

질의

부탄의 폭발 상하한계와 한계 산소 농도에 대해 질문 드립니다.

실험시 사용되는 물질의 조건은 아래와 같습니다.

부탄: 10%
산소: 8%
스팀: 51%
질소: 32%
온도: 510 ℃

전부 부탄 기준 물분율입니다.
제가 계산해보았는데 하한계는1.16 vol%, 상한계는 12.8vol%, 한계 산소 농도는 6.96 vol%가 나왔는데요,
값이 맞는 것이지요..산업안전보건 공단에서 나오는 식으로 풀었는데 제가 제대로 풀었는지 몰라서요..
만약 이 값이 맞다면 가연성 물질 기준 vol%을 하면 부탄, 부텐이 100이되는데 그럼 폭발범위에 들어가는 것인가요?
한계산소농도도 약8%인데 그럼 안전에 문제가 있나요?
답변 부탁드립니다.

답변

○ 가연성가스 1종(부탄)을 포함하는 혼합기체의 폭발한계 추정

Components		물분율	분자량	LOC	가연성가스 폭발한계		비고
					LFL	UFL	
C4H10	butane	10%	58	12.35%	1.90%	8.50%	25도씨 기준
H2O	스팀	51.00%	18	-			-
O2	산소	8.00%	32				20.51%
N2	질소	31.00%	28				79.49% Air로 간주
SUM		100.00%		-			-
Operation Temp.		510 oC					

1. 상온에서 C4H10에 대한 LOC(최소산소농도) 추정

- 양론식 1 C4H10 + 6.5 O2 → 4 CO2 + 5 H2O

- LOC 추정 식

$$LOC = \left(\frac{\text{moles fuel}}{\text{total moles}} \right) \left(\frac{\text{moles O}_2}{\text{moles fuel}} \right) = LFL \left(\frac{\text{moles O}_2}{\text{moles fuel}} \right)$$

- C4H10의 폭발하한(LFL) = 1.9%

- C4H10의 LOC = 12.4% volume % O2

- 따라서, 상온에서 부탄의 연소는 산소농도가 12.4 % 이하가 될 때까지 불활성가스를 첨가하여 막을 수 있다.

2. 510 oC C4H10의 온도에 대한 LFL과 UFL의 변화

○ 온도의 영향

- LFL은 100 ℃ 온도 증가 시 8% 감소 : $LFL_T = LFL_{25\text{℃}} - \frac{0.8(LFL_{25\text{℃}})}{1000} \times (T - 25)$

- UFL은 100 ℃ 온도 증가 시 8% 증가 : $UFL_T = UFL_{25\text{℃}} + \frac{0.8(LFL_{25\text{℃}})}{1000} \times (T - 25)$

LFL510 = 1.16%

UFL510 = 11.8% 입니다.

따라서,
- C4H10의 510 oC LOC = 7.6% volume % O2

3. 결론적으로 보내주신 혼합가스 중 부탄은 함유량이 연소범위 내에 존재하며, 산소농도 또한 8.0% 로 LOC 7.6% 보다

크므로 폭발이 일어날 수 있습니다.

4. 따라서,
부탄의 연소는 산소농도가 7.6 % 이하가 될 때까지 질소, 이산화탄소 또는 수증기를 첨가하여 막을 수 있다.
그러나 수증기의 첨가는 수증기가 물로 응축될 수 있는 상태로 되면 산소농도가 다시 가연범위에 들어가게 할 수 있으므로 권장할 만한 것이 못된다.

5. 폭발한계 계산은 실험식을 활용한 통계적 추정값이므로, 실험을 통한 정확한 자료의 확인이 반드시 필요합니다

*참고

1. 가연성 가스 판정 관련

- 산업안전보건법[영 별표 10] [비고]1. 의 조건과 비교하면 폭발하한은 10 %로 가연성가스의 조건에 만족하고, 상하한의 차도 마찬가지로 20 %로 가연성가스의 조건에 만족한다.
- ※ 산업안전보건법[영 별표 10] [비고]1. 가연성 가스라 함은 폭발한계 농도의 하한이 10 % 이하 또는 상하한의 차가 20 % 이상인 것으로 1기압 35 ℃ 에서 가스상태인 물질을 말한다.

2. 혼합기체의 폭발한계 추정

- 가정 :
- 1. 혼합기체, Air 등 모든 물질은 기상에서 이상적 거동을 보임(이상기체로 가정)
- 2. 혼합기체 중 Steam는 불활성가스(inert gas)로 가정하여 계산
 - ※ 불활성 가스는 통상 질소(N_2), 이산화탄소(CO_2), 수증기를 말하는데,
이는 단순한 계산일 뿐 실제 최소산소농도와는 차이를 보일 수 있다.
실제로 C_3H_8 의 경우 LOC는 질소/공기(11.5 %), 이산화탄소/공기(14.5 %)로 질소와 이산화탄소의 경우 서로 다른 값을 보인다.