

燃料와 熱供給施設

金 鍾 奭

(環境廳 大氣管理課長·技術士)

(라) 氣體燃料의 黃分 제거

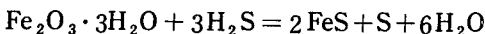
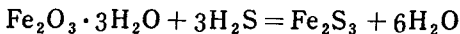
원유등의 석유원료는 유황화합물과 유황을 0.2~4%정도 함유하고 있어 이들을 연료로 사용하면 아황산가스 惡臭 등이 발생하여 인체에 유해할 뿐 아니라 環境에 미치는 영향이 크다. 또한 이들이 화학공업원료로 사용되면 이들은 주요공정의 촉매에 대한 촉매독으로서 작용하므로 기체연료내에 유황물질은 제거하여 사용되고 있다.

氣體燃料中の 質은 有機化合物과 無機化合物의 형태로 존재하며 대부분(90%)이 有機化合物 특히 H₂S로 존재한다. 氣體燃料中 脫黃方法은 각각 아래와 같다.

- | | | |
|-------|---|------------|
| 無機黃化物 | { | 乾式脫黃法—酸化鐵法 |
| | | Girbotol 法 |
| 有機黃化物 | { | 濕式脫黃法 { |
| | | Alkazid 法 |
| 有機黃化物 | { | 接觸脫黃法 |
| | | Soda 鐵法 |
| | | 活性炭法 |

脫黃法中 가장 일반적인 것은 酸化鐵法으로서 소규모시설에 有用하게 使用할 수 있다.

이 方法은 Soda 석회석법 보다 탄산가스의 영향을 받지 않는 장점도 있다. 이때 화학반응은 아래 식에 따라 진행된다.



상기 반응이 脫黃時 동시에 일어나므로 이때 生成되는 FeS는 재생하기 곤란하여 FeS를 生成되지 않도록 脫黃劑를 염기성물질을 사용하도

록 함이 중요하다.

소형의 시설에서는 이 方法이 단독으로 사용되거나 대량의 氣體燃料를 취급할 때는 습식법으로 전처리한 후 이 방법을 사용한다. 이 반응은 常壓에서도 잘 일어나며, 脫黃劑는 鑄鐵削屑의 鐵粉 또는 luxmasse (알루미나 제조 부산물로서 산화제 2철이 45% 함유된 물질)에 톱밥을 혼합하여 햇빛에 건조한 酸化鐵 스폰지를 상자 또는 脫黃器에 넣어 사용한다.

실지로 대량의 天然가스나 精油가스중의 黃을 제거하는 데는 濕式法이 많이 사용되는데 이는 지방족인 알카놀아민의 H₂S와 CO₂에 대한 親和力的의 差가 溫度變化에 예민한 것을 이용한 것이다. 바꾸어 말하면 알카놀아민이 26℃~37℃사이의 常溫에서는 H₂S, CO₂와 매우 강한 親化力으로 결합되며 溫度를 110℃~116℃로 올리면 親化力이 감소되어 이들 가스가 떨어져 나오게 됨을 이용한 것이다. 0.7~13.6 atm의 壓力下에서 90% MEA(또는 DEA, TEA) 흡수제로 H₂S를 제거한다. 이 방법을 Girbotol 법이라 한다.

일반적으로 정유가스나 합성가스에는 위에서 설명한 무기유황이 아니라 COS, C₄H₄S, RSH (mercaptan) 등의 유기황화합물이 함유되어 있어 이를 별도로 제거하지 않으면 안된다.

이를 위해서 가장 많이 사용되는 방법은 接觸脫黃法이 있으며 이에 대하여 석유화학공업을 참고하기 바란다.

(마) 氣體燃料의 燃燒計算 및 汚染物質

① 燃焼計算

氣體燃料의 組成이 다르면 이를 燃焼시킬 때 필요한 연소공기 또는 이때 발생하는 연소산물의 량 등이 각각 달라지게 된다.

아래 <표-4>는 천연가스에 관한 연소계산결과를 정리한 것이다.

<표-4>는 다음에 예시하는 연소계산법에 따라 얻은 것으로 모든 氣體燃料의 燃焼資料는 같은 방법으로 얻을 수 있다.

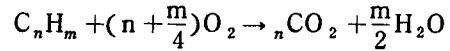
<표-4>에 의하면 Texas 產 天然가스 1 m³를 연소시킬 때 필요한 이론연소가스량은 10.36 m³/m³이며 이때 발생하는 燃焼產物內에는 CO₂가 1.13m³/m³, H₂O가 2.79m³/m³, N₂가 8.13

m³/m³임을 알 수 있다.

LPG 및 도시가스에 대한 필요연소공기와 연소가스의 량도 그들의 조성에 따라 다소 다르게 되며 이는 조성별로 행한 연소계산의 합으로 얻게된다. <표-5>는 우리나라에서 생산 시판되는 도시가스의 조성을 분석한 결과이다.

氣體燃料에 대한 燃焼資料產出방법을 C_nH_m이란 기체연료에 대해서 구체적으로 아래와 같이 설명하고자 한다.

필요연소 공기량



필요이론 연소공기량은 위식의 좌변에서 필요

<표-4> 천연가스 연소자료 (Texas Natural Gas 자료)

분 석 결 과 (Analysis)	
조 성	% (v/v)
CO ₂	0
N ₂	5.15
O ₂	0
CH ₄	81.11
C ₂ H ₆	9.665
C ₃ H ₈	3.505
i C ₄ H ₁₀	0.19
n C ₄ H ₁₀	0.24
C ₅ H ₁₂	0.09
C ₆ H ₄ 및 이상	0.05
고발열량 9,900 Kcal / m ³	
필요연소공기량 m ³ / m ³	
이론 연소 공기량	10.36
20 % "	12.43
100 % "	20.72

천연가스 1 m³당 연소산 물량

조 성	이론 연소 공기량 연소시		20 % 과잉 공기 연소시	
CO ₂	0.03 m ³	0.06 kg	0.032 m ³	0.06 kg
H ₂ O	0.079 m ³	0.045 kg	0.079 m ³	0.045 kg
N ₂	0.23 m ³	0.313 kg	0.28 m ³	0.329 kg
O ₂	-	-	0.120 m ³	0.017 kg
계	0.324 m ³	0.38 kg	0.381 m ³	0.45 kg

〈표-5〉 도시가스 생산량

경인 도시가스		극동 도시가스	
O ₂	86 %	CO	3.78 %
N ₂	30.1	CO ₂	11.98
C ₂ H ₆	0.8	N ₂	1.86
C ₃ H ₈	57.8	O ₂	0.45
N-C ₄ H ₁₀	1.1	CH ₄	2.31
ISO C ₄ H ₁₀	1.6	C _n H _m	39.4
	100 %	H ₂	40.22
			100 %
* LPG (62.5 %) + Air (37.7%)		비중 0.886	
고발열량 15,000 Kcal / m ³		고발열량 11,000 Kcal / m ³	
		Naptha 역분해가스	

한 산소량으로부터 각각 계산하여 얻을 수 있다.

즉 이때 필요 연소 공기량은 산소 소비량이 C_nH_m 1 m³ 연소에 $(n + \frac{m}{4})m^3$ 가 필요하므로 공기중의 산소:공기의 비인 4.76을 곱하면 필요 이론 공기량을 아래와 같이 얻게 된다.

$$\text{필요이론공기량}(m^3/m^3) = (n + \frac{m}{4}) 4.76$$

한편 이때 발생하는 연소산물의량은 식 우편의 연소산물의량에다 필요이론연소 공기로부터 연소에 사용되지 않고 그냥 나오는 질소의량을 더한 것이다. 이때 질소의 C_nH_m 1 m³ 연소시 필요한 공기중의 질소량이므로 공기내 산소:질소비인 3.76을 필요이론 산소량에 곱하여 얻게 된다.

따라서 C_nH_m 1 m³ 연소시 얻게되는 연소산물의 총량은 아래와 같이 얻을 수 있다.

$$\text{연소산물총량 } m^3/m^3 = (n) + (\frac{m}{2}) + 3.76(n + \frac{m}{4})$$

과잉공기가 있을 때는 이론연소가스에 과잉공기비를 곱하면 실제연소에 필요한 공기량이 되며, 연소산물은 이에 준하여 계산할 수 있다.

② 汚染物質

순수한 氣體燃料가 完全이론 연소하면 물과 탄산가스만이 연소산물로 발생하여야 하나 과잉공기로 연소했을 경우에는 과잉공기내의 산소와 질소가 화염내에서 반응하여 약간의 질소산화물이 발생되게 된다.

불완전연소의 경우에는 이에 첨가하여 일산화탄소가 발생하게 되므로 氣體燃料 燃燒時 發生하는 大氣汚染物로서 주요한 것은 NO_x와 CO라고 할 수 있다. 끝으로 보면 氣體燃料 연소시에는 發生되는 오염물질량이 매우 적으므로 대기오염상 큰 문제가 없는 것으로 판단될 수 있다. 따라서 대부분의 氣體燃料는 청정연료(Clean fuel)이라고 부를 수 있다.