 온도가 액체의 <i>인화점</i>을 초과할 경우, 스파크 또는 화염과 같은 외부 점화원이 함께 작용하면 불이 붙을 수 있습니다. 노출된 엔진 배기시설, 보일러 연소실 그리고 열유체 파이프의 온도가 증기로 변환된 액체의 <i>최소자연발화온도</i>를 초과할 경우 불이 붙을 수 있습니다. 암면 또는 섬유유리로 단열처리 된 배기시설, 과급기, 보일러 케이스, 증기 파이프 등.

연료 (가연물)	점화 조건	유효한 점화원
인화점 이상의 온도에서 저장 및 사용되는 액체, 증유와 증질 연료유.	<p>1. 증기가 스파크 또는 불꽃에 노출.</p> <p>2. 증기의 <i>최소자연발화온도</i>를 초과하는 고온 표면과 접촉할 경우, 증기가 자연 발화할 수 있습니다. 증기는 스파크와 같은 외부 점화원이 없어도 고온 표면에 노출되면 점화할 수 있습니다.</p> <p>3. 액체 연료가 150°C 이상의 고온 표면을 덮고 있는 단열재에 누출될 경우, <i>자연발화</i> 할 수 있습니다. 단열재에 충분한 양의 기름이 누출된 시점에서 점화하기까지 수 시간이 걸릴 수 있습니다.</p>	<p>1. 노출된 불꽃; 전기 방전, 열작업 시 발생하는 스파크.</p> <p>2. 노출된 엔진 배기시설, 과급기, 보일러 연소실 그리고 열유체 파이프의 온도가 증기의 <i>최소자연 발화온도</i>를 초과할 경우 불이 붙을 수 있습니다.</p> <p>3. 암면 또는 섬유유리로 단열처리 된 배기시설, 과급기, 보일러 케이스, 증기 파이프 등.</p>
기체, 액화석유가스 및 아세틸렌.	<p>1. 가스가 스파크 또는 불꽃에 노출.</p> <p>2. 가스의 <i>최소자연발화온도</i>를 초과하는 고온 표면과 접촉할 경우, 가스가 자연 발화할 수 있습니다. 가스는 스파크와 같은 외부 점화원이 없어도 고온 표면에 노출되면 점화할 수 있습니다. 전기 스파크 또는 노출된 불꽃에 가스</p>	<p>1. 전기 방전, 열작업 시 발생하는 스파크.</p> <p>2. 노출된 엔진 배기시설, 과급기, 보일러 연소실 그리고 열유체 파이프의 온도가 가스의 <i>최소자연 발화온도</i>를 초과할 경우 불이 붙을 수 있습니다.</p>

용어해설집

인화점 (Flashpoint)

가연성 액체는 인화점에 따라 위험물로 분류됩니다. 인화점은 액체 표면 위의 공기 속 증기가 불꽃 또는 전기 스파크 같은 외부 점화원에 의해 점화될 수 있는 최저 온도를 말합니다. 인화점을 측정할 때, 일반적으로 증기의 손실을 최소화하기 위해 시험액을 뚜껑이 달린 작은 컵에 담아 가열하는 방식으로 측정합니다. 액체를 천천히 가열하며, 증기가 점화될 때까지 증기 공간에 작은 불꽃을 수시로 삽입합니다. 하지만 실제 화재 상황에서는 많은 양의 액체가 개방된 상태로 노출되어 있기 때문에 인화점에 도달해도 점화되지 않습니다. 온도가 추가로 (일반적으로 탄화수소 연료의 경우 5~20°C 정도) 상승하여 발화점에 도달하기 전까지 지속적인 연소는 발생하지 않습니다. 인화점에서 액체의 증발 속도가 지속적인 연소를 지원하기에 충분하지 않기 때문입니다.

발화점(Firepoint)

액체 또는 고체 연료 표면에서 발생하는 화염은 연료에서 생성된 증기의 연소와 관련이 있습니다. 연료 표면의 공기 중 증기 농도가 최소발화농도를 초과해야 불이 붙고 연소됩니다. 액체의 발화점은 증발 속도가 이러한 최소 농도를 유지하기에 충분한 온도를 말합니다. 고체의 경우, 발화점은 고체 가연물의 표면이 파괴되어 화염을 유지하기에 충분한 농도의 휘발성 물질 (증기)가 지속적으로 공급되는 온도를 말합니다. 휘발성 물질은 불꽃 또는 스파크와 같은 외부 점화원과 접촉으로 불이 붙을 수 있습니다. 고체 표면의 가열 속도가 할로겐 램프의 복사열에 노출되었을 때처럼 높으면 휘발성 물질이 자연 발화할 수 있습니다. 즉, 증기/공기 혼합물이 스파크 등의 외부 점화원이 없어도 스스로 불이 붙어서 화염을 만들 수 있습니다.

최소자연발화온도 (MAIT)

인화성 가스 또는 증기/공기 혼합물이 충분히 높은 온도로 상승할 경우, 스파크 또는 불꽃과 같은 외부 점화원이 없어도 스스로 발화할 수 있습니다. 이와 같은 온도를 자연발화온도 라고 합니다. 하지만 자연발화온도는 열을 제공하는 표면의 형태에 매우 민감하게 반응합니다. 안전을 기하기 위해 연료의 최소자연발화온도를 알아야 합니다. 구형 플라스크는 점화에 가장 유리한 조건을 제공하므로, 특정 물질의 최소자연발화 온도를 구할 때 항상 구형 플라스크를 사용합니다. 구형 플라스크처럼 발화에 유리한 환경은 기관실에서는 보통 발견되지 않습니다. 그러나 안전을 고려해, 가연물의 (형태나 크기와 상관없이) 표면의 온도가 보고된 최소자연발화온도를 초과할 경우, 화재가 발생할 수 있다고 간주해야 합니다. 경유의 최소 자연발화온도는 약 220°C 정도로 낮은 반면 연료유, 윤활유 및 유압 오일의 최소자연발화온도는 (약 250°C 이상으로) 다소 높습니다. 이러한 이유로 국제해상인명안전협약은 모든 고온 표면을 단열처리해 온도를 220°C 이하로 감소시킬 것을 요구 하고 있습니다.

자연 발화

규모가 큰 고체 가연물과 특정 액체에 오염된 고체 가연물은 적당히 높은 온도에 노출되면 산소와 반응하여 열을 방출 합니다. 이와 같은 현상으로 인해 가연물은 자체 가열되며 결국 발화할 수 있습니다. 자연 발화의 예를 살펴보면, 약 150° C가 넘는 온도에서 작동하는 파이프의 단열재에 광물성 유류(경유와 윤활유)가 누출되는 경우, 연료절약기 속 기름과 그을음 잔유물에 불이 붙는 경우, 그리고 산화 가능한 기름에 오염된 헝겊 더미가 자체 가열하는 경우 등이 있습니다.

Burgoynes

consulting scientists and engineers

Burgoynes는 화재, 폭발, 기타 주요사고에 대한 과학수사를 전문적으로 수행하는 유한책임 조합입니다. 저희 조합은 고 Jack Burgoyne 명예교수에 의해 1968년에 설립되었습니다. Burgoynes는 영국 최초의 사설과학수사 기관으로서, 영국 내에 여덟 개의 사무소를 운영하며 전국적으로 포괄적인 서비스를 제공하고 있습니다. 또한, 싱가포르, 홍콩과 두바이 사무실을 거점으로 국제적 입지를 구축했습니다.

전문 과학수사관들과 엔지니어들은 선주, 선박관리자, 선주상호보험조합, 선체보험사, 적하보험사, 해운회사 그리고 해난구조업체 등 법조계, 보험업계 및 산업분야에 종사하는 고객들에게 자문 서비스를 제공하고 있습니다. 고객들의 법률적 문제 및 계약상 분쟁 해결에 도움을 주기 위해 포괄적인 보고서를 준비하며, 작성된 보고서는 영국 및 기타 전세계 다른 관할권에서 진행된 소송과 중재절차에서 활용되었습니다.

수천 건의 화재 및 폭발사고에 대한 원인조사를 실시했으며, 모든 선종의 선박에서 발생한 사고를 다뤘습니다. 선박 화재 및 폭발사고 방지에 관한 조언을 제공하며, 진행 중인 화재의 진압 및 대처를 지원하고 있습니다. 위험 화물의 특성, 운송 및 취급에 관한 자문을 정기적으로 제공하고 있습니다.

자세한 사항은 홈페이지에서 확인할 수 있습니다:

www.burgoynes.com

글로벌 네트워크 (GLOBAL NETWORK)



손실 방지 및 선박 검사 부서 (Loss Prevention and Ship Inspections Department)

팩스: +44 20 7283 6517

부서 이메일: lossprevention.ukclub@thomasmiller.com

shipsurveys.ukclub@thomasmiller.com

shipvisits.ukclub@thomasmiller.com