

가스의 연소특성과 소화대책



박 병 운
<본 협회 위험관리부 차장>

1. 머리말

생활수준의 향상과 사회환경여건 등의 변화에 영향을 받아 우리나라의 에너지 소비구조도 석탄에서 석유로, 석유에서 가스 및 원자력으로 바뀌게되었다. 특히 가스 수요는 1970년대 부터 연평균 25%씩 크게 증가하여 '89년말 현재 약 4백여만톤에 이르고 있으며 이러한 증가추세는 1990년대까지도 지속될 것으로 전망되고 있다.

한편 가스수요가 급격히 증가함에 따라 장기적인 가스의 안정적 공급을 위하여 1980년대 부터 LPG 수입기지를 건설한 것을 비롯하여 '86년말에 LNG인수기지가 완공되어 우리나라 가스화 시대의 새로운 장을 열게되었다.

이와같이 가스수요가 급증함에 따라 가스로 인한 화재, 폭발 등의 사고가 많이 발생하고 있으며 이에 대한 안전관리의 중요성이 더욱 절실히 요구되고 있는 실정이다.

다.

여기에서는 LPG와 도시가스를 중심으로하는 연료용 가스에 대한 특징과 성상, 연소특성, 화재 및 소화대책에 관하여 개략적으로 언급하기로 한다.

2. 기체연료의 특징과 성상

가. 가스성분과 비중

LPG는 정유공장에서 원유를 정제할 때와 나프타를 분해할 경우 부산물로 생산되고 있으며 주성분은 프로판과 부탄의 혼합물이다. 가스비중은 공기보다 약 1.5~2배 무거우므로 누설시 낮은 곳에 고이기 쉬워 저장 또는 사용장소에서는 충분한 환기가 필요하다.

도시가스는 가스회사에 따라 조성이나 발열량이 차이가 있다. 우리나라에서는 메탄가스를 주성분으로 하는 액화천연가스(LNG)를 기화하여 공급하는 방식(경인지역), 메탄과 수소를 주성분으로 하는 나프타 분해가스에 증열(增熱)을 위하여 LPG를 첨가하는 방식(부산지역), LPG에 열량조절을 위하여 공기를 섞는 방식(기타 지역)으로 각각 공급되고 있다. 가스비중은 LNG가 0.66, 나프타 분해방식이 0.87로 공기보다 가벼우며 LPG방식은 1이상으로 공기보다 무겁다.

나. 발열량

연료가 연소하면서 발생하는 열량은 프로판이 약 24,000 Kcal/Nm³

(부탄은 약 31,000Kcal/Nm³), LNG가 11,000 Kcal/Nm³이다. LPG발열량은 고체연료의 2배에 가까우며 석유에 비해서도 크게 상회하고 있다.

또한 가스가 완전연소했을 때 이론상의 최고온도는 약 2,000 °C에 달하나 실제 공기중에서 얻어지는 최고온도는 1,200~1,300 °C 정도이다.

다. 연소범위(폭발한계)

가연성 가스와 공기와의 혼합비율이 고유의 일정 범위에 들지 않으면 연소하지 않으며 이 범위를 연소범위 또는 폭발한계라고 한다. 가스렌지에 점화할 때 점화가 약간 지연되면 “핑”하는 폭발음을 내며 연소하는 때가 있다. 이것은 점화가 지연되어 가스와 공기가 적당히 혼합되어 폭발하기 쉬운 혼합가스를 형성하였기 때문이다. 폭발성 혼합가스의 형성은 장소의 상태에 따라 크게 좌우된다. 예를 들면 통풍이 잘 되는 옥외에서는 소량의 가스가 누설되었을 때는 쉽게 공기중으로 확산되어 폭발범위내의 농도로 되기 어렵기 때문에 폭발을 일으키는 일이 적지만, 다량으로 누설된 경우에는 쉽게 폭발성 혼합가스가 되기 때문에 위험상태가 된다. 실내부에서와 같이 환기가 잘 안되는 곳에 가연성 가스가 누설된 경우에는 폭발성 혼합가스를 형성하기 쉬워 아주 위험한 상태가 된다.

메탄가스는 연소범위 하한이 5%, 상한이 15%이며 LPG는 하한이 2%, 상한이 9%로 하한과 상한의 폭이 좁아 연료로써 비교적 안전성이 있다. 그러나 하한농도가 낮아 소량 누설되어도 연소범위에 들어갈 수 있으므로 누설방지와 환기에 주의하여야 한다.

3. 연소 특성

가. 가스의 연소방식

가스의 연소방식은 가스와 공기가 혼합하는 장소 또는 혼합하는 1차공기의 양에 따라 적화식(赤火式), 분젠식, 세미분젠식, 브라스트식으로 분류되며 어느 연소방식에서도 일정량의 가스를 완전연소하여 발생하는 열량은 동일하나 불꽃의 형태, 크기, 온도, 기타 성질에는 큰 차이가 있다.

① 적화식 연소는 연소에 필요한 모든 공기를 불꽃의 주위로 부터 가스확산에 의해 취하는 방식이다. 따라서 연소는 아주 느리고 불꽃은 길며 적황색을 띄게 되며 불꽃의 온도도 비교적 저온이다. 또한 불꽃이 차가운 물체에 닿으면 불완전 연소하여 그을음을 발생하기 쉽다. 따라서 높은 공급압력의 가스 연소특성에 맞지 않으므로 가스기구에는 거의 사용되지 않는다.

② 분젠식은 가장 일반적인 연소방식으로서 그림과 같이 가스공급압력을 이용하여 연소되기 전의

가스가 공기를 흡입(1차공기), 이것을 혼합관내에서 혼합하여 연소시키는 방식이다. 이때 연소에 필요한 나머지 공기(2차공기)를 불꽃 주위에서 취한다. 분젠식은 그을음을 내지않고 고온의 불꽃을 비교적 좁은 연소실 내에서도 얻어질 수 있는 이점이 있기 때문에 일반적인 가스기구에 널리 사용되고 있다.

③ 세미분젠식은 적화식과 분젠식의 중간으로 1차공기의 흡입량을 억제하기 위하여 공기흡입구가 적게 고정되어있기 때문에 소비량, 대기온도, 가스조성에 따라 가스압이 변동하는 가스에는 부적당하고 국부 강열을 피하여야하는 특별한 용도에만 이용되고 있다.

④ 브라스트식은 완전연소에 필요한 공기량을 모두 1차공기로 혼합시켜 연소시키는 방식으로 버어를 가열표면에 접근하여 사용할 수가 있다. 연소속도가 분젠식보다 빠르며 불꽃도 짧고 분젠염의 외염에 상당하는 부분이 없다. 화염의 온도도 상당히 고온이다.

나. 연소 현상

올바른 연소상태를 유지하기 위하여는 사용가스 고유의 발열량과 필요 공기량이 있기 때문에 전용기구를 사용하고 적절한 공급압과 공기량에 의해 연소하도록 하여야 한다. 버너로 부터 가스의 유출속도와 연소속도가 일치하는 경우에는 안정된 연소가 지속되지만 어

떤 원인에 의해 아래와 같은 연소현상이 일어나지 않도록 주의하여야 한다.

(1) 역화(逆火)

가스 염공(炎孔)으로 부터의 유출속도가 연소속도보다 낮을 때 불꽃은 염공으로 부터 버너내부로 침입하여 역화를 일으키고 노즐 선단에서 연소한다.

그 원인은

- 부식에 의해 염공이 크게 되었을 때.
- 노즐이나 기구코크의 구멍에 먼지가 부착되었다던가, 코크가 충분히 열려있지 않았던가, 또는 가스압력이 저하된 때.
- 가스기구위에 큰 냄비를 올려두고 장시간 사용한 경우나 버너위에 직접 탄(炭)을 올려두고 불을 일으키는 경우에 버너가 과열되어 혼합가스의 온도가 올라가고 연소속도가 크게 될때 발생할 수 있다.

(2) 리프팅(lifting)

가스 염공으로 부터의 유출속도가 연소속도 보다 클 때는 염공에 접하여 연소하지 않고 떨어진 공간에서 연소하게되며 심하면 불꽃이 꺼져 버리고 만다. 이러한 현상을 리프팅이라 한다.

원인은

- 버너의 염공에 먼지 등이 부착하여 구경이 적어졌을때
- 가스압력이 지나치게 높은 경우나 코크의 노즐구경이 지나

치게 크게 되었을 때

- 배기가스의 배출이 불충분하거나 환기부족 등에 의해 2차 공기중의 산소가 부족한 때
- 공기 조절장치(덤펜)를 과도하게 열고 가스공급량이 많을 때(이 경우 1차공기량이 더욱 지나치면 불이 꺼지는 원인이 됨) 발생한다.

(3) 불완전 연소

LPG와 같은 가스가 연소되었을 때는 공기중의 탄소나 수소와 화합하여 열과 빛을 발생시키고 탄소는 탄산가스(CO₂)로, 수소는 수증기(H₂O)로 되어 배출하게 되며 이러한 연소생성물(폐가스)은 무해하다. 그러나 산소가 부족하면 불완전 연소가 일어나게 되고 유독성의 일산화탄소와 자극성 성분(알데히드류)이 발생하기 때문에 연소시 주의가 필요하다.

가연물을 완전 연소시키는데 필요한 최소한의 공기량을 이론공기량이라고 한다. LPG를 완전 연소시키는데 필요한 이론공기량은 24~31배가 필요하고, 도시가스(메탄가스기준)에 비하여 2~3배의 공기량을 필요로 한다.

불완전 연소를 일으키는 원인은

- 공기와의 접촉 혼합이 불충분할 때
- 연소공기량이 부족할 때
- 배기불량으로 신선한 공기의 공급이 불충분할 때
- 불꽃이 낮은 온도의 피가열물

에 접촉되어 불꽃온도가 저하할 때 이다.

4. 가스화재와 소화대책

가. 가스화재와 폭발

가스배관이나 용기로 부터 누설된 가연성 기체에 착화되어 연소가 지속되고 있는 상태, 즉 가연성 가스-공기 혼합기의 폭발적인 양이 축적되지 않은 상태에서 착화한 경우를 가스화재라고 한다. 가스화재에서는 소화하여도 가스공급이 정지되지 않기 때문에 화원이 있으면 언제라도 재착화될 수 있어 소화하기 어려운 성질을 가지고 있다.

일반적으로 기체는 절대온도에 비례하여 팽창하므로 발화후의 연소생성가스는 급격히 팽창하고 이어서 주변의 혼합기체에 전파하여 간다. 혼합기체는 이 급격한 팽창에 의해 아주 강한 압력파가 발생하고 큰 폭발음과 함께 부근의 건물 등이 파괴된다. 폭발은 공간내에 다량의 인화성 가스-공기가 축적되어야 하며 폭발력은 체류하는 가스량과 그 발열량의 대소에 따라 좌우된다.

나. 소화대책

가스누설 화재에 대한 가장 효과적인 소화대책은 밸브를 폐쇄하여 누설을 차단하는 것이다. 대규모 누설화재시 밸브가 폐쇄되기 전까지는 가스가 연소하도록 두어 미연소가스의 폭발적인 축적이 일

어나지 않도록 한다. 가스 저장탱크 화재시에는 우선적으로 탱크폭발을 방지하기 위하여 탱크상부를 냉각하여야 한다.

저장탱크에 대한 방화설비로는 냉각살수설비, 물분무설비, 소화전 및 스팀커텐 등이 있으나 이들도 소화목적이기 보다 탱크의 냉각에 의한 폭발방지와 인근 탱크에 대한 화염 및 복사열의 전달을 방지하기 위한 목적으로 사용된다.

소규모 가스화재시는 소화기를 사용하여 소화할 수 있다. 가압된 가스화재에 대한 소화기는 가스흐름과 소화약제의 특성때문에 분말소화기가 가장 효과적이다. 소방법규에서는 가연성 가스를 연료로 사용할 때 연소기가 있는 장소에는 능력단위 3단위 이상의 소화기 1개 이상, 300kg 이상 저장하는 저장실에는 능력단위 5단위 이상 소화기 및 대형소화기 각 1개 이상을 비치하도록 규정하고 있다. 그러나 용량이 적은 소화기는 약제량과 방출시간이 부족하여 재착화할 위험이 있기 때문에 가능한 한 용량이 큰 소화기를 비치하는 것이 바람직하다. ☹