

플레어가스 발열량 - 열량계법

2022

(Heating value in flare stack Gas - Calorimetric method)

1.0 개요**1.1 목적**

이 시험 기준은 석유 정제시설, 석유화학 제조, 철강 제조시설의 플레어 스택으로 유입되는 폐가스 (이하 플레어가스, flare stack gas)를 시료 채취관을 통해 채취 후, 총 발열량을 열량계로 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

이 시험 기준은 플레어가스의 총 발열량을 연속적으로 자동 측정하는 방법이며, 적용 범위는 $0 \text{ kcal/Sm}^3 \sim 26\,000 \text{ kcal/Sm}^3$ ($0 \text{ BTU/Sft}^3 \sim 3\,000 \text{ BTU/Sft}^3$)로 한다.

측정대상 플레어 가스 조성은 ES 05126.1 플레어가스 중 발열량 - 질량분석법 표 1을 참조한다.

2.0 용어 정의**2.1 순발열량 (NCV, net calorific value)**

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.1 항 순발열량을 따른다.

2.2 총발열량 (GCV, gross calorific value)

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.2 항 총발열량을 따른다.

2.3 실제발열량 (AHV : actual heating value)

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.3 항 실제발열량을 따른다.

2.4 이상발열량 (ideal heating value)

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.4 항 이상발열량을 따른다.

2.5 압축 인자 (compressibility factor)

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.5 항 압축인자를 따른다.

2.6 밀도 (density)

밀도는 물질의 단위 부피당 질량이며, 국제단위계 (SI unit) 표기는 kg/m^3 이다. 밀도는 세기변수 (intensive variable)로서 물질의 특성을 나타내는 양이다. 부피가 V 인 균일한 물질의 질량이 m 이라면, 이 물질의 밀도 ρ 는 m/V 이다.

2.7 비중 (specific gravity)

비중은 물질의 고유 특성으로 물질의 질량 그리고 질량과 같은 부피의 표준물질 질량의 비율이다. 고체나 액체는 표준물질로서 4 °C의 물을 사용하며, 기체는 일반적으로 표준상태 (0 °C에서 1기압)의 공기를 표준으로 한다.

비중은 기체의 경우 온도와 압력에 따라 달라지며, 대부분은 밀도와 같은 개념으로 생각해도 무방하다.

2.8 웨버 지수 (WI, wobble index)

가스의 연소성과 호환성을 판단하는 지수로써 시료 단위 시간당 방출되는 에너지 비 (ratio)를 정의하기 위한 변수이다. 같은 노즐 (nozzle) 압력에서 같은 웨버 지수 (WI)를 갖는 가스를 사용하면 같은 출력을 얻을 수 있다.

$$\text{웨이버 지수 (WI : wobbe index)} = \frac{\text{발열량 (heating value)}}{\sqrt{\text{비중 (specific gravity)}}}$$

2.9 연소 공기 요구량 지수 (CARI, combustion air requirement index)

측정 중인 가스의 완전연소에 필요한 공기량이다.

$$\text{연소 공기 요구량 지수 (CARI : combustion air requirement index)} = \frac{\text{공기 요구량 (air requirement)}}{\sqrt{\text{비중 (specific gravity)}}}$$

2.10 연소공기의 화학 양론적 비 (ratio)

완전연소 시 공기가 모든 가연물과 반응하여 물과 이산화탄소로 변환할 때의 연소 비를 말한다.

2.11 교정가스

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.6 항 교정가스를 따른다.

2.12 교정오차

교정가스를 분석기에 주입하여 측정한 분석치와 표준 성분 값이 얼마나 잘 일치하는가 하는 정도로서, 그 수치가 작을수록 잘 일치하는 것이다.

2.13 제로드리프트

분석기가 정상적으로 가동되는 조건하에서 제로가스를 일정 시간 흘려준 후 발생한 출력 신호가 변화한 정도를 말한다.

2.14 스팬드리프트

스팬가스를 일정시간 동안 흘려준 후 발생한 출력신호가 변화한 정도를 말한다.

2.15 응답시간

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 2.7 항 응답시간을 따른다.

3.0 분석기기 및 기구

분석시스템의 구성은 시료채취관, 시료 이송관, 전처리 설비, 플레어 열량계로 이루어진다.

3.1 시료 채취관

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 3.1항 시료 채취관을 따른다.

3.2 시료 이송관

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 3.2항 시료 이송관을 따른다.

3.3 시료 전처리장치

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 3.3항 시료 전처리 장치를 따른다.

3.4 열량계

열량계는 단위 부피 당 발열량을 측정한다. 발열량을 연속적으로 측정을 할 수 있으며, 총발열량 또는 순발열량을 측정할 수 있다.

3.4.1 직접 연소 열량계

직접 연소 열량계는 가스의 연소에 의해 열로서 방출되는 에너지를 온도 센서로 발열량을 측정하는 방법이다. 열량 측정에 관계하는 온도 상승은 온도 센서로 분석 되고,

주변 온도 및 대기압에 영향을 받는다.

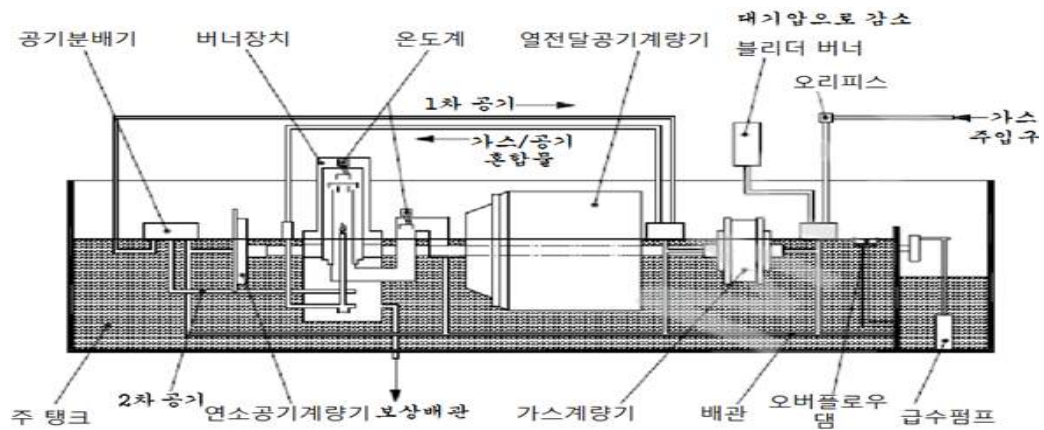


그림 1. 직접 연소 열량계

3.4.2 간접 연소 열량계

간접 연소 열량계는 실제 측정 열량과 이론적 열량 사이의 상관관계로 순발열량을 추정하는 열량 측정 방법으로 당량연소 열량계와 촉매연소 열량계가 있다.

3.4.2.1 당량 연소 열량계

플레어가스의 성분이 주로 탄화수소류와 불활성 가스가 혼합 존재하는 플레어가스에 주로 사용되며, 플레어가스를 당량 비율로 연소하는데 필요한 공기를 선형함수에 대비하여 측정하는 방법이다.

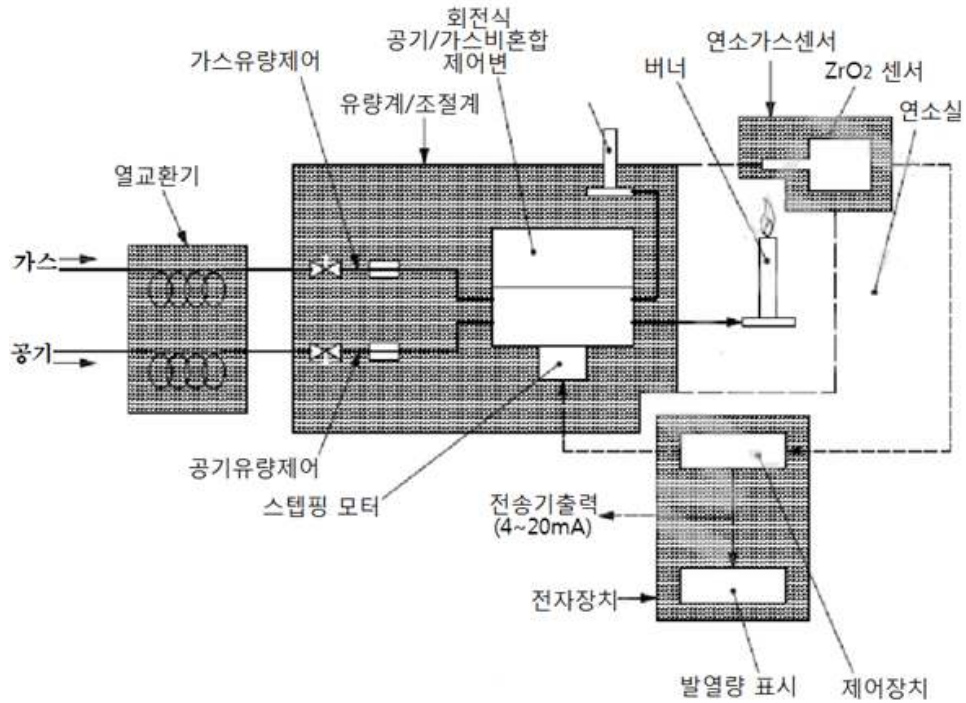


그림 2. 당량연소 열량계

3.4.2.2 촉매연소 열량계

일정한 비율로 건조한 공기를 시료와 촉매연소 후 잔류산소 측정을 하여 열량을 측정하는 방법으로 공기 비율은 플레어가스 구성에 따라 다르며, 전기 가열식 촉매 오븐을 사용하여 시료는 대략 800 °C의 온도에서 완전히 연소시킨다.

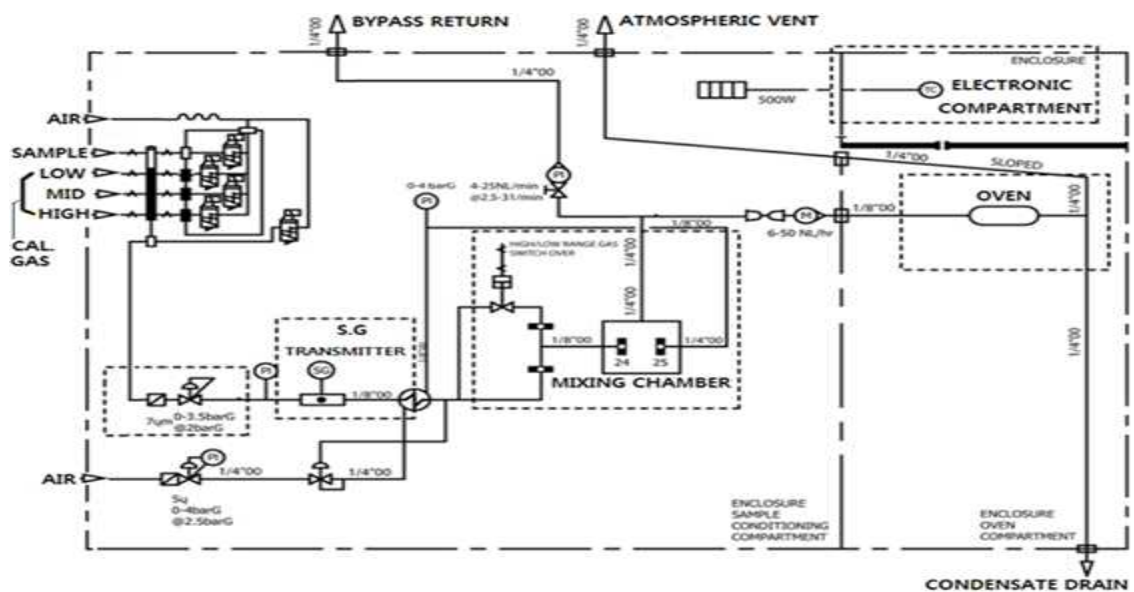


그림 3. 촉매연소 열량계

3.4.3 데이터 처리 시스템

시료 (플레어가스)에서 산소 소요량을 구하여 발열량을 구한 후 내부에 장착된 중앙처리시스템에서 기록, 저장하며 여기에 통신 전용 언어를 적용해 데이터를 처리한다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 표준 시료 (혼합가스)

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 4.1 항 정의를 따른다.

5.0 시료 채취 및 관리

5.1 시료 채취관

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 5.1항 시료 채취관을 따른다.

5.2 시료 이송관

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 5.2항 시료 이송관을 따른다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 분석 전 준비

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 6.1항 분석 전 준비를 따른다.

6.2 표준 시료 및 장치 준비

6.2.1 표준 시료 (혼합가스) 준비

표준 시료는 측정대상 성분이 측정범위 이내로 혼합된 가스를 의미한다. 경우에 따라

서는 대체되는 성분을 이용할 수도 있다.

6.2.1.1 표준 시료 용기는 상온 (15 ~ 25) °C 정도에서 취급되어야 한다.

6.2.1.2 점성과 끈적거리는 성분 (예: 황 성분)은 낮은 온도에서 실린더 내에서 흡착되어 제조된 농도의 실제 값이 측정되기까지 상당한 시간이 걸릴 수 있다.

6.2.1.3 표준 시료 용기에서 장치 입구까지는 스테인리스강 또는 테플론 (PTFE) 재질의 튜브를 연결하여야 한다.

6.3 교정방법

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 6.3항 교정방법을 따른다.

6.4 내부정도관리주기

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 6.4항 내부정도관리주기를 따른다.

6.5 반복성

ES 05126.1 플레어가스 발열량 - 질량분석법 6.5항 반복성을 따른다.

6.6 정도 관리 시험 방법

측정기기의 교정 주입구에 적합한 시료 이송관을 연결하고 표준 가스 시료를 사용해 누출 여부를 확인하고, 표준 시료 용기 (standard gas cylinder)의 주 밸브를 열고 압력 조절계로 2차 압력을 $1 \text{ kg}_f/\text{cm}^2 \sim 2 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 정도로 조절한다. 측정기기 운용 소프트웨어에서 표준 가스 시료가 연결된 교정 주입구를 열고 측정기기로 들어가는 표준 가스 시료의 유량이 $300 \text{ mL}/\text{min} \sim 700 \text{ mL}/\text{min}$ 로 주입되고 있는지 확인한다. 분석을 시작해 표준 가스 시료 유량의 흐름이 일정한지 확인하고 1시간 동안 표준 가스 시료를 측정한다.

7.0 "내용 없음"

8.0 결과보고

8.1 측정 결과 값 계산

발열량 결과값은 소수점 첫째 자리까지 표기한다.

8.1.1 시료의 발열량은 다음 식을 사용 하여 계산한다.

$$\text{발열량} = \frac{y-b}{a} \quad [kcal/Sm^3 \text{ 또는 } BTU/Sft^3]$$

여기서, y = 시료의 산소 소요량

b = 검정곡선의 절편

a = 검정곡선의 기울기

9.0 참고자료

9.1 ASTM Standards: D4891-13 Standard Test Method for Heating Value of Gases in Natural Gas and Flare Gases Range by Stoichiometric Combustion

9.2 ASTM Standards: D1826-94 Test Method for Calorific (Heating) Value of Gases in Natural Gas Range by Continuous Recording Calorimeter

9.3 E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

9.4 EPA Standard:3 EPA-600 /2-85-106 Evaluation of the Efficiency of Industrial Flares: Flare Head Design and Gas Composition

10.0 "내용 없음"